

# Que no se pierdan los conocimientos prácticos adquiridos en la exploración y la tecnología del uranio

*Las fuerzas del mercado abren nuevas oportunidades para que se apliquen los datos y los conocimientos especializados a problemas del medio ambiente y de otra índole*

por Arthur Y. Smith y Mohamad Tauchid

Durante la crisis energética de 1973 y en años posteriores, muchos países de todo el mundo gastaron cuantiosas sumas en las actividades de exploración del uranio, fuente del combustible que se emplea en las centrales nucleoelectricas.

Paralelamente se acometieron con tesón las actividades de investigación y desarrollo (I y D) de las técnicas de exploración del uranio y se lograron importantes adelantos tanto en refinación como en sensibilidad. Este impulso comenzó a decaer después de 1980, y ya en 1984 los gastos por concepto de exploración en países del WOCA\* habían disminuido a los niveles que caracterizaron el decenio anterior. (Véase la figura adjunta.)

Esta disminución en la exploración del uranio tuvo repercusiones importantes, entre ellas, conllevó el peligro de que se perdiesen los conocimientos y la experiencia adquiridos, concretamente los datos sobre exploración acumulados durante los años de auge, y disminuyera el uso de las técnicas altamente desarrolladas de exploración del uranio. A medida que se reducían las oportunidades de trabajo, los especialistas en esta esfera iban abandonando la industria y con ellos se marchaban los conocimientos especializados y prácticos en el uso de estas técnicas. Esto ocurría tanto en las organizaciones gubernamentales como en los grupos de exploración con fines comerciales.

Por suerte, en algunos casos, se pudo dar otros usos importantes a las técnicas y a los datos sobre exploración del uranio recogidos anteriormente, que han demostrado, por ejemplo, ser aplicables a problemas generales del medio ambiente, así como a las ciencias geológicas y a la exploración de minerales utilizables en muchos productos básicos.

Antes de adentrarnos en el tema, tal vez sea útil presentar una breve sinopsis de las técnicas de exploración del uranio para que se conozcan sus múltiples aplicaciones.

## Exploración del uranio

Al igual que otros de exploración de minerales, la exploración del uranio es una actividad que se realiza

por fases o etapas. Las fases se distinguen por el tamaño de la zona que abarcan. Por ello, en la primera fase, o sea, la de reconocimiento, se examinan zonas muy extensas, del orden de decenas de miles de kilómetros cuadrados, de manera rápida y poco costosa. Es evidente que el objetivo de esta operación no es descubrir "yacimientos", sino localizar y delimitar aquellas zonas de la región abarcada donde haya mayores posibilidades de descubrir yacimientos. Para ello se levantan mapas en amplia escala en que se indican las características y propiedades del medio que se sabe, o se sospecha, se presentan donde hay yacimientos de uranio, es decir, niveles más altos de radiactividad y mayores concentraciones de uranio y de otros elementos radiactivos y no radiactivos en el suelo, sedimentos de corrientes, rocas y agua.

Como resulta bastante remota la posibilidad de descubrir yacimientos rentables de uranio en la etapa de reconocimiento, se han elaborado técnicas para obtener la máxima información a muy bajo costo y con un alto grado de fiabilidad. Con suma rapidez se levantan mapas de radioelementos, tales como el uranio, el torio y el potasio, y de la radiactividad total por medio de instrumentos muy sensibles denominados espectrómetros gamma que se instalan en aviones que sobrevuelan el terreno. Se puede realizar en tierra el muestreo de las zonas donde hay aumento de radiactividad o concentración de radioelementos y analizar esas muestras para seleccionar los elementos apropiados. La escala que se utilice en el mapa definitivo guarda estrecha relación con el tamaño de la zona abarcada y con la densidad de los intervalos de datos.

En consecuencia, constituyen aproximaciones a la realidad concreta. Con todo, resulta claro que las zonas delimitadas dan una descripción real en gran escala de las características del medio geológico y superficial. En las fases siguientes del programa de exploración se vuelven a examinar estas características en gran escala con más detenimiento a fin de precisar la aproximación y "enfocar" el posible yacimiento de uranio.

Es importante reconocer que los datos de la exploración son de carácter espacial, o sea, su extensión es aérea. Con las técnicas que se emplean para reunirlos se trata de obtener información de distribución espacial. Una sola medición, por muy precisa y exacta que pueda ser en un programa de exploración, es incapaz de describir una característica distribuida espacialmente. Este aspecto de

Los Sres. Smith y Tauchid son funcionarios de la División del Ciclo del Combustible Nuclear del OIEA.

\* WOCA: El mundo menos la zona de los países con economías de planificación centralizada.

las técnicas y de los datos de la exploración del uranio hace que sean sumamente valiosos en otras esferas.

### Técnicas de exploración del uranio

De las técnicas de exploración del uranio más utilizadas, probablemente los estudios aéreos por espectrometría gamma fueran los que mayor desarrollo lograron en el período de auge del uranio. El surgimiento de los grandes detectores de volúmenes, los analizadores multicanales capaces de registrar 256, e incluso 1024, canales de datos, y las técnicas digitales de registro y procesamiento han proporcionado instalaciones de estudio de gran sensibilidad y flexibilidad. Estos "análisis geoquímicos" radiométricos se realizan desde aviones que vuelan a una altitud de entre 50 y 150 metros y que han alcanzado una sensibilidad que les permite detectar entre una y dos partes por millón del uranio y el torio que se encuentran en el terreno por encima del cual vuela el avión.

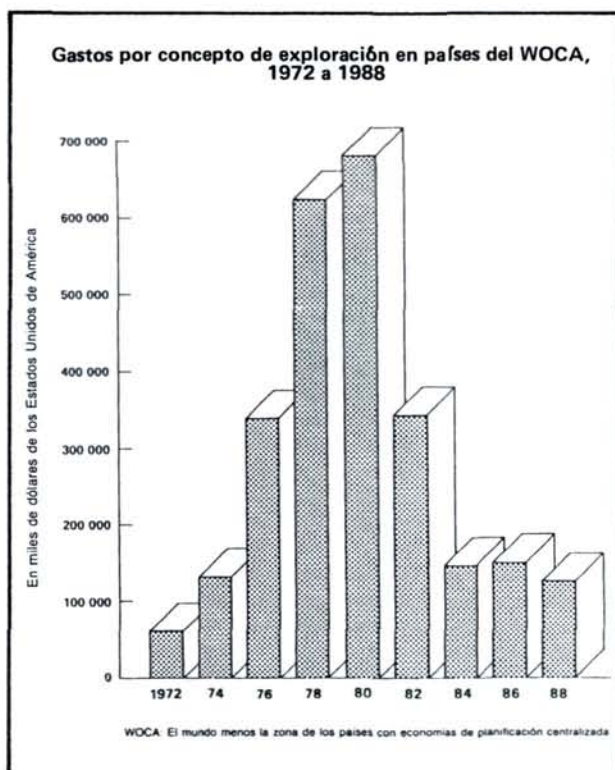
Para lograr estos niveles de detección es preciso calibrar cuidadosamente los equipos; en los últimos años se han realizado ingentes esfuerzos en la construcción y utilización de tales instalaciones de calibración en muchos países. Al principio, los conteos totales y los estudios por espectrometría gamma no se calibraban con tanto cuidado, si acaso esto se hacía. Se están elaborando técnicas para calibrar de nuevo estos datos originales hasta un nivel aceptable.

Las técnicas geoquímicas también han desempeñado un papel importante en la exploración del uranio. Las muestras de aguas, de corrientes, de sedimentos lacustres o del suelo se recogen a intervalos bien espaciados, por ejemplo, una muestra cada 10 ó 15 kilómetros cuadrados, y se analizan mediante técnicas rápidas y poco costosas capaces de procesar varios cientos de muestras por día. También es posible determinar el uranio y los elementos que suelen combinarse con éste en sus yacimientos —por ejemplo el molibdeno, el oro, el arsénico, el mercurio y el vanadio, por sólo mencionar algunos— así como el cobre, el plomo, el zinc y otros elementos que tal vez puedan encontrarse en la región. Estos datos no se examinan por separado sino que se integran y se representan en mapas mediante técnicas avanzadas que utilizan computadoras y se presentan como mapas de distribución de elementos que abarcan grandes extensiones de terreno.

Las técnicas que utilizan el radón han alcanzado un gran desarrollo y se emplean en los programas de exploración del uranio. En esos programas el radón se mide gracias a su estrecha combinación con el uranio original. Esta combinación es importante porque se han descubierto concentraciones anormales de radón en edificios construidos en zonas ricas en uranio. En muchos países, la técnica que más se suele utilizar para detectar y medir el radón bajo techo es el método de detector de trazas alfa (Track-Etch) diseñado primordialmente para explorar el uranio, pero que se ha utilizado mucho también en los Estados Unidos de América para realizar estudios de pronósticos sismológicos.

### Datos sobre la exploración del uranio

En los países del WOCA se han realizado estudios de exploración del uranio en grandes extensiones de terreno

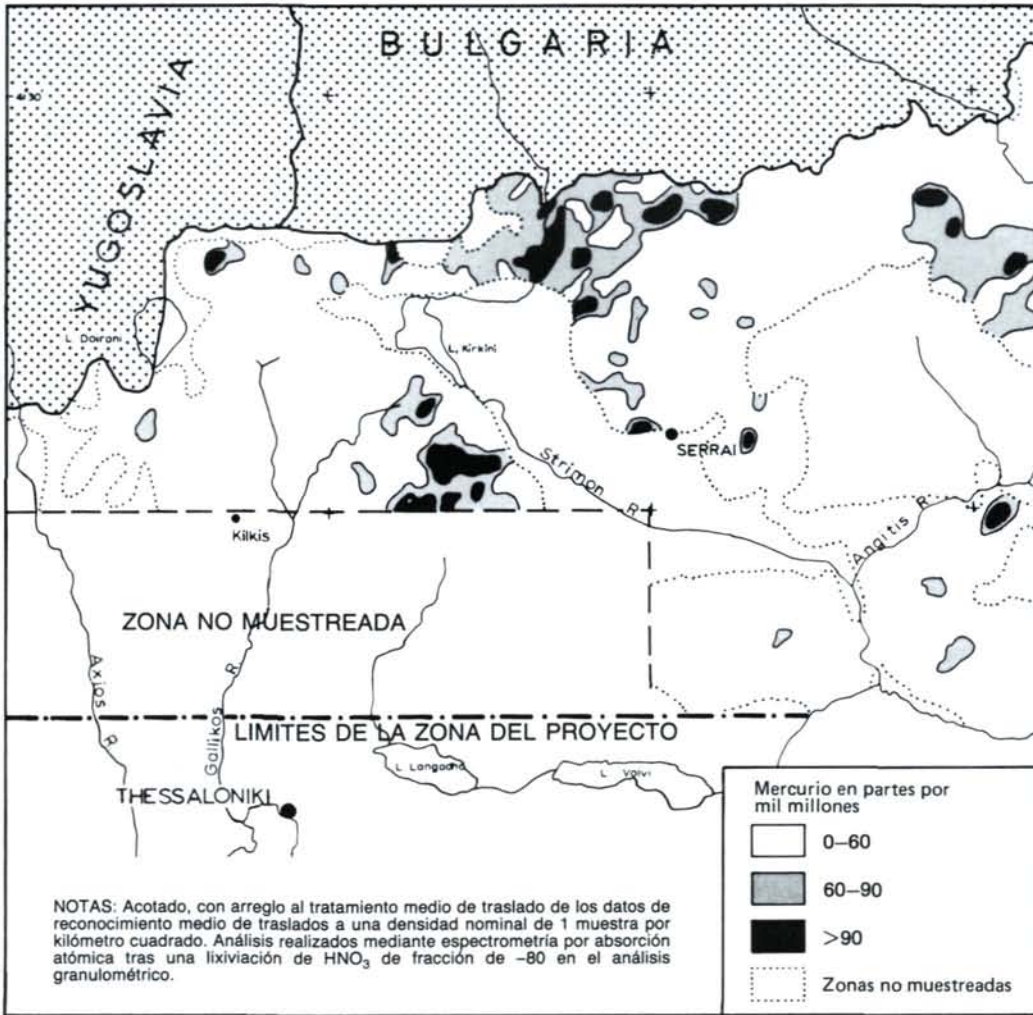


que han consistido, por regla general, en estudios radiométricos aéreos para detectar la radiactividad total, o estudios por espectrometría gamma capaces de discriminar entre la radiactividad debida al uranio y el torio y sus hijos, y el potasio. En los últimos tiempos, por regla general, se han realizado estudios por espectrometría bien calibrados, pero al principio la calibración no era tan cuidadosa, o no se realizaba. Los estudios de conteo total eran también bastante comunes. Pese a que la calidad de estos primeros estudios es variable, no dejan de proporcionar una visión general de la radiación ambiente en una región. Cuando se vuelven a calibrar y se convierten en unidades del índice de exposición, los estudios radiométricos, tanto los aéreos como los realizados sobre el terreno, describen la distribución general de la radiactividad ambiente en la zona estudiada.

En el Canadá, Suecia, los Estados Unidos, la República Federal de Alemania y otros países se han preparado mapas de índices de exposición a la radiactividad ambiente que han constituido principalmente el marco de referencia para calcular la contaminación radiactiva provocada por el hombre y han resultado sumamente útiles para el reconocimiento de zonas donde se debe examinar la posibilidad de que las edificaciones estén contaminadas con radón natural.

Los últimos proyectos de cooperación técnica del OIEA en la esfera de la exploración del uranio en que se han realizado estudios aéreos por espectrometría gamma, por ejemplo en la República Árabe Siria, han requerido nuevos cálculos y la presentación de resultados en mapas de la radiación ambiente.

El levantamiento aéreo de mapas de variaciones imperceptibles en la concentración de potasio en el terreno permitió el reconocimiento de zonas de alteraciones que suelen acompañar la mineralización del oro



En el norte de Grecia se delimitaron extensas zonas con contenido anómalo de mercurio en los sedimentos de corrientes durante un proyecto de exploración del uranio apoyado por el OIEA. Por la importancia del mercurio para el medio ambiente, sus resultados son valiosos para la salud pública, la agricultura y la pesquería.

y el cobre. La información geológica general que se obtiene gracias a los estudios por espectrometría gamma ha garantizado que dichos métodos se consideren importantes elementos de apoyo al levantamiento de mapas geológicos en muchos países. Se llegó a la conclusión de que las zonas ricas en uranio, cuyo levantamiento cartográfico se realiza fácilmente desde el aire, existen donde hay aumento de la concentración de radón en los edificios a niveles que suelen ser peligrosos para la salud humana. Las técnicas aéreas de espectrometría gamma han demostrado también su importancia en los casos de emergencia nuclear. En 1978, la caída del satélite soviético Cosmos-954 provocó la propagación de residuos radiactivos provenientes de su reactor nuclear sobre una amplia zona de los territorios del Noroeste del Canadá. El amplio sistema de estudio por espectrometría gamma y los experimentados especialistas del Servicio Geológico del Canadá se pusieron en funciones y lograron detectar y delimitar enseguida la distribución de los residuos.

A raíz del accidente de Chernobil ocurrido en la Unión Soviética en 1986, Suecia emitió las primeras señales de alarma en Occidente. El Instituto Nacional de Protección Radiológica que tenía conocimiento de la existencia de estas instalaciones y de la competencia del grupo se valió de los estudios aéreos por espectrometría

gamma de la Compañía Sueca de Geología. Al día siguiente ya se había preparado un avión para comenzar el primero de dos levantamientos completos de la distribución de la precipitación radiactiva. Gracias a esta capacidad de realizar estudios aéreos y a sus conocimientos técnicos sobre elaboración y presentación de datos geofísicos, se pudo entregar un mapa valioso y completo de la contaminación a toda la población sueca. Además de delimitar la zona de contaminación, que indicaba con precisión dónde debían realizarse las mediciones sobre el terreno y qué medidas correctivas debían adoptarse, los especialistas de la Compañía Sueca de Geología pudieron trazar un mapa de la precipitación de distintos isótopos asociados con el accidente.

La Compañía Sueca de Geología y el Servicio Geológico de Suecia han estado en primera línea en el desarrollo de las técnicas de medición del radón con fines de exploración del uranio. Sus conocimientos teóricos y prácticos acumulados en la esfera de la medición del radón se utilizaron cuando comenzaron a percatarse de que la distribución natural del radón en las edificaciones podría constituir un peligro en algunas zonas del país.

Los datos geoquímicos obtenidos en tierra en relación con el uranio y otros elementos, como resultado del muestreo de extensas zonas, contienen información de

gran importancia para otras esferas, entre ellas, la utilización de terrenos agrícolas, la zootecnia y la salud humana, además del levantamiento de mapas geológicos y la exploración de otros tipos de minerales. En el norte de Grecia se levantaron mapas de extensas zonas con contenido anómalo de mercurio durante la realización de un proyecto de exploración del uranio apoyado por el OIEA que requirió exámenes desde el punto de vista de la agricultura, la pesquería y la salud humana. (*Véase la figura adjunta.*) El contenido anómalo de oro en los concentrados de minerales pesados de los yacimientos de sedimentos de corrientes, detectado durante la ejecución de un proyecto análogo apoyado por el OIEA en Filipinas, ayudó a determinar la posibilidad de descubrir yacimientos de oro en la región.

Son innumerables los ejemplos de esas "precipitaciones" derivadas de los programas de exploración del uranio, pero en la mayoría de los casos no se han aprovechado debido a que las autoridades nacionales desconocen su existencia e importancia. Incluso las autoridades encargadas de cuestiones de la energía atómica no siempre comprenden o aprecian la naturaleza de los datos que sus grupos de expertos en materias primas nucleares han acumulado en virtud de sus programas de exploración del uranio.

### El papel del OIEA

Durante años el OIEA ha desempeñado un importante papel en el perfeccionamiento y la utilización de técnicas para la exploración del uranio. Se han celebrado reuniones sobre I y D en la esfera de las técnicas de exploración del uranio y se han publicado documentos sobre las normas de instrumentación y la práctica recomendada para su uso. En materia de espectrometría gamma, el Organismo ha elaborado además las normas técnicas para la construcción y utilización de instalaciones de calibración de los instrumentos de campo. Asimismo ha preparado un conjunto de materiales de consulta de muy alta calidad sobre la calibración de instrumentos de laboratorio para el análisis de materiales geológicos.

Mediante sus programas de cooperación técnica, el OIEA ha prestado ayuda en el suministro de delicados instrumentos para la detección de las radiaciones y en la capacitación de trabajadores locales en las diversas técnicas de exploración del uranio gracias a proyectos y cursos de capacitación. Entre esas técnicas figuran las basadas en la radiactividad y en la geoquímica de la exploración.

En muchos países, los que trabajan en la exploración del uranio constituyen el grupo más competente y experimentado al que se puede recurrir en caso de una emergencia nuclear. Esto quedó plenamente demostrado en algunos países tras el accidente de Chernobil. También suelen ser el único grupo que cuenta con el equipo y la experiencia necesarios para realizar mediciones del radón en el medio ambiente. Continúan recibiendo solicitudes de asistencia técnica al más alto nivel en estas esferas de parte de los departamentos nacionales de estudios geológicos y las cátedras de geología de las universidades, así como de los grupos de expertos en materias primas nucleares de las comisiones de energía atómica.

En los últimos años, el OIEA ha dejado un poco de

lado la exploración del uranio propiamente dicha y se ha dedicado más a generalizar la utilización de las técnicas y los datos de los programas de exploración anteriores. Por ello, recientemente se sumó por medio de su Programa Internacional de Correlación Geológica (PICG) a la labor de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) para apoyar un nuevo proyecto relacionado con el levantamiento de mapas geoquímicos internacionales. El objetivo del proyecto es promover y organizar la reunión y compilación de datos geoquímicos a fin de preparar mapas geoquímicos regionales con miras a la publicación ulterior de un atlas geoquímico mundial. El OIEA está desempeñando un papel destacado en relación con los radioelementos uranio, torio y potasio. Ya han comenzado los trabajos de preparación de manuales sobre el empleo de los datos más antiguos obtenidos mediante rayos gamma y los métodos para volver a calibrarlos. Además se está preparando un documento que presentará los últimos adelantos alcanzados en materia de normas técnicas y metodologías para los estudios aéreos por espectrometría gamma para todo tipo de objetivos, incluida la respuesta a los casos de emergencia nuclear.

### Tendencias futuras

A medida que parece disminuir el interés por los nuevos recursos de uranio, se ha puesto cada vez más en tela de juicio el papel que desempeña el OIEA en su exploración y desarrollo. Se suele señalar que existen suficientes recursos de uranio y que sería más útil invertir las sumas que se dedican a estas actividades en otras esferas.

Existe la posibilidad de que, en realidad, sea todo lo contrario. Debido a la disminución de las actividades de exploración del uranio, el papel del OIEA ha cobrado más importancia en el sentido de la conservación de los datos y de la experiencia adquiridos durante el anterior período de auge. La amplia diversidad de informaciones y su valor para otras esferas crean la ocasión propicia para prestar una importante ayuda a otras ramas de la ciencia del medio ambiente. También cabe la posibilidad de ayudar a conservar la experiencia y los conocimientos técnicos acumulados por los especialistas en exploración del uranio en previsión de las necesidades que puedan surgir en el futuro. Además, se ha demostrado que las técnicas y los conocimientos prácticos que poseen los que realizan la exploración del uranio pueden dar, en caso de emergencia nuclear, una respuesta rápida que no se puede encontrar en otros sectores.

¿Sería lógico que el OIEA, única organización internacional que realiza actividades de exploración y desarrollo del uranio y centro de experiencia práctica en la aplicación más amplia de los datos y las técnicas de exploración de este mineral, estuviera sujeto exclusivamente a las fuerzas que actualmente dominan el mercado del uranio? ¿Está obligado acaso a promover y apoyar el uso más amplio y cabal posible de los recursos dedicados por los Estados Miembros a la exploración del uranio?

Las respuestas a estas interrogantes serán de por sí la fuerza principal que impulse el futuro de la cooperación internacional en esta esfera.