

# Algunas actividades del OIEA relacionadas con el empleo de los radioisótopos y las radiaciones

---

por Alexander V. Shalnov\*

El empleo de los radioisótopos y las radiaciones continuará extendiéndose. Sus posibilidades de aplicación son evidentes e inmediatas en la industria, la medicina, la agricultura y en otras ramas de la ciencia. Por otra parte, el trabajo con isótopos y radiaciones es un buen medio para familiarizar a gran número de personas con las radiaciones y la radiactividad, y, en particular, con la protección radiológica. Una de las ventajas de la tecnología radioisotópica es que puede utilizarse en pequeños laboratorios, por ejemplo en los universitarios, contribuyendo así a la capacitación nuclear. Dada su extrema sensibilidad y detectabilidad, los isótopos presentan también ventajas para estudiar la distribución de muchas materias, por ejemplo, polvo, aire, agua y suelos.

El programa del OIEA, en lo que respecta a los isótopos y las radiaciones, incumbe principalmente al Departamento de Investigaciones e Isótopos. A continuación se examinan con cierto detalle algunas actividades del OIEA en la esfera de las aplicaciones de los radioisótopos, en particular, en hidrología, física, industria, medicina y agricultura.

## Hydrología

En el programa de hidrología las técnicas isotópicas son importantes para los estudios del medio ambiente. Actualmente, los isótopos ambientales utilizados corrientemente son los isótopos estables deuterio y oxígeno-18, y los radiactivos tritio y carbono-14. Los tres primeros forman parte de la molécula de agua y son trazadores poco menos que ideales de este elemento. El último trazador del agua se presenta en solución y por tanto está sujeto a pérdidas por precipitación, absorción e intercambio.

La medición de los isótopos estables es muy útil para determinar al origen del agua. Por ejemplo, las precipitaciones a elevadas altitudes son más pobres en deuterio y en oxígeno-18 que las que ocurren a bajas altitudes. Este fenómeno puede servir para determinar si las aguas subterráneas se renuevan por infiltración de las precipitaciones que caen en una llanura o de las que caen en las montañas y llegan después hasta la llanura por vía subterránea o por escorrentía superficial. La información de este tipo es valiosa para estudiar el balance

---

\* Director de la División de Investigaciones y Laboratorios.

Este artículo es una versión abreviada de un informe presentado por el Profesor Shalnov en la duodécima Conferencia japonesa sobre los radioisótopos. El autor agradece a los muchos colegas del Organismo su contribución a dicho informe.

El tecnecio-99m se ha convertido rápidamente en uno de los radionucleidos más utilizados en medicina nuclear. El período del tecnecio-99m es de seis horas, suficiente para una jornada de trabajo. A fin de satisfacer la demanda de los hospitales suecos se ha creado un servicio especial de isótopos en los laboratorios de Studsvik, donde se distribuye la solución de pertechnetato de sodio en dosis listas para su empleo. Foto: Ab Atomenergi.



hídrico de una región. Por ejemplo, un estudio de este tipo ha puesto de manifiesto que la recarga de una llanura costera en Nicaragua procede de elevaciones de más de 280 m<sup>1</sup>.

Pueden estudiarse las posibles conexiones entre acuíferos cuando la composición isotópica estable del agua de cada uno de ellos es diferente. Por ejemplo, en Argelia se observó que aunque dos acuíferos eran recargados por agua de las mismas montañas, la composición isotópica estable de cada cual difería<sup>2</sup>. Esto se debía a que el agua del acuífero inferior era mucho más vieja que la del superior.

Las variaciones de la composición isotópica ambiental del agua pueden brindar un medio para el conocimiento íntimo de los procesos que ocurren en los sistemas hidrológicos. Aunque se tiende a utilizar cada vez más estas técnicas en las investigaciones hidrológicas, todavía no se aprovechan al máximo las posibilidades que ofrecen estos nuevos instrumentos.

## Fluorescencia X

Un ejemplo del empleo de las radiaciones es el análisis de elementos mediante fluorescencia X<sup>3</sup> inducida por partículas cargadas. El principio consiste en excitar los átomos de la sustancia que se quiere analizar bombardeándola con partículas de alta energía.

Con la realización de los detectores semiconductores de alto poder resolutivo, en los últimos años, se ha dado un gran impulso a esta técnica. Los detectores como los de Si(Li) y de Ge(Li), con un poder resolutivo de unos 180 eV en el intervalo energético de 1 a 10 keV, son capaces de separar las rayas espectrales de los distintos rayos X. Ello permite el análisis multielemental, en el que todos los elementos presentes son identificados simultáneamente. En la emisión de rayos X por la acción de partículas cargadas (EXPC) la muestra es bombardeada con haces de iones rápidos (protones, partículas alfa, o iones pesados) producidos en aceleradores electrostáticos de 1 a 5 MeV.

En el actual programa de investigaciones coordinadas del Organismo sobre EXPC trabajan nueve miembros, seis de los cuales son de países en desarrollo. Los miembros intercambian los resultados experimentales, efectúan intercomparaciones de muestras, informan acerca de nuevas técnicas y se reúnen periódicamente en uno de los centros que participan en la labor. Entre los proyectos de investigación se mencionan algunos por su especial interés:

- En algunas partes de Yugoslavia se desconoce la caries dental. El análisis del agua potable ha puesto de manifiesto no solo una alta concentración de cloro sino además de molibdeno. Esto plantea la cuestión de si el molibdeno desempeña también un papel importante en la prevención de la caries.
- En los cereales se han realizado mediciones del contenido de azufre a fin de hallar una correlación entre estos valores y ciertos aminoácidos sulfurados. Si la correlación existe, el análisis podría hacerse rápida y económicamente por EXPC en lugar de por métodos bioquímicos, que son costosos y trabajosos.
- En arqueología la técnica se aplica al vidriado de objetos de cerámica a fin de establecer una correlación con otros métodos de datación.
- En los estudios sobre contaminación la EXPC ha servido para determinar en varias materias la concentración del plomo procedente del escape de los automóviles (**Cuadro 1**)<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Payne, B.R., y Yurtsever, Y., Environmental isotopes an hydro-geological tool in Nicaragua, *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*, 1974, (Proe, Symp. Vienna, 1974), OIEA, Viena (1974) 1, 193-201.

<sup>2</sup> Gonfiantini, R., Dincer, T. y Dereköy, A.M., *Environmental Isotope Hydrology in the Hodna Region, Algeria*, *Ibid.*, 293-314.

Los resultados se expresan en ppm y la concordancia con otras técnicas analíticas es satisfactoria.

- Se han iniciado también estudios sobre la contaminación de muestras de peces, moluscos y algas marinas procedentes de diferentes partes del mar Negro.

**CUADRO 1. Contaminación por el plomo de diversas materias, a distintas distancias de una carretera (tráfico escaso)**

(Los resultados se expresan en ppm de materia seca)

Muestra	Distancia desde la carretera (m)	Polarografía	Absorción atómica	EXPC
Arena	0	1266	1030	939
Camas de materias vegetales	0	531	625	523
	50	144	201	216
	100	110	132	189
Estiércol	0	451	332	372
	50	126	135	145
	100	42	49	88
Briofitas	0	214	272	303
	50	130	129	136
	100	91	113	125
Espermatofitas	0	91	63	61
	50	33	29	31
	100	28	30	24

Estos ejemplos ilustran la gran variedad de aplicaciones de la técnica de EXPC. Prosiguen los trabajos de investigación para perfeccionarla, en particular estandarizando la preparación de muestras y simplificando los métodos de determinación de las concentraciones absolutas.

**Acuerdos de cooperación regional**

Otro ejemplo totalmente distinto de las actividades del OIEA es el denominado Acuerdo de cooperación regional. El Organismo Internacional de Energía Atómica, dentro del marco de sus funciones generales, ha concertado acuerdos de esta naturaleza con Estados Miembros. Estos Estados son: Bangladesh, Filipinas, India, Indonesia, Malasia, Pakistán, República de Corea, Singapur y Tailandia.

Los Estados Miembros Partes en este Acuerdo reconocen que entre sus respectivos programas nacionales de energía atómica existen zonas de común interés en las que la cooperación puede favorecer un aprovechamiento más racional de los recursos disponibles. En consecuencia, en 1972 fue creado oficialmente el programa de cooperación regional en

<sup>3</sup> G. Deconninck, G. Demortier, F. Bodart "Application of X-ray Production by Charged Particles to Elemental Analysis", Atomic Energy Review, V. 13, No. 2, junio de 1975, p. 367-412.

virtud del cual los Estados Miembros acordaron, en cooperación mutua y con el Organismo, fomentar y coordinar proyectos para la investigación, el desarrollo y la capacitación en la esfera de las ciencias y la tecnología nucleares por mediación de sus institutos nacionales competentes.

En el curso de la decimonovena Conferencia General del OIEA, celebrada en septiembre de 1975, se reunieron con esa finalidad representantes de 15 Estados Miembros. Los principales temas estudiados fueron los programas y las propuestas para intensificar la cooperación en las cuestiones de interés primordial para la región. Entre éstas figuraban el aumento de la producción de alimentos, el mejoramiento de la asistencia médica, la caracterización de los contaminantes del medio ambiente y la determinación de las necesidades de ampliar los medios de capacitación de técnicos debidas al crecimiento de los programas nucleares.

### **Las técnicas nucleares en investigación ambiental**

En 1975 el Organismo inició un nuevo componente de programa titulado "Técnicas nucleares en investigación ambiental". El Organismo ejecuta investigaciones sobre los contaminantes no radiactivos por dos razones principales.

La primera es que los métodos nucleares son un poderoso medio de estudio del medio ambiente, que se deben utilizar más ampliamente. En particular, ello permite un mejor aprovechamiento de los reactores de investigación en los análisis por activación de muestras del medio ambiente. Estos trabajos revisten varios aspectos:

Primero, la mayoría de los contaminantes inorgánicos, por ejemplo, el mercurio, el cadmio, el arsénio y el selenio, pueden determinarse en matrices complejas y en concentraciones de hasta una parte por mil millones. En algunos casos es posible detectar contaminantes orgánicos, por ejemplo, plaguicidas que contienen bromo.

Segundo, el análisis de los vestigios de elementos en las muestras del medio ambiente puede servir para determinar las fuentes de contaminación.

Por último, es posible marcar los objetos de interés con trazadores activables — con isótopos estables o incluso con elementos de baja abundancia natural en el sistema estudiado. Esta técnica ha sido aplicada para investigaciones dinámicas tales como las migraciones de insectos, la circulación atmosférica, los estudios hidrológicos, etc. La extraordinaria sensibilidad del análisis por activación neutrónica hace que este método sea con frecuencia el preferido.

Otros métodos nucleares son también dignos de consideración. El análisis por activación fotonuclear con ayuda de betatrones y aceleradores lineales de electrones tiene interés práctico para determinar contaminantes tales como el plomo y el flúor. El análisis por fluorescencia X, en particular un método con excitación por radioisótopos o por protones de aceleradores de baja energía, se está perfeccionando rápidamente. La espectrometría de masas ha encontrado también aplicación en los estudios del medio ambiente.

La segunda razón del interés del Organismo por los contaminantes no radiactivos es la necesidad de comparar las repercusiones probables sobre el medio ambiente de las fuentes nucleares y no nucleares de energía.

En 1975 el OIEA empezó un proyecto como parte de su programa sobre "Análisis por activación neutrónica de contaminantes en el cabello utilizando reactores de investigación". Se decidió estudiar este tema porque en la cadena que va desde las fuentes de contaminación hasta el hombre, es el propio hombre naturalmente el último y más importante eslabón.

Además, el análisis de la composición del hombre facilita la información más directa sobre la gravedad de la situación ambiental. La composición del cabello refleja mejor la carga corporal de muchos contaminantes que la mayoría de los otros tejidos, inclusive la sangre. El análisis por activación neutrónica del cabello ha resultado ser un eficaz método. El cabello humano se puede obtener, conservar y enviar por correo con facilidad. Es posible también analizar muestras del pasado.

Los principales objetivos del proyecto son:

- 1) Establecer niveles de contaminación (en el caso del Hg, As, Cd, Pb, Se, Br, Sb, Cr, Mn, Zn y Cu) para la población en general, atendiendo a las distintas regiones geográficas y económicas;
- 2) descubrir los grupos de población e individuos con niveles más altos de contaminación y con razones anormales de contaminantes y elementos esenciales.

Actualmente participan en el proyecto 17 científicos de 12 países (Alemania, República Democrática; Alemania, República Federal; Austria; Checoslovaquia; Estados Unidos de América; Filipinas; India; Iraq; Japón; Polonia; Reino Unido y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas).

Se ha propuesto una versión especial de este proyecto a los Estados Miembros que son Partes en el Acuerdo de Cooperación Regional para la investigación, el desarrollo y la capacitación en materia de ciencias y tecnología nucleares en el Sudeste de Asia y el Lejano Oriente.

### **Los radioisótopos en medicina**

La utilización de los radioisótopos con fines médicos está muy generalizada en los países desarrollados. El objetivo primordial de la Sección de Aplicaciones Médicas de la División de Ciencias Biológicas es prestar asesoramiento y ayuda a los países en desarrollo para introducir las correspondientes técnicas en sus respectivos programas médicos.

El programa del Organismo se centra en tres temas generales:

- El empleo in vivo de los trazadores radiactivos, ya sea para el diagnóstico o para el estudio de la absorción y metabolismo de varias sustancias, por ejemplo, nutrientes, en sujetos normales;
- el empleo in vitro de los radioisótopos para el análisis de hormonas, vitaminas y otras sustancias biológicas;
- el análisis por activación para la determinación de vestigios de elementos en tejidos biológicos.

Un elemento típico del programa médico es la serie de simposios que se celebran cada cuatro años sobre los procedimientos de obtención de imágenes por centelleografía. Esta especialidad de la medicina nuclear ha experimentado un crecimiento especialmente rápido. A cada reunión han asistido varios centenares de especialistas en medicina nuclear de países desarrollados y en desarrollo, y las actas publicadas han pasado a ser obras de consulta para los que desean mantenerse al corriente de la evolución en esta importante esfera.

Otra actividad es el programa de investigaciones coordinadas, organizado justamente con la OMS, sobre la presencia de vestigios de elementos en los tejidos biológicos y su posible relación con las enfermedades cardiovasculares. Se han elaborado técnicas de análisis por activación neutrónica para determinar los oligoelementos de particular importancia, y se han obtenido resultados con tejidos procedentes de distintas regiones interesantes desde el

punto de vista epidemiológico. La colaboración entre muchos laboratorios ha servido para estimular el perfeccionamiento de las técnicas y el acopio de datos procedentes de medios diversos.

Otro ejemplo de la labor del Organismo en la esfera médica son las frecuentes misiones de expertos, por períodos de varios meses a un año o más, con objeto de crear servicios de medicina nuclear en los hospitales de los países en desarrollo.

El Organismo se siente especialmente obligado a verificar si los procedimientos y los instrumentos elaborados en los países adelantados son adecuados para su aplicación en los países en desarrollo. Con esa finalidad va a iniciar un nuevo programa cuyo fin será tratar de examinar en términos cuantitativos la importancia de la información obtenida por los diferentes procedimientos de medicina nuclear, las condiciones que han de cumplir los instrumentos para realizar tales investigaciones en las circunstancias propias de los países en desarrollo, y las normas para la conservación de los instrumentos una vez que han entrado en servicio.

### **Los isótopos en la agricultura y la alimentación.**

El programa de la División Mixta FAO/OIEA de la Energía Atómica en la Agricultura y la Alimentación tiene por objeto ayudar a los Estados Miembros en desarrollo a aplicar las técnicas a base de isótopos y radiaciones para resolver los problemas de producción y protección de los alimentos y reducir al mínimo la contaminación de éstos y del medio agrario. Los métodos nucleares son un valioso complemento de otras técnicas de investigación y desarrollo en agricultura y alimentación, ya que constituyen con frecuencia el medio más eficaz, y a veces el único que existe, para estudiar ciertas cuestiones. Por ejemplo, dada la actual escasez y alto costo de muchos géneros agrícolas, gracias a las técnicas nucleares es posible conocer el modo más eficaz de abonado de las plantas, lo que es útil pues contribuye a conservar los abonos en la zona radicular, a conseguir que los daños provocados por los plaguicidas sean mínimos, y a mejorar los cultivos con objeto de aumentar el rendimiento, la calidad y la resistencia a las enfermedades.

El programa de la División Mixta se ha establecido previas consultas entre la FAO y el OIEA y se ejecuta en nombre de ambas organizaciones. Entraña la cooperación con el PNUD con respecto a la asistencia técnica, con la OMS en lo que atañe a la conservación de alimentos, así como con el PNUMA y la OMS en materia de contaminación, entomología y lucha las plagas. Se presta especial atención a la coordinación y promoción de las investigaciones mediante una serie de programas coordinados, todos ellos orientados hacia problemas específicos. Esto permite un enfoque muy flexible y las actividades están muy descentralizadas ya que los trabajos se efectúan por completo en centros nacionales, con lo que se refuerza su capacidad de investigación. El Laboratorio del OIEA en Seibersdorf respalda estas actividades en la medida necesaria. Actualmente, se ejecutan más de 20 de estos programas en los que participan unas 250 instituciones científicas de todo el mundo. Los resultados hasta la fecha muestran que el programa de la División Mixta ha conseguido o contribuido a obtener mejores variedades de plantas, técnicas más perfectas de mejora de especies por mutación, modalidades más eficaces de empleo de abonos fosfatados y nitrogenados, un uso más racional del agua de riego, la producción en gran escala de vacunas contra la estrogilosis pulmonar del ganado lanar y caprino, así como alimentos para consumo animal a base de nitrógeno no proteínico, técnicas muy perfeccionadas de aplicación de la esterilidad inducida en los machos a determinados insectos dañinos, un mejor conocimiento de los procesos de la contaminación química en la agricultura y la alimentación, así como progresos hacia la aceptación general y empleo en gran escala de las radiaciones como medio para conservar los alimentos.