

Una mirada a la técnica nuclear PIXE y la fitorremediación

PIXE (sigla en inglés de Emisión de Rayos X Inducida por Partículas) es una potente técnica nuclear que permite caracterizar de una vez los múltiples elementos químicos que puede tener una muestra. Fue propuesta por primera vez en Suecia, en 1970. En la actualidad es utilizada rutinariamente por arqueólogos, físicos, geólogos, restauradores de obras de arte y en estudios de calidad del aire, entre otras aplicaciones. Actualmente micro-PIXE está demostrando gran utilidad también en el campo de las ciencias de la vida. Esta Hojita desarrolla las ventajas de su aplicación como herramienta de remediación ambiental.

Plantas acuáticas que remedian efluentes

Los *metales pesados*¹, presentes naturalmente o introducidos en los efluentes a partir de actividades antropogénicas², pueden incidir en la calidad de vida de la población al contaminar y perturbar el equilibrio geológico de los cursos de agua. Los más relevantes son el *cromo*, el *mercurio* y el *plomo*. Existen varios antecedentes en la literatura científica sobre el uso de *plantas acuáticas flotantes* (Fig.1) para la remediación de aguas que contienen metales pesados, con porcentajes de remoción elevados al acumularse los mismos en los tejidos del vegetal. A este proceso se lo denomina *fitorremediación* y sus ventajas son la alta relación eficiencia-costos, la abundancia y la escalabilidad. Esto último significa que puede ser empleado tanto a escala de laboratorio, como a escala de campo, en donde las dimensiones alcanzan hectáreas, en función del pasivo ambiental a tratar. Pero es fundamental que en la *biorremediación* los organismos vegetales empleados sean autóctonos, para evitar un desequilibrio en el ecosistema que

se busca remediar.

¿Cuánto metal acumuló un vegetal acuático?

Las técnicas de medición de cantidad de metal acumulado en tejidos vegetales más difundidas en la actualidad están basadas en el *análisis en volumen*. Estas técnicas, si bien son sensibles porque incluyen el análisis de muestras pequeñas (miligramos), carecen de *resolución espacial*³. Por otro lado, se han realizado estudios avanzados sobre el transporte de elementos a nivel celular, utilizando técnicas con elevada resolución espacial, pero con baja sensibilidad en el *análisis cualitativo*. En general, los resultados obtenidos suelen limitarse a los elementos nutrientes presentes en grandes cantidades. Pero existe una gran demanda por estudios de funciones a nivel de *trazas* (muy baja cantidad), porque se sabe que los elementos pueden desempeñar diferentes funciones en la vida de las plantas, según sus concentraciones.

Ventajas de las técnicas analíticas nucleares

Estudios relacionados con la deficiencia elemental y la toxicidad, así como la contaminación del ambiente, requieren de métodos precisos, cuantitativos y con una buena resolución espacial.



Autor Emmanuel de la Fournière

Doctor en Química (UNSAM)
Licenciado y Profesor de Biología (UBA)
Investigador (Gerencia Investigación y Aplicaciones - CNEA)
Especialista Línea de Microhaz (TANDAR)
Ex-Director adjunto de Laboratorio Cero (2007-2018)



Fig. 1 - Algunas plantas acuáticas flotantes autóctonas, que se emplean en biorremediación de aguas. (Fuente: El autor)

Idealmente, estos estudios deben llevarse a cabo en los órganos y tejidos, en regiones tan pequeñas como el tamaño celular. Aquí es donde la técnica *micro-PIXE* ha sido ya aplicada y puede jugar un papel mucho más importante, en un futuro próximo. El progreso está sujeto a una colaboración más estrecha entre biólogos, especialistas en contaminación ambiental y miembros de la Comunidad Internacional PIXE, en términos de abordar los problemas de la preparación de muestras para el estudio y el refinamiento de los protocolos de análisis, así como el *mapeo elemental cuantitativo* y la interpretación de los resultados. Está ya demostrado que la *microscopía nuclear* es un potente conjunto de técnicas nucleares de gran utilidad en el campo de la biología. Estas técnicas permiten obtener imágenes de la morfología del tejido vegetal (y de células), mapas de la distribución elemental de los contaminantes (arsénico, mercurio, cromo, plomo, uranio) y otros elementos normalmente presentes (calcio, hierro, cobre, zinc). Sus mediciones llegan hasta niveles de concentración tan pequeñas como las partes por millón.

PIXE en Tandar

El *Acelerador de Partículas Tandar*⁴ del Centro Atómico Constituyentes permite el estudio de materiales mediante la irradiación por medio de *haces de iones*. Este Laboratorio dispone de dos líneas experimentales para este tipo de análisis. Una de ellas tiene la capacidad para enfocar haces de iones del orden del MeV (mega electron volt) de energía en dimensiones milimétricas. La otra está armada para tamaños micrométricos. Esto permite llevar adelante investigaciones combinando diferentes técnicas de análisis, como la *macro-PIXE* y la *micro-PIXE*.

Macro-PIXE: Se ha utilizado hasta el presente con haces que tienen típicamente un *milímetro* de diámetro de sección transversal y que aprovechan las ventajas comparativas de los haces de iones pesados, frente a los haces de protones utilizados tradicionalmente. Dispone de dos detectores de rayos-X. Las muestras a analizar son: agua, sedimentos y tejidos de macrófitas⁵ acuáticas.

Micro-PIXE: A esta técnica también se la denomina *Microscopio Nuclear*. Constituye un instrumento de características únicas en el país, pues puede proveer haces de iones

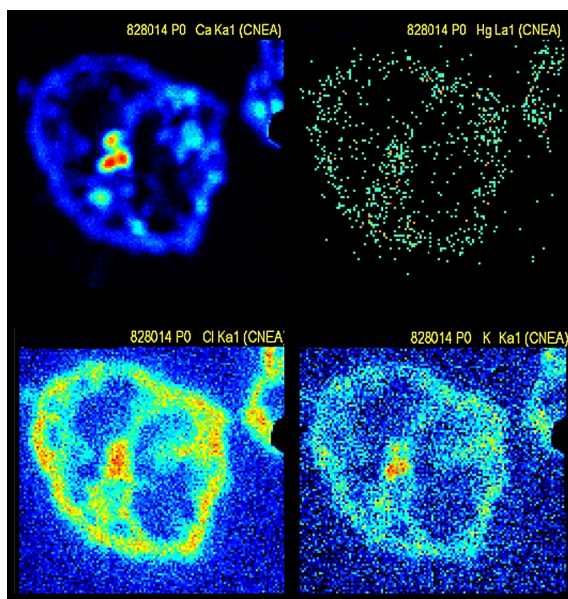


Fig. 2 - Mapeo de la distribución de calcio, potasio, cloro y mercurio realizado con la técnica Micro-PIXE, en un corte transversal de raíz de *Spirodela intermedia* (Lenteja de Agua), expuesta a agua contaminada con cloruro de mercurio. (Fuente: El autor)

pesados de dimensiones *micrométricas*, acelerados hasta decenas de MeV de energía. Una bobina de barrido permite desplazar el haz con alta precisión y detenerse en zonas bien definidas, dando lugar a regiones irradiadas bien delimitadas. Esta capacidad permite realizar *mapas bidimensionales* de la distribución de los elementos en la muestra (Fig. 2) y nos brinda una oportunidad de innovación e investigación, ya que aumenta considerablemente las capacidades analíticas, abriendo perspectivas completamente nuevas y ampliando enormemente el rango de futuras aplicaciones.

REFERENCIAS

- 1 Metales cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua.
- 2 Relativo a las actividades humanas.
- 3 O sea, se desconoce su distribución 3D.
- 4 Ver también las Hojitas "Una mirada al acelerador de partículas TANDAR" y "Una mirada a la espectrometría de masas con un acelerador".
- 5 Plantas visibles y observables a simple vista.

SIGLAS EMPLEADAS

LABORATORIO CERO: Es el curso-taller semanal que la CNEA viene propiciando ininterrumpidamente desde 1986, con el interés de fomentar el estudio de carreras científicas.

TANDAR: Acelerador Lineal de Partículas (CAC – CNEA)

UBA: Universidad de Buenos Aires

UNSAM: Universidad Nacional de San Martín