

Centenario del descubrimiento de la radiactividad

Análisis por activación y sus aplicaciones

*Manuel Navarrete**

La evolución del análisis químico cuantitativo ha prosperado en el sentido de determinar cada vez menores concentraciones de elementos con una mayor precisión, valiéndose de métodos instrumentales que permiten un mínimo de manipulaciones. En esta forma, lo que a mediados de siglo se designaba con el nombre genérico de trazas, hoy constituyen concentraciones de ppb (partes por mil millones), susceptibles de medirse con un error calculado haciendo uso de métodos espectrométricos.

El análisis por activación consiste en la transformación de estas trazas a isótopos radiactivos, de modo que el nivel de radiactividad inducido por reacciones nucleares sea directamente proporcional a la masa de cada elemento que se quiere determinar. Debido al hecho de que un nivel de radiactividad considerable, y por tanto fácil de detectar, puede ser producido por una cantidad de materia que escapa a cualquier otro medio de medición, el análisis por activación viene a alcanzar la máxima sensibilidad posible para algunos elementos en determinados tipos de muestras o matrices.

Al decir “máxima sensibilidad” hablamos de masas de hasta 10^{-12} g y aún menores así que, tomando en cuenta que muestras de 1 g pueden ser manejadas para ser irradiadas y transformadas en material radiactivo, resulta que por este método podemos medir concentraciones de milésimas de ppb, con un error estadístico menor al 10%, imposible de eliminar pero en cambio susceptible de ser evaluado en cada caso.

El procedimiento más comúnmente usado en el análisis por activación consiste en preparar estándares o patrones con masas de elementos conocidas y semejantes a las que se quieren determinar, a fin de comparar las actividades inducidas y establecer las concentraciones buscadas en las muestras tratadas. En este caso, las condiciones de irradiación y detección radiactiva deben ser idénticas para los estándares

y las muestras problema. No obstante, en algunas aplicaciones se hace uso de la ecuación de activación, en cuyo caso es necesario saber con la mayor precisión posible el flujo de partículas irradiantes (neutrones en la inmensa mayoría de los casos) usadas para inducir las reacciones nucleares que van a transformar en radiactivos los elementos a determinar, así como la eficiencia en la detección radiactiva de estos radioisótopos.

En esta forma, las aplicaciones encontradas para el análisis por activación en la ciencia moderna han sido de lo más diversas:

- ❑ desde la determinación de impurezas en materiales semiconductores, hasta el establecimiento del calibre de un arma por medio de los elementos traza contenidos en la pólvora, cuyos residuos impregnan la mano de quien accionó el gatillo,
- ❑ desde la función de elementos traza como Al, Cu, Zn en el metabolismo humano, hasta la imagen de radiación gamma producida por una persona sometida a un pulso o ráfaga de neutrones, imagen que cambia entre la normalidad y varios estados patológicos,
- ❑ desde la identificación de una persona por medio de la activación de un pelo, que va a producir un espectro gamma característico suyo, hasta establecer la composición del suelo lunar desde la Tierra, a través de las señales enviadas por un detector y analizador de rayos gamma, una vez que una fuente de neutrones fue colocada en posición de irradiarlo.

Así, el análisis por activación descubierto por Hilda Levi y George Hevesy en Dinamarca, poco antes de la Segunda Guerra Mundial, ha seguido un desarrollo independiente y continuo hasta el momento actual, y sigue compitiendo, siempre en los primeros puestos, cuando se trata de análisis de trazas en muestras de cualquier tipo. Hoy, platicamos aquí de este instrumento analítico, como uno más de los adelantos que en la comprensión del

* Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química, UNAM, México, D.F. 04510.

mundo ha propiciado el descubrimiento de la radiactividad, cuyo centenario festejamos.

Este adelanto técnico empezó a practicarse en nuestro país en 1968, cuando el reactor nuclear General Electric, modelo Triga Mark III, con 1 MW de potencia, propiedad de la entonces Comisión Nacional de Energía Nuclear —hoy Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares— llegó a funcionar de manera cotidiana. Aquí también, como es natural, ha habido una evolución y un progreso desde entonces, si no paralelo, sí un adecuado reflejo de los adelantos mundiales que haciendo uso de esta herramienta se han logrado. De este modo, fue utilizado un trazador activable, el bromo, por primera vez en nuestro medio, para determinar si los manantiales aparecidos en las inmediaciones de la Presa Endhó, en el estado de Hidalgo, eran ocasionados por filtraciones de la presa o brotaban de manera espontánea e independiente (Gálvez, 1971). La detección del bromo, puesto en las aguas de la Presa como bromuro de amonio y diluido hasta concentraciones de ppb, fue detectado, claro, haciendo uso del análisis por activación.

Luego se hizo un estudio acerca de la contaminación del aire en la ciudad de México por partículas sólidas, que dio origen a dos publicaciones internacionales (Navarrete, 1974a; 1974b), que constituyen claros antecedentes de las obras que fueron realizadas después por la Comisión del Lago de Texcoco, y que por fortuna han contribuido a la notable eliminación de las tolvaneras en la ciudad de México, que en tiempos modernos nos asolaban durante los meses de febrero y marzo principalmente.

En la actualidad, esta importante rama derivada del descubrimiento de la radiactividad, hace ya un siglo, es utilizada por un grupo de investigación franco-mexicano para determinar la posible relación entre las concentraciones de selenio, elemento traza que forma parte de una enzima importante en el metabolismo humano llamada glutación peroxidasa, y la evolución de tumores cancerígenos en determinados tejidos.

Ha sido encontrado en 45 casos, que la concentración de selenio en la orina permanece sensiblemente igual a la normal durante una primera etapa de desarrollo del cáncer cérvico uterino, para incrementarse luego por un factor de 3 a 4 durante una segunda etapa de desarrollo, cuando la radio-

quimioterapia no han tenido el efecto buscado, para decaer luego por abajo de la concentración normal en los casos fatales donde se presenta una tercera etapa.

Estos estudios han sido posibles por la técnica del tratamiento previo de las muestras para separar las trazas de selenio a través de su acomplejamiento por un reactivo orgánico, a fin de atrapar el complejo en un filtro de carbón activado, que viene a ser el blanco a irradiar en un reactor nuclear. Esta técnica permite reducir en lo posible la radiactividad de fondo en el espectro de rayos gamma y alcanzar en consecuencia la máxima sensibilidad.

Considerando que la técnica descrita ha sido creada en México (Navarrete, 1981; 1995; en prensa) podemos concluir que la poderosa herramienta que constituye el análisis por activación ha encontrado en nuestro país un campo fértil, con el cual podemos contribuir al progreso científico, y al mismo tiempo valernos del desarrollo que en éste y otros temas científicos ha sido posible el presente siglo, a partir del descubrimiento de la radiactividad.

Referencias

- Gálvez, L., Navarrete, M., y Andreu, B., Marcado de agua con Br inerte y su detección mediante análisis por activación, *Rev. Soc. Quím. Mex.* **15**[4], 153-157, 1971.
- Navarrete, M., Gálvez, L. y Tzontlimatzin, E., Estudio de la contaminación del aire en la ciudad de México, IAEA-SM 175/41, 91-96, 1974a.
- Navarrete, M., Gálvez, L. and Tzontlimatzin, E., Determination of particulate air pollutants in Mexico City using activation analysis, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **19**[3], 163-70, 1974b.
- Navarrete, M., Cabrera, L. and Ley, A.M., Activation analysis of Co in organic samples, through Co-60m, on a pre-treatment basis, en *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **49**[6], 341-341, 1981.
- Navarrete, M., Cabrera, L., Martínez, T., Revel, G., Meyer, J.P., Stampfler, A., Activation analysis of Se in cancer research, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, **195**[1] 91-95, 1995.
- Navarrete, M., Cabrera, L., Martínez, T., Revel, G., Meyer, J.P., Guarner, J., Relationship between cervical uterine cancer evolution and Se concentration in urine determined by NAA, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, (en prensa).