

## Una mirada a la producción de radioisótopos utilizando un ciclotrón

*Existen muchas aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear, todas en beneficio de la calidad de vida de la comunidad. Lo importante es el empleo del conocimiento para usos adecuados. Bajo este título veremos un método empleado para obtener haces de partículas necesarias en la producción de radioisótopos, útiles en diagnóstico médico y medicina nuclear.*

### Introducción

Hay elementos radioactivos que se hallan presentes desde la propia formación de la Tierra, los que podríamos denominar naturales, como por ejemplo el uranio o el carbono-14. Pero existen otros que son creados artificialmente por el hombre valiéndose de ciertas técnicas. Una de ellas consiste en impactar un elemento natural al que se lo denomina *blanco*, con un haz de partículas, durante cierto tiempo. Este haz de partículas, al impactar sobre los núcleos de los átomos del blanco les producen cambios transformándolos en elementos radioactivos. A este proceso se lo denomina *reacción nuclear*. Los haces de partículas son producidos en reactores nucleares mediante neutrones<sup>1</sup> o en aceleradores por medio de partículas cargadas. Ambas máquinas se complementan y posibilitan generar un espectro amplio de elementos de interés para su utilización en distintas aplicaciones como por ejemplo, la medicina nuclear.

### Qué es un ciclotrón

Es un tipo de acelerador de partículas. Su operación se basa en el principio de que una partícula cargada moviéndose en una trayectoria circular<sup>2</sup>, a una velocidad angular, o sea, a una velocidad de rotación constante, en presencia de un campo magnético y un campo eléctrico oscilante, incrementa su energía a cada paso. El campo magnético es generado por un gran electroimán<sup>3</sup> cuyas líneas de campo tienen la dirección normal al plano en el cual orbitan los elementos impactadores, generando de esta manera una fuerza sobre dicho elemento, dirigida siempre hacia el centro de giro. Las partículas aceleradas son inyectadas por un sistema denominado *fuerza de iones*<sup>4</sup>. Las mismas comienzan a ganar energía bajo la acción del campo eléctrico oscilante establecido por dos electrodos huecos denominados *Des de aceleración* (ya que originalmente el dispositivo consistía en dos semicírculos semejantes a la letra D). En cada órbita completa, el elemento impactador gana una cantidad fija de energía



autor:

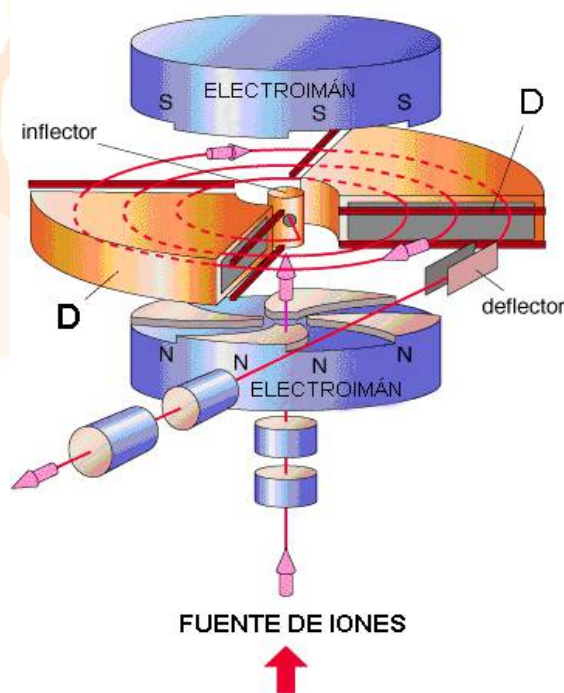
**Carmelo Juan Rocco**

Lic. Ciencias Físicas (UBA)

Funcionario de CNEA

Jefe y Responsable Primario del Ciclotrón de Producción de Radioisótopos (CAE-CNEA)

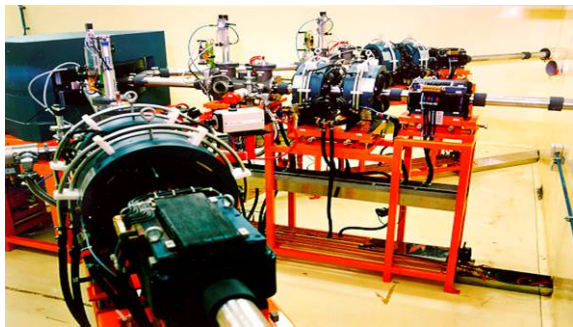
e incrementa su radio de giro, pudiéndose establecer una correspondencia directamente proporcional entre la energía y el radio de giro. El conjunto de todas las órbitas tiene la apariencia de una espiral. En la imagen siguiente se pueden apreciar: la trayectoria espiralada de los elementos impactadores en el plano medio, las piezas polares y las Des de aceleración.



### Utilidad

Una vez que se ha alcanzado la energía deseada, los elementos impactadores son extraídos del ciclotrón y dirigidos hacia el blanco en donde impactan, para generar el radioisótopo buscado. Es importante señalar que todas las reacciones nucleares dependen de dos parámetros fundamentales, el tipo de elemento impactador y su energía. Los

radioisótopos de uso médico son utilizados con fines terapéuticos o para diagnóstico. Dichos radioisótopos, en sustratos<sup>5</sup> adecuados combinados con alguna molécula, dan lugar a un radiofármaco<sup>6</sup>, el que al ser suministrado al paciente se metaboliza y fija selectivamente a determinados tejidos, órganos o sistemas que se pretende estudiar, por ejemplo, hígado, riñones, corazón, etc. Las radiaciones emitidas por el radioisótopo suministrado luego pueden ser captadas en equipos PET<sup>7</sup>, Centellogramas, Cámaras Gamma o SPET, y transformadas en imágenes que son estudiadas por el médico para decidir la terapia más apropiada a la patología encontrada.



**Un poco de historia**

La mayoría de los actuales aceleradores circulares de partículas de alta energía del mundo descienden del primer ciclotrón de protones de 1 MeV<sup>8</sup> construido por E. O. Lawrence y M. S. Livingston en la Universidad de Berkeley (California, EE.UU). El artículo original publicado en la revista Physical Review, volumen 40, del 1 de abril de 1932, titulado "Producción de iones ligeros de alta velocidad sin el empleo de grandes voltajes", describe este original invento por el cual Lawrence ganaría en 1939 el Premio Nobel de Física.

La CNEA, desde su creación en 1950, en el marco del desarrollo de la actividad nuclear en Argentina, ha puesto especial atención en las actividades relacionadas con la producción de radioisótopos, radiaciones ionizantes y sus aplicaciones. En 1953, con la instalación de un acelerador Cockroft-Walton y en 1954 con la instalación de un ciclotrón (sincrociclotrón) adquirido a la compañía holandesa Phillips (ambos desmantelados hace ya algunos años) se creó un grupo de trabajo con el fin de estudiar elementos radioactivos. El Dr. W. Seelmann-Eggebert<sup>9</sup> de origen alemán fue contratado por la CNEA en el año 1951, luego de su paso de casi dos años por la Universidad de Tucumán. Este importante profesional denominado "el padre de la radioquímica argentina" formó y condujo a un grupo de jóvenes investigadores que trabaja-

ron con dichas máquinas que en aquella época colmaban las expectativas de cualquier investigador. Como producto del trabajo en equipo, hacia fines de los años 50 se habían descubierto en Argentina un total de 20 nuevos radioisótopos, midiéndose los parámetros característicos para cada uno de ellos con muy alta aproximación a los reportados actualmente. Una parte de estos descubrimientos fueron presentados a la comunidad científica mundial en 1955 durante la Primera Conferencia de Ginebra sobre el Uso de las Aplicaciones Pacíficas de la Energía Atómica. Aquel grupo de trabajo fue conocido en el exterior con el nombre de "Grupo de Buenos Aires"<sup>10</sup>.

**Actualmente en nuestro país**

En estos días la CNEA cuenta con tres ciclotrones dedicados a la producción de radioisótopos de uso médico. El más grande, con capacidad de generar haces de protones de mayor energía, está instalado en el Centro Atómico Ezeiza de la CNEA en la Provincia de Buenos Aires. Otros dos más pequeños se hallan en la FUESMEN (Mendoza) y en la FCDN (Ciudad de Buenos Aires). A estos dos últimos también se los denominan *Baby Ciclotrón* o *Ciclotrón pie de hospital* y su objetivo es generar radioisótopos de vida media corta, especialmente FDG<sup>11</sup>, muy próximo al equipo PET que lo utilizará. Dado que el ciclotrón del CAE tiene la posibilidad de generar haces de mayor energía, se halla en condiciones de obtener un mayor número de distintos radioisótopos, por medio de un mayor espectro de reacciones nucleares. Otras dos empresas privadas de nuestro país también poseen sus propias máquinas de producción de radioisótopos para la producción de los radiofármacos que comercializa. Cabe destacar que la CNEA tiene planes de ampliar e instalar otros centros PET-Ciclotrón con el propósito de llegar a otras regiones del país como ser Bariloche, Paraná y Salta.

**NOTA DE LA EDITORIAL**

Este material se complementa con las Hojitas:  
 - Una mirada a las aplicaciones de la tecnología nuclear en el campo de la salud – Pág. 13/14.  
 - Una mirada al uso de radioisótopos en medicina – Pág. 39/40.

**ABREVIATURAS**

CAC: Centro Atómico Constituyentes – Prov. de Buenos Aires  
 CAE: Centro Atómico Ezeiza – Prov. de Buenos Aires  
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica  
 FCDN: Fundación Centro de Diagnóstico Nuclear  
 FUESMEN: Fundación Escuela de Medicina Nuclear

**REFERENCIAS**

- 1 Partícula subatómica sin carga neta, presente prácticamente en todos los núcleos de los átomos.
- 2 También existen aceleradores lineales de partículas como el Tandem (CAC – CNEA).
- 3 Es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. Al tipo más simple se lo denomina solenoide.
- 4 Un ion es un átomo o grupo de átomos que adquirió carga por ganancia o pérdida de electrones. Si tiene carga negativa es un anión, y si tiene carga positiva es un catión.
- 5 En química, un sustrato es una especie química objeto de la acción de otros reactivos.
- 6 En medicina nuclear se utilizan radiofármacos o radiotrazadores, que están formados por un fármaco transportador y un isótopo radiactivo. Entre los radiofármacos más comunes encontramos yodo-123, talio-201, fluor-18 y galio-67.
- 7 Tomografía por emisión de positrones
- 8 Unidad megaelectronvoltio. Es la unidad de energía que se utiliza para cuantificar la energía cinética de partículas en movimiento.
- 9 Discipulo de Otto Hahn, quien junto a Fritz Strassman, descubrieron el proceso de la fisión en Alemania en 1938.
- 10 Extraído de la conferencia pública pronunciada por el Dr. Renato Radicella en la Academia Nacional de Ciencias el 11 de noviembre de 2010.
- 11 Fluor-18-Desoxiglucosa



**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: 2016 ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.  
 Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.  
 Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfo.  
 Versión digital en www.cnea.gov.ar/ieds  
 Los contenidos de este fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.