

Portada: Gracias a diversas actividades y proyectos, las técnicas nucleares y conexas están ayudando a que los científicos comprendan mejor el mundo dinámico en que vivimos. Por ejemplo, en muchos países y regiones, estas técnicas se aplican con buenos resultados a estudios de urbanización y contaminación del aire, cambio climático y calentamiento de la atmósfera, protección y restauración del medio ambiente y los recursos hídricos. Por otro lado, la energía nucleoelectrónica destinada a la producción de electricidad contribuye al fomento de la energía sostenible y al logro de metas en materia de medio ambiente, incluidas las relacionadas con la gestión racional de desechos. Con objeto de ayudar a los responsables de adoptar decisiones a seleccionar las opciones energéticas, el OIEA está apoyando los esfuerzos encaminados a evaluar los métodos para comparar los efectos ambientales y conexos de la evacuación de desechos procedentes de diferentes fuentes de generación de electricidad. *Diseño de portada: Hannelore Wilczek, OIEA; Stefan Brodek, Viena)*

Contraportada: En muchos países de África y en otras regiones áridas del mundo el agua es un recurso especialmente preciado y los proyectos apoyados por el OIEA están ayudando a los países a preservarlo y reponerlo de manera más eficaz. *(Cortesía: Carnemark/Banco Mundial)*

INDICE

- Crónicas** Los cambios ambientales en perspectiva: Respuesta mundial a los desafíos
por Pier Roberto Danesi y Hadj Slimane Cherif / **2**
- La radiactividad y las ciencias geológicas: Comprensión del medio natural
por Kazimierz Rozanski y Klaus Froehlich / **9**
- Protección ambiental: Técnicas analíticas nucleares en la vigilancia y la investigación de la contaminación atmosférica
por Robert M. Parr, Susan F. Stone y R. Zeisler / **16**
- Minería y tratamiento del uranio: Evaluación de las cuestiones relativas a la restauración del medio ambiente
por Giorgio Gnugnoli, Michele Laraia y Peter Stegnar / **22**
- Desarrollo sostenible y generación de electricidad: Comparación de las repercusiones de la evacuación de desechos
por Roger Seitz / **27**

Actualidades *La cooperación técnica por dentro: Los isótopos y el agua / Inserción*

- Informes temáticos** Datos nucleares para la ciencia y la tecnología: Centros para el desarrollo
por Hans Lemmel / **34**
- Asociados para el desarrollo: Asistencia de expertos en Malasia
por Ainul Hayati Daud / **39**

- Secciones fijas** Resumen internacional de noticias/Datos estadísticos / **42**
- Publicaciones del OIEA / **56**
- Posts announced by the IAEA (Anuncios de puestos del OIEA) / **58**
- Autores y colaboradores del *Boletín del OIEA* en 1995 / **60**
- Bases de datos en línea / **62**
- Conferencias y seminarios del OIEA/Programas coordinados de investigación / **64**

Los cambios ambientales en perspectiva: Respuesta mundial a los desafíos

Por conducto de Vigilancia Mundial y el plan de acción del Programa 21, el OIEA participa en los esfuerzos que se realizan a nivel mundial por encarar los problemas del medio ambiente

por Pier Roberto
Danesi y Hadj
Slimane Cherif

A medida que nos acercamos al final del segundo milenio, una serie de problemas de gran envergadura parece que amenaza a la población mundial en rápida expansión: las consecuencias del calentamiento de la atmósfera, el agujero en la capa de ozono, la contaminación de los océanos, las aguas dulces, el suelo y la atmósfera de la Tierra, el deterioro de la diversidad biológica y la degradación de la calidad de la tierra y el suelo. Al parecer, las preocupaciones están justificadas, al menos mientras los principales objetivos de desarrollo del mundo sigan siendo los niveles económicos de sus naciones más ricas y sus modalidades de elevado consumo y producción de desechos.

¿De qué mejor forma podemos evaluar y comprender las repercusiones que los cambios ambientales antropógenos han tenido sobre nuestro planeta y la magnitud del crecimiento demográfico?

Ante todo valdría la pena ubicarlos en su justa perspectiva temporal con respecto a la edad general de la Tierra. Nuestro planeta se formó hace aproximadamente 4500 millones de años. Transcurrieron casi mil millones de años antes de que aparecieran los primeros organismos bacterianos y unos 2500 millones de años antes de que la atmósfera acumulara suficiente oxígeno para con el tiempo permitir la formación de las primeras células modernas (las eucariotas). No obstante, su desarrollo necesitó otros mil millones de años. La evolución de la vida durante los 1500 millones de años siguientes llevó progresivamente al medio ambiente de nuestro planeta al estado en que lo conoció el primer *homo sapiens*, hace alrededor de 100 000 años. En la práctica, fue necesaria toda la edad de la Tierra, es decir, unos 4500 millones de años, para que se creara un medio ambiente natural que prácticamente no fue afectado por los efectos antropógenos hasta hace unos 10 000 años.

El "Reloj Cósmico". La "hora" en que ocurrieron los principales acontecimientos que caracterizaron la evolución de la Tierra se puede representar en lo que se ha denominado un "reloj cósmico". (Véase la figura

de la página 4.) La esfera de este reloj resume toda la historia del planeta en un día de 24 horas. El surgimiento del planeta se fija a las 00.00 horas y el presente, a las 24.00 horas. En esta escala el *homo sapiens* aparece a sólo unos dos segundos antes del presente. La rapidez de los cambios inducidos es incluso más sorprendente si se tiene en cuenta que nuestros antepasados vivieron de la caza y la recolección hasta hace 10 000 años cuando, con la domesticación de animales y plantas, se inventó la agricultura. No es entonces hasta aproximadamente 0,2 segundos antes del presente en el "reloj cósmico" que las comunidades de seres humanos comenzaron a controlar el ecosistema mundial en lugar de integrarse en éste. (Véase el cuadro de la página 4.)

A medida que se desarrollaba la agricultura y se modificaba una mayor parte de la superficie de la Tierra, los excedentes alimentarios permitieron el establecimiento de asentamientos permanentes. Con la introducción de la tecnología del labrado de metales, se crearon instrumentos más eficientes para la ordenación del medio ambiente. Gradualmente la agricultura y la fundición de metales se desarrollaron en detrimento de los bosques. La tierra desbrozada se utilizó para cultivar y la madera de los bosques para construir y producir carbón vegetal con destino a la fundición de metales en mayor escala. Sin embargo, esos procesos tuvieron repercusiones moderadas o insignificantes sobre el medio ambiente mundial hasta el comienzo de la Revolución Industrial (hace unos 250 años o sólo 0,004 segundos antes del presente en el "reloj cósmico").

A medida que el carbón fue reemplazando a la madera como combustible, lo que desencadenó el rápido aumento del consumo de combustibles fósiles y el inicio de la industrialización en el noroeste de Europa, la magnitud de los cambios ambientales empezó a aumentar de manera asombrosa. La agricultura intensiva y la expansión de las actividades industriales -factores principales de la seguridad alimentaria y la riqueza que permitieron al género humano desarrollarse- también se convertirían en una amenaza para el sistema sustentador de la vida en la Tierra. Con todo, teniendo en cuenta que en 1830 la población mundial era de aproximadamente mil millones de habitantes, no es sorprendente que transcurriese algo más que otro

El Sr. Danesi es Director de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf y Viena. El Sr. Cherif es Ayudante Especial del Director General del OIEA en la esfera de la cooperación técnica, la energía nucleoelectrónica y la seguridad nuclear, y las aplicaciones nucleares.



siglo antes que el mundo comenzara a darse cuenta de los cambios ambientales que el desarrollo industrial y la agricultura estaban provocando.

El problema puede apreciarse en toda su dimensión cuando se analiza la rapidez del crecimiento demográfico mundial después de la Revolución Industrial. (Véase el gráfico de la página siguiente.) La población del mundo era de alrededor de 200 millones de habitantes cuando nació el filósofo griego Aristóteles (384 a.n.e.) y demoró casi 2000 años (1650) para llegar a los 500 millones de habitantes. Durante los 150 años siguientes (en 1830) la población se había duplicado en mil millones y necesitó solamente 100 años (1930) para alcanzar los dos mil millones de habitantes.

Ahora, sólo 65 años después, nos estamos aproximando a los 6000 millones de habitantes, y en el año 2100 llegaremos a los 12 000 millones. Este crecimiento demográfico es particularmente alarmante porque ocurrirá casi por completo en los países en desarrollo, que aunque ya albergan el 77% de la población mundial, sólo participan del 15% del ingreso mundial.

Además, las tendencias actuales indican que pronto la población mundial se concentrará principalmente (alrededor del 50%) en las grandes megalópolis, que tendrán entre 15 y 25 millones de habitantes. La concentración de personas en las grandes ciudades tiene marcados efectos negativos sobre el medio ambiente de zonas urbanas y rurales. Las ciudades generan enormes cantidades de desechos sólidos, líquidos y gaseosos, que provocan problemas de contami-

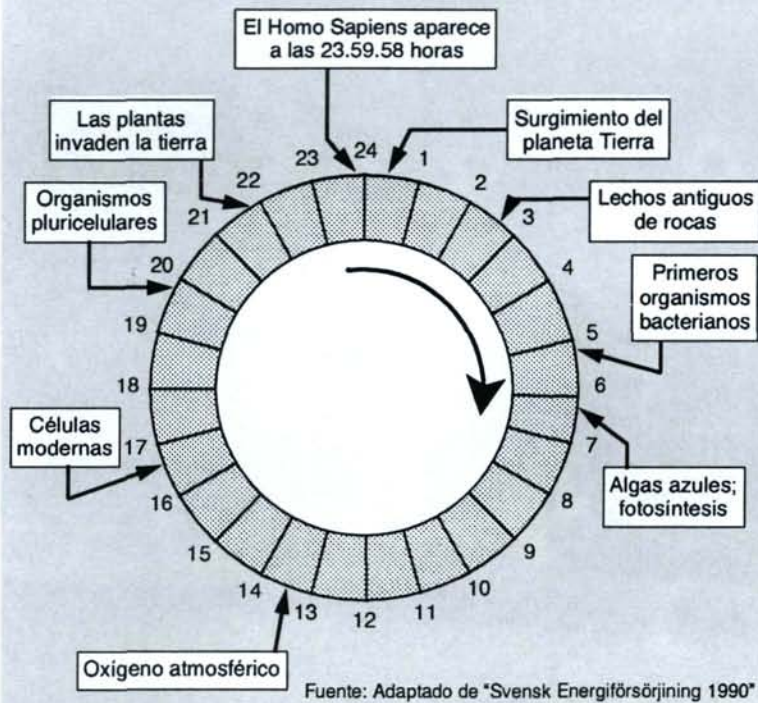
nación del agua y el aire. Por otra parte, pueden ocasionar tremendos problemas sanitarios cuando los desechos humanos e industriales se eliminan sin aplicar medidas adecuadas y costosas. Al mismo tiempo, el medio ambiente de las zonas rurales tiende a dañarse, ya que la migración hacia las ciudades estimula el abandono de prácticas agrícolas ecológicamente racionales, como el riego, el cultivo en bancales, y la rotación de cultivos. El empeño por introducir cultivos comerciales plantea otros problemas ambientales.

Sin embargo, es menester destacar que la influencia del crecimiento demográfico sobre los cambios en el medio ambiente es bastante compleja porque entraña, entre otras cosas, complicadas correlaciones entre los niveles de ingreso, la producción y las modalidades de consumo. Por ejemplo, aunque en los países industrializados vive el 23% de la población mundial, se ha estimado que actualmente producen más del 75% de los desechos del mundo. Ello obedece principalmente a que esos países, con altos niveles de vida, producen y consumen grandes cantidades de energía para producir bienes y prestar los servicios que sus poblaciones esperan, lo cual está inevitablemente asociado a la producción de cantidades considerables de desechos.

Aún cuando en el futuro tal vez no se reduzca el desnivel de ingresos entre los países ricos y pobres del mundo, se espera que los niveles de ingreso de los países pobres aumenten lentamente desde ahora hasta el año 2025. Un aumento insignificante del ingreso, unido a un crecimiento repentino de la población, ha

Arrozales de Indonesia
(Cortesía: Curt Carnemark,
Banco Mundial)

El "Reloj Cósmico": 4500 millones de años del planeta Tierra resumidos en un día

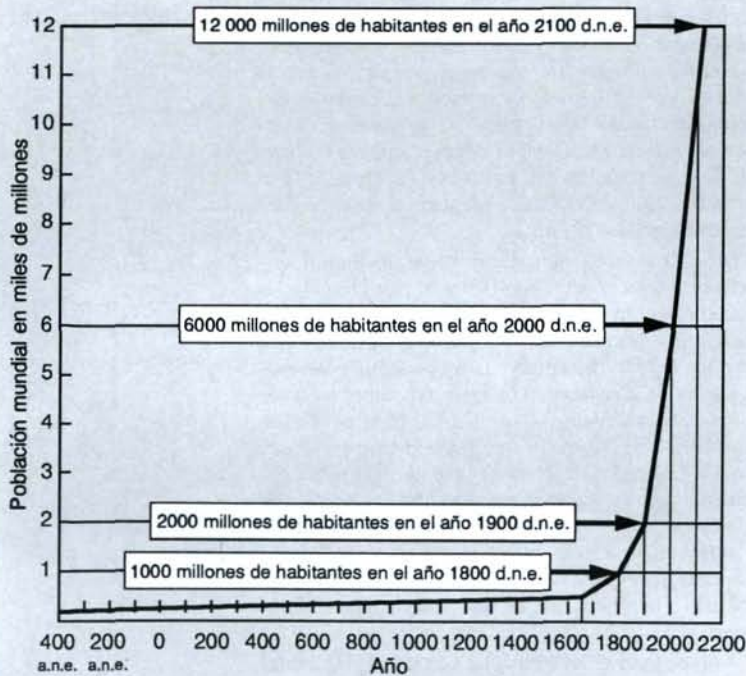


Algunos datos aproximados importantes en relación con la evolución de la vida, los seres humanos y la cultura

	Años antes del presente	Tiempo en que ocurrió el suceso antes del presente en el reloj cósmico de 24 horas
Vida		
Primeros vertebrados	500 millones	2 h y 30 min
Primeros reptiles	300 millones	1 h y 30 min
Primeros mamíferos	200 millones	1 h
Primeros primates	70 millones	20 min
Seres humanos		
Primeros homínidos	4 millones	80 s
Instrumentos de piedra	2 millones	40 s
Homo Sapiens	100 000	2 s
Cultura		
Invencción de la agricultura	10 000	0,2 s
Primeras ciudades y escritura	5 000	0,1 s
Era científica (Copérnico)	500	0,01 s
Era Industrial	250	0,004 s
Siglo XX	100	0,002 s

Tomado de A. Hobson, «Education in Global Change», *A Planet in our Hands*, G. Marx, Editor, Sociedad Física Roland Eötvös, Budapest (1995).

Explosión demográfica



Fuente: Adaptado de A. Hobson, "Education in Global Change", *A Planet in Our Hands*, G. Marx, Editor, Sociedad de Física Roland Eötvös, Budapest, 1995, página 18.

motivado que se calcule que para el año 2025 los países en desarrollo generarán casi la mitad de los desechos mundiales (y el 85% de los nuevos desechos). Esto indica que no es sencillamente el crecimiento de la población lo que amenaza con acelerar la degradación del medio ambiente, sino el crecimiento de la población combinado con los niveles de vida.

Señales de cambios ambientales

A estas alturas, se podría formular una pregunta válida: ¿hasta qué punto el desarrollo humano ya ha provocado cambios ambientales durante las últimas dos milésimas de segundo (0,002 s) que representan el siglo XX en el "reloj cósmico"?

Mucho se ha escrito sobre el efecto invernadero, ocasionado por la liberación de dióxido de carbono durante el quemado de combustibles fósiles y por otros gases, y sobre el calentamiento de la atmósfera, y de si ya se ha detectado. También se dispone de una amplia bibliografía sobre las causas y consecuencias del agujero en la capa de ozono y otras señales de cambios ambientales a nivel local y mundial, inducidos por las actividades humanas. Es de lamentar que

en general aún no se cuenta con indicadores ambientales precisos, y que en la mayoría de los casos sólo se dispone de estimaciones aproximadas. En cualquier caso, las señales son bastante inquietantes. Bastará mencionar unos cuantos ejemplos para comprender la magnitud de los problemas mundiales y locales que estamos y estaremos encarando en el futuro inmediato.

Por ejemplo, se ha calculado que en cada segundo perdemos 1000 toneladas de tierra vegetal y 3000 metros cuadrados de bosque en todo el mundo. Otros 2000 metros cuadrados de tierra cultivable se convierten en desierto, 1000 toneladas de gases no deseados se liberan a la atmósfera, y se producen 1000 toneladas de desechos.* Se estima que a casi 100 asciende el número de especies vivas que diariamente son exterminadas.

En cuanto a la producción de alimentos, la degradación de la tierra es uno de los principales problemas ambientales. El crecimiento demográfico, la urbanización y la necesidad de elevar el nivel de vida de los países en desarrollo están modificando cada vez más el uso de la tierra. La desertificación, la erosión y la urbanización han reducido evidentemente la cantidad de tierra cultivable por persona de alrededor de 0,45 hectáreas (ha) en 1960 a casi 0,24 ha en 1995, y se ha calculado que para el año 2025 seguirá reduciéndose aún más hasta sólo 0,13 ha. La degradación de la tierra afecta, en diferentes grados, a diferentes regiones del mundo siendo los países más pobres de África y Asia los que tropiezan con problemas de mayor envergadura. (Véase el cuadro.) Además, los problemas químicos y la escasez de agua afectan a más del 50% de los suelos y sólo el 11% del suelo mundial no presenta limitaciones para la agricultura. (Véase el gráfico.)

La movilización de productos químicos en el agua, el suelo y la atmósfera es otro motivo de seria preocupación ambiental. Actualmente se conocen más de 11 millones de sustancias químicas y 70 000 de ellas tienen uso general. La Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) ha identificado solamente 1500 sustancias químicas cuya producción es superior a 1000 toneladas al año; desafortunadamente, sólo se dispone de los correspondientes datos sobre los efectos toxicológicos y ambientales de un pequeño número de ellas. Esto significa que las decisiones sobre los límites permisibles para el medio ambiente tienen que adoptarse en la mayoría de los casos sin tener suficiente conocimiento científico, lo que puede traer consecuencias negativas para las personas en caso de emisión no controlada de sustancias tóxicas al medio ambiente. También puede oponer serios obstáculos al desarrollo agrícola e industrial si las autoridades reguladoras aplican medidas de precaución estrictas a compuestos prácticamente ino- cuos.

Estos ejemplos explican por qué a lo largo de los años los factores ambientales se han ido integrando gradualmente en la mayoría de los mecanismos de adopción de decisiones políticas y económicas y han

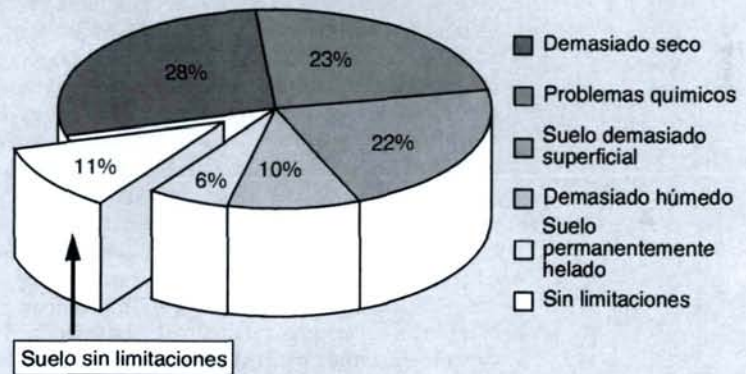
* Véase *Environmental Management Handbook*, S. Ryding, IOS Press, Amsterdam, Oxford, (1992).

Diferentes regiones del mundo afectadas por la degradación de la tierra
(en millones de hectáreas)

Tipo	África	Asia	América Central y del Sur	Total
Erosión por el agua	170	315	77	562
Erosión eólica	98	90	16	204
Pérdida de nutrientes	25	10	43	78
Salinización	10	26	—	36
Total				880

Fuente: H. Oldeman y colaboradores, 1990.

Forma en que las condiciones del suelo mundial limitan la agricultura



Fuente: Datos tomados de "This is Codex Alimentarius", 2ª edición, FAO/OMS I/T353OE/1/5.94/5000.

cochado tanta importancia como la economía al determinar las políticas de desarrollo.

Respuesta de las Naciones Unidas: Programa 21

El concepto de desarrollo sostenible proviene de la convicción de que el nivel de vida básico de la población mundial se puede elevar sin agotar innecesariamente los recursos finitos existentes en el planeta ni seguir degradando el medio ambiente. En la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, la comunidad internacional elaboró y acordó un plan de acción, conocido como Programa 21, que,

como su nombre indica, trata sobre los retos del siglo XXI.* El plan aborda muchos de los problemas apremiantes del mundo y propone una serie determinada de medidas interrelacionadas. Las diversas autoridades clave de los diferentes países deberán tomar esas medidas según sus posibilidades, situaciones y prioridades, y al mismo tiempo, tener en cuenta los principios contenidos en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

El Programa 21 abarca una amplia diversidad de temas bajo el concepto amplio de desarrollo sostenible. Está dividido en 40 capítulos que comprenden asuntos diversos como la lucha contra la pobreza, la protección de la atmósfera, medidas contra la deforestación, la agricultura sostenible, la gestión de productos químicos tóxicos y desechos peligrosos, y la ciencia al servicio del desarrollo sostenible. Si bien la aplicación del Programa 21 es responsabilidad de los gobiernos, la cooperación internacional deberá apoyar y complementar las actividades nacionales.

En este contexto, el sistema de las Naciones Unidas tiene un papel fundamental que desempeñar y ha tomado importantes medidas al respecto. En 1993 la Asamblea General creó la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible, integrada por 53 Estados Miembros elegidos de las Naciones Unidas, para garantizar el seguimiento eficaz de la Conferencia de Río y supervisar el avance de la aplicación del Programa 21. El Comité Interinstitucional sobre el Desarrollo Sostenible, del cual el OIEA es miembro activo, asegura la coordinación entre las organizaciones y organismos especializados del sistema de las Naciones Unidas. El OIEA ha contribuido a la labor de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible en varios grupos integrados sectoriales que se ocupan de cuestiones de interés actual como la salud, la tierra, la desertificación, los bosques y la diversidad biológica, la atmósfera, los océanos y el agua dulce, los productos químicos tóxicos, y los desechos peligrosos. El OIEA también es el gerente de tarea encargado del seguimiento del capítulo del Programa 21 (Capítulo 22) relativo a los desechos radiactivos.

En 1995 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que ha recibido el mandato de coordinar las actividades ambientales en el sistema de las Naciones Unidas, estableció el Grupo interinstitucional de coordinación en la esfera del medio ambiente. El OIEA es miembro activo de dicho órgano consultivo, cuyo mandato y plan de trabajo se preparan en plena coordinación con el Comité Interinstitucional sobre el Desarrollo Sostenible.

Dentro de la Secretaría del OIEA se ha creado un Grupo interdepartamental de coordinación sobre el Programa 21, a fin de coordinar el seguimiento de la gran diversidad de proyectos sobre el medio ambiente y el desarrollo sostenible dirigidos por varios departamentos, con miras a velar por que se les asigne la prioridad correspondiente y a supervisar la evaluación y la valoración de los resultados pertinentes.

* *Agenda 21: Earth's Action Plan*, anotado, D. Nicholas, A. Robinson, Editores, IUCN Environmental Policy and Law Paper No. 27, New York, Oceana Publications (1993).

Técnicas y tecnologías nucleares al servicio del desarrollo sostenible. La tecnología puede ser la clave del aprovechamiento más efectivo y racional de los limitados recursos del mundo y también del desarrollo sostenible. El progreso de la ciencia y la tecnología es un factor significativo para establecer la modalidad y el ritmo de desarrollo de las sociedades humanas de todo el mundo. Se cree comúnmente que con la ayuda de la ciencia y la tecnología es posible encontrar enfoques para lograr un equilibrio entre las necesidades de desarrollo y la conservación del medio ambiente.

En particular, se ha demostrado ampliamente la utilidad y aplicabilidad de la ciencia y la tecnología nucleares para los países desarrollados y en desarrollo. Se ha probado su eficacia en esferas como la salud humana, los recursos de agua dulce, los cambios climáticos, la protección de la atmósfera, los océanos y los mares, la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible. La tecnología de las radiaciones y las técnicas isotópicas tienen un amplio campo de aplicación en prácticamente todas las esferas incluidas en el Programa 21 y, de hecho, se relacionan con la protección del medio ambiente y el desarrollo industrial y agrícola sostenible. La tecnología nuclear ya es un hecho cotidiano y los conocimientos adquiridos durante 100 años desde el descubrimiento de la radiactividad siguen aprovechándose en beneficio de la humanidad, tanto desde el punto de vista material como en el mejoramiento de la calidad de la vida.

Vigilancia Mundial y vigilancia ambiental: Aportes del OIEA

Hace veinticinco años, en 1972, se estableció el programa denominado Vigilancia Mundial como parte de un mecanismo a nivel de todo el sistema de las Naciones Unidas, coordinado por el PNUMA, para vigilar las principales perturbaciones mundiales en el medio ambiente y alertar a tiempo sobre los problemas que requieren medidas urgentes. En 1994 la misión de Vigilancia Mundial se definió de nuevo en la forma siguiente: coordinar, armonizar e integrar las observaciones, evaluaciones y actividades de notificación en todo el sistema de las Naciones Unidas con vistas a proporcionar información ambiental y socio-económica pertinente para la adopción de decisiones a nivel nacional e internacional en favor del desarrollo sostenible y de la alerta temprana de nuevos problemas que requieran medidas internacionales.

El OIEA ha participado en las actividades de Vigilancia Mundial desde el principio. Actualmente facilita información mediante sus ejercicios de reunión y de evaluación de datos ambientales que constituyen una parte sustancial de su programa. Una cuestión de primordial importancia para el mandato del organismo es el apoyo técnico integral a las evaluaciones nacionales, regionales y mundiales de los contaminantes radiactivos. El Organismo también utiliza técnicas nucleares y conexas para el análisis de contaminantes no radiactivos y para el estudio de los efectos de la contaminación sobre los seres humanos y el medio ambiente.

Con respecto a Vigilancia Mundial, el Organismo colabora activamente en diversas esferas: reunión de datos, evaluación y presentación de informes; aumento de la capacidad; armonización y control de calidad de los datos, así como la normalización de metodologías para garantizar una información fiable y comparable sobre el medio ambiente a nivel nacional e internacional; y establecimiento de sistemas de alerta temprana, notificación y respuesta a emergencias.

Alcance de las actividades del OIEA. Las actividades del Organismo abarcan el análisis de contaminantes radiactivos en el medio ambiente y los alimentos; la observación de la radiactividad ambiental para la vigilancia y el cumplimiento de los procedimientos autorizados; el análisis de contaminantes no radiactivos (metales tóxicos, compuestos orgánicos clorados, plaguicidas) en el aire, el agua, el suelo y la biota mediante técnicas analíticas nucleares y conexas; estudios sobre el transporte de contaminantes por aire y agua; y el análisis y evaluación de la seguridad de instalaciones y establecimientos nucleares.

Respuesta a emergencias. Un mecanismo de vital importancia para Vigilancia Mundial es el Sistema de Respuesta a Emergencias que funciona conjuntamente con la Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica. Conforme a la Convención sobre la pronta notificación, de 27 de octubre de 1986, los Estados Partes han acordado que en caso de un accidente que tenga reales o posibles consecuencias radiactivas transfronterizas, lo notificarán inmediatamente al OIEA y a los países que pudieran verse afectados y suministrarán cualquier información complementaria a fin de que se tomen las medidas de respuesta pertinentes. En la Convención sobre asistencia, de 26 de febrero de 1987, los Estados Partes han acordado además brindar la asistencia disponible a los países que respondan a un incidente radiológico.

En el marco de las dos convenciones, el OIEA ha de mantener una lista de puntos de contacto nacionales que recibirían las notificaciones y coordinarían las actividades de ejecución. A fin de cumplir sus responsabilidades de manera eficaz y oportuna, el Organismo ha establecido una Dependencia de Respuesta a Emergencias, instalación especializada que utiliza equipo de comunicación, computadoras, documentos y bases de datos. Además, si en un suceso se necesita la intervención del OIEA, al instante se disponen de expertos bien calificados.

Reunión de datos ambientales. La información reunida por el OIEA sobre contaminantes radiactivos y no radiactivos se analiza y pone a disposición de la comunidad internacional mediante varias publicaciones.

Los datos se reúnen por diferentes vías, es decir, mediante:

- el análisis de muestras que se realiza directamente en los laboratorios del OIEA en Seibersdorf, Viena y Mónaco empleando técnicas analíticas nucleares y conexas. Expertos del OIEA toman las muestras durante las misiones o se envían al Organismo desde todas las latitudes del mundo, incluidas las redes de estaciones de reunión de datos.

- laboratorios que participan en ejercicios de intercomparación, práctica mediante la cual varios laboratorios analizan las muestras para verificar la fiabilidad de los resultados.

- programas coordinados de investigación.

- cuestionarios que se envían a los Estados Miembros.

- bibliografía científica.

- datos oficiales de los Estados Miembros, incluidas respuestas a solicitudes formales.

- centros nacionales del Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS). Los respectivos gobiernos designan estos centros, los cuales mantienen un estrecho contacto con la sede del INIS en la Secretaría del OIEA en Viena.

Los datos de interés para Vigilancia Mundial generados o reunidos directamente por el OIEA pueden agruparse en varias categorías, a saber:

- datos sobre concentraciones de radionucleidos, oligoelementos metálicos, y compuestos orgánicos en el suelo, el aire, las materias en forma de partículas en suspensión, las aguas dulces, los alimentos y el medio ambiente marino (agua, sedimentos y biota). Los datos analíticos se refieren a 1) radionucleidos artificiales y naturales con la determinación de estroncio 90 (Sr-90), rutenio 106 (Ru-106), antimonio 125 (Sb-125), cesio 134 (Cs-134), Cs-137, plutonio 238 (Pu-238), Pu-239, Pu-240, americio 241 (Am-241), yodo 129 (I-129), potasio 40 (K-40), plomo 210 (Pb-210), polonio 210 (Po-210), radio 226 (Ra-226), Ra-228, actinio 228 (Ac-228), torio (Th), uranio (U); 2) elementos principales, incluidos calcio (Ca), K, sodio (Na), y magnesio (Mg); oligoelementos, incluidos aluminio (Al), bario (Ba), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), rubidio (Rb), Sr y zinc (Zn), y también ultraoligoelementos como plata (Ag), arsénico (As), Cs, cadmio (Cd), cobalto (Co), europio (Eu), mercurio (Hg), lantano (La), Pb, Sb, escandio (Sc), selenio (Se), Th, U y vanadio (V); y 3) contaminantes orgánicos como plaguicidas clorados, herbicidas, bifenilos policlorados y compuestos de petróleo. Las mediciones de los radionucleidos accidentalmente liberados al medio ambiente forman parte de este ejercicio;

- datos sobre el rendimiento analítico de los laboratorios en los Estados Miembros para la autoevaluación. Estos esfuerzos están encaminados fundamentalmente a la producción de datos analíticos aceptables a escala mundial. También se reúnen datos sobre los materiales biológicos y ambientales de referencia y los ejercicios de intercomparación de laboratorio que utilizan materiales de referencia;

- datos sobre la evacuación de desechos radiactivos en los océanos del mundo, con un inventario del material radiactivo que entra en el medio ambiente marino. Estos datos están organizados en una base de datos que incluye información sobre los radionucleidos que se incorporan a los océanos como resultado de accidentes, por ejemplo, debido al hundimiento de submarinos nucleares y la reentrada de satélites;

- datos sobre la concentración de tritio, deuterio y oxígeno 18 en muestras de precipitación compuestas, junto con algunos datos meteorológicos seleccionados, como por ejemplo, los valores medios mensuales de la cantidad de precipitación, tipo de precipitación, presión del vapor y temperatura del aire de la superficie;
- datos cualitativos y cuantitativos sobre los cambios en la materia orgánica y los nutrientes de los suelos, incluidos el nitrógeno, el fósforo y el azufre, como resultado de los cambios en la ordenación de tierras y la tala de bosques. Se realizan mediciones de las cantidades de nitrógeno contenido en las aguas infiltradas después de utilizar fertilizantes químicos. Además, se están midiendo las pérdidas por erosión en las cuencas hidrográficas.
- datos sobre gases de efecto de invernadero, flujos de energía y materiales de los diversos eslabones de diferentes cadenas energéticas, incluidas las energías fósil, nuclear y renovable;
- datos sobre las variaciones de la composición isotópica del CO₂, el CH₄, y el CO atmosféricos en tiempo y espacio, en apoyo a los estudios sobre los cambios climáticos mundiales, y sobre la variación de la composición isotópica en depósitos lacustres, depósitos carbonatados, anillos de crecimiento de los árboles, etc., para determinar anteriores fluctuaciones climáticas y sus causas;
- datos y otra información pertinente sobre la gestión de desechos radiactivos en los Estados Miembros, particularmente en relación con los planes y programas de evacuación de desechos, los volúmenes de desechos proyectados y acumulados, los desechos almacenados y las políticas nacionales y de reglamentación;
- datos sobre reactores nucleares de potencia en funcionamiento, en construcción o en fase de diseño en todo el mundo, y datos sobre reactores de investigación;
- datos sobre la seguridad de las centrales nucleares obtenidos en los Estados Miembros del OIEA por conducto de las misiones de grupos de expertos, como por ejemplo los Grupos de evaluación de sucesos significativos desde el punto de vista de la seguridad, los Grupos de examen de la seguridad operacional, el Sistema de notificación de incidentes para centrales nucleares, la Escala Internacional de Sucesos Nucleares, los Servicios de examen de la seguridad técnica, el Examen Internacional de seguridad radiológica, y los Exámenes de evaluación del transporte.

Asimismo, la información sobre las infraestructuras para la protección radiológica y la gestión de desechos se reúne por mediación de los equipos de evaluación de la protección radiológica y los programas de evaluación de la gestión de desechos.

Por último, el Sistema Internacional de Documentación Nuclear (INIS) recopila referencias bibliográficas de materiales publicados y textos íntegros de bibliografía no convencional sobre cualquier tema publicado acerca de los aspectos ambientales y económicos de la energía nuclear y otras fuentes energéticas.

Análisis y distribución de datos. El OIEA también realiza evaluaciones y análisis de los datos. Entre los ejemplos cabe mencionar la evaluación comparativa de los riesgos para la salud y el medio ambiente debidos a la evacuación de desechos sólidos peligrosos a poca profundidad; la evaluación de la vigilancia isotópica de los gases de efecto de invernadero en la atmósfera; la aplicación de enfoques integrados al desarrollo, la ordenación y el aprovechamiento de los recursos hídricos; el análisis y evaluación de la seguridad de las instalaciones y establecimientos nucleares que utilicen material nuclear o radionúclidos o radiación ionizante o los tres; y el análisis y evaluación de contaminantes radiactivos y no radiactivos presentes en el medio ambiente marino.

En vista de que la disponibilidad de información es un factor importante para el proceso de adopción de decisiones y para que el público cobre conciencia de las cuestiones ambientales, el Organismo ha publicado una gran diversidad de publicaciones que van desde revistas científicas y técnicas hasta comunicados de prensa, documentos técnicos, libros de datos e informes. Anualmente se publica una serie de normas, guías, recomendaciones y procedimientos de seguridad, e informes técnicos. En los catálogos e informes de los Servicios para el control de la calidad de los análisis (SCCA) se publican materiales de referencia y la intercomparación de datos analíticos. Actualmente también se dispone de algunos productos de información y bases de datos, como el INIS o la Red mundial sobre isótopos en las precipitaciones, en CD ROM y en los servicios de información electrónica del OIEA basados en Internet.

Una respuesta permanente

Las dimensiones mundiales de los problemas ambientales exigen cada vez más una respuesta internacional concertada, comprometida y coordinada. El aumento de la población en el mundo, sobre todo en los países en desarrollo, gravitará mucho más sobre las posibilidades de las ciudades y los países para satisfacer las necesidades sociales y económicas de los ciudadanos. Es probable que aumenten los reclamos en pro de acciones que exijan la adopción de decisiones con base objetiva, ecológicamente flexibles y racionales desde el punto de vista económico.

El OIEA ha utilizado diversas vías para trabajar estrechamente con sus asociados internacionales a fin de apoyar los procesos de adopción de decisiones, y participar en los esfuerzos que se realizan a nivel mundial para vigilar y evaluar con eficacia la magnitud de los cambios ambientales. Parece que la labor adquirirá mayor importancia en los años venideros, en nuestra respuesta permanente orientada a comprender y encarar las grandes dificultades que supone el desarrollo ecológicamente racional.

La radiactividad y las ciencias geológicas: Comprensión del medio natural

La radiactividad natural de la Tierra está ayudando a los científicos a conocer más sobre los procesos geológicos y el cambio climático mundial

Prácticamente todas las sustancias naturales contienen radionucleidos en mayor o menor grado. Esa radiactividad natural —descubierta hace cien años por el físico francés Henri Becquerel— se utiliza en la actualidad con fines prácticos en muchas ramas de la ciencia y la industria.

En las ciencias geológicas se está estudiando la transferencia de radionucleidos naturales según sus propiedades físicas y químicas, a fin de seguir la evolución de la corteza y el manto terrestres, estudiar los procesos asociados al ciclo hidrológico, y explicar algunos aspectos de la composición de la atmósfera. La radiactividad de las rocas, los minerales, el agua y la materia orgánica se usa mucho en la datación del material geológico y el arqueológico, y de las aguas subterráneas.

La energía liberada durante la desintegración radiactiva se considera hoy día una de las principales fuentes de calor en el interior de la Tierra. Es posible que los movimientos de las capas de la litosfera, la orogenia de las montañas y el vulcanismo tengan su origen en la presencia de radionucleidos. Incluso a escala local, esta presencia puede dar lugar a zonas de flujo de altas temperaturas en rocas de la corteza terrestre. Ello, a su vez, produce la circulación convectiva de aguas subterráneas, que puede propiciar la formación de sistemas energéticos con componentes hidroeléctricos y la consiguiente mineralización.

El descubrimiento y la posterior utilización de las reacciones de fisión y fusión han añadido nuevos elementos a la gama de materiales radiactivos presentes en el medio ambiente. Numerosos radionucleidos han pasado a integrar el ecosistema terrestre, principalmente por medio de los ensayos de bombas nucleares en la atmósfera, y de las emisiones provenientes de la industria nuclear, entre otras fuentes. El seguimiento de su desplazamiento a través de distintos compartimientos del ecosistema mundial arroja nueva luz sobre la dinámica de la atmósfera y del ciclo hidrológico. (Véase el recuadro.)

El reloj natural de la Tierra

Quizá la más típica y lograda aplicación de la radiactividad en las ciencias geológicas sea su uso como "reloj" natural capaz de medir sucesivamente diversos procesos que ocurren en la Tierra. La versatilidad de este reloj es notable, pues puede funcionar eficazmente en más de 15 órdenes de magnitud cuantificando procesos cuya duración oscila entre minutos y miles de millones de años. Para datar con precisión cualquier material de origen geológico o biológico, deben cumplirse dos requisitos esenciales: 1) evaluar con cuidado las fuentes y los sumideros posibles del (de los) radionucleido(s) en uso; y 2) conocer o evaluar el antiguo estado físico del sistema que se datará (sistema abierto o cerrado).

En la datación geológica y arqueológica se utiliza una diversidad de radionucleidos: los producidos durante la nucleosíntesis estelar (radionucleidos primordiales), los pertenecientes a las series de desintegración natural, los resultantes de reacciones nucleares naturales que se producen en la atmósfera (radionucleidos cosmogénicos) y en la litosfera (radionucleidos producidos *in situ*), y los originados en reacciones nucleares artificiales (radionucleidos antropogénicos).

¿Cómo funciona el reloj radiactivo? Su funcionamiento se basa en que la desintegración radiactiva no depende de las condiciones físicas y químicas ni de los cambios en el medio ambiente. La velocidad de desintegración de un radionucleido está determinada por el período de semidesintegración, que puede definirse como el tiempo necesario para que un número determinado de átomos de ese radionucleido se reduzca a la mitad. Para que la datación se pueda efectuar con exactitud, se requieren períodos de semidesintegración del mismo orden que la edad del material que se datará. Afortunadamente, los radionucleidos naturales tienen períodos de semidesintegración que oscilan entre menos de un segundo y más de 10^{10} años. (Véase el cuadro de la página siguiente.) Por tanto, es posible realizar una amplísima gama de dataciones, incluidas estimaciones de la edad de la Tierra y del sistema solar. Algunos de los métodos de datación se basan en la relación que se establece entre el radionucleido y su producto de

por Kazimierz
Rozanski y
Klaus Froehlich

El Sr. Rozanski es funcionario de la Sección de Hidrología Isotópica de la División de Ciencias Físicas y Químicas del OIEA, y el Sr. Froehlich es Jefe de la Sección.

Principales aplicaciones de los radionucleidos naturales y artificiales en las ciencias geológicas

Estudios de la atmósfera

- procesos de dispersión, transporte y mezcla a nivel local, regional y mundial (tritio, criptón 85, radón 222, carbono 14)
- transporte de vapor de agua (tritio)
- intercambio entre la estratosfera y la troposfera (tritio, carbono 14, criptón 85, berilio 7, berilio 10)
- fuentes y sumideros de CO₂ y CH₄ (tritio, carbono 14)
- deposición atmosférica (cloro 36, berilio 7, berilio 10, estroncio 90, cesio 137)

Estudios de la hidrosfera

Hidrosfera continental

- recarga de los recursos de aguas subterráneas (tritio, cloro 36)
- estudios de dispersión en aguas superficiales (tritio)
- estudios de aireación (criptón 85)
- interacción entre la superficie y las aguas subterráneas (tritio, radón 222, carbono 14)
- datación de las aguas subterráneas (tritio, carbono 14, criptón 85, argón 39, cloro 36, criptón 81)
- interacciones roca-agua (uranio 238, uranio 234, radio 226, radio 228)
- tasas de sedimentación en lagos naturales y artificiales (cesio 137, plomo 210)
- evacuación de desechos radiactivos (cloro 36, yodo 129)

Océanos

- procesos de circulación y mezcla (tritio, carbono 14, criptón 85)
- edad de las masas de agua (tritio, carbono 14, argón 39, criptón 85)
- transferencia de CO₂ artificial al océano (carbono 14)
- datación de sedimentos oceánicos (carbono 14, potasio 40)
- variaciones del nivel del mar en otros períodos (carbono 14, uranio 234, torio 230)

Estudios de la litosfera

- datación de rocas y minerales (potasio 40, argón 39, rubidio 87, lutecio 176, hafnio 174, samario 147, neodimio 143, renio 187, radionucleidos de las series de desintegración del uranio y el torio)
- datación de depósitos de carbonato (carbono 14, uranio 234, torio 230)
- datación de sedimentos lacustres (cesio 137, plomo 210, carbono 14, uranio 234, torio 230)
- datación de la exposición superficial (berilio 10, carbono 14, aluminio 26, cloro 36)
- erosión del suelo (cesio 137, plomo 210, berilio 10)
- exploración mineral (radionucleidos de las series de desintegración del uranio y el torio)
- vigilancia sísmica (radón 222)
- paleosismicidad y erupciones volcánicas (cloro 36, aluminio 26, berilio 10)

desintegración, el cual en esos casos suele ser un descendiente estable.

Hasta principios del siglo XX las opiniones sobre la edad de la Tierra diferían considerablemente: las estimaciones oscilaban entre algunas decenas de millones de años y varias decenas de miles de millones de años. El debate concluyó en 1929, año en que Rutherford utilizó la recién descubierta radiactividad

Radionucleidos naturales y artificiales comúnmente utilizados en las ciencias geológicas

Nucleido	Período de semi-desintegración (años)	Origen*
Tritio	12.43	N+A
Berilio 7	9.7x10 ⁻²	N
Berilio 10	1.6x10 ⁶	N
Carbono 14	5730	N+A
Silicio 32	140	N
Cloro 36	3.01x10 ⁵	N+A
Argón 39	269	N
Criptón 85	10.76	A
Criptón 81	2.1x10 ⁵	N
Yodo 129	1.57x10 ⁷	N+A
Potasio 40	1.3x10 ⁹	N
Rubidio 87	4.88x10 ¹⁰	N
Cesio 137	30.17	A

Radionucleidos de las series de desintegración del uranio y el torio		
Uranio 238	4.47x10 ⁹	N
Uranio 235	7.13x10 ⁸	N
Uranio 234	2.48x10 ⁵	N
Protactinio 231	3.43x10 ⁴	N
Torio 230	7.52x10 ⁴	N
Radio 226	1602	N
Radio 228	5.75	N
Radon 222	1.05x10 ⁻²	N
Radon 220	1.76x10 ⁻⁶	N
Plomo 210	22.3	N

*N - Natural (desintegración de radionucleidos primordiales producidos en la nucleosíntesis estelar, las interacciones de los rayos cósmicos con la atmósfera y/o con la corteza terrestre); A - Artificial (explosiones nucleares subterráneas y en la atmósfera, industria nuclear, industria relojera, hospitales, entre otros); N+A - aportaciones significativas de ambas fuentes, la natural y la artificial.

para medir las edades de las rocas y en poco tiempo obtuvo una edad de miles de millones de años mediante el método U-He. La primera determinación precisa de la edad de la Tierra y los meteoritos se efectuó a principios del decenio de 1950 y se basó en los isótopos del plomo, productos finales estables de las respectivas series de desintegración radiactiva. Según esa determinación, la edad de la Tierra era de 4 550 mil millones de años, valor que en la actualidad se sigue aceptando en general como la edad de la Tierra y del sistema solar.

Detección de la radiactividad natural

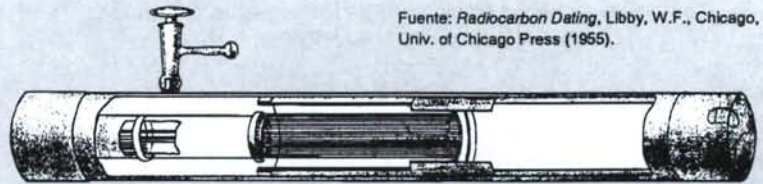
Los radionucleidos naturales se detectaron por primera vez por la radiación ionizante que emiten durante su desintegración. Esta técnica de "conteo de

El reloj de radiocarbono

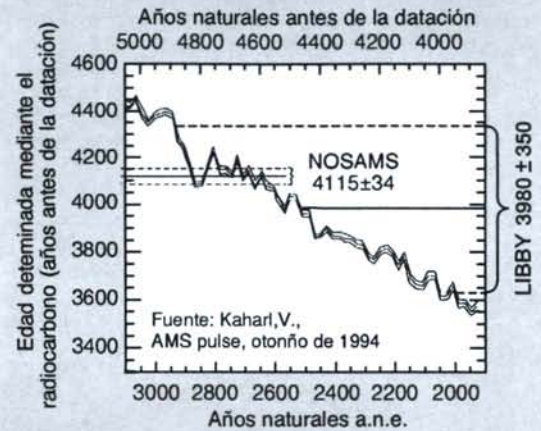
Contador de pared multifilar utilizado por Willard Libby para medir el contenido de carbono 14 en objetos arqueológicos (*derecha*). Libby ganó el premio Nobel de la Paz en 1960 por su labor en la creación del método de datación por radiocarbono. *Abajo*: Ejemplo de un moderno equipo para la determinación de carbono 14 mediante la AMS: acelerador tandemtrón a la venta en la red comercial destinado al análisis radiocarbónico. La primera muestra datada por Libby en 1948 fue una pieza de madera de *acacia* procedente de un mueble encontrado en la tumba del faraón Sozer en Saqqara, Egipto. Libby necesitó unos 20 gramos de este preciado objeto arqueológico para realizar el análisis. Varios egiptólogos, basándose en sucesos astronómicos, jeroglíficos y otros registros históricos, han indicado invariablemente que el reinado del faraón Sozer existió alrededor del 2600 a. n.e.. Como se muestra en el gráfico, Libby fijó el origen de la madera en el año 2030 a.n.e., con un margen de error de más o menos 350 años o en el 3980 antes de la datación, con un margen de error de más o menos 350 años. En 1992 se dató el mismo fragmento de madera de *acacia* hallado en la tumba del faraón Sozer en calidad de primera muestra analizada en el recién establecido National Ocean Sciences Accelerator Mass Spectrometry Facility del Instituto Oceanográfico Woods Hole, Woods Hole, Massachusetts, EE.UU.. En esta ocasión bastaron solamente unos 10 miligramos de madera para realizar el análisis. La edad de la madera encontrada en la tumba de Sozer, determinada por medio del radiocarbono con la AMS, corresponde al año 4115 antes de la datación, con un margen de error de más o menos 34 años, es decir, con un error sigma respecto del primer análisis de Libby.

Para convertir los años determinados por medio del radiocarbono en años naturales, es necesario hacer correcciones que representen las fluctuaciones anteriores del contenido de radiocarbono en el dióxido de carbono atmosférico. Estas correcciones se basan en mediciones de las concentraciones de radiocarbono en una serie de anillos de crecimiento de los árboles datados mediante técnicas dendrocronológicas. La edad de la madera encontrada en la tumba de Sozer, calibrada con los anillos de crecimiento para el análisis de la AMS, permitió determinar dos fechas posibles con un grado de fiabilidad del 95%: del 2877 al 2800 a.n.e. y del 2780 al 2580 a.n.e.. Este resultado concuerda con las estimaciones arqueológicas. No obstante, un notable aumento en la curva de calibración durante el reinado de Sozer impide estimar con gran precisión la edad de este material específico.

(Cortesía: Prof. P.M. Grootes, Christian Albrechts University, Kiel, Alemania)



Fuente: *Radiocarbon Dating*, Libby, W.F., Chicago, Univ. of Chicago Press (1955).



Fuente: Kahari, V., AMS pulse, otoño de 1994



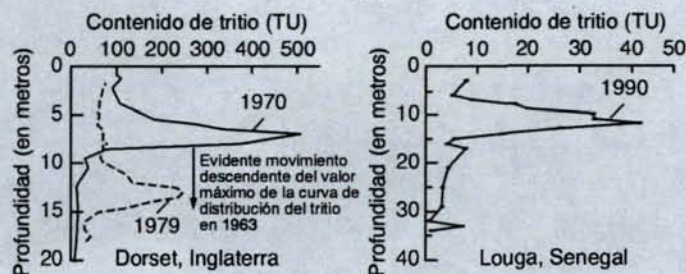
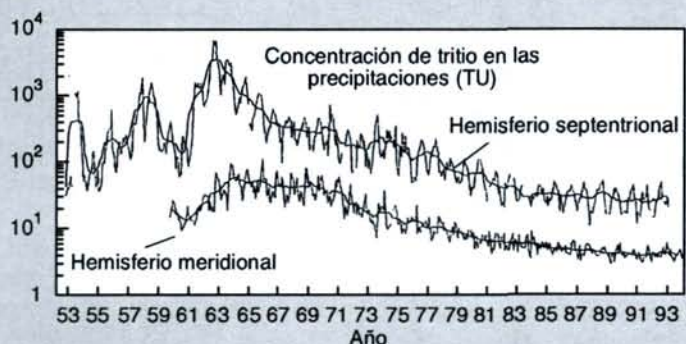
desintegración" se ha venido perfeccionando progresivamente desde que se descubrió la radiactividad natural un siglo atrás. El conteo de desintegración se ha convertido en una disciplina bien establecida y se está utilizando una amplia variedad de materiales (gases, líquidos, semiconductores, entre otros) para detectar distintos tipos de radiaciones ionizantes emitidas por diversos radionucleidos. Como la actividad de los radionucleidos naturales suele ser muy baja, generalmente se emplean complejas técnicas de procesamiento de señales y de reducción de fondo para incrementar la sensibilidad de esos detectores. Para la detección de radisótopos de período corto —con períodos de semidesintegración

de menos de un año aproximadamente— resulta adecuada la sensibilidad de las técnicas avanzadas de conteo de desintegración. Los radisótopos primordiales con períodos de semidesintegración superiores a unos 10^9 años se presentan de forma natural con relativa abundancia (ya que no se han desintegrado completamente durante la vida del sistema solar). El conteo de desintegración se suele sustituir en estos casos por la medición de la acumulación de productos de desintegración estables mediante la espectrometría de masas convencional. Resulta difícil medir radisótopos con períodos de semidesintegración en el intervalo intermedio de 10^3 a 10^8 años aplicando las técnicas de conteo de

Contenido de tritio proveniente de los ensayos de bombas nucleares en la atmósfera

En el gráfico superior que aparece infra se muestra el incremento del contenido de tritio en las precipitaciones como resultado de los ensayos de bombas nucleares en la atmósfera. El contenido de tritio en las precipitaciones está siendo vigilado a escala internacional por la Red mundial sobre isótopos en las precipitaciones (GNIP) del OIEA y la OMM. En el presente recuadro se ofrecen datos de dos puntos de vigilancia a largo plazo que abarcan los hemisferios septentrional y meridional.

Gráficos inferiores: Penetración del valor máximo de la curva de distribución del tritio como resultado de los ensayos de bombas nucleares en la zona no saturada del acuífero ubicado en una zona climática templada (Dorset, Inglaterra) y en una región semiárida (Louga, Senegal). En cuanto al perfil de Louga, obtenido en Senegal en el marco de un proyecto regional de cooperación técnica del OIEA, se estimó que la tasa de recarga media de este acuífero en los tres últimos decenios fue de unos 22 mm/año. Estas tasas de recarga bajas son muy difíciles de medir por los métodos hidrológicos clásicos.



desintegración, puesto que sólo una pequeña fracción de los átomos se desintegra en un tiempo de recuento prudencial. Por ejemplo, si se mide la concentración de carbono 14 en muestras orgánicas empleando un contador proporcional de gas o un contador de centelleo líquido, por término medio, de cada 10^6 átomos de carbono 14 presentes en la muestra, sólo uno se desintegrará y contribuirá a la señal que se mide. Por consiguiente, se necesitan muestras relativamente grandes del material analizado.

Los aceleradores de partículas, como los construidos a los fines de la investigación en el campo de la física nuclear, también pueden utilizarse junto con analizadores de masas magnéticos y electrostáticos para medir radisótopos en concentraciones muy bajas. La labor en esta dirección comenzó a finales del decenio de 1970. Hoy día, varios radisótopos de período largo que eran muy difíciles de medir por el conteo de desintegración (berilio 10, carbono 14, aluminio 26, cloro 36, calcio 41, yodo 129), pueden medirse normalmente en pequeñas muestras naturales con abundancias isotópicas que oscilan entre 10^{-12} y 10^{-15} y tan pocos

átomos como 10^{-5} . Gracias a esta nueva técnica analítica, denominada Espectrometría de masas con acelerador (AMS), se ha podido reducir el tamaño de la muestra en varios órdenes de magnitud. Por ejemplo, la cantidad de carbono requerida para la datación por radiocarbono podría reducirse de unos pocos gramos (conteo de desintegración) a algunas decenas de microgramos (AMS). Además, el tiempo de conteo puede acortarse notablemente. En el último decenio, las aplicaciones de la AMS en las investigaciones se centraron en las ciencias geológicas (climatología, cosmoquímica, geocronología, geomorfología, hidrología, glaciología, exploración de minerales, sedimentología) y en la antropología y la arqueología (datación por radiocarbono). (Véase el recuadro de la página anterior.) En los últimos años, la AMS se ha convertido además en un importante instrumento analítico para las ciencias de los materiales biológicos.

Datación de las aguas subterráneas

Los isótopos radiactivos han encontrado numerosas aplicaciones en la hidrología. El tritio y el carbono 14 son muy utilizados como "instrumentos de datación". Los ensayos en la atmósfera de bombas de fusión nuclear efectuados en los años cincuenta y principios de los sesenta liberaron grandes cantidades de tritio artificial a la atmósfera y con ello a la hidrosfera. La observación de este impulso de tritio transitorio en el ciclo del agua motivó numerosos estudios hidrológicos a escalas mundial, regional y local. Este tritio procedente de los ensayos de bombas nucleares se convirtió en un eficaz indicador de aguas jóvenes en los sistemas de aguas subterráneas y en un útil trazador para determinar la tasa de recarga de los acuíferos, particularmente en regiones áridas y semiáridas. (Véanse los gráficos de esta página.)

Pese a la complejidad de la geoquímica del carbono en los sistemas de aguas subterráneas, tanto el carbono 14 natural como el artificial se convirtieron en un instrumento muy utilizado para evaluar las edades de las aguas subterráneas del orden de unos cuantos miles a unas cuantas decenas de miles de años. Por ejemplo, el radiocarbono permitió evaluar, por primera vez, la edad de grandes reservas de agua subterránea almacenadas bajo el Sáhara. (Véase el gráfico de la página siguiente.)

La técnica de la AMS ha facilitado asimismo las aplicaciones de algunos nuevos radisótopos en la hidrología, como el cloro 36 y el yodo 129. Con el cloro 36 se estimó que las edades del agua subterránea de grandes cuencas sedimentarias, como la Gran Cuenca Artesiana de Australia, eran del orden de hasta un millón de años. Las mediciones de yodo 129 en formaciones de agua profundas asociadas a yacimientos de petróleo ayudan a aclarar el origen y la edad de estas aguas.

Cuantificación de la erosión y la sedimentación

En el proceso de erosión participan diferentes escalas cronológicas: desde procesos relativamente

rápidos, a menudo procesos de erosión de los suelos desencadenados por las actividades del ser humano, hasta procesos relativamente lentos de meteorización de las superficies de las rocas. La erosión de los suelos constituye un problema grave en muchos lugares del mundo por su repercusión en el desarrollo agrícola sostenible.

En principio, puede utilizarse una serie de radisótopos naturales y artificiales para evaluar las tasas de erosión de los suelos, según la escala cronológica correspondiente. Entre ellos, el cesio 137 y el plomo 210 son, con mucho, los que más comúnmente se han utilizado.

El OIEA está abordando este problema por conducto del Programa Coordinado de Investigación (PCI) en curso titulado "Estudios de evaluación sobre erosión de los suelos y sedimentación mediante radionucleidos ambientales y sus aplicaciones en medidas para la conservación de los suelos", en el que participan institutos de investigación de diez Estados Miembros. El programa tiene por objeto la elaboración de nuevas metodologías isotópicas para evaluar la tasa de erosión de los suelos en diferentes medios climáticos, medir la producción de sedimentos en las cuencas fluviales y evaluar las tasas de atarquinamiento en lagos naturales y artificiales.

Debido a la introducción de la técnica de la AMS, en el último decenio se han concebido varios métodos nuevos para la determinación cuantitativa de la edad de superficies geomórficas que se basan en la acumulación de radionucleidos cosmogénicos (berilio 10, carbono 14, aluminio 26, cloro 36 y calcio 41) en rocas expuestas en la superficie terrestre. Estos radionucleidos se producen durante las interacciones de los rayos cósmicos con los átomos de los minerales mediante la espalación de alta energía, las reacciones por captura neutrónica y las desintegraciones nucleares inducidas por muones. Los límites efectivos para la datación de los radionucleidos que se producen *in situ* oscilan entre unos cuantos miles y varios millones de años.

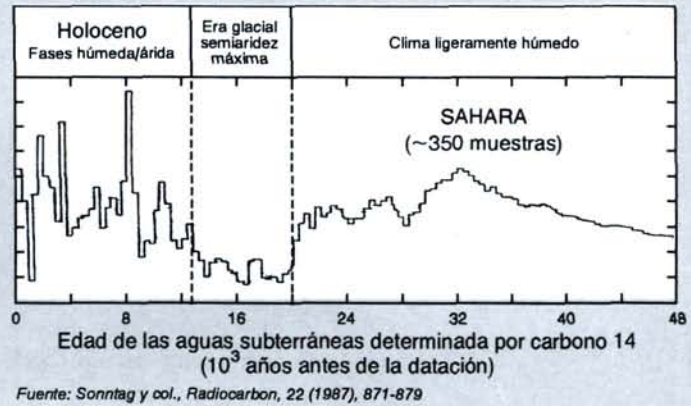
Cronología de variaciones climáticas anteriores

Los radisótopos siguen siendo el instrumento principal que permite disponer de un marco cronológico para las reconstrucciones de cambios climáticos y ambientales ocurridos en el pasado. A tal efecto, se ha empleado una amplia serie de isótopos, según la escala cronológica de los procesos que se estudian y las características de las muestras que se datarán. De ellos, el radiocarbono sigue siendo el que se utiliza con más frecuencia; en los últimos cuatro decenios se han realizado cientos de miles de análisis con radiocarbono en materiales que contienen carbono procedentes de sedimentos lacustres y oceánicos, anillos de crecimiento de los árboles, aguas oceánicas, aguas subterráneas y dióxido de carbono atmosférico.

Además, el método de datación con uranio y torio se está empleando cada vez con mayor frecuencia. Ello sucede, en particular, con su versión moderna, basada en la detección de isótopos de uranio y torio en la muestra con la espectrometría de masas por

Distribución de las frecuencias de edades determinadas por radiocarbono en muestras de aguas subterráneas tomadas en el Sáhara

Desde principios de este siglo se sabe que bajo el mayor desierto del mundo yacen grandes reservas de aguas subterráneas. No obstante, sólo con el inicio de la datación por radiocarbono ha sido posible estimar la edad de estas aguas. En el gráfico se evidencia (a partir de datos procedentes de 350 muestras tomadas en Argelia, Libia, Egipto y el Sáhara meridional) que los acuíferos de África septentrional se recargaron fundamentalmente durante los períodos pluviales del Holoceno y durante los interstadales del último período glacial. El valor mínimo tan manifiesto de la curva de distribución que oscila entre unos 12 y 20 miles de años antes de la datación, corresponde al período de máxima aridez en África septentrional. La estimación de la edad de las aguas subterráneas tiene repercusiones directas en la explotación de los recursos de aguas subterráneas: la ausencia de tritio y las bajas concentraciones de radiocarbono indican que el referido acuífero no se está recargando en la actualidad.



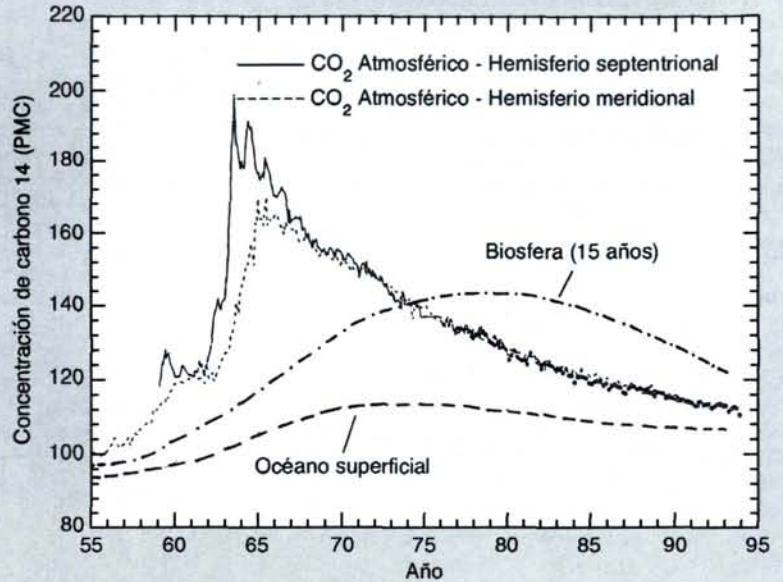
ionización térmica (TIMS) en lugar del conteo de desintegración. Con este método es posible datar materiales geológicos (carbonatos, sedimentos) de unos 350 000 años. Los esfuerzos por reconstruir los cambios ocurridos en anteriores períodos en el contenido del carbono 14 atmosférico, vinculados a variaciones en la tasa de producción de este radisótopo y a cambios en la circulación oceánica, son particularmente importantes para las reconstrucciones de alta resolución de los cambios climáticos ocurridos durante la última desglaciación.

Búsqueda del "sumidero desconocido"

Los ensayos de bombas nucleares en la atmósfera originaron un "impulso" bien definido de concentración de carbono 14 en el dióxido de carbono atmosférico. (Véase el gráfico de la página siguiente.) Este impulso puede utilizarse como trazador del ciclo mundial del carbono, de manera similar a como se está usando el tritio producido en ensayos de bombas nucleares en los estudios del ciclo mundial del agua. La bolsa atmosférica de carbono 14 producido en los mencionados ensayos se está vaciando gradualmente y el exceso de actividad del carbono 14 está penetrando la biosfera y el sistema de carbonatos oceánicos. Mediante la observación de la evolución cronológica del carbono 14 en las correspondientes bolsas (atmósfera, biosfera,

Cambios en la concentración de carbono 14 en el CO₂ atmosférico debidos a los ensayos de bombas nucleares

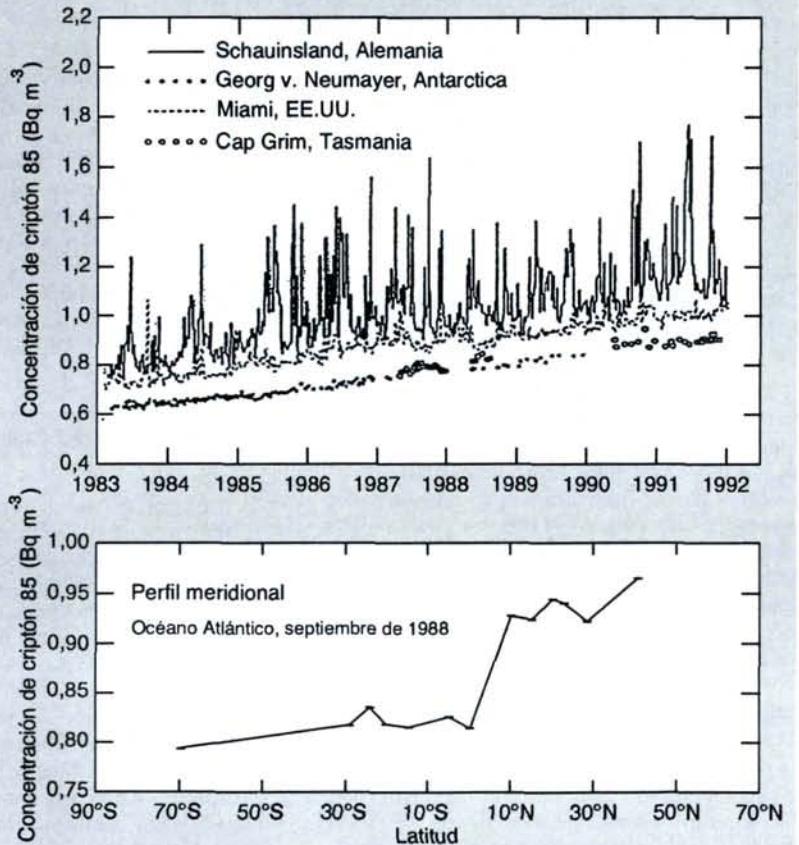
Se realizan observaciones a largo plazo del carbono 14 en varios puntos de ambos hemisferios (Schauinsland, Alemania; Izaña, Tenerife, España; Cape Grim, Tasmania; Mérida, Venezuela; Neumayer Station, Antártida). Poco después del tratado de 1962 sobre prohibición de ensayos nucleares en la atmósfera, el nivel de carbono 14 en el hemisferio septentrional era dos veces mayor que el nivel natural definido en el presente recuadro como 100%. La reducción del carbono 14 después de 1963 obedece a la gran incorporación en los océanos y la biosfera del carbono 14 producido por ensayos de bombas nucleares. La línea discontinua indica la respuesta prevista de la biosfera ante el incremento del carbono 14 en el dióxido de carbono atmosférico, suponiendo que la biosfera es una bolsa bien mezclada con un tiempo de renovación del carbono igual a 15 años. La biosfera terrestre es probablemente la bolsa más compleja del ciclo mundial del carbono. Las observaciones del carbono 14 atmosférico ayudan a evaluar las características y la dinámica de esta bolsa.



Fuente: Hessheimer y col. *Nature*, 370 (1994), 201-203; Levin, I., Thesis B, University of Heidelberg (1994).

Concentración de criptón 85 en la troposfera

El criptón 85 (período de semidesintegración de 10,76 años) es un producto de fisión y se libera a la atmósfera durante la reelaboración del combustible nuclear gastado. Las concentraciones de criptón 85 en el hemisferio meridional son sistemáticamente menores debido a que las principales plantas de reelaboración se encuentran en el hemisferio septentrional y parte del criptón 85 liberado en las latitudes septentrionales medias se desintegra antes de que pueda ser transportada al hemisferio meridional. **Gráfico inferior:** Los perfiles meridionales de las concentraciones de criptón 85 en la troposfera se usan para calibrar los parámetros físicos de los modelos mundiales de circulación atmosférica. Como gas inerte, el criptón 85 es además un magnífico trazador para aguas subterráneas jóvenes.



Fuente: Weiss y col. STI/PUB/859, OIEA (1992); W. Weiss, Fort. Strahl. Umwelt. Radioec. (1993).

océano), se puede conocer más sobre las tasas de la transferencia de carbono entre estas bolsas, en particular entre la atmósfera y el océano.

La interpretación cuantitativa del ciclo mundial del carbono tiene suma importancia dado que el dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero, que aporta el 50% aproximadamente al supuesto calentamiento de la Tierra.

El principal problema para equilibrar el ciclo mundial del carbono es el "sumidero desconocido" del CO₂ que cada año se libera a la atmósfera debido a la combustión de combustibles fósiles, que asciende a unas seis gigatoneladas. Gracias a observaciones atmosféricas del CO₂ se sabe que alrededor del 50% de esta cantidad, es decir, cerca de tres gigatoneladas, permanece en la atmósfera. Por otra parte, los modelos acoplados de circulación general en la atmósfera y el océano disponibles, pronostican que el océano mundial será capaz de incorporar sólo unas dos gigatoneladas anuales. Por tanto, el actual desequilibrio equivale a una gigatonelada aproximadamente. En realidad, este "sumidero desconocido" es dos veces mayor debido a las fuentes de la biosfera asociadas a los cambios en la explotación de las tierras, que se estima sean del orden de una gigatonelada anual.

Los resultados de las observaciones de ¹⁴CO₂ atmosférico proporcionan un excelente instrumento para limitar el ciclo mundial del carbono. De hecho, en un estudio publicado recientemente, basado en los análisis de concentraciones de carbono 14 en la troposfera, se ha indicado que los océanos absorben alrededor de 25% menos de CO₂ antropógeno que lo que anteriormente se había supuesto. Por consiguiente, es necesario proseguir la búsqueda de otro sumidero de carbono, no considerado en el actual balance global de carbono.

Mejoramiento de los modelos de transporte atmosférico

El criptón 85 se libera a la atmósfera durante la reelaboración del combustible nuclear gastado. Las principales plantas de reelaboración funcionan en la Federación de Rusia, América del Norte y Europa, y se encuentran en la zona comprendida entre los 30° y los 50° de latitud norte. Los actuales niveles de criptón 85 de la atmósfera (alrededor de un Bq/m³) pueden medirse con facilidad utilizando la técnica de conteo de desintegración. Como el criptón 85 es químicamente inerte y el único proceso de eliminación importante es la desintegración radiactiva, se considera un trazador atmosférico muy eficaz.

La interpretación cuantitativa de la circulación atmosférica global es indispensable para las estimaciones significativas de los balances globales de los contaminantes atmosféricos y sus repercusiones climáticas. En particular, es preciso describir correctamente dos aspectos de esta circulación: 1) el intercambio de aire en gran escala entre los hemisferios septentrional y meridional, y 2) la intensidad de la mezcla vertical. Debido a la complejidad de los procesos que comprenden, es esencial aplicar modelos numéricos en esta esfera. Los más avanzados de entre ellos, los denominados

modelos de circulación general (GCM), también se usan para predecir las consecuencias climáticas de las emisiones de gases de efecto invernadero. La distribución mundial del criptón 85 puede utilizarse para ajustar los parámetros de modelos del transporte a larga distancia y la mezcla entre los hemisferios septentrional y meridional. (Véase el gráfico de la página anterior.) Otros procesos de importancia, como la mezcla convectiva dentro de la troposfera, particularmente en regiones tropicales y sobre zonas continentales del hemisferio septentrional, no se pueden ajustar a los parámetros de la distribución del criptón 85 en la atmósfera porque las escalas cronológicas que intervienen son mucho más cortas. Otros trazadores, como el radón 222, pueden utilizarse con estos fines.

Perspectivas

No se puede recalcar demasiado la repercusión del descubrimiento de la radiactividad para las ciencias geológicas. Los radisótopos naturales se han venido utilizando durante mucho tiempo como una importante (y a menudo la única) fuente de información sobre la cronología de los procesos geológicos, la historia de los meteoritos y los rayos cósmicos, la evolución del ser humano y la dinámica de los sistemas biológicos. Los radisótopos artificiales, aunque considerados por el público como una amenaza para el medio ambiente humano, han resultado ser excelentes trazadores globales. Nos permiten comprender mejor el ciclo del agua y aprender más sobre los ciclos biogeoquímicos de importantes elementos sustentadores de la vida como el carbono, el nitrógeno o el azufre.

A medida que nos acercamos al próximo siglo, los problemas relativos a los cambios mundiales del medio ambiente tienen más prioridad en los programas de muchas organizaciones internacionales, incluido el sistema de las Naciones Unidas. La evolución hidroclimática a corto plazo de la Tierra y la influencia del ser humano sobre el clima, ya se vislumbran como grandes desafíos y con toda seguridad se convertirán en una de las tareas más importantes que tendrán que asumir los científicos del próximo siglo.

La cuantificación de la posible respuesta del clima terrestre a las tensiones generadas por el hombre es de vital importancia, en particular para la zona intertropical. Esta región, ocupada en su mayor parte por países en desarrollo, está sujeta a variaciones hidroclimáticas extremas, como sequías e inundaciones. Por consiguiente, las predicciones de esos sucesos a corto plazo son uno de los principales requisitos para el desarrollo sostenible de la región. Las técnicas científicas basadas en el empleo de isótopos radiactivos y estables tienen una función importante que desempeñar en la explicación de los mecanismos y procesos que determinan la ininterrumpida evolución hidroclimática del planeta.

Protección ambiental: Técnicas analíticas nucleares en la vigilancia y la investigación de la contaminación atmosférica

*Por conducto de proyectos apoyados por el OIEA en unos 30 países,
los investigadores localizan e identifican las fuentes de contaminación*

por
Robert M. Parr,
Susan F. Stone
y **R. Zeisler**

La contaminación atmosférica se ha convertido en una cuestión de preocupación mundial, particularmente en algunas de las ciudades más grandes del mundo. Esta contaminación tiene muchos y variados componentes que afectan al medio ambiente y, de manera directa o indirecta, a la salud de las personas. Los principales componentes incluyen dióxido de azufre, partículas, monóxido de carbono, compuestos de hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno, ozono y plomo.

Si bien las técnicas nucleares tienen importantes aplicaciones en el estudio de casi *todos* ellos, es en el estudio de las *partículas en suspensión en el aire (APM)* donde las técnicas nucleares analíticas tienen sus aplicaciones más importantes. El presente artículo centra la atención en estas aplicaciones y en la labor del OIEA en esta importante esfera de estudio.

¿Qué son las APM?

Las APM se pueden definir como una mezcla de partículas sólidas y líquidas suspendidas en un medio gaseoso (el aire). En general, la frecuencia de tamaño de las partículas tiene una distribución, en la que los dos principales valores máximos se sitúan aproximadamente en 0,2 micrómetros y 10 micrómetros. (Véase la figura.) Los tamaños de las partículas también pueden clasificarse según las fuentes de origen. Las partículas menores de 2 micrómetros pueden atribuirse fundamentalmente a los procesos de combustión (actividad antropogénica) o a la transformación del gas en partículas. Las partículas mayores de 2 micrómetros se originan, en su mayor parte, en los procesos mecánicos (por ejemplo, la erosión de los suelos) o en la combustión incompleta.

¿Cuál es la razón para querer estudiar las partículas en suspensión en el aire? Una de las razones princi-

pales tiene que ver con sus efectos sobre la salud. (Véase el recuadro de la página siguiente.) Los problemas sanitarios asociados a las APM comienzan a ser motivo de gran preocupación en muchos países y sobre todo ahora en los países *en desarrollo*, donde en algunas ciudades muy pobladas, el total de partículas en suspensión (TSP) a menudo sobrepasa con creces los límites indicativos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Según la OMS, el TSP medio anual no debe exceder de 60 a 90 microgramos/m³. Sin embargo, muchas ciudades por lo regular sobrepasan estos valores. No menos de 17 de esas ciudades (todas ellas de países en desarrollo) tienen niveles de contaminación por TSP que oscilan entre moderados y altos, en gran medida debidos a la combustión del carbón y a fuentes industriales, y en grado creciente en casi *todos* los países, a los escapes de vehículos automotores. En muchas ciudades contaminadas, las consecuencias más directas son las que se perciben de forma inmediata: la reducción de la visibilidad de la atmósfera y la irritación de ojos y garganta. Sin embargo, mucho más engañosas e importantes son las repercusiones a más largo plazo en la salud.

Como esas repercusiones se asocian principalmente a partículas del margen de tamaño de unos 10 micrómetros o menores (denominadas partículas PM-10), estas son las que atraen mayor atención. Lamentablemente, sin embargo, aún no existen normas de calidad del aire internacionalmente reconocidas en lo que respecta a las partículas PM-10, y la mayoría de los países ni siquiera las someten a vigilancia sistemática (o sólo comenzaron a hacerlo en los últimos cinco años). En la práctica, las normas de calidad del aire propuestas en los Estados Unidos son las que más comúnmente se usan como base de comparación, a saber, la concentración anual media de las partículas PM-10 no debe exceder de 50 microgramos/m³ y el promedio de 24 horas no debe ser superior a los 150 microgramos/m³ más de una vez al año. (Véase el gráfico de la página siguiente para hacer una comparación de estos promedios con los resultados notificados en relación con São Paulo por un participante del Brasil en un programa de investigaciones del OIEA.)

El Sr. Parr es funcionario de la División de Sanidad Humana del OIEA y la Sra. Stone es ex funcionaria de esa División. El Sr. Zeisler es ex funcionario del OIEA en los Laboratorios de Seibersdorf.

Elementos característicos de las partículas en suspensión en el aire determinados mediante técnicas nucleares y conexas

Análisis por activación neutrónica (AAN):

Aluminio (Al), arsénico (As), oro (Au), bario (Ba), bromo (Br), calcio (Ca), cadmio (Cd), cloro (Cl), cobalto (Co), cromo (Cr), cesio (Cs), europio (Eu), hierro (Fe), galio (Ga), yodo (I), indio (In), potasio (K), lantano (La), lutecio (Lu), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), níquel (Ni), rubidio (Rb), antimonio (Sb), escandio (Sc), samario (Sm), torio (Th), titanio (Ti), vanadio (V), tungsteno (W), cinc (Zn)

Emisión de rayos X inducida por partículas

(PIXE): Al, Br, Ca, Cl, cobre (Cu), Fe, Ga, K, Mg, Mn, Mo, Na, niobio (Nb), Ni, fósforo (P), plomo (Pb), Rb, azufre (S), selenio (Se), silicio (Si), Ti, Zn, zirconio (Zr)

Análisis por fluorescencia X (FX-DE):

Br, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Ni, Pb, Rb, S, Se, Ti, Zn

Estudios sobre contaminación atmosférica apoyados por el OIEA

Ante lo anteriormente expuesto y a la evidente necesidad de los Estados Miembros de evaluar y controlar la contaminación atmosférica, el OIEA inició en 1992 un programa coordinado de investigación (PCI) titulado "Investigaciones aplicadas sobre la contaminación del aire con empleo de técnicas analíticas relacionadas con técnicas nucleares". Además se ha prestado apoyo a cuatro proyectos de cooperación técnica. No hace mucho, en 1995, se puso en marcha un PCI para la región de Asia y el Pacífico con los mismos objetivos y procedimientos que el primero. Este programa se ejecuta en el marco de un proyecto conjunto del OIEA, el Acuerdo de Cooperación Regional (ACR) para Asia y el Pacífico, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), sobre el empleo de isótopos y radiaciones para fortalecer la tecnología y apoyar el desarrollo ambientalmente sostenible.

Los PCI tienen tres objetivos: apoyar la aplicación de técnicas nucleares y conexas para realizar investigaciones y estudios de vigilancia de la contaminación atmosférica con fines prácticos; determinar las fuentes principales de la contaminación atmosférica que afecta a cada uno de los países participantes (con particular énfasis en los metales pesados tóxicos); y obtener datos comparativos sobre los niveles de contaminación en zonas de elevada contaminación (por ejemplo, el centro de una ciudad o una zona habitada hacia donde soplan los vientos provenientes de una importante fuente de contaminación) y de poca contaminación (por ejemplo, zonas rurales).

En principio, se puede utilizar una amplia gama de distintos muestreadores para tomar muestras de las

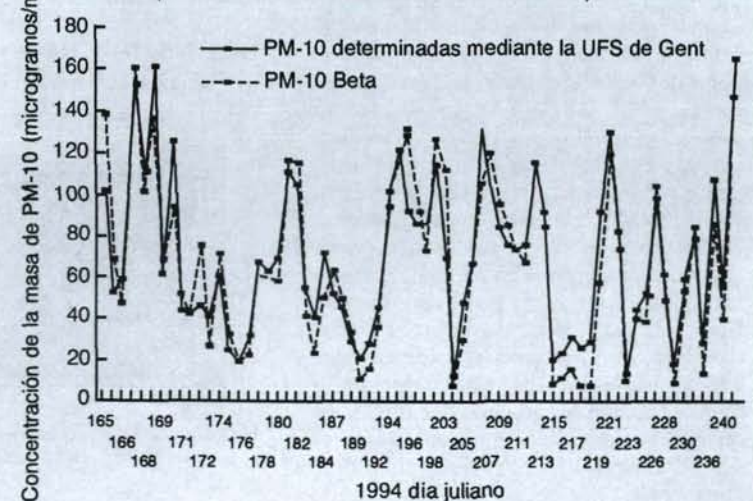
Efectos de la contaminación atmosférica en la salud

Que la contaminación atmosférica puede ocasionar la muerte se sabe al menos desde la tristemente célebre gran niebla contaminada de Londres de 1952, la cual se calcula que causó la muerte prematura a unas 4000 personas en el transcurso de una semana aproximadamente. Ese tipo de niebla ya no existe, pero las últimas investigaciones demuestran que la cantidad de muertes causadas en la actualidad por la contaminación atmosférica es probablemente mayor que lo que incluso se imaginaba.

Para averiguar qué provoca estas muertes y por qué, es necesario comprender primero cómo la contaminación atmosférica penetra en el cuerpo humano, proceso éste que tiene mucho que ver con el tamaño de las partículas. Las partículas mayores de 10 micrómetros suelen ser demasiado grandes y pesadas para recorrer largas distancias, y las que sí llegan al cuerpo humano, en su mayor parte son depuradas por la nariz. Las partículas *más pequeñas*, que en general se conocen como PM-10, de aproximadamente 10 micrómetros o menos, son las más peligrosas, pues mientras más pequeñas son, pueden penetrar *más profundamente* en los pulmones. Si bien todavía no se sabe con exactitud lo que hacen en ese órgano, algunos científicos han indicado que el sistema inmunológico puede reaccionar en su presencia como si fueran organismos invasores, lo que provoca una inflamación de los tejidos similar a la reacción alérgica de las personas que padecen la fiebre del heno, pero en el caso de partículas ultrapequeñas la inflamación se produce muy en el interior de los pulmones. Las peores consecuencias las padecerán aquellos que ya tienen una enfermedad respiratoria grave, por lo que muchos de los que mueren durante períodos de altos niveles de PM-10, probablemente habrían muerto de cualquier manera unas semanas o meses después. Esto es lo que los epidemiólogos llaman *eliminación selectiva*. Sin embargo, a partir de la comparación efectuada entre ciudades de los Estados Unidos con diferentes niveles de PM-10 se dispone de datos que demuestran que la esperanza de vida general disminuye si aumenta el nivel de PM-10, debido principalmente a incrementos de las tasas de mortalidad por enfermedades cardiopulmonares y el cáncer de pulmón. No se trata, pues, de una *eliminación selectiva* de los más débiles, sino de una verdadera amenaza para la salud de cualquier persona.

La cantidad de personas afectadas no puede calcularse con precisión, y ni siquiera los científicos que laboran en esta esfera han llegado a un consenso sobre la forma de hacerlo. Con todo, algunos reputados científicos de la esfera gubernamental apuntan que la contaminación atmosférica puede causar la muerte de unas 60 000 personas al año en los Estados Unidos, y de unas 10 000 en el Reino Unido. De ser correctas, estas cifras indican claramente que la contaminación atmosférica no sólo constituye un importante problema ambiental, sino también un gravísimo problema para la salud pública.

Caracterización de los aerosoles en São Paulo (concentración de la masa de PM-10 en 1994)



Muestreo de las partículas en suspensión en el aire

El muestreo de las APM está muy relacionado con la diferenciación del tamaño de las partículas. Para la caracterización de las APM se emplean diversos dispositivos de muestreo. Los métodos más sencillos entrañan la toma de muestras del total de partículas en suspensión, sin ninguna selección de tamaño, y constan de un filtro (sustrato colector), una bomba y un aforador o regulador que hace pasar el aire a través del filtro a una velocidad dada. De esa forma se toman las muestra de las APM en el filtro. Los muestreadores más complicados toman las muestras de APM según las diversas fracciones de tamaño.

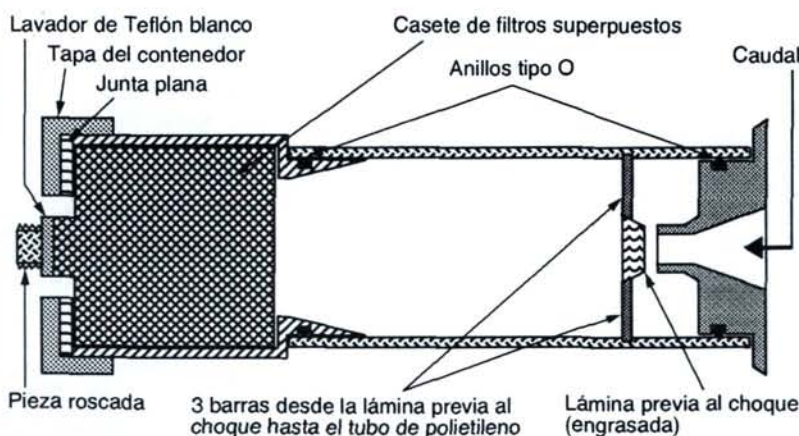
Toma de muestras de APM sin selección de tamaño. Toma de muestras de deposición en seco: Este tipo de muestreador depende sólo de la sedimentación gravitacional de las partículas. Consiste en la extracción de partículas hacia una superficie o colector sin precipitación, lo que se contrasta con la deposición húmeda (que es la extracción de partículas por precipitación, como la lluvia o la nieve) y la deposición en masa (que es la combinación de las deposiciones en seco y húmeda). **Toma de muestras del total de partículas en suspensión (TSP):** Normalmente, los muestreadores de este tipo son muestreadores de aire de "gran volumen", por los que se hacen pasar grandes volúmenes de aire a través de un filtro de poca resistencia (de vidrio o celulosa). El flujo de aire oscila entre 1,1 y 1,7 m³/min, o sea, unos 2000 m³/día. El conducto de entrada y el filtro colector tienen un diámetro de 25 a 30 cm. Este tipo de muestreo es particularmente útil para la observación de zonas apartadas, donde puede haber concentraciones de partículas relativamente bajas, o para la vigilancia de los productos de bajo nivel de las actividades nucleares artificiales.

Toma de muestras de APM con selección de tamaño. Muestreadores con etapas de dispositivos de impacto físico. El principio que aplican estos muestreadores es el de separar las partículas por tamaño utilizando "obstáculos" o dispositivos de choque. Las partículas se extraen hacia superficies sólidas mediante fuerzas de inercia; el aire fluye alrededor de un obstáculo (dispositivo de choque) y las partículas en este flujo siguen la corriente de aire o, según la masa (tamaño) de la partícula, chocan con el obstáculo y de esa forma se toman muestras de las mismas. Un dispositivo de choque en cascada consta de una serie de etapas de colectores de partículas, y en cada etapa se toman muestras de partículas de diferentes márgenes de tamaño. Las muestras de las partículas más grandes se toman en las primeras etapas. **Muestreadores con dispositivos de choque virtual:** La separación en estos muestreadores se produce en una superficie "virtual" que se forma al desviar corrientes de aire. Las partículas finas y gruesas pasan entonces a filtros separados. La separación por tamaños que hacen estos dispositivos no es tan marcada como en los dispositivos de choque físico y en su funcionamiento con partículas menores de un micrómetro aproximadamente parece difícil, pero se evita la mayoría de los problemas con las superficies colectoras. Un ejemplo de este tipo de muestreador de aire es un muestreador dicotómico, que tiene un conducto de entrada que selecciona las partículas por tamaño para muestrear partículas mayores de 10 a 15 micrómetros, y un dispositivo de choque virtual que además separa las partículas en dos fracciones, finas y gruesas. Estos muestreadores funcionan con un caudal volumétrico "mediano". **Muestreadores que emplean fuerzas centrífugas:** Estos tipos de muestreadores, por ejemplo, los ciclones, también pueden seleccionar las partículas por tamaños mediante un flujo en una cámara cilíndrica o cónica. Las partículas grandes se extraen de un flujo de aire constante mediante choque, y las partículas más grandes impactan las paredes del ciclón. Estas partículas se quedan en las paredes o se depositan en el fondo del ciclón y generalmente no se analizan. Los ciclones se utilizan frecuentemente para separar fracciones finas y gruesas de las APM. **Unidades de filtros superpuestos (SFU):** Este tipo de muestreador aplica el principio de filtración en secuencia donde el fraccionamiento de las partículas se logra mediante filtros de policarbonato parcialmente eficientes. Estos filtros se emplean debido a la forma en que toman las muestras de partículas específicas según las fracciones de tamaño deseadas. Un SFU consta de dos filtros en serie, ubicados contra corriente de una bomba. El primer filtro (etapa para partículas gruesas) toma muestras de partículas entre unos 3 y 15 micrómetros. El segundo filtro (etapa para partículas finas) toma muestras de partículas que pasan por el primer filtro, es decir, partículas menores de unos 3 micrómetros. Estos muestreadores también funcionan a un caudal volumétrico "mediano" (unos 18 L/min o 360m³/día).

Muestreadores personales. Estos son muestreadores de aire compactos y pequeños, que constan de una bomba y una unidad para la toma de muestras de partículas en un filtro. Estos muestreadores pueden reunir partículas de todo tamaño o tener un dispositivo de diferenciación de partículas por tamaño y, por lo general, son muestreadores de poco volumen (1 a 5m³/hora). La persona objeto de observación es la que porta el muestreador que se emplea para evaluar la exposición individual a las partículas en suspensión en el aire.

Muestreador de aire de filtros superpuestos "Gent": El SFU "Gent" está expresamente diseñado para tomar muestras de APM en la fracción de tamaño en que pueden ser inhaladas (PM-10), aplicando el principio de filtración en secuencia (véase el esquema). Este muestreador, diseñado en la Universidad de Gent, Bélgica (y actualmente suministrado por la Universidad Clarkson de los Estados Unidos), es el que utilizan todos los participantes en los programas coordinados de investigación del OIEA para los proyectos de investigación de la contaminación atmosférica y otros proyectos conexos. Este muestreador emplea una unidad de filtros superpuestos

tipo "abierto" en la que se utilizan dos filtros de policarbonato Nuclepore de 47 mm (un filtro con poros de 8 micrómetros y el otro con poros de 0,4 micrómetros) para tomar muestras de APM. El filtro se introduce en un contenedor cilíndrico que está provisto de una lámina previa al choque para la toma de muestras de partículas mayores de 10 micrómetros. El muestreador está diseñado para funcionar con un caudal de 18 L/min, y la etapa previa al choque proporciona un punto de corte de las PM-10 a temperatura y presión normales. Con este caudal, el filtro Nuclepore grueso (con poros de 8 micrómetros) tiene un valor d₅₀ de 2 micrómetros, de modo que realmente toma la fracción de partículas de entre 2 y 10 micrómetros de tamaño, mientras que en el filtro fino reúne las partículas menores de 2 micrómetros.



Países que participan en las actividades apoyadas por el OIEA en materia de vigilancia e investigación de la contaminación atmosférica

Participantes en el Programa coordinado de investigación (PCI) a nivel mundial: Australia, Tailandia, Bangladesh, China, Kenya, India, Irán, Turquía, Eslovenia, Portugal, Hungría, Bélgica, Austria, República Checa, Argentina, Chile, Brasil, Jamaica y Estados Unidos

Participantes en el PCI regional: Mongolia, China, Myanmar, Tailandia, República de Corea, Filipinas, Viet Nam, Nueva Zelanda, Indonesia, Singapur, Malasia, Bangladesh, Sri Lanka y Pakistán.

Proyectos de cooperación técnica: Costa Rica, Chile, Filipinas, Sri Lanka y Portugal

APM. (Véase el recuadro de la página 18.) Sin embargo, por razones prácticas, todos los participantes en los PCI están empleando un dispositivo de muestreo relativamente sencillo y barato. Todos tienen el mismo diseño para asegurar que los datos analíticos resultantes se puedan comparar. Una unidad de filtros superpuestos para partículas PM-10 de poco volumen, diseñada en la Universidad de Gent, Bélgica, toma muestras de partículas del aire en dos fracciones de tamaño. El Organismo ya ha suministrado muestreadores con este diseño a unos 30 países. (Véase el recuadro supra.)

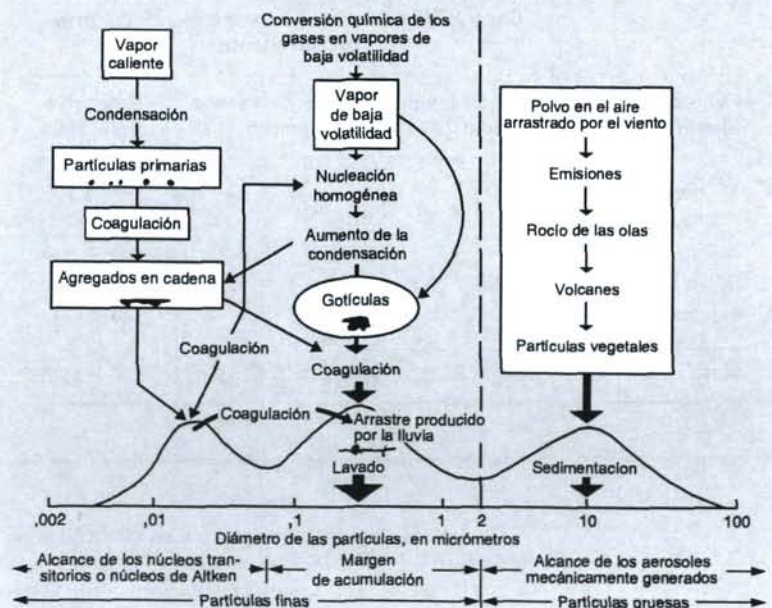
Estos PCI también se apoyan en el trabajo que se realiza en los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf, que han instalado uno de los muestreadores de Gent para tomar muestras de las APM en Viena y en una localidad rural austríaca. (Véase el recuadro de la derecha.) Además, los Laboratorios participan activamente en la preparación de materiales de referencia para los estudios sobre contaminación atmosférica, incluidas muestras de filtros de aire de referencia para uso de todos los participantes en los PCI. De esta forma, se espera poder asegurar que los datos que se reúnan durante la ejecución del PCI tengan alta calidad, y que puedan hacerse comparaciones bien fundadas entre los datos proporcionados por distintos analistas. Por la misma razón, también se ha decidido que un solo coordinador de información evalúe centralmente la mayoría de los datos.

Aplicabilidad de las técnicas analíticas nucleares y conexas. Si bien en estos programas se aplican diversas técnicas analíticas, el mayor hincapié se hace en las técnicas nucleares y conexas como el análisis por activación neutrónica (AAN), el análisis por fluorescencia X basada en la dispersión de la energía (FX-DE) y la emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE). Estas técnicas, por sus características, son muy adecuadas (de hecho únicas) para realizar análisis multielementos no destructivos de las partículas en suspensión en el aire tomadas en los filtros. (Véase el recuadro de la página 17.) Los demás métodos alternativos exigen un prolongado proceso de disolución de los filtros, y por lo general sólo se

Aportación de los Laboratorios del OIEA en Seibersdorf

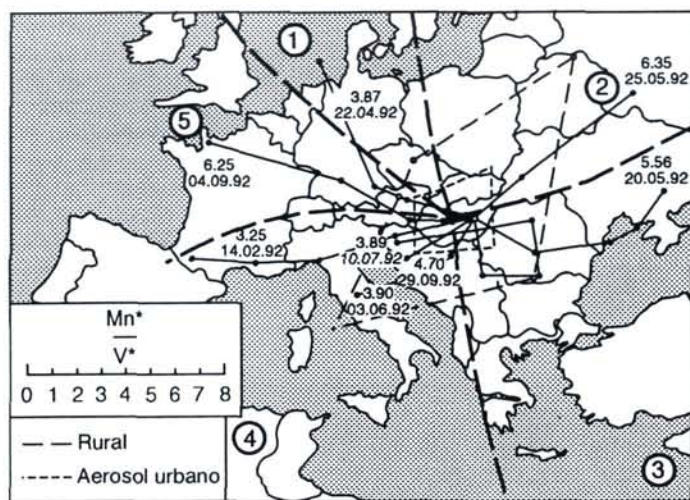
Una de las formas en que los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf participan en los programas sobre contaminación atmosférica es mediante la evaluación de los procedimientos, incluida la toma de muestras, la preparación, el análisis y la manipulación de los datos. En una zona residencial urbana de Viena se establecieron puntos de toma de muestras de las APM que utilizaron el muestreador de PM-10 "Gent", así como en el emplazamiento de los Laboratorios en Seibersdorf, que se tomó como una zona rural representativa. Se investigaron los posibles escollos que podrían encontrarse en las etapas de muestreo y preparación, y la aplicabilidad de diferentes técnicas analíticas, y se obtuvo información sobre la adaptabilidad del muestreador de partículas de relativamente poco volumen en los países en desarrollo. Como las masas de APM tomadas con los muestreadores empleados en los PCI son de poco volumen se requieren métodos de análisis muy sensibles. Las técnicas analíticas nucleares como la AAN o la PIXE demostraron ser particularmente apropiadas para el análisis de las muestras obtenidas. El enfoque analítico de varias técnicas que se empleó en Seibersdorf no sólo produjo resultados para un gran número de elementos, sino que también en el caso de varios elementos, produjo resultados con dos técnicas diferentes, lo que hace más fiables los datos obtenidos. Si bien la cantidad de muestras tomadas fue limitada, se logró tomar una pequeña "instantánea" de la composición de los oligoelementos de las APM en la zona de Viena y en la zona rural en Seibersdorf. En el caso de las muestras tomadas en zonas más apartadas (por ejemplo, una zona rural), se hizo especial hincapié en la importancia de la caracterización del "vacío" (es decir, la composición en oligoelementos del "sustrato" o filtro) debido a que muchas de las concentraciones de oligoelementos tienen este mismo valor de vacío o están por debajo de éste. Incluso con las dificultades con que se tropezó en la toma y análisis de las muestras de las APM, se puede obtener mucha información sobre la composición en oligoelementos de las fracciones de APM que se pueden inhalar, mediante un análisis cuidadoso, así como sobre las fuentes de las APM (tanto naturales como artificiales).

Partículas en suspensión en el aire



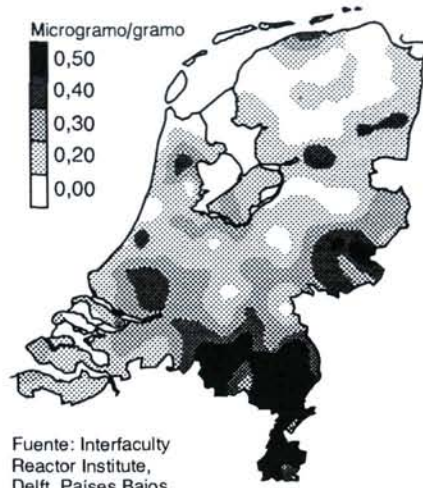
El diagrama muestra los márgenes de tamaño, los principales modos, las principales fuentes de masa de cada modo, y los principales mecanismos mediante los cuales se eliminan las partículas del aire.

Diagramas de distribución del sector de viento en Debrecen, Hungría, atendiendo a las partículas en suspensión en el aire en los medios urbano y rural



El gráfico, aunque un tanto complicado, demuestra básicamente que los componentes de la contaminación atmosférica bajo estudio habían provenído sobre todo de dos direcciones: Donets'k, Moscú, y las regiones de los Urales de la Comunidad de Estados Independientes; y del norte de Italia y los Balcanes noroccidentales. Además, se pudieron determinar algunos sucesos de contaminación en particular, así como sus fuentes y fechas específicas.

Aportación estimada de las fundiciones de cinc a la contaminación atmosférica con cadmio en los Países Bajos (basada en el análisis de muestras de musgo)



Identificación y distribución de las fuentes. Las fuentes de contaminación se caracterizan por estar compuestas por distintas mezclas de elementos en diferentes proporciones. A continuación se ofrecen algunos ejemplos de elementos asociados con seis fuentes *identificadoras* de partículas pequeñas, tomados del trabajo realizado por el participante de Australia en el programa de investigación del OIEA:

- vehículos motores: H, Na, Al, Si, S, Cl, Fe, Zn, Br, Pb, Elt.C (carbono elemental)
- combustión del carbón: H, Na, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, Elt.C
- humo: H, Cl, K, Ca, Elt.C
- suelo: Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe
- rocío de mar: Na, S, Cl, K, Ca
- industria: H, P, S, V, Cr, Cu, Pb, Elt.C

Si se procediera a la medición de varios elementos característicos de cada una de estas fuentes en un conjunto de muestras tomadas mediante filtros de aire, podrían emplearse técnicas estadísticas para calcular la contribución de cada una de las fuentes *identificadoras* en por ciento. (Véase el cuadro.) Este tipo de información resulta extremadamente útil para los organismos responsables de la protección del medio ambiente, ya que les permite conocer la procedencia de la contaminación en el sentido de cuánto puede aportar cada una de las distintas fuentes.

Las fuentes de contaminación también pueden identificarse combinando información sobre el contenido de oligoelementos en las muestras tomadas en los filtros de aire, con información *meteorológica*, sobre todo la referida a la dirección del viento y los movimientos recientes de masas de aire (las llamadas trayectorias de aire hacia atrás). (Véase el gráfico de

Distribución de la contaminación atmosférica (partículas PM-2,5) en una ciudad de Nueva Gales del Sur, Australia

Fuente identificadora	Contribuciones de las fuentes identificadoras en por ciento		
	Mes de invierno julio 1994	Mes de verano diciembre 1994	Promedio para 1994
Vehículos motores	68 ± 7	19 ± 5	54 ± 21
Humo	18 ± 7	—	8 ± 12
Suelo	—	2,7 ± 0,9	5 ± 4
Rocío de mar	3,5 ± 0,9	5,4 ± 0,8	4 ± 2
Industria	11 ± 2,6	73 ± 7	35 ± 21
Masa total	30 ± 2 µg/m ³	9,5 ± 0,6 µg/m ³	14 ± 8 µg/m ³

pueden aplicar a un elemento, o a un pequeño grupo de ellos (el ICP-MS, que es un método *relacionado* con las técnicas nucleares, es una excepción). Si bien algunos de estos elementos, como el plomo (cuyo símbolo químico es Pb), son de interés *directo* atendiendo a sus efectos en la salud, la mayoría de ellos son objeto de estudio ya que pueden aportar un *identificador* singular que permite determinar las distintas fuentes de contaminación.

la página anterior en que se ofrece un ejemplo de Hungría.)

Vigilancia biológica. Las mismas técnicas analíticas y estadísticas se pueden aplicar no sólo a las muestras tomadas en los filtros de aire, sino también a otros tipos de indicadores de la contaminación atmosférica. En los últimos años ha aumentado notablemente el interés por usar diversos tipos de biodetectores de la contaminación atmosférica, como muestras de musgo, líquen e incluso corteza de árboles. La "clave" al aplicar este tipo de técnica consiste en seleccionar un biodetector que obtenga la mayoría de sus nutrientes del aire y no del suelo u otra matriz a partir de la cual alimenta su crecimiento.

Las principales ventajas de los biodetectores son: 1) las muestras se pueden tomar casi "gratuitamente" (no hace falta emplazar costosos dispositivos para filtrar el aire que requieran energía eléctrica con las consiguientes labores frecuentes de supervisión y mantenimiento); y 2) las muestras ya se encuentran "en el lugar" en emplazamientos de muestreo que abarcan extensas zonas (pueden abarcar, incluso, a todo el país).

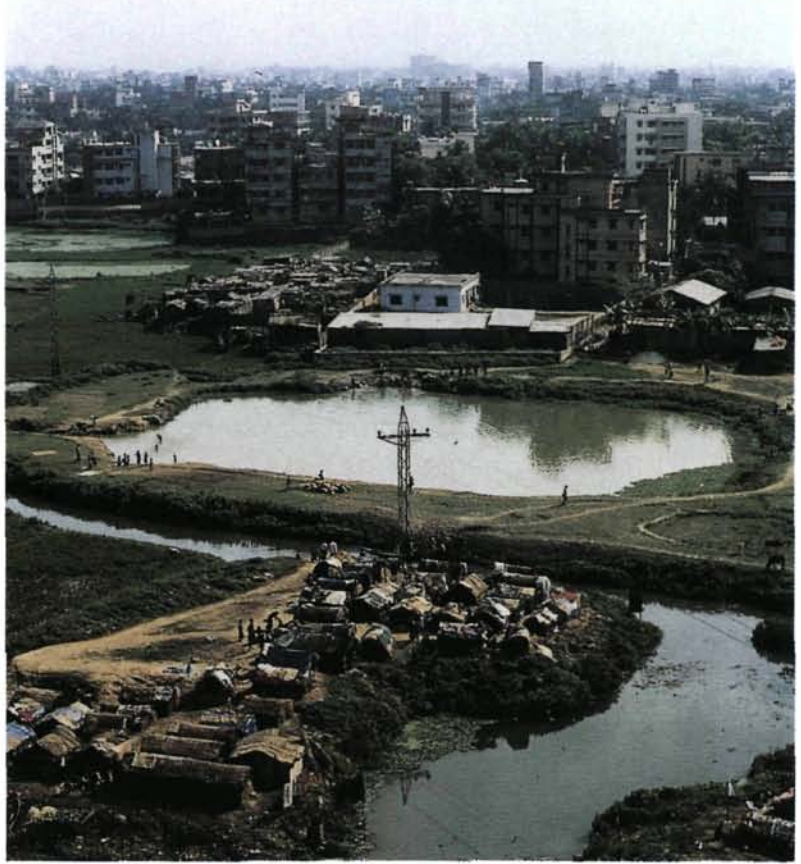
De esta manera se puede obtener información increíblemente detallada sobre la distribución geográfica de los contaminantes atmosféricos, no sólo respecto de los niveles de contaminantes específicos, sino también (mediante la identificación estadística) de las fuentes de dicha contaminación. (Véase la figura de la página anterior en la que se ofrece un ejemplo de los Países Bajos.) Varios participantes en el PCI del Organismo están estudiando también el uso de este tipo de técnica. El OIEA se halla en buenas condiciones para seguir apoyando la labor en esta esfera al haber certificado recientemente un material de referencia analítica adecuado, el líquen, con el concurso de 42 investigadores de 26 países.

Esfemas que se priorizarán en el futuro

El PCI de alcance mundial sobre contaminación atmosférica que dirige el Organismo concluirá en 1997, y el PCI regional en Asia y el Pacífico, en 1999. La información que ellos proporcionan constituirá una base de datos excepcional sobre los niveles y las fuentes de tipos concretos de contaminación atmosférica en las principales ciudades de muchos países en desarrollo.

Puesto que las partículas objeto de medición son las que presuntamente afectan de manera directa a la salud humana, la base de datos del Organismo puede servir para estudiar los posibles vínculos entre la contaminación atmosférica y la incidencia de las enfermedades cardiopulmonares en las ciudades y regiones que se investigan. En la mayoría de los países, nunca antes se ha notificado este tipo de datos. Como todos los participantes en la investigación están usando el mismo tipo de muestreadores de aire y procedimientos de control de calidad analítica, se prevé un elevado nivel de fiabilidad en los resultados que permita hacer comparaciones significativas entre diferentes ciudades y países.

Actualmente en los Estados Unidos se estudian nuevas normas de calidad del aire que deben brindar



orientación no sólo sobre las partículas PM-10, sino también las PM-2.5. El programa del OIEA ya está proporcionando este tipo de información.

Una parte de la labor del Organismo está recibiendo apoyo en la región de Asia y el Pacífico en el marco del proyecto conjunto PNUD/ACR/OIEA sobre el empleo de isótopos y radiaciones para fortalecer la tecnología y apoyar el desarrollo ambientalmente sostenible. Se están celebrando debates con el PNUD con vistas a prolongar este trabajo en el período 1997-1999. De adoptarse tal decisión, los estudios sobre la contaminación atmosférica seguirán siendo un importante componente de dicho proyecto.

Asimismo, se espera que en América Latina, en el marco del programa regional ARCAL, se pueda fomentar el uso de técnicas nucleares y conexas para la vigilancia e investigación de la contaminación atmosférica; en este caso haciendo hincapié en el empleo de biodetectores.

En todo este trabajo se ha demostrado que las técnicas nucleares y conexas pueden proporcionar información valiosa sobre los niveles y las fuentes de contaminación atmosférica. Se trata de un género de información no sólo directamente valiosa en sí misma, sino que es prácticamente imposible de obtener por cualquier otro método de análisis instrumental no destructivo.

Bangladesh, uno de los países que participan en la investigación sobre la contaminación atmosférica con apoyo del OIEA.

Minería y tratamiento del uranio: Evaluación de las cuestiones relativas a la restauración del medio ambiente

El OIEA presta asistencia para resolver problemas en Europa central y oriental y los Estados recientemente independizados

por
**Giorgio Gnugnoli,
Michele Laraia
y Peter Stegnar**

A raíz de los cambios políticos acaecidos en Europa central y oriental (ECO) y el surgimiento de los Estados recientemente independizados (ERI) después de la desintegración de la antigua Unión Soviética, mucho se ha conocido de las condiciones ambientales de estos países. En aras de lograr metas de productividad basadas en cuotas, buscaron la industrialización en gran escala y empobrecieron los recursos naturales de la región. En ese proceso, en muchas esferas a menudo se descuidó la preservación y protección del medio ambiente.

Los cambios políticos revelaron de manera fragmentada la existencia de emplazamientos radiocontaminados y crearon condiciones para que estos países se hicieran receptivos a la cooperación de una serie de países de los cuales antes habían estado aislados.

Aunque la necesidad de restaurar el medio ambiente no es privativa de las regiones de ECO y de los ERI, algunas características específicas pueden traer otras complicaciones. Por ejemplo, si se determina que las instalaciones de producción de uranio requieren la adopción de algún tipo de medida correctora, es posible que el tamaño y la ubicación de los centros de producción de ECO y los ERI compliquen la labor de restauración. A diferencia de algunos países cuyo desarrollo minero tuvo lugar en zonas apartadas (por ejemplo, los Estados Unidos) o generó cantidades de desechos relativamente pequeñas, los países de ECO y los ERI hacen frente a complicaciones logísticas mayores por dos razones obvias. En primer lugar, los volúmenes de desechos radiactivos acumulados son demasiado grandes para evacuarlos a un costo razonable. En segundo lugar, no existen otros emplazamientos de evacuación más seguros, o no son prácticos.

Durante los años ochenta y principios de los noventa, se cerraron muchas de las minas de uranio más antiguas debido a la reducción de la demanda de

uranio y al aumento de la oferta general. Los consiguientes bajos precios y el costo de las medidas adicionales que era necesario adoptar para satisfacer las expectativas más exigentes de la sociedad en la esfera de la protección radiológica y del medio ambiente hicieron que la producción de uranio en muchas minas de baja ley dejara de ser lucrativa. Además, esta consideración económica ha venido a complicar aún más la restauración de los emplazamientos.

Aunque es probable que algunas de estas minas y plantas de tratamiento vuelvan a entrar en funcionamiento con el aumento de la demanda y los precios, muchas de ellas cerrarán definitivamente, y será necesario clausurarlas y eliminarlas. Como esta situación ha surgido en un plazo relativamente corto, se han dedicado limitados recursos a modificar, o incluso proteger, las zonas contaminadas de esos países.

Los factores que se relacionan a continuación contribuyen a aumentar el riesgo de contaminación radiactiva:

- los períodos operacionales prolongados contribuyen a acrecentar el riesgo de contaminación;
- a más alta ley de los minerales, mayor intensidad de la dosis radiactiva de los residuos;
- las condiciones climáticas naturales (por ejemplo, la lluvia, el viento) incrementan considerablemente la dispersión y la contaminación; y
- los países con recursos limitados sólo pueden dedicar recursos marginales a la restauración del medio ambiente.

Lamentablemente, en la mayoría de los países de ECO y los ERI existen estos factores. En el presente artículo se describen brevemente algunos de los problemas clásicos de la planificación y ejecución de proyectos de restauración del medio ambiente en estos países.

Condiciones y problemas fundamentales

Aunque algunas condiciones políticas, económicas y de infraestructura son comunes a muchos países de las regiones de ECO y los ERI, existen grandes diferencias. En general, se pueden distinguir tres cate-

Los Sres. Gnugnoli y Stegnar son funcionarios del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA y el Sr. Laraia es funcionario del Departamento de Energía Nuclear.



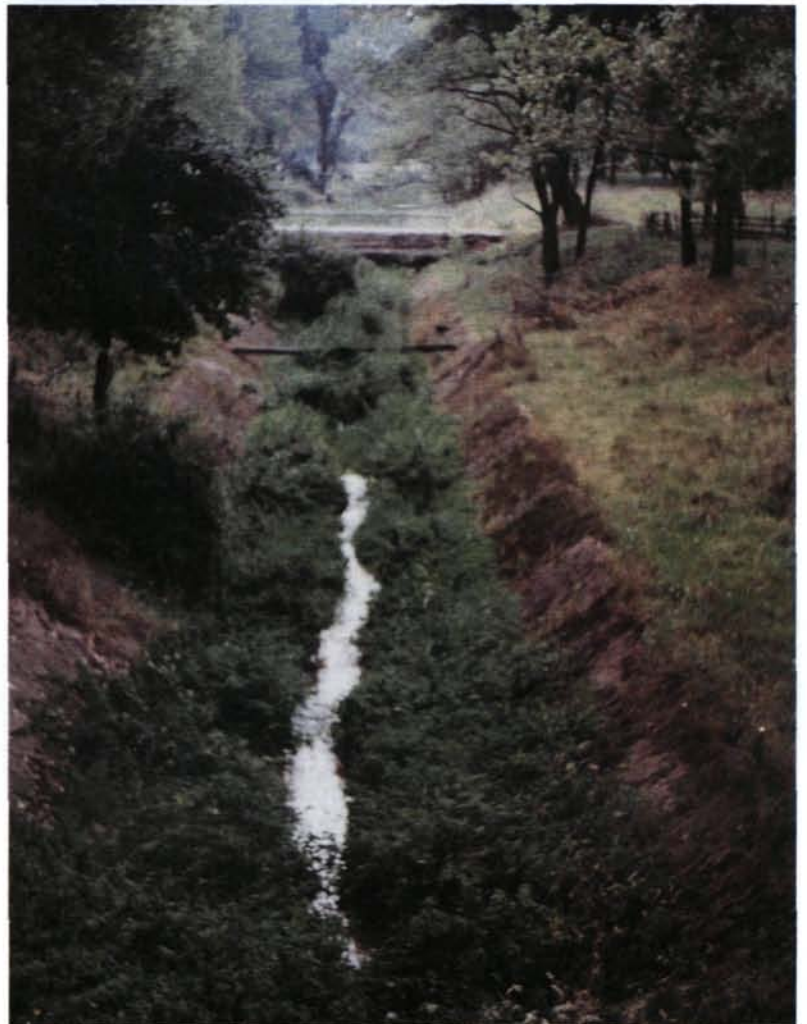
gorías de situaciones básicas relacionadas con la restauración del medio ambiente:

- países que tienen una industria del uranio poco desarrollada, con pequeñas cantidades de desechos procedentes de la minería y el tratamiento del uranio, y pocos emplazamientos contaminados (por ejemplo, Polonia);
- países que tienen una industria del uranio más desarrollada, con varias minas y plantas de tratamiento y recursos moderadamente afectados (por ejemplo, Rumania); y
- países que tienen una industria del uranio plenamente desarrollada, con muchas minas y plantas de tratamiento y recursos muy afectados (por ejemplo, la República Checa).

Entre los problemas clásicos asociados con las anteriores prácticas en ECO y los ERI están las emisiones de radón, la contaminación de las aguas subterráneas, la cercanía de la contaminación a zonas pobladas, la falta de recursos para emprender trabajos de restauración, la disponibilidad de lugares y opciones de evacuación, la ausencia de reglamentos o de una infraestructura reguladora de la restauración, el empleo indebido o la extracción de colas para la construcción, la ausencia de explotadores responsables, y los grandes inventarios y dispersiones regionales.

En algunos casos, la contaminación de las aguas subterráneas constituye un problema tan alarmante que las principales fuentes de agua potable están amenazadas por la contaminación química y radiológica. Otra situación típica de los países de ECO es

Arriba: Explotación minera y de tratamiento de uranio de Péc, Hungría, con cúmulos de "lixiviación en montones" y roca estéril. (Cortesía: Mecsekore Mining, Hungría) **Derecha:** Canal contaminado que atraviesa el poblado de Yana, cerca de la explotación minera y de tratamiento de Buhovo, Bulgaria.



la cercanía de los emplazamientos de producción de uranio a las zonas pobladas, la cual ha dado lugar, en ocasiones, al uso de parte de la roca estéril y de las colas en obras de construcción. Esas estructuras son fuentes constantes de radón en interiores, lo que se considera uno de los riesgos radiactivos más significativos.

Problemas particulares de la restauración del medio ambiente en la región

Especificaciones de los emplazamientos. Probablemente la selección y caracterización de los emplazamientos radiocontaminados en los países de ECO es el problema más difícil relacionado con los proyectos de restauración del medio ambiente. Los datos existentes no sólo están incompletos sino que tampoco son del todo fiables. Para realizar proyectos de restauración del medio ambiente es imprescindible contar previamente con fuentes de datos sobre los emplazamientos radiocontaminados específicos; de lo contrario, los esfuerzos y recursos dedicados al proceso son inútiles.

Problemas de organización asociados con los cambios políticos. En muchos de los países de ECO y los ERI, se está modificando el viejo marco de reglamentación para que se ajuste a las estructuras políticas recientemente independizadas o radicalmente modificadas. Dicho marco, que incluye la formulación de nuevas leyes y reglamentos, se halla en la fase de planificación o a punto de hacerse realidad. En algunos países será necesario adaptar las leyes vigentes a las nuevas situaciones políticas. Habrá un período de transición mientras se producen esos cambios y se despejan las ambigüedades en las nuevas responsabilidades. Es probable que esta situación complique el proceso de adopción de decisiones en materia de restauración del medio ambiente.

Financiación de los trabajos de restauración del medio ambiente. Una serie de organismos externos, como el Banco Mundial y el Banco Europeo de Reconstrucción y Fomento, así como países y grupos de países como la Unión Europea, están ofreciendo financiamiento para los trabajos de restauración del medio ambiente. Con todo, puede haber falta de coordinación y, por ende, duplicación en los proyectos, lo que podría conducir al uso ineficaz de los fondos disponibles. Además, también puede resultar difícil asignar y distribuir eficazmente los recursos financieros entre los países.

Infraestructuras disponibles para la gestión de los desechos y residuos procedentes de los programas de descontaminación. Para lograr una gestión eficaz de los residuos y desechos procedentes de los programas de descontaminación, los países tienen que disponer de infraestructuras e instalaciones de gestión de desechos para tratar, almacenar y evacuar en condiciones de seguridad cualesquiera desechos radiactivos resultantes de la restauración. En muchos países de ECO y los ERI, las etapas del ciclo del combustible nuclear se coordinaban regionalmente. En la mayoría de los países sólo quedan partes de esa infraestructura. Si en la práctica no se tiene acceso a las instalaciones de evacuación de desechos radiactivos, los esfuerzos de descontaminación pueden verse limitados.

Crecientes diferencias entre los países de ECO y los ERI. Es probable que en estas regiones resulte más rentable y beneficioso ejecutar grandes proyectos coordinados en lugar de programas nacionales independientes. No obstante, estos países tenderán a tomar caminos diferentes, debido al carácter diverso de sus actuales objetivos económicos y políticos, lo cual no beneficia el objetivo general de utilizar eficazmente los recursos en la restauración del medio ambiente. La proximidad geográfica, la semejanza entre las estructuras políticas y el tener los mismos tipos de desechos exigen la cooperación y el uso de tecnología y experiencias similares.

Actitudes del público. Otro de los problemas que plantean los proyectos de restauración del medio ambiente es el criterio oficial, científico y público sobre el problema de los desechos radiactivos. Puesto que durante casi cincuenta años en estas regiones se han venido empleando comúnmente las sustancias radiocontaminadas, junto con prácticas obsoletas de manipulación del material, la población no ha tenido más alternativa que aceptar la presencia de desechos radiactivos a su alrededor. En muchas ocasiones, el público ni siquiera sabía de la existencia de dichas sustancias tan cerca de sus hogares. Al parecer, esta situación está cambiando a medida que la población de estos países empieza a comprender los riesgos vinculados a estos desechos.

Soluciones para los emplazamientos contaminados

La estrategia que se aplica para hacer frente a la contaminación y a las emisiones provenientes de las instalaciones de extracción y tratamiento en funcionamiento se asemeja, en muchos sentidos, a la de las prácticas pasadas. Por ejemplo, la contaminación fuera del emplazamiento provocada por la erosión se caracteriza, y cuando conviene, se excava y devuelve al emplazamiento de origen. Existen determinadas prácticas y estrategias que, de ponerse en práctica durante el período operacional, pueden reducir en gran medida los esfuerzos de restauración en el momento de la eliminación.

Estrategias actuales de minería y tratamiento. En las operaciones actuales se siguen determinadas prácticas, junto con una estrategia general de aislamiento y enterramiento, lo que constituye un método de evacuación más eficaz y seguro. Dichas prácticas de gestión de desechos comprenden el rociado de los cúmulos de mineral y de las playas de residuos con agua y/o estabilizadores químicos, el uso de cámaras de filtros de bolsa en las áreas de trituración y mezcla, el uso combinado de depuradores en húmedo con cámaras de filtros de bolsa en las áreas de secado y embalaje de U_3O_8 , la inyección de las paredes de la mina, la adición de agentes neutralizantes a los líquidos residuales y la ventilación de las minas subterráneas.

Presa de residuos y cúmulos de rocas estériles. Las estrategias de gestión de desechos que se siguen hoy día en las minas y plantas de tratamiento convencionales consisten en enterramientos, relleno de minas, y la evacuación en lagos profundos y someros.

Estas estrategias de evacuación pueden mejorarse mucho incorporando otras características dirigidas a la protección del medio ambiente como:

- rellenado de minas con agregados de suelo y roca;
- uso de tabiques en las minas;
- neutralización química;
- revestimientos de presas de residuos líquidos;
- sistemas de evacuación progresiva por zanjas;
- bombeo de agua subterránea; y
- sistemas de recolección y tratamiento por drenaje y percolación.

Operaciones de minería no convencionales. En muchos casos, la naturaleza del recurso mineral no se presta fácil ni económicamente para la extracción y/o el tratamiento convencionales. Existen procesos industriales que permiten extraer el recurso sin los costos y otras cargas vinculados al tratamiento convencional del mineral. Estos procesos se conocen generalmente como minería o tratamiento no convencional. A diferencia de la minería y el tratamiento convencionales, existe la tendencia a realizar estos tipos de operaciones en escala más pequeña cuando no resulta económico ni práctico excavar los filones de minerales. Las principales operaciones no convencionales son la lixiviación *in situ* (extracción por disolución), la lixiviación en montones y la recuperación de subproductos. Si se logra mantener y explotar adecuadamente estos tipos de instalaciones más pequeñas, y relativamente económicas, los países de ECO y los ERI podrían mantener un nivel de producción de U_3O_8 sin las cargas y los riesgos de las grandes presas superficiales de desechos.

En algunos países de ECO se ha utilizado la minería *in situ* y el tratamiento convencional (por ejemplo, en la República Checa y Bulgaria), mientras que en Hungría se ha utilizado la lixiviación en montones. La recuperación de subproductos se basa en el principio de aprovechar un proceso industrial que ya existe desviando el flujo operacional -e incluso el de los desechos- hacia otros procesos de extracción. Por ejemplo, las antiguas instalaciones de extracción y tratamiento del uranio de Kirghistán (Karabalta) se modificarán para utilizarlas en el tratamiento del oro. Si bien la lixiviación en montones y la recuperación de subproductos son estrategias operacionales bastante independientes y controlables, la lixiviación *in situ* requiere un control más cuidadoso de la secuencia operacional para lograr un buen resultado sin contaminar los acuíferos utilizables.

Estrategias actuales de restauración

El enfoque de restauración para la contaminación resultante de anteriores prácticas de minería y tratamiento del uranio y el torio es muy similar a las actividades de recuperación que por lo general se realizan al cerrar definitivamente las operaciones de las minas y plantas de tratamiento en funcionamiento. Resulta complejo determinar el alcance y la magnitud de la restauración ya que los efectos de estas instalaciones por lo general sólo se manifiestan al cabo de algunos años. En realidad, el riesgo es más bien

crónico o latente. Las actividades de restauración abarcan uno o más de los aspectos siguientes:

Obras generales de construcción en tierra. Los tipos de equipo de movimiento de tierra que suelen utilizarse son retroexcavadoras, excavadoras y máquinas escarbadoras. Sin embargo, la naturaleza radiactiva de los suelos y rocas contaminados también exige la vigilancia del personal y equipo, así como la descontaminación del equipo y las zonas de trabajo.

Descontaminación de materiales. En algunos casos, los residuos de operaciones anteriores se han utilizado en obras de construcción fuera del emplazamiento. El legado de esta práctica ha sido la proliferación de ese tipo de desechos radiactivos en estructuras y terrenos que normalmente no estarían tan contaminados. A diferencia de lo que sucede con las instalaciones nucleares, en estas propiedades fuera del emplazamiento la restauración puede realizarse hasta un límite, de ahí que en esos casos se necesitaría una reglamentación más flexible. Por ejemplo, es posible que la roca estéril utilizada en la construcción de una vía férrea deba tratarse *in situ*, ya que la excavación y la reconstrucción podrían tener otras consecuencias más perturbadoras.

Contaminación de las aguas. Los recursos hídricos subterráneos y superficiales constituyen un problema tecnológico más grave para la restauración. Los costos de la restauración de un acuífero profundo obliga a depender más de la restauración natural como parte de la estrategia general de descontaminación. Hoy en día, una serie de países de ECO y los ERI hacen frente al problema de la contaminación de las masas de agua, mientras que otros se encuentran en la etapa de investigación para determinar el nivel que alcanza dicha contaminación.

Si bien depender exclusivamente de algunas de las tecnologías más caras puede estar fuera del alcance de los recursos de un país en particular, es posible que valga la pena considerar la posibilidad de aplicar una estrategia combinada que comprenda la restauración natural y el tratamiento del agua corrosiva (por ejemplo, el intercambio iónico). En muchos casos, cuando se agota el término fuente se obtienen beneficios inmediatos. Es necesario aislar y estabilizar lo antes posible los cúmulos de roca estéril y otros materiales radiactivos al descubierto, puesto que la lluvia puede interactuar con esos desechos y ocasionar otros problemas de contaminación (por ejemplo, lavado de ácidos de la roca estéril).

Una importante faceta de toda estrategia de restauración es el beneficio de la restauración parcial. La restauración natural, u otro enfoque más sencillo, puede reforzarse mucho cuando se logra mejorar el estado del acuífero o de la masa de agua, lo que puede facilitar la recuperación natural (por ejemplo, la modificación del pH añadiendo agentes de neutralización tan sencillos como la piedra caliza).

Función de la vigilancia en la restauración del medio ambiente. Para caracterizar adecuadamente la envergadura del problema y medir los progresos de cualquier estrategia de restauración, es necesario aplicar un sistema de vigilancia radiológica eficaz, fiable

y bien organizado. A la larga se necesita esta clase de sistema de vigilancia para demostrar si se logró o no la restauración del medio.

Programas del OIEA en la esfera de la minería y el tratamiento del uranio

El programa de gestión de desechos del OIEA cuenta con tres mecanismos básicos:

- elaborar documentos para ayudar a los países a ejecutar sus propios programas nacionales;
- servir de foro y centro coordinador para el intercambio de información técnica;
- promover la cooperación y asistencia técnicas a los países en desarrollo para el uso pacífico de materiales nucleares.

A continuación se brindan dos ejemplos de las últimas iniciativas del OIEA en el marco de este programa.

El programa del OIEA que se centra en las Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS) comprende publicaciones de orientación en la esfera de la minería y el tratamiento del uranio, incluida una Norma de seguridad propuesta sobre la restauración de instalaciones y el medio ambiente.

El OIEA ha apoyado además un proyecto regional de cooperación técnica sobre restauración del medio ambiente en ECO. La mayoría de las actividades se centran en la caracterización del tipo y volumen de los desechos, así como en la planificación de las estrategias de ejecución de la descontaminación. En 1993 y 1994 se celebraron una serie de talleres en algunos países de ECO con el objetivo de brindar perspectivas de primera mano sobre el problema de la contaminación. En estos talleres se abordó la caracterización de los emplazamientos de desechos, la planificación de la restauración, y las técnicas de restauración y la aplicación de ésta. Los tipos de emplazamientos examinados incluyeron minas y plantas de tratamiento de uranio, pero el proyecto no se limitó sólo a la contaminación resultante de la minería y el tratamiento (por ejemplo, incluyó a Cher-

nobil). En el proyecto también han participado países con conocimientos especializados en la esfera de la rehabilitación y el saneamiento de emplazamientos de desechos radiactivos. En la medida de lo posible, se determinaron las entidades encargadas de la vigilancia y la descontaminación de cada emplazamiento pues, si no existiera una entidad responsable, podrían quedar dudas acerca del inicio, la ejecución y la terminación de cualquier actividad de rehabilitación.

Este proyecto de cooperación técnica, que ahora se halla en su etapa correspondiente a 1995-1996, consiste en el establecimiento de planes de trabajo para la restauración de explotaciones mineras y de tratamiento contaminadas. Después de 1996, las actividades se llevarán a cabo a nivel nacional, para centrarse en los aspectos específicos de los emplazamientos de estos tipos de instalaciones. El OIEA publicó recientemente los resultados de estos talleres (como TECDOC-865).

Desafíos actuales

A medida que los países de ECO y los ERI se insertan en la economía mundial, tienen que hacer frente a importantes desafíos para competir en el sector industrial privado, incluido el tratamiento de uranio. Si bien algunos de estos países aún poseen cantidades viables de mineral de uranio natural, todavía tienen que solucionar la cuestión de las prácticas de gestión de desechos obsoletas, de las que heredaron grandes inventarios de colas y roca estéril, así como otros desechos industriales.

La comunidad internacional reconoce esta situación y ha brindado ayuda a estos países por diversos conductos. El OIEA ha participado en actividades de asistencia en el marco de su programa de cooperación técnica. Al hacerlo, el Organismo vincula esta asistencia a criterios y normas aceptados internacionalmente, con el objetivo de asegurar el aprovechamiento futuro de los recursos de la industria de extracción y tratamiento de uranio, y la restauración ambiental conexas de los residuos de anteriores operaciones, sin repetir los errores del pasado.



Mina de uranio a cielo abierto en Uchkouduk, Uzbekistán

(Cortesía: C. Bergman, OIEA)

Desarrollo sostenible y generación de electricidad: Comparación de las repercusiones de la evacuación de desechos

El OIEA y otras organizaciones están evaluando enfoques para comparar los desechos y los métodos de evacuación de las cadenas energéticas

por Roger Seitz

Las repercusiones en la salud y el medio ambiente que pueden derivarse de la evacuación de desechos constituyen un problema cada vez mayor para el desarrollo sostenible de la sociedad humana. Los desechos que suponen peligros potenciales para la salud humana y el medio ambiente se generan en diversos sectores industriales (explotación de minas y canteras, agricultura, rama manufacturera, generación de electricidad, medicina, etc.). Cuando se someten a una gestión adecuada, estos desechos plantean riesgos mínimos para la salud humana y el medio ambiente.

Sin embargo, las preocupaciones sobre el medio ambiente se deben a que la cantidad de desechos que se genera está aumentando (y se prevé que continúe así) como resultado de los aumentos que se registran en la población, la industrialización y la urbanización a nivel mundial. Por ende, un problema que se enfrenta al elaborar una estrategia para el desarrollo sostenible es prestar los servicios necesarios para apoyar el crecimiento económico y mejorar la calidad de la vida, y al mismo tiempo limitar los riesgos potenciales y las cantidades de los desechos generados, así como sus repercusiones en la salud y el medio ambiente.

A medida que el desarrollo sostenible mejore las condiciones de vida de una población mundial cada vez mayor, se requerirá un mayor uso de la energía, especialmente de electricidad. Hasta tanto se encuentre una opción adecuada que permita afrontar la creciente demanda de electricidad, una gran parte de la demanda futura de electricidad se tendrá que satisfacer con combustibles convencionales como carbón, gas natural, petróleo, uranio y torio. Por tanto, en las estrategias para el desarrollo sostenible habrá que tener en cuenta los desechos generados a lo largo de las cadenas energéticas basadas en esos combustibles.

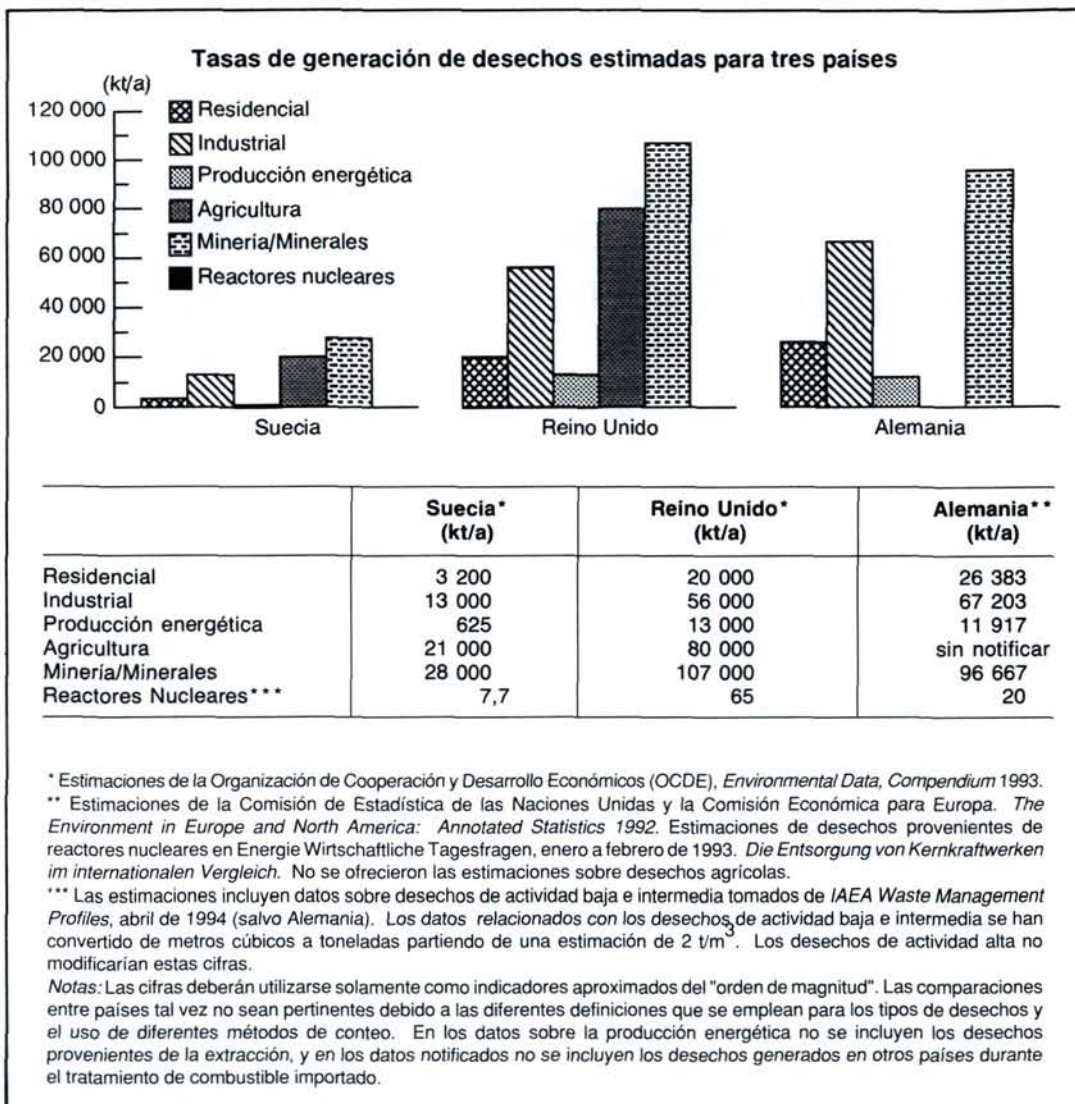
En el presente artículo se ofrece un panorama de las etapas iniciales de un proyecto del OIEA encaminado a comparar los desechos y los métodos de

evacuación de diferentes sistemas de generación de electricidad y examinar los enfoques utilizados para evaluar y comparar las repercusiones de la evacuación de esos desechos en la salud y el medio ambiente. Se destaca la función de la energía nucleoelectrónica en toda estrategia para el desarrollo sostenible de la sociedad humana. En este sentido, en el artículo se hace resaltar la pequeña masa de desechos generada con el uso de la energía nucleoelectrónica en comparación con la masa total de desechos procedente de todas las cadenas energéticas y otras actividades habituales. Se analizan algunos desechos y los correspondientes métodos de evacuación en todas las etapas de las cadenas energéticas para la generación de electricidad. (En el presente artículo no se incluyen los efluentes líquidos y gaseosos que se descargan directamente en el aire o en las masas de agua naturales.) Se subraya la importancia de examinar todas las etapas de las cadenas energéticas, puesto que proporciona información sobre grandes cantidades de desechos, con posibles repercusiones a largo plazo, derivadas de sistemas de generación de electricidad que suelen considerarse "no contaminantes". Asimismo, se analizan los radionucleidos presentes en muchos desechos no nucleares.

Gestión de desechos y desarrollo sostenible

Según estimaciones de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), en 1990 sus Estados Miembros generaron aproximadamente nueve mil millones de toneladas de desechos sólidos. Pese a los esfuerzos realizados en los últimos años por reducir al mínimo los desechos de la industria nuclear y de otro tipo, esa cifra continúa aumentando. Los exámenes efectuados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) indican que son los sectores de la explotación de minas y canteras y de la agricultura (abonos, residuos de cosechas, etc.) los que producen las mayores cantidades de desechos. Datos sobre los países miembros de la OCDE y otros procedentes de la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas y la Comisión Económica para Europa (CENU/CEPE) corroboran la conclusión general del PNUMA, y

El Sr. Seitz es funcionario de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos del OIEA. Todas las referencias al presente artículo pueden solicitarse al autor.



también indican que en algunos países los sectores industrial, residencial y de la producción energética pueden dar cuenta de una gran parte de los desechos sólidos generados. (Véase el gráfico.) Es interesante observar que la masa de desechos radiactivos procedente de las centrales nucleares representa una pequeña parte de las que resulta de toda la producción energética.

El continuo aumento de las cantidades de desechos que se generan y la necesidad de contar con instalaciones adecuadas de evacuación que protejan la salud humana y el medio ambiente se han traducido en una mayor participación de diversas organizaciones de las Naciones Unidas en las cuestiones relacionadas con la gestión de desechos. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, sirvió de foro internacional para examinar las estrategias de desarrollo sostenible relacionadas con la gestión de desechos, además de diversas otras cuestiones ambientales. El Programa 21, plan de acción para el desarrollo sostenible acordado por los gobiernos que participaron en la CNUMAD, refleja la importancia de las preocupaciones relacionadas con los desechos. En él

se incluyen tres capítulos dedicados expresamente a la gestión de desechos, y se hace referencia a cuestiones relacionadas con ella en diversos otros capítulos.

Por conducto de la CNUMAD y el Programa 21, las Naciones Unidas y los gobiernos del mundo han señalado a la atención de la comunidad internacional la necesidad de una estrategia integral para el desarrollo sostenible de la sociedad humana. En el Programa 21 figuran diversas declaraciones que destacan que la reducción de la cantidad de desechos que se generan es parte necesaria de cualquier estrategia de este tipo. También se reconoce que, independientemente del éxito de los esfuerzos encaminados a lograr una producción menos contaminante, los desechos son consecuencia del desarrollo y continuarán generándose, por lo que es preciso seguir disponiendo de opciones de evacuación que contribuyan a proteger la salud y el medio ambiente. Los datos confirman el argumento de que las cantidades mínimas de desechos que genera la energía nucleoelectrónica pueden ayudar a convertirla en un elemento que contribuya positivamente a una estrategia mundial en favor de una producción menos contaminante y del desarrollo sostenible.

Proyectos y programas del OIEA

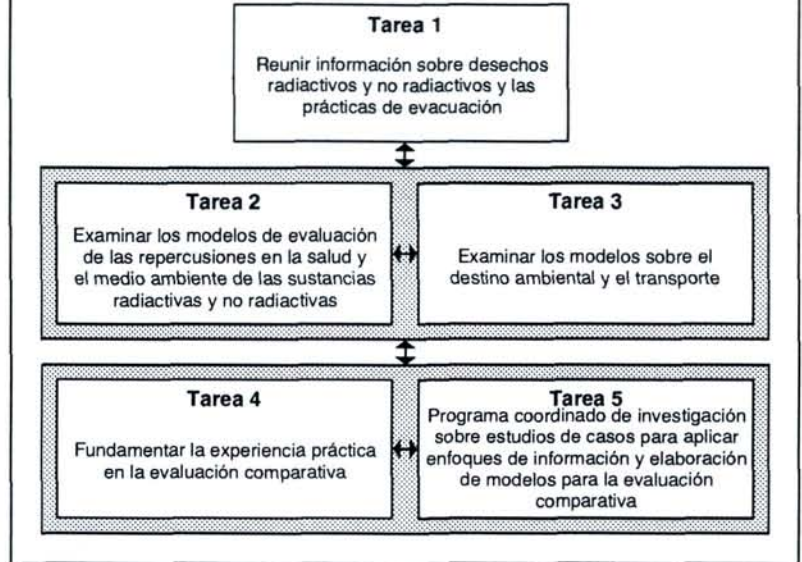
El OIEA está ejecutando un programa de evaluación comparativa para abordar la función de la energía nucleoelectrica en una estrategia mundial en favor de una producción menos contaminante y del desarrollo sostenible en el sector de la generación de electricidad. En el programa se examinan las repercusiones en la salud y el medio ambiente y los costos de muchos aspectos de la generación de electricidad, incluidas las operaciones ordinarias y los accidentes en todas las etapas de las cadenas energéticas para la generación de electricidad. El proyecto DECADES, ejecutado por el OIEA en colaboración con una serie de organizaciones internacionales, es un elemento fundamental del programa. Su objetivo es aumentar las capacidades a fin de incorporar las cuestiones sanitarias y ambientales en las evaluaciones comparativas de diferentes estrategias y cadenas energéticas que intervienen en el proceso de planificación energética y la adopción de decisiones. El proyecto destaca el desarrollo de instrumentos de computadora (bases de datos, soporte lógico (software) para la elaboración de modelos, etc.) que pueden utilizarse para facilitar este proceso de adopción de decisiones.

El tema del presente artículo es una parte del programa integral del OIEA, que se ejecuta con cierta independencia del proyecto DECADES. En 1995 el OIEA inició un proyecto que centró su interés en comparar los enfoques de evaluación de las repercusiones en la salud y el medio ambiente derivadas de la evacuación de desechos radiactivos y no radiactivos de sistemas nucleares y otros sistemas de generación de electricidad. Los objetivos del proyecto son: 1) reunir, evaluar y divulgar entre los Estados Miembros datos e información sobre las posibles repercusiones en la salud y el medio ambiente asociadas a la evacuación de desechos radiactivos y no radiactivos provenientes de la energía nucleoelectrica y otras fuentes; y 2) evaluar y comprobar los enfoques destinados a evaluar y comparar las posibles repercusiones en la salud y el medio ambiente a causa de la evacuación de desechos procedentes de sistemas de energía nuclear y otros sistemas energéticos.

Varias organizaciones —la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), el PNUMA, la Secretaría del PNUMA para el Convenio de Basilea, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y la Organización Marítima Internacional (OMI)— han colaborado, oficial u oficiosamente, en el proyecto con su activa participación en reuniones, aportes a informes o exámenes de éstos, o sencillamente, con información útil para el proyecto.

Se prevé que el proyecto incluya cinco tareas que son, en esencia, iterativas y paralelas. (Véase el diagrama.) La primera tarea consiste en determinar y comparar las cantidades y características generales de los desechos y los

Tareas del proyecto sobre las repercusiones comparativas en la salud y el medio ambiente de los desechos provenientes de la energía nucleoelectrica y otros sistemas de generación de electricidad



métodos de evacuación de los sistemas de generación de electricidad y otras fuentes. Se ha planificado que las tareas segunda y tercera incluyan respectivamente exámenes de los enfoques que se aplican para evaluar las repercusiones de las sustancias radiactivas y no radiactivas en la salud y el medio ambiente, y los modelos que se utilizan para evaluar el destino ambiental y el transporte de los diferentes tipos de desechos. Esas dos tareas proporcionarán la información que permitirá evaluar y comparar cuantitativamente los peligros para la salud y el medio ambiente asociados a los desechos. Se ha previsto que las tareas cuarta y quinta abarquen la experiencia práctica mediante la comprobación de los enfoques de las tareas segunda y tercera sobre las evaluaciones de los posibles efectos de los desechos procedentes de los sistemas nucleoelectricos y otros sistemas de generación de electricidad sobre la salud y el medio ambiente. En la quinta tarea se espera obtener dicha experiencia a partir de los estudios de casos de un programa coordinado de investigación con la participación de expertos de diferentes países.

Los datos sobre los desechos y los métodos de evacuación se pueden utilizar para complementar las bases de datos que se están estableciendo como parte del proyecto DECADES. Ahora bien, dada la diversidad de desechos, métodos de evacuación y condiciones ambientales en los emplazamientos, y los singulares problemas relacionados con la elaboración de modelos de las emisiones a largo plazo y el transporte de desechos desde las instalaciones de evacuación, los enfoques de evaluación de este proyecto se están examinando con cierta independencia de los más tradicionales enfoques de evaluación de los riesgos atmosféricos y operacionales. En estas tareas se hace hincapié en revisar y compro-

Contenido de radionucleidos en materiales seleccionados

Material	Concentraciones de radionucleidos (valor medio o máximo según se indica)
Incrustaciones y lodos en tuberías y equipo para el manejo de aguas producidas	hasta 5000 Bq/g (Ra-226) (promedio uno a cientos de Bq/g)
Lodos en equipo de suministro de gas natural	hasta 100 Bq/g (Ra-226)
Lodos de estanques de agua producida	hasta aprox. 40 Bq/g
Carbón/lignito	0,001 - 100 Bq/g (uranio)
Turba	hasta 50 Bq/g (uranio)
Desechos geotérmicos	aprox. 5 Bq/g (Ra-226)
Sobrecarga de la extracción del uranio	aprox. 1 Bq/g (Ra-226)
Desechos del tratamiento de agua potable	lodos- aprox. 1 Bq/g (Ra-226) resinas- aprox. 1000 Bq/g (Ra- 226)
Fertilizante fosfatado	aprox. 5 Bq/g (U-238)
Desechos del tratamiento de rocas fosfatadas	polvillo- aprox. 1 Bq/g (Ra-226) incrustaciones- aprox. 40 Bq/g (Ra-226)
Desechos del tratamiento del mineral	aprox. 1 Bq/g (Ra-226)

Notas: Estos valores incluyen los valores máximos, los promedios de conjuntos específicos de datos o rangos generales de valor. En muchos de los valores se consigna la radiactividad asociada a un solo radionucleido, cuando se sabe que también estarán presentes varios otros radionucleidos. Por tanto, los datos deberían utilizarse como indicadores aproximados de los niveles de radiactividad que se encontrarían en estos materiales.

bar los enfoques de elaboración de modelos independientes con miras a evaluar y comparar las repercusiones a corto y largo plazos relacionados con la evacuación de desechos de diferentes cadenas energéticas y ofrecer retroinformación acerca de la eficacia de diversos enfoques de elaboración de modelos en diferentes situaciones, lo que ayudará a los Estados Miembros a seleccionar y aplicar enfoques para evaluar las repercusiones de la evacuación en sus condiciones concretas.

Los resultados de las evaluaciones comparativas de los efectos de diferentes tipos de desechos sólidos en la salud y el medio ambiente pueden tener varias aplicaciones. Se pueden utilizar 1) como parte de una comparación general de la repercusión de diferentes sistemas energéticos; 2) como ayuda en la adopción de decisiones sobre políticas de gestión de desechos, ya que permite la comparación de las repercusiones de diferentes tipos de desechos y de otras estrategias de gestión/evacuación; y 3) en la evaluación de las posibles repercusiones de la evacuación de desechos que contienen radionucleidos, elementos/compuestos tóxicos no radiactivos, o ambos.

Desechos procedentes de las cadenas energéticas para la generación de electricidad

Se utilizan diversas fuentes de energía para generar electricidad, que por lo general se clasifican en "convencionales", incluidos combustibles como el carbón, el petróleo, el gas natural, el uranio y el torio, o en "renovables", que abarcan fuentes de energía como la radiación solar, el viento, las aguas de superficie, la biomasa y la energía geotérmica. Si bien algunas de estas fuentes de energía (como por ejemplo, la radiación solar, el viento y el agua) no necesariamente generan desechos en operaciones distintas del mantenimiento y otras actividades generales, sí existen desechos que plantean peligros a largo plazo vinculados a la extracción y tratamiento de materias primas, y la producción y el desmantelamiento de células solares, máquinas eólicas y embalses.

A fin de determinar los diferentes desechos radiactivos y no radiactivos asociados a un determinado sistema de generación de electricidad, es conveniente clasificar los desechos según las diferentes etapas de una cadena energética. A los fines del presente artículo, una cadena energética genérica se define como la que incluye las etapas de extracción, preparación del combustible, explotación de centrales y su clausura. Obsérvese que en cada etapa de la cadena deberán eliminarse los desechos procedentes de las actividades de construcción, mantenimiento, transporte y los procesos de tratamiento, según proceda.

Habida cuenta del centro de atención del público, suele pensarse que la mayoría de los desechos asociados a la generación de electricidad a partir de combustibles convencionales provienen de la explotación de las instalaciones (por ejemplo, cenizas, combustible nuclear gastado). Sin embargo, como se analizó anteriormente, los datos del PNUMA, la OCDE y la CENU/CEPE indican que una de las dos fuentes más grandes de desechos del mundo es la industria minera.

Esto también se refleja en el sector de la generación de electricidad. En varios sistemas de generación de electricidad se generan cantidades relativamente grandes de desechos durante la extracción del combustible (carbón, gas natural, petróleo, y uranio y torio). Por ejemplo, más del 80% de los desechos de la extracción de minerales notificados por la CENU/CEPE en el caso de Alemania provienen de la extracción del carbón. Asimismo, la extracción de minerales que se utilizan en los materiales de construcción (metales, hormigón, etc.), los procesos de elaboración (como el carbonato cálcico para la desulfuración de los gases de combustión o DGC), los fertilizantes para combustibles de biomasa y la fabricación de componentes especiales como células solares constituyen fuentes de desechos. La cantidad y toxicidad de los desechos generados varían según el método de extracción, la cantidad necesaria de combustible/mineral y la calidad del recurso.

Debido a que se requiere mucho combustible para producir una determinada cantidad de electricidad, el proceso de extracción del carbón genera casi siempre el mayor volumen de desechos. Sin embargo, la extracción de uranio y torio también puede ser fuente de muchos desechos dentro de la cadena energética nuclear.

Asimismo, el gran volumen de desechos de la extracción también se asocia a diversas otras cadenas energéticas (por ejemplo, la producción de células fotovoltaicas que se utilizan para generar electricidad a partir de la radiación solar requiere varios compuestos metálicos; el fosfato suele emplearse en los fertilizantes destinados a la producción de combustibles de biomasa; y es necesario extraer numerosas materias primas para producir los materiales necesarios en la construcción de embalses, centrales nucleares, vehículos de transporte, etc.) Otra gran fuente de desechos en la industria extractiva son las aguas subterráneas que se bombean desde las minas durante la excavación o las aguas que fluyen a través de éstas después del cierre. Estas aguas pueden contener diversos contaminantes, incluidos materiales radiactivos de origen natural, conocidos usualmente por la abreviatura NORM, (por ejemplo, torio, uranio, radio), oligometales (como aluminio, mercurio, cromo, cadmio, plomo, cinc, arsénico, etc.), sales y azufre. El agua procedente de las minas de carbón también puede contener niveles elevados de hidrocarburos.

Aunque el gas natural suele considerarse una fuente energética "no contaminante", la exploración y perforación de gas natural y petróleo son grandes fuentes de desechos. Entre los desechos generados en esas operaciones están las incrustaciones radiactivas que se acumulan en el interior de las tuberías, los barros de sondeo y el suelo contaminado por derrames de petróleo y el tratamiento del agua producida. Las incrustaciones que se acumulan en el interior de las tuberías pueden contener cantidades importantes de radionucleidos (véase el cuadro) y quizás se deban evacuar como desechos radiactivos. Los barros de sondeo pueden contaminarse con sales, oligometales (selenio, arsénico, magnesio, curio, cinc, cromo, níquel, aluminio y hierro), así como aceites y otros lubricantes. La extracción de petróleo y gas también genera grandes cantidades de agua "producida" procedente de las formaciones de gas o petróleo (hasta 3 000 000 L/día). Esa agua producida contiene diferentes contaminantes, entre ellos los NORM (especialmente radio), oligometales, amoníaco, sales, hidrocarburos de petróleo alifático y aromático, fenoles y naftalenos. Los lodos que se forman en los estanques de esas aguas están contaminados con elevadas concentraciones de los metales, las sustancias peligrosas y los radionucleidos que portaban las aguas. Las perforaciones también generan diferentes desechos peligrosos, como asbestos, plaguicidas, bifenilos policlorados y tricloroetileno.

La segunda etapa de la cadena energética genérica es la preparación del combustible, que también puede ser una gran fuente de desechos. En el caso de los combustibles convencionales, la preparación del combustible incluye la limpieza del carbón bruto para eliminar las impurezas, la refinación de los productos del petróleo y el tratamiento y fabricación de combustible para la energía nucleoelectrónica. Entre los desechos provenientes de las actividades posteriores a la extracción están las colas, el agua y los sólidos contaminados con materiales similares a los desechos de la minería (por ejemplo, oligometales, sales, metales y NORM). Las refinerías generan petróleo y agua de desecho, diferentes tipos de lodos contaminados con NORM, hidrocarburos, oligometales, bifenilos policlorados y otros contaminantes. La fabricación de combustible para las centrales nucleares

genera desechos como cenizas y lodos contaminados con NORM y oligometales. La producción de células solares (fotovoltaicas) puede considerarse un proceso análogo al de la preparación del combustible en el contexto de la energía solar. La producción de células fotovoltaicas con destino a las células solares genera diversos desechos tóxicos o peligrosos contaminados con compuestos de arsénico, cobre, cadmio, galio y cinc.

La tercera etapa de la cadena energética comprende los desechos que se generan durante la explotación de la central eléctrica. Estos son los desechos más reconocidos ya que son los propensos a recibir la mayor atención. Las centrales eléctricas alimentadas con carbón generan grandes cantidades de desechos de combustión, entre ellos cenizas volátiles (productos de combustión en suspensión en el aire) y cenizas pesadas (productos de combustión más pesados) procedentes del combustible quemado, así como yeso y lodos de diferentes técnicas de DGC. Estos desechos están contaminados con NORM y oligometales. Resulta un tanto irónico que el uso de la desulfuración de los gases de combustión destinada a reducir los gases de efecto de invernadero emitidos por las instalaciones de combustibles fósiles genere más desechos que la ceniza del combustible quemado. Se está fomentando intensamente el reciclaje de la ceniza volátil y los desechos de la DGC y grandes cantidades de ellos se están utilizando para otros fines (como aditivos de cemento, material de relleno y yeso en materiales de construcción, y muchos otros usos). Sin embargo, aun con el reciclaje, las enormes cantidades de ceniza y desechos de la DGC que se generan sobrepasan significativamente la demanda (se estima que en el mundo se dejan de utilizar anualmente más de 450 millones de toneladas de estos desechos). Las centrales eléctricas alimentadas con petróleo generan menos cantidad de cenizas, pero pueden constituir una fuente importante de desechos de la DGC. Además, algunos de los desechos originados en la limpieza de calderas y el tratamiento de aguas residuales también contienen materiales peligrosos.

Probablemente los desechos más estudiados en el mundo son los resultantes de la explotación de las centrales nucleares, especialmente el combustible nuclear gastado. Sin embargo, los datos indican que la cantidad de desechos que genera una central nuclear es muy pequeña si se compara con la que producen los sistemas de generación de electricidad en su conjunto. La principal preocupación respecto de los desechos nucleares son los elevados niveles de radiactividad en cantidades mucho más reducidas de desechos de actividad alta. Varios países reelaboran el combustible gastado para reducir los riesgos a largo plazo asociados al desecho que deberá evacuarse. Asimismo, la explotación de las centrales nucleares origina desechos de actividad baja e intermedia. Estos desechos incluyen diversos desperdicios, tuberías y equipo contaminado por los radionucleidos con un período de semidesintegración relativamente corto.

El desmantelamiento de centrales eléctricas clausuradas es la última etapa de la cadena energética genérica. En el caso de las centrales alimentadas con carbón, petróleo y gas, los desechos del desmantelamiento podrían incluir los escombros de las edificaciones, el equipo viejo de la instalación y el suelo contaminado como resultado de las operaciones. Estos

materiales estarían contaminados con subproductos de la combustión y otras sustancias relacionadas con la explotación de la central. Los desechos procedentes del desmantelamiento de las centrales nucleares son diferentes a los de otras centrales eléctricas ya que los materiales que estuvieron cerca del núcleo del reactor o del refrigerante primario tal vez requieran una manipulación especial debido a los elevados niveles de radionucleidos fundamentalmente de período corto. El desmantelamiento de células solares, embalses y máquinas eólicas también genera desechos que requieren gestión. Las células solares, en particular, contienen compuestos peligrosos que plantean posibles riesgos para la salud a largo plazo.

En cada etapa de la cadena energética se generan diversos desechos como resultado de los procesos de construcción, mantenimiento, transporte y tratamiento de desechos. En la mayor parte de los casos, los desechos generales procedentes de las labores de construcción, mantenimiento y transporte serían comunes a todas las cadenas energéticas, aunque las cantidades, los tipos y los niveles de contaminación serán diferentes según la cadena energética de que se trate. Por ejemplo, los desechos asociados al transporte pueden ser muy importantes para las centrales alimentadas con carbón, dados los enormes volúmenes de combustible y de cenizas y desechos resultantes que deben transportarse a diario. Se ha estimado que diariamente se necesitarían cincuenta camiones de 40 toneladas para transportar la ceniza volátil y los desechos de la DGC desde una central eléctrica alimentada con carbón típica de 1000 MWe hasta un emplazamiento de evacuación (también se puede utilizar el transporte ferroviario u otro medio de que se disponga). Un análisis completo del ciclo vital requeriría incluir los desechos que se originan mientras se produce el combustible para los camiones o trenes y los desechos relacionados con el mantenimiento de los vehículos. En una comparación integral también será preciso tener en cuenta la evacuación de desechos secundarios resultantes de los procesos de tratamiento de muchos de los desechos.

Materiales radiactivos de origen natural

Muchos de los desechos anteriormente analizados, en especial los relacionados con la extracción, la preparación del combustible y los subproductos de la combustión, contienen materiales radiactivos de origen natural (NORM), que incluyen isótopos como carbono 14, potasio 40, uranio 238, radio 226 y torio 232. (Véase el cuadro.) Un aspecto importante de los desechos que contienen NORM es que están compuestos por radionucleidos de período largo (como el uranio 238, cuyo período de semidesintegración es de 4500 millones de años), el torio 232 con un período de semidesintegración de 14 000 millones de años, y sus descendientes, incluido el radio). El radio y sus descendientes plantean el principal problema radiológico para la salud asociado a los NORM.

Dado que la atención se centra fundamentalmente en los desechos radiactivos procedentes de las centrales nucleares, comparativamente los radionucleidos, contenidos en los desechos de otras cadenas

energéticas siempre han recibido poca atención. Sin embargo, en fecha más reciente, debido a los prolongados períodos de semidesintegración y peligros potenciales asociados a los radionucleidos presentes en los desechos que contienen NORM, las autoridades reguladoras se han visto obligadas a tener en cuenta los radionucleidos de los desechos de las cadenas energéticas no nucleares en el contexto de las reglamentaciones cada vez más estrictas que se aplican a los desechos nucleares.

Se pueden mencionar dos ejemplos de desechos NORM procedentes de la industria del petróleo y el gas. En primer lugar, las incrustaciones que se precipitan en el interior de los pozos y las tuberías de producción ahora suelen ser consideradas como desechos radiactivos. Es interesante observar que, en algunos casos, estas incrustaciones han demostrado que contienen concentraciones de radio 226 que se sitúan entre los niveles internacionales más altos de las concentraciones alfa en desechos de actividad baja e intermedia que se puedan evacuar en instalaciones poco profundas. En segundo, los estudios de las grandes cantidades de agua producida procedente de los pozos situados en los emplazamientos de perforación de petróleo y gas natural han indicado que entre el 50% y el 78% de los pozos estudiados en tres estados de los Estados Unidos generaban agua producida con concentraciones medias de radio superiores a 1,85 Bq/L (50 pCi/L). Otros datos señalan que las concentraciones medias de radio en el agua de algunos pozos pueden ascender a 111 Bq/L (3000 pCi/L). A modo de comparación, el límite de concentración de radio para las descargas de agua de las instalaciones nucleares en los Estados Unidos es aproximadamente de 2,2 Bq/L (60 pCi/L). Si bien en algunos casos es posible que se necesiten requisitos industriales específicos, es evidente que se harán comparaciones con los requisitos de la industria de energía nucleoelectrónica.

Métodos de evacuación de los desechos procedentes de la generación de electricidad

El Programa 21 hace hincapié en la producción menos contaminante, pero hasta tanto se disponga de nuevas tecnologías, cabe esperar que las cadenas energéticas de combustible generen una cantidad notable de desechos, por lo que será menester disponer de métodos adecuados de evacuación. Las repercusiones a largo plazo en la salud y el medio ambiente de una cadena energética de combustible dependerá, hasta cierto punto, del método de evacuación que se utilice. Actualmente se emplean diversos métodos de evacuación de desechos procedentes de las cadenas energéticas para la producción de electricidad. A continuación se ofrece un breve resumen de dichos métodos.

En las etapas de extracción y preparación del combustible, los grandes volúmenes de desechos que se generan por lo general excluyen cualquier tipo de tecnología de evacuación artificial importante. En algunos casos, los escombros (roca estéril) se colocan nuevamente en las cavidades abiertas o se esparcen en la superficie terrestre. Sin embargo, en varios casos,

los escombros (desechos) de la extracción actualmente se protegen con cubiertas artificiales para desviar la infiltración alrededor de los desechos potencialmente nocivos. Los desechos de la perforación de petróleo y gas se reinyectan por lo general en la formación, se colocan en fosos ubicados en el emplazamiento de la perforación, o se esparcen sobre la superficie terrestre en el emplazamiento.

Los desechos de la preparación del combustible procedentes de las cadenas energéticas nuclear y del carbón contienen abundantes líquidos que a menudo se evacúan en presas (estanques o lagunas artificiales). Los desechos sólidos resultantes de la preparación del combustible (como las colas y los residuos de la evaporación) suelen cubrirse con un casquete de tierra artificial para reducir al mínimo la infiltración en los desechos y limitar la emisión de gases a partir de los desechos. A menudo, los desechos de las refinerías de petróleo se eliminan mediante técnicas agrícolas o evacuación en fosos. Los desechos peligrosos procedentes de refinerías o de la producción de células fotovoltaicas para la energía solar se envían generalmente a una instalación autorizada. Una instalación típica de evacuación de desechos peligrosos posee una zanja revestida con sistemas de recolección de lixiviados y una cubierta de tierra artificial para limitar el contacto del agua con los desechos. Otros desechos relacionados con la preparación del combustible normalmente se eliminan en rellenos o, en el caso de algunos desechos nucleares, en zanjas artificiales o cámaras de hormigón.

Los desechos generados durante la explotación de centrales alimentadas con carbón y petróleo, como la ceniza volátil y los desechos de la DGC, se eliminan generalmente en estanques, rellenos, cavidades abiertas o pilas superficiales de desechos. Después de la evaporación y drenaje del agua, el lodo que permanece en el fondo de los estanques de evacuación normalmente se cubre con tierra. Los desechos de la limpieza de calderas en las centrales alimentadas con carbón, petróleo y gas posiblemente deban considerarse desechos peligrosos, por lo que sería menester evacuarlos en una instalación autorizada. Los desechos de actividad baja e intermedia de las centrales nucleares suelen evacuarse en zanjas artificiales, cámaras de hormigón o cavidades abiertas. Además, estos desechos se embalan generalmente antes de la evacuación. Está previsto que los desechos de actividad alta, incluido el combustible gastado, se evacúen en formaciones geológicas profundas o se almacenen en forma recuperable.

Direcciones futuras

El Programa 21, plan de acción para el desarrollo sostenible acordado por los gobiernos del mundo en la CNUMAD, ha definido a la producción menos contaminante (es decir, la necesidad de reducir la cantidad de desechos que se generan) como un componente decisivo de toda estrategia para el desarrollo sostenible de la sociedad humana. La generación de electricidad, esencial para el desarrollo, es una fuente de desechos cuya reducción es necesaria. A fin de evaluar la posible función de la energía

nucleoeléctrica en una estrategia mundial para alcanzar una producción menos contaminante y el desarrollo sostenible, el OIEA puso en marcha un proyecto titulado Repercusiones comparativas en la salud y el medio ambiente de los desechos sólidos procedentes de sistemas energéticos.

La primera tarea del proyecto se concentra en determinar las cantidades y tipos de desechos procedentes de las cadenas energéticas de generación de electricidad y sus prácticas de evacuación conexas. Entre las tareas subsiguientes del proyecto se incluyen, examinar y comprobar los métodos que pueden utilizarse para comparar las posibles repercusiones en la salud y el medio ambiente relacionados con la evacuación de desechos, por ejemplo, a partir de la liberación y posterior transporte en el medio ambiente de los componentes radiactivos y no radiactivos de estos desechos. Estos exámenes incluirán debates sobre otros estudios de evaluación comparativa que se han efectuado. Un elemento crucial en la evaluación comparativa sobre la evacuación de desechos serán los enfoques adoptados para comparar las repercusiones en la salud y el medio ambiente de los radionucleidos y los elementos/compuestos tóxicos no radiactivos, así como la elaboración de modelos sobre el destino y transporte de estos contaminantes en el medio ambiente subterráneo y superficial. En el presente artículo se ha resumido parte de la información obtenida hasta la fecha en relación con la primera tarea del proyecto. En este sentido, se ofrecieron algunos criterios respecto del carácter de los desechos y las masas que generan la energía nucleoeléctrica y otras cadenas energéticas. Se demostró que la masa de desechos proveniente de la energía nucleoeléctrica es una pequeña parte del total de desechos generados y también de los desechos procedentes de la generación de electricidad. Este hecho corrobora la función potencialmente conveniente de la energía nucleoeléctrica en el contexto de una producción menos contaminante y una estrategia en pro del desarrollo sostenible de la sociedad humana.

En el presente artículo también se ha subrayado la importancia de analizar todas las etapas de las cadenas energéticas para la generación de electricidad. El análisis pormenorizado de cada etapa de las cadenas energéticas demuestra que incluso las cadenas energéticas que se consideran "no contaminantes", como la energía solar (compuestos metálicos peligrosos) y el gas natural (desechos radiactivos y peligrosos en los gasoductos y resultantes de perforaciones) generan desechos con posibles repercusiones a largo plazo en la salud y el medio ambiente. Asimismo, la gran masa de desechos procedente de algunas cadenas de generación energética (como por ejemplo, las cenizas volátiles y los desechos de la desulfuración de los gases de combustión) crea problemas de evacuación.

El trabajo futuro de este proyecto se concentrará en definir y determinar con mayor precisión los desechos y prácticas de evacuación propios de las actuales cadenas energéticas de combustibles, examinar y comprobar los enfoques adoptados con miras a elaborar modelos sobre el destino y transporte de los contaminantes contenidos en tales desechos, y estimar las repercusiones conexas en la salud y el medio ambiente.

Datos nucleares para la ciencia y la tecnología: Centros para el desarrollo

Información actual sobre el centro de datos nucleares del OIEA, sus servicios y las contribuciones de los países en desarrollo a la red mundial

por
Hans Lemmel

Un ejemplo típico de aplicación moderna de la física nuclear es el análisis mineral de muestras geológicas por activación neutrónica. La muestra que se ha de analizar se expone a radiación neutrónica, y el espectro de radiación gamma resultante se estudia desde el punto de vista de las intensidades y energías de las líneas gamma a fin de determinar la composición nuclear de la muestra y su contenido en minerales. Este método, empleado en los países industrializados y también, cada vez más, en los países en desarrollo, requiere ficheros completos de datos nucleares: las secciones eficaces de activación neutrónica de los elementos presentes en la muestra, los períodos de semidesintegración nuclear, y los datos de la desintegración radiactiva de los nucleidos activados que se investigan.

La radioterapia es otro ejemplo que ilustra la importancia de las aplicaciones de los datos nucleares. En determinadas condiciones, el cáncer puede tratarse con radiaciones nucleares de diferentes tipos: iones pesados, partículas cargadas ionizantes, electrones, fotones o neutrones. Para seleccionar la radiación más conveniente, y hacer la estimación de las consecuencias para el tumor y de los efectos no deseados sobre el tejido sano circundante, los cálculos computarizados dependen de una diversidad de bases de datos, incluidas la ionización y las secciones eficaces de dispersión.

Estos ficheros de datos están a disposición de los científicos de todos los Estados Miembros del OIEA mediante los servicios de datos nucleares del Organismo. Los ficheros que se necesiten pueden obtenerse en cinta magnética o disquetes de computadora, junto con documentación sobre el formato y el origen de los datos. Hace muy poco, el Sistema de Información sobre Datos Nucleares, NDIS, también empezó a ofrecer acceso en línea a las principales bibliotecas de datos del mundo por Internet o World Wide Web. También se dispone de una serie de manuales de datos nucleares que aún resultan útiles para muchos

usuarios, paralelamente al rápido desarrollo de los servicios electrónicos.

La Sección de Datos Nucleares del OIEA cuenta con un centro que posee la colección más amplia del mundo de bibliotecas de datos nucleares y atómicos necesarios para aplicar las tecnologías nucleares y de las radiaciones en los Estados Miembros. En el presente artículo se examinan estos servicios y la función especial que desempeñan los países en desarrollo en esta red mundial de datos.

Aplicaciones energéticas y de otro tipo

Si bien en la actualidad los datos nucleares se necesitan cada vez más para todo tipo de tecnología nuclear, la necesidad primordial de estos amplios ficheros de datos surgió inicialmente por las actividades de investigación y desarrollo de la energía nucleoelectrónica, que depende de una amplia variedad de datos nucleares. (Véase el recuadro de la página siguiente.) Gran parte de estos datos también se necesita para otras aplicaciones. Por lo tanto, las bibliotecas de datos básicos son bibliotecas "para uso general" y no para aplicaciones específicas. (Véase el recuadro de la página 36.) Estas bibliotecas de datos son bastante voluminosas; cada una de ellas tiene un tamaño típico del orden de los 100 megabytes. Se presentan en formatos internacionalmente acordados para los que existe una diversidad de códigos de computadoras para el procesamiento de datos. Además, se ha creado un gran número de bibliotecas de datos nucleares "para fines especiales" destinadas a aplicaciones específicas, entre ellas las especializadas en datos de referencia modelo para la normalización de las mediciones nucleares, la calibración de detectores, la dosimetría neutrónica y muchas otras. Estas bibliotecas de datos utilizan diferentes formatos y son más pequeñas de tamaño, de manera que son las más adecuadas para las computadoras personales. También existen manuales de datos nucleares, que no sólo contienen tabulaciones y curvas de datos nucleares, sino también instrucciones pormenorizadas sobre técnicas de medición para aplicaciones específicas. (Véase el recuadro de la página 36.)

El Sr. Lemmel es funcionario superior de la Sección de Datos Nucleares de la División de Ciencias Físicas y Químicas del OIEA.

Además de las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica, los ficheros de datos nucleares se utilizan en la enseñanza universitaria; las investigaciones de física nuclear; los centros o institutos nacionales; la investigación y desarrollo; el análisis de materiales por activación neutrónica; los procesos industriales; la dosimetría; la calibración de detectores; la producción de radionúclidos médicos y las aplicaciones en radioterapia.

Mediciones de datos nucleares

Si bien los primeros reactores nucleares de potencia comenzaron cuando se tenía un conocimiento algo rudimentario de los datos nucleares, muy pronto se hizo evidente que su eficacia, economía y seguridad exigían no sólo un conocimiento minucioso y preciso de todos los datos nucleares pertinentes, sino también un cuidadoso análisis de las incertidumbres en los datos y sus consecuencias. La disponibilidad de datos nucleares más precisos, que permitan pronosticar el comportamiento del reactor en condiciones excepcionales de funcionamiento, aumenta la seguridad del reactor. Asimismo, incrementa la economía de explotación al proporcionar, por ejemplo, secciones eficaces del daño radioinducido más precisas, que permiten hacer un pronóstico más fiable de la vida útil de la vasija de un reactor. Por ende, el aumento, por pequeño que sea, de la precisión de los datos nucleares en la metrología nuclear puede traducirse en el ahorro de muchos millones de dólares por concepto de explotación de reactores de potencia en el mundo.

Por consiguiente, en el decenio de 1950 se inició la ejecución de un programa integral de medición de datos nucleares, principalmente en los Estados Unidos, Europa occidental, la antigua Unión Soviética y el Japón, que culminó en los años setenta y principios de los ochenta, aunque aún está en marcha en menor escala. El programa también incluyó diversas mediciones aportadas por los países en desarrollo más adelantados.

Evaluación de datos nucleares

En las primeras mediciones de datos nucleares había un nivel de incertidumbre bastante elevado, y a menudo se observaban discrepancias entre distintas mediciones de una misma cantidad. Se hicieron ingentes esfuerzos por cambiar esta situación, incluido el desarrollo de nuevos métodos, instalaciones de medición, detectores de radiaciones, analizadores electrónicos y la preparación de muestras puras isotópicas, hasta poder determinar los datos nucleares con la exactitud requerida para lograr tecnologías nucleares precisas.

Surgió una nueva ciencia: la evaluación de los datos nucleares. Los evaluadores parten de los datos experimentales disponibles, los que complementan con estimaciones teóricas de regiones energéticas y tipos de datos no abarcados en los experimentos, y convierten los datos resultantes avalados en los formatos de ficheros requeridos por los códigos de computadoras en aplicaciones específicas.

Ejemplos de categorías de datos nucleares

Datos sobre estructura y desintegración nucleares

- Masas isotópicas; niveles nucleares y sus propiedades
- Períodos de semidesintegración de los radionúclidos y los isómeros
- Energías e intensidades de los rayos gamma y de partículas emitidas

Datos sobre reacción nuclear

- Secciones eficaces de reacciones nucleares inducidas por neutrones, fotones, protones y otras partículas cargadas, incluidos los iones pesados
- Reacciones que conducen a activación, daño radioinducido, producción de radionúclidos, fisión, espalación, transmutación, etc.
- Rendimientos y energías de los rayos gamma y las partículas secundarias
- Fisión nuclear: rendimientos de los neutrones de fisión y los productos de fisión, emisión de energía afín, etc.

Datos atómicos

- Interacciones de los electrones
- Interacciones del plasma de fusión
- Procesos atómicos en las irradiaciones médicas

Las bibliotecas de datos nucleares que se crearon a partir de estos esfuerzos constituyen un beneficio enorme, y el libre intercambio de ficheros de datos nucleares entre los países industrializados y los países en desarrollo refleja el importante nivel de transferencia de tecnología que se ha alcanzado.

Contribuciones de los países en desarrollo

¿Qué papel han desempeñado los países en desarrollo en el estudio de los datos nucleares? En el período de 1970 a 1990, se realizaron unas 44 000 mediciones de datos sobre reacciones neutrónicas en todo el mundo, de las cuales 4000 (o sea, el 9%) se efectuaron en 32 países en desarrollo. Para mejorar la transferencia de tecnología en esta esfera, que puede fortalecer la capacidad de los países en desarrollo para utilizar las técnicas nucleares en muchas aplicaciones, en el decenio de 1980 el OIEA ejecutó un proyecto interregional de cooperación técnica sobre técnicas e instrumentación de datos nucleares. Posteriormente, los países en desarrollo participaron en el Programa coordinado de investigación del Organismo orientado a crear o mejorar las bases de datos nucleares para aplicaciones específicas, que incluían secciones eficaces de activación neutrónica de 14 MeV, datos nucleares para aplicaciones médicas, datos nucleares sobre actínidos en reactores de fisión, y datos nucleares y atómicos para el diseño de reactores de fusión.

Bibliotecas de datos nucleares

(siglas, origen, contenido)

Principales bibliotecas completas

- EXPOR; Red Internacional de Centros de Datos Nucleares; contiene datos sobre reacciones nucleares experimentales
- ENSDF; Estados Unidos y Red Internacional; contiene datos sobre la estructura nuclear y datos radiométricos de los radionucleidos
- *Bibliotecas que contienen datos evaluados sobre reacciones nucleares en formato "ENDF" uniforme:* ENDF/B-6, Estados Unidos; JEF-2, Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE; JENDL-3.2, Japón; BROND-2, Federación de Rusia; CENDL-2, China
- FENDL; OIEA y Red Internacional; contiene datos nucleares para el diseño de reactores de fusión, así como para otras aplicaciones

Bibliotecas para fines especiales

- N.D. Standards; Comité Internacional de Datos Nucleares del OIEA; normas para las mediciones nucleares
- XG Standards; Programa coordinado de investigación del OIEA; calibración de detectores de rayos gamma y rayos X
- IRDF; OIEA en cooperación con otros centros; fichero internacional de dosimetría de reactores, dosimetría neutrónica mediante activación de hojas
- IDGAM; Japón-Brasil; identificación de radionucleidos mediante sus rayos gamma
- ALADDIN; OIEA y Red de Centros de Datos; datos de colisión atómica y molecular para aplicaciones de la fusión nuclear
- SGNucDat; Sección de Datos Nucleares del OIEA; datos nucleares para salvaguardias
- GANAAS; Sección de Física del OIEA; análisis por activación neutrónica
- CENPL; China; diversos parámetros nucleares evaluados
- MENDL-2; Federación de Rusia; transmutación nuclear

La situación actual no es uniforme. Una serie de países en desarrollo —como Argentina, Bangladesh, Brasil, Egipto, Israel, Marruecos, Pakistán, Tailandia, Turquía, Viet Nam y muchos países de Europa oriental, entre otros— tenían y siguen teniendo programas de mediciones de datos nucleares. Algunos países —por ejemplo, Arabia Saudita, Argelia, Malasia, México, Myanmar y varios otros— notificaron mediciones ocasionales de datos nucleares. La India, después de ejecutar un programa muy intenso en materia de datos nucleares en el decenio de 1970, ha reducido notablemente estas actividades, mientras que, aproxi-

Red de centros de datos nucleares

- National Nuclear Data Center, Brookhaven, Estados Unidos; servicios a los Estados Unidos y el Canadá
- Banco de Datos de la Agencia para la Energía Nuclear (AEN), Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), París, Francia; servicios a los países europeos miembros de la OCDE y el Japón
- Sección de Datos Nucleares del OIEA, Viena, Austria; servicios destinados principalmente a los países en desarrollo y coordinación de la red mundial
- Centros de Datos Nucleares de Rusia, Obninsk y Moscú, Rusia; servicios a los Estados surgidos de la antigua URSS

Además de estos centros fundamentales, la Red abarca centros nacionales de datos nucleares en el Japón, China y Hungría. Otros países cooperan sin participar oficialmente en la Red.

Manuales de datos nucleares

Atomic and Molecular Data for Radiotherapy and Radiation Research (IAEA TECDOC-799, publicado en 1995)

The Index to the Literature and Computer Files on Microscopic Neutron Data (CINDA, publicación anual)

International Bulletin on Atomic and Molecular Data for Fusion (IBAMD-49, publicación bianual)

Handbook on Nuclear Activation Data (Vol. No. 273 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1987 y reimpresso en 1995)

Decay Data of the Transactinium Nuclides (Vol. No. 261 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1986 y reimpresso en 1995)

X-ray and Gamma Ray Standards for Detector Calibration (IAEA TECDOC-619, publicado en 1991 y reimpresso en 1994)

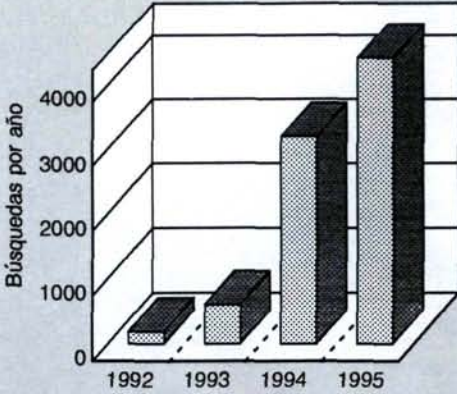
Handbook on Nuclear Data for Borehole Logging and Mineral Analysis (Vol. No. 357 de la Colección de Informes Técnicos del OIEA, publicado en 1993)

madamente en 1980, China inició un sólido programa en esta materia, al que continúa dando firme respaldo.

Un ejemplo interesante es la República de Corea. Aunque el país tiene un programa nucleoelectrónico, antes prácticamente no se realizaban mediciones de datos nucleares. Sin embargo, en los últimos años se comprendió que todo país con importantes aplicaciones nucleares en las esferas de la energía y la industria, necesita una infraestructura de física nuclear adecuada que incluya las mediciones de datos. Por consiguiente, se espera que en el futuro inmediato ese país aumente significativamente las actividades relacionadas con los datos nucleares.

Sistema de Información sobre Datos Nucleares (NDIS)

Desarrollo de los servicios en línea de datos nucleares, utilizados actualmente por 41 países



Servicios de datos nucleares en 1990-1995 por región geográfica

Región	Servicios por correo		Servicios en línea	
	Número de países	% de solicitudes	Número de países	% de solicitudes
Países miembros de la OCDE	22	24%	17	36%
Antigua URSS	6	7%	2	17%
Europa oriental	9	18%	8	40%
Asia, Australia	15	24%	6	1%
Africa y Cercano Oriente	26	13%	2	3%
América Latina	15	14%	6	3%
Total	93	100%	41	100%

En cuanto a las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica, es necesario realizar un esfuerzo especial para convertir las bibliotecas de datos nucleares en los formatos especiales ("datos multigrupo") que exigen los códigos de computadoras. Entre los países en desarrollo, Argelia, Eslovenia, India, Indonesia y la República de Corea son fundamentalmente los que participan en estas actividades coordinadas por el OIEA y apoyadas con cursos de capacitación.

Otro proyecto de cooperación se refiere al mantenimiento de la base de datos internacional para los datos sobre estructura y desintegración nucleares. China, Kuwait y Rusia se han unido a otros siete países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en este proyecto, orientado por el OIEA y el Centro Nacional de Datos Nucleares de los Estados Unidos.

Necesidades de datos nucleares en los países industrializados

En la esfera de los datos nucleares, los países industrializados se encuentran actualmente en una fase de transición. Luego de resolverse las principales necesidades de datos nucleares sobre reactores de potencia térmicos y rápidos, se han cerrado muchas de las instalaciones de medición. Al mismo tiempo, muchos físicos nucleares de experiencia se han jubilado. De improviso se comprendió que podría producirse una escasez de físicos nucleares jóvenes, y que el uso sostenido de la energía nuclear podría verse en peligro, a menos que se preservaran los conocimientos prácticos sobre técnicas de medición de datos nucleares. Esta preocupación se ha expresado en varios estudios de expertos en Francia, los Estados Unidos, el Japón, Rusia y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE. Además, en 1995 un grupo de destacados expertos convocados por el OIEA llegó a la conclusión de que el programa sobre datos nu-

cleares del Organismo seguía siendo pertinente y de gran prioridad para todos los Estados Miembros.

Las actividades de los países industrializados se centran actualmente en las necesidades de datos nucleares para el desarrollo de reactores de fusión y en el perfeccionamiento de los datos sobre energía nuclear necesarios para estudiar la transmutación de actínidos no deseados que se producen en los reactores de potencia. Esta investigación requiere instalaciones costosas que no existen en los países en desarrollo.

Además de esta investigación avanzada sobre datos nucleares, continúan los trabajos encaminados a perfeccionar los datos nucleares sobre reactores de potencia de fisión. Bajo los auspicios del Comité Internacional de Datos Nucleares, los centros de datos compilaban una lista de datos nucleares respecto de los cuales se requiere mayor precisión para aplicaciones específicas en los reactores de potencia y las salvaguardias del material nuclear. Esta lista incluye 290 solicitudes de máxima prioridad y 430 solicitudes de más baja prioridad, y tiene la finalidad de servir de guía a científicos y administradores cuando planifiquen programas de investigación nuclear. Recientemente la AEN elaboró una "lista de alta prioridad" similar de solicitudes sobre mediciones de datos nucleares. En el marco de la Red de Centros de Datos Nucleares, la AEN desempeña una función rectora en las actividades de cooperación para la evaluación de datos nucleares.

Coordinación internacional

Ya en el decenio de 1950, las mediciones de datos nucleares eran tan numerosas que en el Brookhaven National Laboratory de los Estados Unidos se creó un Centro Nacional de Datos Nucleares. En 1964 se crearon otros tres centros en la AEN, el OIEA y Obninsk, Rusia. Estos cuatro centros constituyen el núcleo de la Red de Centros de Datos Nucleares que coordina el OIEA (véase el recuadro de la página 36)



Se necesitan datos nucleares en una gama de esferas, incluida la atención de la salud.
(Cortesía: H.F. Meyer/OIEA)

y son el vínculo indispensable entre los productores y los usuarios de datos nucleares. La tarea de reunir las grandes cantidades de datos, compilarlos y evaluarlos, y de darles los formatos que los usuarios necesitan, sólo puede hacerse mediante actividades internacionales bien coordinadas. Este método evita la duplicación y aprovecha al máximo la labor de expertos especializados de los centros y países que ofrecen su cooperación.

Los logros de esta red han sido impresionantes. Mediante el intercambio sistemático entre los centros, un científico de cualquier Estado Miembro tiene acceso a toda la información sobre datos nucleares, sin tener en cuenta el país en que se hayan generado los datos. Además, los datos (al menos las principales categorías de datos nucleares) se presentan en formatos mundialmente uniformes, de manera que al utilizar bibliotecas de datos evaluados procedentes de los Estados Unidos, Europa, Rusia, China o el Japón se pueda aplicar el mismo conjunto de códigos de computadoras para el procesamiento de datos.

En la red de datos, la Sección de Datos Nucleares del OIEA se centra en los servicios que se prestan a los países en desarrollo, mientras que los servicios a los países industrializados se proporcionan principalmente por conducto de sus centros nacionales de datos o el Banco de Datos de la AEN. Además de las bases de datos recibidas de los centros cooperantes para su distribución gratuita entre todos los Estados Miembros, los productos del Centro de Datos Nucleares del OIEA son fundamentalmente el resultado de Programas coordinados de investigación y mecanismos de cooperación oficiosos. El Comité Internacional de Datos Nucleares, organismo asesor permanente integrado por Brasil, China, Hungría, India, Rusia y ocho países miembros de la OCDE, determina las prioridades del

programa del OIEA sobre datos nucleares y atómicos para las aplicaciones.

Solicitudes de servicios

En los últimos años, el Centro de Datos Nucleares del Organismo ha recibido unas 800 solicitudes anuales de científicos de 93 Estados Miembros. Todos los años se han enviado aproximadamente 300 ficheros de datos en cintas magnéticas y disquetes, 100 códigos de computadoras para el procesamiento de datos afines y 2000 copias de material impreso. Además de estos servicios de atención a solicitudes de carácter convencional, en 1995 se realizaron más de 4000 búsquedas electrónicas mediante el Sistema de Información sobre Datos Nucleares en línea a través de Internet. (Véanse el gráfico y el cuadro de la página anterior.)

En el futuro se espera un rápido incremento de la demanda de servicios en línea, y que la Sección de Datos Nucleares del OIEA haga grandes esfuerzos por seguir ampliando y mejorando los servicios. El número de solicitudes demuestra que los científicos de los países europeos son los que más utilizan en estos momentos los servicios en línea. Este acceso electrónico a los datos nucleares complementará los envíos por correo convencional, que para la mayoría de los países en desarrollo sigue siendo, por el momento, la principal vía de recepción de la información que necesitan para apoyar su desarrollo en la esfera de la ciencia y la tecnología nucleares.

Asociados para el desarrollo: Asistencia de expertos en Malasia

Las misiones de expertos realizadas en virtud de los proyectos de cooperación técnica del OIEA han ayudado a Malasia a elevar sus niveles de conocimientos especializados

Desde que en 1969 se convirtió en miembro del OIEA, Malasia ha participado activamente en el programa de cooperación técnica (CT). En los últimos 15 años, el país ha ejecutado más de 60 proyectos valorados en casi nueve millones de dólares de los Estados Unidos en equipo, servicios de expertos y becas de capacitación.

En los últimos años, los servicios de expertos han demostrado ser especialmente útiles, aunque el equipo y la capacitación proporcionados también desempeñaron un importante papel. Desde 1989, en cuanto a servicios de CT recibidos, Malasia pasó a ser menos dependiente del suministro de equipo. El Gobierno de Malasia ha financiado, en su mayor parte, la creación de las instalaciones y la infraestructura básicas necesarias para la ejecución de los proyectos apoyados por la CT. Por lo tanto, se solicitó al OIEA, y se recibió, más asistencia en materia de capacitación y servicios de expertos.

Malasia considera que las misiones de expertos ofrecen múltiples oportunidades puesto que permiten al país recibir orientación y asesoramiento técnicos sobre una tecnología específica; compartir y adaptar nuevas ideas y tecnologías; y fortalecer alianzas estratégicas en el terreno internacional de la ciencia y la tecnología nucleares. Un experto siempre es considerado como un amigo, un asesor y un asociado para el desarrollo de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos.

En este informe se reseñan las misiones de expertos que recibió Malasia en virtud del programa de CT en el período comprendido entre 1980 y 1995. Asimismo, se ofrece información sobre los tipos de misiones y servicios de expertos, las instituciones que recibieron a los expertos, y la duración de las misiones. También se reseña el proceso de solicitud y ejecución de una misión de expertos en Malasia, así como los objetivos y planes conexos del país.

Acontecimientos y tendencias generales

Durante 1980-1995, Malasia recibió un total de 392 misiones de expertos, realizadas por 273 expertos provenientes de 48 países que prestaron servicio en más de 20 instituciones de diversas esferas de la ciencia y la tecnología nucleares.

Esferas de actividad. La ciencia y la tecnología nucleares abarcan una amplia gama de temas y una diversidad de conocimientos especializados. A lo largo de los años, Malasia se ha centrado en tres esferas fundamentales: las aplicaciones de las técnicas nucleares en la agricultura, su aplicación en la industria y la hidrología, y la seguridad nuclear y radiológica.

Durante estos 15 años, se realizaron 108 misiones en las que participaron 75 expertos vinculados al uso de las técnicas nucleares en la agricultura; 69 misiones en las que participaron 48 expertos de las esferas de la industria y la hidrología (incluido el desarrollo industrial, con hincapié en los ensayos no destructivos, la tecnología de radiaciones, y los estudios hidrológicos y con trazadores); y 46 misiones en las que participaron 33 expertos en las actividades relacionadas con la seguridad nuclear en la esfera de la protección radiológica.

Países de origen de los expertos. Los 273 expertos enviados en misión a Malasia en estos años han provenido de 48 países y, casi dos terceras partes de ellos, de países industrializados. Europa occidental fue la región que más expertos proporcionó, 89, quienes completaron 133 misiones (34%); le siguieron América del Norte, con 75 expertos y 101 misiones concluidas (26%), y la región de Asia y el Pacífico, con 65 expertos que realizaron 91 misiones (23%).

Por países, los que más expertos proporcionaron son: Estados Unidos (21%), Reino Unido (9%), Alemania (7%), Canadá (5%), Austria (4%), Australia (4%), Japón (4%) y Francia (3%). De los países en desarrollo, van a la cabeza por el número de expertos que han proporcionado: India (4%), Polonia (2%) y Hungría (2%). Al mismo tiempo, científicos de

por Ainul Hayati
Daud

La Sra. Daud es Jefe de Relaciones Exteriores del Instituto Malasio de Tecnología e Investigaciones Nucleares (MINT) y el Oficial de Enlace del OIEA para la CT en el MINT.

Malasia también contribuyeron a la ejecución de proyectos en este país, al completar 18 misiones (5%). Los científicos fueron contratados como expertos del programa de CT y conferenciantes en cursos de capacitación, o como participantes en la formulación de proyectos y en reuniones de coordinación de investigaciones.

Instituciones que reciben expertos. Desde 1980, más de 20 instituciones y cientos de personas, tanto de organizaciones públicas como privadas, se han beneficiado directa o indirectamente de los servicios de expertos del OIEA. Ellas incluyen a institutos de investigación, la junta reguladora, la compañía eléctrica, universidades y comisiones de investigaciones (un grupo de científicos provenientes de instituciones importantes constituidos en comisión para llevar a cabo un proyecto multidisciplinario e integrado).

En los últimos 15 años, 20 instituciones de Malasia recibieron 392 misiones de expertos. Un poco más de la mitad de estas misiones (202) fueron enviadas a los institutos de investigación; a éstos le siguen las comisiones de investigaciones y las universidades, con 80 (20%) y 37 (9%) misiones, respectivamente. El Instituto Malasio de Tecnología e Investigaciones Nucleares (MINT), encargado de la puesta en práctica y promoción de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología nucleares en Malasia, recibió la mayor cantidad de misiones: 161 (41%), en las que participaron 112 expertos.

Duración de las misiones. La duración de las misiones ha variado mucho, en dependencia de la actividad y la naturaleza de la misión, el tipo de experto necesario y la situación de los expertos disponibles en Malasia. La mayoría de las misiones (casi el 61%) ha durado entre dos y cinco semanas; aproximadamente una quinta parte, alrededor de una semana; y el 6%, menos de una semana. Las misiones a más largo plazo (de varios meses a poco más de un año) se recibieron fundamentalmente en relación con actividades de proyectos que entrañaban la realización de experimentos largos y trabajos de campo como el desarrollo de fórmulas de productos, la exploración y extracción de materias primas nucleares, la vigilancia de la absorción de fertilizantes y la cría de insectos. Las misiones de menos de una semana estuvieron normalmente relacionadas con misiones de investigación previas al proyecto, reuniones para la formulación de proyectos, conferencias en cursos de capacitación y la participación en una reunión de investigación coordinada.

Con los años, la duración media de las misiones se ha acortado de unas cinco semanas a tres; al mismo tiempo se duplicó el número de misiones, lo que refleja la creciente confianza de los expertos nacionales en sí mismos, ya que sólo se necesitan expertos procedentes del exterior para las misiones más especializadas de menor duración.

También resulta interesante señalar que las misiones de países como Australia (47 días) y Polonia (56 días) fueron largas, aunque el número de expertos que cumplieron misión haya sido pequeño. Ello indica que expertos de estos países estuvieron disponibles

para cumplir misiones de larga duración. Por otra parte, la duración de las misiones en el caso de los mayores suministradores de servicios de expertos, como los Estados Unidos, el Reino Unido, Alemania y el Canadá, ha oscilado principalmente entre dos y cuatro semanas, aunque el número de misiones realizadas haya sido en general mayor que las cumplidas por expertos de otros países. Ello significa que los expertos de estos países estuvieron disponibles principalmente para misiones de corta duración en actividades especializadas.

Al comparar la cantidad y duración de las misiones de cada institución, se observan tendencias notables. La Oficina Geológica de Malasia en Perak (GSMP) recibió sólo 12 misiones de expertos, pero la duración por misión fue de 73 días; algo similar ocurrió con la Oficina Geológica de Malasia en Sarawak (GSMS). Ello obedece a que los proyectos en la esfera de la prospección y extracción de materias primas entrañan principalmente la realización de actividades como viajes de observación, reunión de datos y análisis, que requieren servicios más amplios de expertos.

Función del Instituto Malasio de Tecnología e Investigaciones Nucleares

La División de Política, Planificación y Relaciones Exteriores del MINT dirige el programa de CT en Malasia por medio de la Oficina de Relaciones Exteriores. Las solicitudes de expertos se reciben y analizan antes de presentarlas al Departamento de Cooperación Técnica del OIEA para la contratación por conducto del Agregado Científico de Malasia en Viena. En el análisis se tiene en cuenta la pertinencia y la conveniencia de la solicitud en relación con la ejecución del proyecto, incluidas las fechas y la duración de la misión propuestas, los deberes del experto y el motivo (justificación) de la solicitud. La contratación efectiva se realiza mediante la Sección de Expertos del OIEA.

Una vez que el OIEA envía el curriculum vitae de un experto que reúne las condiciones, se informa al oficial de enlace del proyecto en Malasia, se procura su aprobación y se propone la fecha de la misión al OIEA. Después se hacen los trámites necesarios, como la aprobación oficial, la visa (si es necesaria), la reservación del alojamiento, el transporte y el programa de la misión. En esta etapa se exhorta al oficial de enlace del proyecto a que se comunique directamente con el experto a fin de examinar los detalles técnicos y el plan de trabajo de la misión. Se mantiene al OIEA al corriente de la situación de dichos trámites.

Una vez que la Oficina de Relaciones Exteriores recibe la confirmación y el itinerario de viaje del experto, se procede a informar al oficial de enlace del proyecto y se ultiman todos los preparativos. A su llegada, el experto recibe asistencia como, por ejemplo, transporte e información sobre Malasia, para facilitar su misión en el país.

Institutos, universidades y organizaciones de Malasia que recibieron misiones de expertos en 1980-1995

- Junta de Licencias de Energía Atómica (AELB)
- Hospital General de Kuala Lumpur (GHKL)
- Oficina Geológica de Malasia en Perak (GSMP)
- Oficina Geológica de Malasia en Sarawak (GSMS)
- Instituto de Investigaciones Médicas (IMR)
- Lembaga Letrik Negara (Compañía eléctrica-Tenaga National Berhad)
- Instituto Malasio de Investigaciones y Desarrollo Agrícolas (MARDI)
- Instituto Malasio de Tecnología e Investigaciones Nucleares (MINT)
- Instituto de Investigaciones del Caucho de Malasia (RRIM)
- Instituto de Normalización e Investigación Industrial de Malasia (SIRIM)
- Comisiones de Investigación, incluidas la Comisión de Investigaciones Marinas (RCM); la Comisión de Investigaciones sobre Fitotecnia por Mutaciones (RCMB); la Comisión de Investigación sobre la Técnica de los Insectos Estériles (RCSIT); la Comisión de Investigaciones sobre Edafología (RCSS) y la Comisión de Investigaciones sobre Injerto de Tejidos (RCTG)
- University Kebangsaan Malaysia (UKM)
- University Malaya (UM)

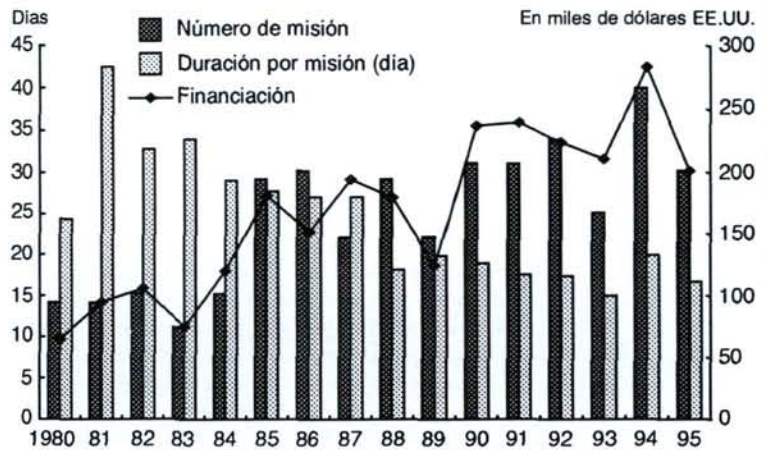
Al finalizar una misión, la Oficina de Relaciones Exteriores recibe un informe pormenorizado, con recomendaciones que el instituto y el oficial del proyecto anfitrión deben evaluar. El informe se debate, se hacen observaciones, de ser necesarias, y después se envía al OIEA una copia del informe revisado. El oficial del proyecto toma nota de las recomendaciones y se adoptan las medidas correspondientes. La Oficina de Relaciones Exteriores se encarga de seguir supervisando la aplicación de las recomendaciones; y además conserva los expedientes, los registros y los informes sobre la conducción y ejecución de la misión.

Retos y direcciones futuros

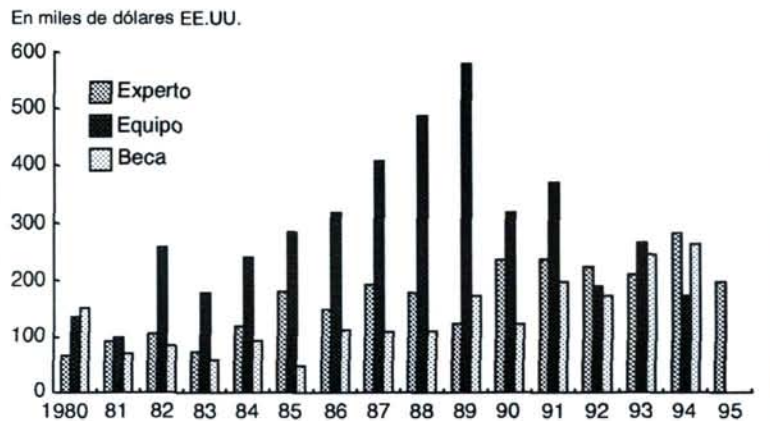
A medida que se desarrollan las aplicaciones de las tecnologías nucleares y conexas en Malasia, se van alcanzando determinados niveles de conocimientos especializados, que se extienden a esferas como la gestión de proyectos, los ensayos no destructivos, la protección radiológica, los estudios energéticos, el radioinmunoanálisis, la agricultura, el injerto y la creación de bancos de tejidos, además de la tecnología del tratamiento por irradiación, la hidrología y la tecnología de trazadores y de fuentes selladas.

En estos momentos Malasia está lista para participar en el programa de servicios de expertos del OIEA y ayudar a otros países a desarrollar las tecnologías nucleares y conexas. Al mismo tiempo, Malasia espera que aumenten sus propias necesidades de asistencia de expertos del programa de CT, en correspondencia con el creciente empleo de las tecnologías nucleares en el país. No obstante, como las anteriores tendencias han demostrado, las misiones de expertos deben ser cortas, y concentrarse bien en necesidades especializadas.

Misiones de expertos recibidas por Malasia, 1980-1995



Asistencia recibida por Malasia en virtud del Programa de Cooperación Técnica del OIEA, 1980-1995



Reuniones de la Junta de Gobernadores del OIEA

En sus reuniones de junio de 1996 se previó que la Junta de Gobernadores del OIEA examinará temas que van desde el programa y presupuesto del Organismo, las actividades de cooperación técnica hasta las medidas encaminadas a fortalecer la eficacia y eficiencia del sistema de salvaguardias, a saber, por conducto del programa de desarrollo conocido como "93+2".

El 10 de junio, en sus palabras preliminares ante la Junta, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, abordó cuestiones relacionadas con estos y otros temas.

Programa y presupuesto para 1997. Al observar que en mayo de 1996 el Comité de Asuntos Administrativos y Presupuestarios había opinado que al parecer existía una base sólida para concertar un acuerdo en la Junta con respecto al presupuesto para 1997, el Dr. Blix esbozó las medidas tomadas por la Secretaría en respuesta a las observaciones del Comité. Este había solicitado a la Secretaría que revisara algunas de sus propuestas en el presupuesto para 1997, como por ejemplo, el aumento de 1,9 millones de dólares de los Estados Unidos, equivalente a un incremento real del 0,9%, y tratará de economizar aún más los gastos administrativos y de apoyo.

Asistencia y cooperación técnicas. Tras citar ejemplos en Tanzania, Costa Rica y otros países, el Director General dijo que el concepto de proyecto modelo que actualmente rige las actividades de cooperación técnica está logrando demostrar que las técnicas nucleares pueden hacer un importante aporte al desarrollo económico y social. Añadió que al mismo tiempo se sigue examinando la gestión de las actividades de cooperación técnica para aumentar aún más la eficacia y la eficiencia. Apuntó además que si bien el nivel de contribuciones al Fondo de Cooperación Técnica sigue siendo inferior a los alcanzados en el decenio de 1980, la situación ha mejorado e instó a que se mantenga la tendencia actual.

Con respecto a otros proyectos relativos a la transferencia de tecnología, el Dr. Blix mencionó actividades relacionadas con la preparación de estudios de viabilidad para la tecnología de desalación nuclear y con las aplicaciones de la hidrología isotópica, incluidos dos proyectos regionales de cooperación técnica en 13 países de África y el Oriente Medio con crítica escasez de agua.

Salvaguardias. Al examinar el progreso logrado hasta la fecha con respecto a las propuestas orientadas a fortalecer el sistema de salvaguardias del OIEA, el Dr. Blix dijo que ha llegado el momento de que se celebren debates directos entre los representantes de los gobiernos, in-

cluidos expertos en materia de salvaguardias, abogados y diplomáticos, para analizar minuciosamente las medidas propuestas que requieren facultades legales complementarias. A este respecto manifestó que se había recomendado que se tomen medidas, tal vez mediante el establecimiento de un comité de la Junta, destinadas a examinar, ajustar y concluir el proyecto de protocolo que se había elaborado. El Dr. Blix agregó que las propuestas son fruto del ímpetu constante mantenido por la Junta en los últimos años y que es preciso no perderlo. El objetivo y el beneficio finales de una mejor labor de verificación y una mayor transparencia es el aumento del grado de confianza entre los Estados —a los niveles nacional, regional y mundial— y facilitar la transferencia de tecnología, equipo y material nucleares con fines pacíficos.

Entre otras cuestiones, el Dr. Blix también informó sobre la aplicación de las salvaguardias en la República Popular Democrática de Corea (RPDC), donde el OIEA mantiene inspectores en régimen permanente. Indicó que la próxima ronda de conversaciones técnicas entre el OIEA y la RPDC estaba prevista ahora para finales de junio y que, por su parte, el Organismo había propuesto que en dichas conversaciones la atención se centrara en la necesidad de aplicar convenientemente medidas urgentes encaminadas a preservar la información pertinente, sin la cual el Organismo no podría verificar en el futuro la exactitud y exhaustividad de la declaración inicial de la RPDC. En los debates también se abordarían cuestiones relacionadas con la aplicación de las salvaguardias en el país, incluida la instalación de equipo de vigilancia del Organismo en los depósitos de desechos nucleares de la planta de reelaboración y la vigilancia de la congelación en virtud del Marco Acordado entre los Estados Unidos de América y la República Popular Democrática de Corea.

Seguridad nuclear. El Dr. Blix informó de que se aproxima la entrada en vigor de la Convención sobre Seguridad Nuclear, y que el Organismo ha tomado importantes medidas preparatorias para aplicarla, incluida la elaboración de procedimientos y directrices, conjuntamente con representantes de los Estados Miembros, relativos al proceso de examen por homólogos de la Convención. Añadió que se ha avanzado bastante en el proyecto de Convención sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, el cual podría estar listo para finales del presente año o principios del siguiente.

En la próxima edición del *Boletín del OIEA* figurará un informe sobre el resultado de las reuniones de junio de la Junta.

En una Conferencia Internacional celebrada en Viena en abril de este año se resumió la interpretación científica de las principales consecuencias para la sociedad, la salud y el medio ambiente atribuidas al accidente de Chernobil ocurrido en Ucrania hace diez años. Asistieron a la reunión, patrocinada conjuntamente por el OIEA, la Comisión Europea (CE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 800 científicos y funcionarios gubernamentales de las esferas de la energía nuclear, la seguridad radiológica y la atención de la salud. Entre los participantes se encontraban representantes gubernamentales de alto nivel procedentes de los tres países más fuertemente afectados por el accidente —Belarús, la Federación de Rusia y Ucrania— y delegados procedentes de más de 70 Estados y organizaciones intergubernamentales. En la Conferencia se examinaron atentamente las diversas cuestiones científicas, médicas, ambientales, sociales y políticas que tienen que ver con la evaluación de los efectos de Chernobil, en el marco de los grandes cambios operados durante el último decenio en los países que integran la ex Unión Soviética.

La Dra. Angela Merkel, Ministra del Medio Ambiente de Alemania y Presidenta de la Conferencia, dijo que el accidente del reactor de Chernobil abarca una dimensión que va mucho más allá de las fronteras de la seguridad nuclear y la protección radiológica, y añadió que los efectos reales de ese desastre tienen aspectos sociales y económicos que posiblemente son mucho más significativos que la propia exposición a las radiaciones. Si bien en la Conferencia, celebrada del 8 al 12 de abril, no se esperaba lograr un consenso científico sobre todas las cuestiones pertinentes, se pretende que sus resultados contribuyan a situar las consecuencias de Chernobil en perspectiva y puedan servir de base material para adoptar decisiones sobre la labor y colaboración futuras.

El resumen de los resultados de la Conferencia abarca importantes cuestiones, incluidas las relacionadas con:

Casos mortales y lesionados durante la fase inicial. La explosión del 26 de abril de 1986 y las primeras emisiones de radionucleidos provocaron 28 muertes atribuidas a radiopatías agudas, y tres a otras causas. Esos casos mortales se produjeron entre el personal de la central, los bomberos y los trabajadores de emergencia (liquidadores) que respondieron inicialmente al accidente, incluidos 134 pacientes diagnosticados con síndrome de radiación agudo. En el decenio posterior al accidente han fallecido otros 14 pacientes aunque sólo algunos por causas que podrían atribuirse a la exposición a las radiaciones.

Incidencia de cáncer de tiroides. En Belarús, Ucrania y algunas regiones de Rusia han aumen-

tado de manera significativa los casos notificados de cáncer de tiroides, especialmente en niños pequeños, que suelen atribuirse a la exposición al yodo radiactivo durante las primeras fases del accidente de 1986. Hasta finales de 1995 se han notificado un total de alrededor de 800 casos de niños menores de 15 años de edad al momento del diagnóstico (400 de ellos en Belarús solamente). Hasta abril de 1996 han muerto tres niños por cáncer de tiroides. En los próximos decenios es muy probable que aumente la incidencia del cáncer de tiroides entre las personas que eran niños en 1986; es difícil predecir el número de casos porque subsisten grandes incertidumbres en las estimaciones de dosis. Debería vigilarse muy de cerca y de por vida al grupo de riesgo, ya que el tratamiento debe surtir efecto en la mayoría de los casos que se diagnostican a tiempo.

Efectos de las radiaciones sobre la salud a largo plazo. Además del aumento del cáncer de tiroides, ciertos informes señalan un crecimiento de la incidencia de enfermedades malignas específicas en algunas poblaciones de territorios contaminados y entre los liquidadores. Ahora bien, estos informes no son coherentes y posiblemente sea necesario seguir investigando. Con el empleo de modelos de predicción se calcula que el número de tipos de cáncer mortal causado por el accidente entre los 7,1 millones de habitantes de territorios contaminados y zonas de control estricto, sea del orden de 6600 en los próximos 85 años frente a una incidencia espontánea de 870 000 muertes por cáncer. Teóricamente cabe esperar pocos casos mortales por leucemia radioinducida. El total previsto de muertes adicionales por leucemia sería del orden de 470 entre los 7,1 millones de habitantes de territorios contaminados y zonas de control estricto; casos estos que sería imposible distinguir de la incidencia espontánea de aproximadamente 25 000 muertes. Entre los 200 000 liquidadores que trabajaron en 1986 y 1987, el total esperado sería del orden de 200 casos mortales frente a una incidencia espontánea de 800 muertes por leucemia.

Otros factores relacionados con la salud. Se han observado muchos cambios en la salud de la población expuesta que no se deben a la exposición a las radiaciones. En la población de la región existen importantes trastornos de la salud y síntomas tales como ansiedad, depresión y diversas afecciones psicósomáticas atribuibles a la angustia mental. Estos problemas están generalizados y muy bien pueden ser el legado más importante del accidente. El efecto psicológico no puede desligarse completamente del que ocasionó el desmembramiento de la Unión Soviética y, por tanto, cualquier pronóstico que se haga debe tener en cuenta las circunstancias económicas, sociales y políticas de los tres países.

Concluye en Viena Conferencia Internacional sobre Chernobil

Consecuencias para el medio ambiente. No se han observado efectos muy evidentes a largo plazo en las poblaciones o los ecosistemas. Se pueden tomar contramedidas eficaces en lugares concretos para reducir significativamente la incorporación de radiocésio en los alimentos. En general, si bien ningún alimento producido en el sistema de granjas colectivas sobrepasa los niveles internacionales de radiación establecidos, ocurre lo contrario con algunos alimentos producidos por los agricultores privados, al igual que con las setas, la caza y otros alimentos de origen silvestre.

Medidas correctoras en materia de seguridad nuclear. Las causas técnicas del accidente de Chernobil son muy conocidas y los niveles de seguridad de los 15 tipos similares de centrales RBMK que se explotan en Lituania, Rusia y Ucrania se han elevado a fin de impedir en la práctica que se repita el mismo tipo de accidente. Con todo, es preciso seguir aumentando la seguridad de los RBMK y tomar nuevas medidas encaminadas a estabilizar el sarcófago construido para confinar la destruida Unidad 4 de Chernobil. En un foro internacional celebrado en Viena a principios de abril se examinaron cuestiones relacionadas con la seguridad de los RBMK y se presentó un informe al respecto en la Conferencia sobre Chernobil que posteriormente se celebró.

En las diversas sesiones de la Conferencia los expertos analizaron las conclusiones de la labor realizada hasta la fecha, incluido el resultado de dos importantes conferencias internacionales: una patrocinada por la OMS, en noviembre de 1995, y la otra en Minsk, bajo los auspicios de la CE, en marzo de 1996. Los discursos de apertura estuvieron a cargo del Director General del OIEA, Dr. Hans Blix; el Director General de la OMS, Hiroshi Nakajima; el Director General de Ciencia, Investigación y Desarrollo de la CE, H. Tent; y el Director del Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas (DAHNU),

M. Griffiths. La Conferencia contó también con declaraciones nacionales de Alexander Lukashenko, Presidente de Belarús; de A. Shoigu, Ministro para Situaciones de Emergencias de Rusia; y de Yvgeni Marchuk, Primer Ministro de Ucrania; y con siete intervenciones de fondo por parte de representantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR); la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE); y de organizaciones de Alemania, el Japón y los Estados Unidos sobre los resultados de importantes proyectos bilaterales de asistencia posteriores al accidente de Chernobil que se ejecutan con Rusia, Ucrania y Belarús.

En el marco del simposio técnico se efectuaron ocho sesiones temáticas independientes sobre las diversas cuestiones sociales, sanitarias y ambientales. Entre los temas tratados figuraron los efectos sobre la salud observados clínicamente; los efectos sobre el tiroides; los efectos para la salud a más largo plazo; otros efectos relacionados con la salud, incluidos los efectos psicológicos, el estrés y la ansiedad; las consecuencias para el medio ambiente; los efectos sociales, económicos, institucionales y políticos; las medidas correctoras en materia de seguridad nuclear; y las consecuencias en perspectiva: pronóstico para el futuro. En una mesa redonda se examinó además la percepción del público con respecto al accidente de Chernobil.

El OIEA está preparando las actas de la Conferencia para su publicación y en la próxima edición del *Boletín del OIEA* se proporcionará amplia información sobre sus resultados. También podrán conocerse los aspectos destacados de la Conferencia mediante el servicio World Atom del OIEA en Internet (<http://www.iaea.or.at/worldatom>).

Científicos agrícolas en Seibersdorf desarrollan nuevas técnicas

Los científicos del Organismo desempeñan importantes funciones en el desarrollo de nuevas metodologías que se emplean en países en desarrollo para mejorar la producción agrícola.

Las leguminosas, como el frijol de soja o el frijol común, son importantes cultivos alimentarios y de forraje en los países en desarrollo debido a su alto contenido proteínico. Determinadas bacterias nitrificantes beneficiosas (*Rhizobium* o *Bradyrhizobium*) que se encuentran en los nódulos de las raíces de esas plantas "fijan"

el nitrógeno de la atmósfera y les aportan ese importante nutriente. Esos sistemas nitrificantes desempeñan una función fundamental en el fomento de la producción agrícola sostenible reduciendo en gran parte la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados y disminuyendo la contaminación provocada por éstos. También se emplean en los sistemas de cultivos intercalados y cultivos mixtos porque el nitrógeno pasa a los cultivos simbióticos o subsiguientes y así mantiene la fertilidad del suelo.

La Dependencia de Edafología del Laboratorio FAO/OIEA de Agricultura y Biotecnología en Seibersdorf elaboró metodologías que utilizaban el isótopo estable, nitrógeno 15, para cuantificar la cantidad de nitrógeno fijado, proporcionando así una forma de seleccionar cepas de bacterias muy eficaces para inocular los suelos. Como muchos suelos contienen cepas nativas agresivas que solo fijan pequeñas cantidades de nitrógeno, además de la eficacia, la capacidad competitiva es un parámetro importante. Recientemente, la Dependencia de Edafología desarrolló nuevas técnicas de biología molecular, conocidas como las técnicas de los genes *gusA* y *celB*, para la identificación simple de cepas de bacterias. Las cepas identificadas con *gusA* o *celB* pueden visualizarse porque adquieren un color azul o rojo. La identificación microbiana es esencial para seleccionar cepas competitivas y resistentes a condiciones rigurosas con miras a inocularlas en el suelo. Sólo se necesitan equipo sen-

cillo y procedimientos microbiológicos básicos para aplicar la técnica.

A fin de que los países en desarrollo puedan utilizar esta tecnología, la misma Dependencia ideó en Seibersdorf un Juego de genes GUS. El juego resulta apropiado para microbiólogos y agrónomos de países que desean emplear el sistema pero no están familiarizados con la metodología ni cuentan con los recursos para establecerla en sus laboratorios. En la actualidad, 24 grupos científicos que participan en programas coordinados de investigaciones FAO/OIEA o proyectos de cooperación técnica han recibido el juego.

La creación de nuevas metodologías de biología molecular y su transferencia al Tercer Mundo formulará el uso de sistemas "orgánicos" para tratar de lograr prácticas agrícolas sostenibles. Además, permitirán que los científicos comprendan mejor la inmensa diversidad de bacterias de los suelos que existen en esos países, las cuales no se han aprovechado hasta el momento.

En el mundo se explotan 437 reactores nucleares de potencia, con una capacidad total de 344 442 megavatios eléctricos (MWe) para producir electricidad, y se construyen otras 39 unidades con una potencia total de 32 594 MWe (véase la página titulada *Datos Estadísticos Internacionales en la presente edición*). Según la información notificada en el Sistema de Información sobre Reactores de Potencia del OIEA, en 1995 cuatro nuevas centrales nucleares se conectaron a las redes eléctricas de la India, el Reino Unido, la República de Corea y Ucrania. En ese mismo año se pararon dos unidades: la Wuergrass en Alemania y la Bruce-2 en el Canadá.

Conforme a las estadísticas del OIEA, en el año 2000 la potencia nuclear instalada a nivel mundial aumentará de 361 000 a 368 000 MWe. Puesto que todas las unidades que se pondrán en servicio a finales de siglo ya se están construyendo, en las estimaciones se refleja el grado de incertidumbre asociado a posibles retrasos en las fases de construcción y concesión de licencias.

Para principios del próximo siglo, el grado de incertidumbre en las estimaciones de la potencia nuclear es mayor debido a diversos factores técnicos, económicos, ambientales y normativos. Las proyecciones baja y alta revelan hipótesis fundamentales distintas, aunque no extremas, en los diferentes factores decisivos que influyen en la expansión de la energía nucleoelectrónica.

La proyección baja supone que en los próximos dos decenios prevalecerán en la mayoría de los países los obstáculos que actualmente se oponen a la expansión de la energía nucleoelectrónica. Los índices de crecimiento económico y de la demanda de electricidad se mantendrán bajos en los países industrializados. Se seguirá tropezando con la oposición del público a la energía nucleoelectrónica, y las preocupaciones ambientales como el riesgo del cambio climático mundial no llegarán a ser factores decisivos en las políticas energéticas encaminadas a sustituir la energía fósil por la energía nuclear. Los problemas institucionales y de financiamiento impedirán o retardarán la ejecución de los programas nucleares previamente planificados, sobre todo en los países en transición y países en desarrollo. Conforme a estas hipótesis más bien pesimistas, se terminaría la mayoría de las unidades nucleares en construcción, pero se encargarían otras nuevas fundamentalmente en países donde la energía nucleoelectrónica es un componente principal de la mezcla para la generación de electricidad, como Francia, el Japón y la República de Corea. Debido al gran número de unidades que se pararán al final de su vida útil de explotación prevista, la potencia nuclear total en el mundo comenzaría a disminuir después del 2010 y en el 2015 sería sólo ligeramente superior a la del 2000, es decir, unos 375 gigavatios eléctricos (GWe). La participación de la energía nucleoelectrónica en el suministro mundial de electricidad se reduciría de un 17% en la actualidad a un 12% en el 2015.

Energía nucleoelectrónica: situación y perspectivas

La proyección alta denota una reactivación moderada del desarrollo de la energía nucleoelectrónica, que podría derivarse, en particular, de una evaluación comparativa más integral de las diferentes opciones de que se disponen para la generación de electricidad, que incorpore aspectos económicos, sociales, sanitarios y ambientales. Esta proyección da por sentado que para facilitar la ejecución de programas nucleoelectrónicos, se tomarían algunas

medidas normativas, como el fortalecimiento de la cooperación internacional, el mejoramiento de la adaptación y transferencia de tecnología, y el establecimiento de mecanismos de financiamiento innovadores. Sobre la base de estas hipótesis, la potencia nuclear instalada total en el mundo llegaría a unos 535 GWe en el 2015 y la participación de la energía nucleoelectrónica en la generación total de electricidad sería de alrededor del 14%.

Examen internacional mixto AEN/OIEA de la seguridad de la WIPP por homólogos

El Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE), la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE, y el OIEA acordaron en París organizar un examen internacional por homólogos del análisis de la seguridad a largo plazo de la Planta Piloto para el Aislamiento de Desechos (WIPP), instalación estadounidense de eliminación de desechos que se prevé que reciba desechos radiactivos de período largo en el futuro inmediato.

Este examen por homólogos, solicitado por la Oficina de Zona del DOE de los Estados Unidos en Carlsbad, será organizado conjuntamente por la AEN y el OIEA como parte de los servicios que prestan ambos organismos a sus Estados Miembros en la esfera de la gestión de desechos radiactivos. La WIPP está destinada a la evacuación permanente de desechos radiactivos transuránicos generados por las actividades relacionadas con la defensa. Los desechos transuránicos se componen fundamentalmente de ropas, herramientas, restos y otros desechos contaminados con elementos radiactivos, en su mayor parte plutonio.

Ubicadas en el estado de Nuevo México a 42 km (26 millas) al este de Carlsbad, las instalaciones de la WIPP incluyen locales de evacuación excavados en una antigua formación salina de roca estable, a una profundidad de 654 metros (2150 pies) bajo tierra.

Como sucede en la mayoría de los países que tienen programas nucleares, el método preferido para la evacuación de desechos radiactivos de período largo, como los desechos transuránicos, es su confinamiento a largo plazo en un sistema de barreras múltiples ubicado en formaciones geológicas profundas y estables. El emplazamiento de la WIPP se seleccionó y construyó conforme a los criterios establecidos por la autoridad reguladora de los Estados Unidos, el Organismo para la Protección del Medio Ambiente (EPA), responsable de la eliminación segura a largo plazo de desechos transuránicos. El DOE deberá presentar al EPA una solicitud formal de licencia

para la evacuación de desechos transuránicos en este emplazamiento. Esta solicitud, denominada Solicitud de Certificado de Cumplimiento, incluirá una evaluación de la seguridad a largo plazo del repositorio después de su clausura.

El objetivo del examen mixto AEN/OIEA por homólogos será analizar si la evaluación de la WIPP posterior a la clausura es adecuada y técnicamente racional, y si se ajusta a las normas y prácticas internacionales. A los fines del examen, la AEN y el OIEA constituirán una secretaría mixta y designarán un grupo de expertos independientes internacionales en las diversas disciplinas que intervienen en la evaluación de la seguridad a largo plazo, como geología, geoquímica, ciencia de los materiales, protección radiológica y ambiental, y seguridad nuclear. El grupo de expertos estará integrado por representantes de órganos reguladores de la esfera nuclear, organismos encargados de la gestión de desechos radiactivos, universidades e instituciones de investigación.

El examen comenzará en octubre de 1996 y tendrá una duración de seis meses, sobre la base de la documentación detallada proporcionada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y los debates con los especialistas que participan en este proyecto durante una visita que se realizará a la WIPP.

El informe con las conclusiones del grupo internacional de expertos se remitirá al Departamento de Energía. Gracias a tales exámenes por homólogos se puede aprovechar la experiencia de los principales expertos del mundo en materia de evacuación de desechos nucleares y evaluaciones de la seguridad radiológica, así como tomar en cuenta los métodos que utilizan otros países adelantados para la evacuación segura de desechos radiactivos de período largo. Estos exámenes se ajustan al objetivo común de la AEN y el OIEA de promover la adopción de políticas y prácticas seguras para la evacuación de desechos radiactivos en sus países miembros respectivos.

Simposio internacional sobre la experiencia adquirida en la planificación y explotación de instalaciones de evacuación de desechos de actividad baja, 17 a 21 de junio de 1996.

La mayoría de los países intervienen en la gestión de desechos de actividad baja (DAB) generados por las actividades del ciclo del combustible nuclear y el uso de radionucleidos en la medicina, las investigaciones y la industria. En algunos países las instalaciones de evacuación de DAB han venido funcionando durante muchos años y se cuenta ahora con considerable experiencia. Puesto que incluso algunos repositorios han llegado al final de su vida operacional y se han clausurado, en estos momentos hay cierta experiencia en cuanto a las fases de clausura y posterior a la clausura de la evacuación de desechos. Asimismo, otros países siguen trabajando en la selección del emplazamiento de los primeros repositorios y en la obtención de las respectivas licencias.

Este simposio reunió a expertos de países con gran experiencia en la esfera, así como de otros donde la gestión y evacuación de DAB se encuentra en fases más tempranas de desarrollo. Los participantes abordaron temas relacionados con cuestiones de organización (incluidos el marco de reglamentación, la planificación, la concesión de licencias, y la determinación de los inventarios); la selección del emplazamiento (criterios y enfoques, incluidas consideraciones socioeconómicas; investigación y evaluación del emplazamiento); el diseño (criterios y enfoques; comportamiento de la barrera artificial; diseño del repositorio); la construcción; la explotación (puesta en servicio; aceptación de desechos; emplazamiento de desechos; control de operaciones; vigilancia); la clausura (criterios de clausura; método de clausura; sistema de recubrimiento y comportamiento); los métodos posteriores a la clausura (cuestiones de control institucional; vigilancia y medidas correctoras; mantenimiento de registros a largo plazo); la evaluación de la seguridad (metodología; uso de estudios de casos); la garantía de calidad; la inves-

tigación y desarrollo; y la cooperación internacional y regional. El OIEA está preparando las actas del simposio para su publicación.

Simposio internacional FAO/OIEA sobre el uso de técnicas nucleares y conexas para estudiar el comportamiento ambiental de productos químicos para la protección de cultivos, 1 a 5 de julio de 1996.

Los plaguicidas forman parte de los sistemas agrícolas de todo el mundo, y suele aceptarse que esta situación se mantendrá así en muchos casos en el futuro previsible si se quiere aumentar la producción de alimentos de calidad aceptable.

Con todo, el uso de plaguicidas tiene ventajas e inconvenientes. En cuanto al medio ambiente, debe suministrarse información antes de que se registre el producto a fin de garantizar su uso sin peligros inaceptables para los organismos a los que no va dirigido. Además, después de registrado el producto es necesario realizar estudios de vigilancia y supervisión para comprobar que, en la práctica, el destino y los efectos ambientales de los plaguicidas se ajustan a los pronósticos.

Gran parte de los datos proceden del uso de radisótopos y otros métodos nucleares o conexas que pueden aplicarse en estudios relacionados con el destino y los efectos de los plaguicidas en los diversos medios ambientales (suelo, agua y aire) y en los ecosistemas terrestre (agrícola y no agrícola) y marino.

Por múltiples razones, los países en desarrollo tienen que confiar a menudo en datos procedentes de otras partes para evaluar el nivel de aceptación de un compuesto, en particular si no tiene patente. En este simposio se examinaron los casos en que la extrapolación de un medio ambiente a otro es válida a partir de los datos generados en condiciones semejantes. También se analizaron las formas en que se pueden usar métodos relativamente sencillos para verificar la aplicabilidad en el terreno de los datos obtenidos en condiciones experimentales ultramodernas. El OIEA está preparando las actas del simposio para su publicación.

En la Cumbre de Moscú, patrocinada por el Presidente Yeltsin y celebrada en esa ciudad los días 19 y 20 de abril de 1996, dirigentes de los países pertenecientes al Grupo de los Siete y la Federación de Rusia destacaron los esfuerzos desplegados por el OIEA en esferas fundamentales del desarrollo nuclear.

Concretamente, en los documentos oficiales publicados tras la Cumbre, los participantes expresaron su apoyo resuelto al régimen de inspección de las salvaguardias del OIEA, que desempeña una función decisiva en la obtención de garantías contra la desviación de materiales nucleares. También ex-

hortaron a que se realicen esfuerzos por estimular la labor en curso orientada a fortalecer el régimen de salvaguardias y, al mismo tiempo, instaron a los Estados a que aporten financiación suficiente a tal fin.

El OIEA destacó además que la intención declarada de la Federación de Rusia de someter el material nuclear delicado excedente de sus necesidades bélicas a inspección del Organismo en el futuro, fortalecería una tendencia iniciada ya por los Estados Unidos. Con todo, es evidente que a la larga dicha inspección aumentaría notablemente las responsabilidades del Organismo en esa esfera.

Simposios recientes del OIEA

Reunión en la cumbre sobre protección y seguridad nucleares

Con respecto al tema de la "gestión segura y eficaz del material fisionable apto para la fabricación de armas que ya no se necesita para fines de defensa", el Grupo de los Siete manifestó su intención de celebrar una reunión internacional de expertos, preferiblemente a finales del año, para examinar las opciones disponibles y el posible desarrollo de la cooperación internacional en la aplicación de estrategias nacionales. El OIEA opina que esta reunión podría servir de complemento al Simposio del Organismo sobre estrategias en materia de ciclo del combustible y reactores nucleares previsto para 1997.

En la Cumbre también se abordó la cuestión del régimen de responsabilidad civil, que trata de garantizar una adecuada indemnización por daños debido a accidentes nucleares. Los participantes en la Cumbre expresaron su deseo de avanzar en esta esfera, lo cual podría dar un nuevo impulso a la labor que se está realizando en el marco del OIEA.

Otra cuestión debatida en la Cumbre, que cobra cada vez mayor importancia, fue la protección física de los materiales nucleares. El Grupo de los

Siete alentó la ratificación de la Convención pertinente por parte de todos los Estados y la aplicación de las recomendaciones elaboradas en el OIEA en este sentido. Dentro de las actuales limitaciones generales de recursos, la Secretaría del Organismo está haciendo todo lo posible por brindar asistencia en esta esfera a los Estados Miembros que así lo desean.

En la Cumbre también se exhortó a los Estados a que respalden plenamente las convenciones internacionales sobre seguridad bajo los auspicios del OIEA. Concretamente, los dirigentes instaron a los países a que firmen la Convención sobre Seguridad Nuclear, a fin de que ésta pueda entrar en vigor, y llamaron a la conclusión efectiva y la pronta adopción de la Convención sobre seguridad de la gestión de desechos radiactivos, que se está elaborando bajo los auspicios del OIEA. El Organismo publicó el texto completo de la Declaración de la Cumbre de Moscú sobre la seguridad funcional y física en la esfera nuclear como Circular Informativa (INFCIRC/509).

El Libro Rojo: Uranio 1995

El OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos han publicado conjuntamente la última edición del Libro Rojo: Uranio 1995 —*Recursos, producción y demanda*. En él se presentan los resultados del examen de 1995 de la oferta y la demanda de uranio en el mundo, y constituye la principal referencia en esta esfera.

En el informe se ofrece una reseña estadística de la industria mundial del uranio al 1º de enero de 1995. Asimismo, figuran datos sobre las actividades de exploración, los recursos y la producción de uranio de 54 países, con lo que se actualiza la edición de 1993 y se brinda una buena cantidad de información nueva sobre algunos países que antes era difícil de obtener. Esta edición contiene informes sobre 23 de los 25 países productores de uranio, que en 1994 representaron un 92% de la producción mundial de uranio.

El mercado mundial del uranio ha cambiado radicalmente en el decenio de 1990 debido a los cambios políticos y económicos registrados en las regiones productoras y consumidoras de uranio. La superproducción de los años ochenta ha dado paso durante el decenio en curso a una situación más incierta donde la producción satisface menos del 60% de la demanda.

Entretanto, los precios se han mantenido bajos ya que se espera un suministro abundante y permanente de uranio procedente de nuevas fuentes. Mientras que la capacidad mundial de generación de electricidad de origen nuclear y sus necesidades del ciclo del combustible nuclear siguen ampliándose moderadamente, las existencias de uranio están disminuyendo y la producción se ha ido contrayendo en la mayoría de las regiones del mundo. Con todo, el aumento estable de los precios al contado del uranio desde finales de 1994 indica que la situación tal vez está cambiando.

El "Libro Rojo" muestra que siete naciones poseen casi el 90% de los recursos recuperables de uranio del mundo. El libro ofrece, para cada país, el total de toneladas de óxido de uranio (U_3O_8) que están "razonablemente garantizadas", además de los recursos adicionales estimados. Australia posee el 29%, seguido de Kazajstán con 19%, el Canadá con 11%, Sudáfrica y Namibia con 9% cada uno, el Brasil con 8% y los Estados Unidos con 4%.

Para mayor información diríjase a la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Gestión de Desechos del OIEA. El libro puede adquirirse solicitándolo a la OCDE, 2 rue André-Pascal, 75775 París Cedex 16, Francia.

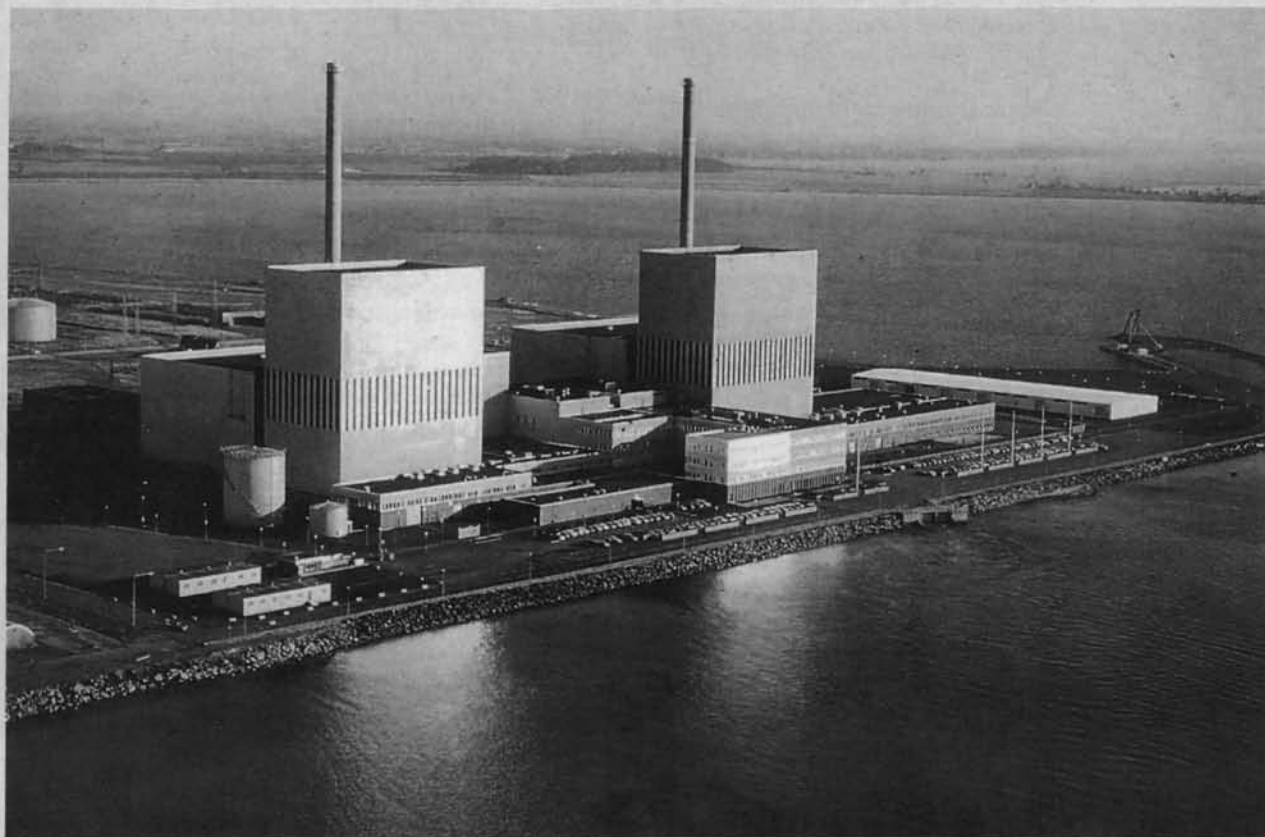
Chile: Beneficios de la erradicación de la mosca mediterránea de la fruta (moscamed)

Se espera que el éxito alcanzado por Chile en la erradicación de la mosca mediterránea de la fruta (moscamed) con ayuda de la tecnología de las radiaciones denominada Técnica de los insectos estériles (TIE), abra nuevos mercados de exportación a la industria frutícola del país. Según las autoridades chilenas, se estima que el comercio internacional de Chile se beneficie con un aumento anual en el próximo quinquenio de hasta 500 millones de dólares de los Estados Unidos.

La moscamed es una plaga que cada año ocasiona la pérdida de millones de dólares en frutas de las zonas infestadas. Por motivos de cuarentena, se había estado perjudicando a la mencionada indus-

tria chilena, que obtiene varios miles de millones de dólares por la exportación de frutas frescas. Aunque en las regiones meridional y central de Chile ya se había erradicado esa plaga, los productos de este país seguían siendo objeto de restricciones en algunos mercados internacionales de exportación por temor a que se produjeran brotes a causa de la presencia de la moscamed en la región septentrional de Chile.

La mosca fue erradicada con la TIE, aplicada tras un decenio de fallidos intentos de Chile por eliminar la mosca en su región septentrional con insecticidas. La técnica se basa en la cría, en instalaciones especiales, de grandes cantidades de insectos machos que son esterilizados mediante dosis bajas de radiación y luego liberados a la vida silvestre donde se aparean sin reproducirse.



Central Nuclear de Barsebaeck, Suecia.

El proyecto de la TIE recibió el apoyo de la División Mixta del OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, en colaboración con el Servicio Agrícola de Chile. El Organismo prestó apoyo en las esferas de la planificación del proyecto, el diseño de la construcción en el Valle Africa-Lluta de Chile de una instalación para la cría en masa y esterilización de la moscamed, la capacitación del personal profesional del proyecto, la prestación de servicios de expertos y equipo especializado, y la administración de fondos chilenos en fideicomiso pertenecientes al proyecto. Como resultado de ello, en 1993 se terminó una instalación para la cría en masa de la moscamed, con una capacidad para producir unos 60 millones de moscas estériles por semana. En ese año se inició la suelta de moscas estériles. Desde principios de 1995 no se ha detectado ninguna moscamed silvestre en Chile, con lo que concluye satisfactoriamente la campaña que durante 32 años se llevó a cabo ininterrumpidamente en el país contra dicha plaga, introducida en Chile por primera vez en 1963.

El anuncio oficial del Gobierno de Chile de la erradicación de la moscamed se efectuó en diciembre de 1995 en una ceremonia presidida por el anterior Presidente de Chile, el Ministro de Agricultura y dignatarios extranjeros.

Malí: Comienza la campaña TIE

El Gobierno de Malí celebró una mesa redonda a finales de mayo de 1996 con sus asociados para el desarrollo a fin de examinar las actividades de coordinación de un enfoque integrado para la lucha contra la mosca tsetsé y la tripanosomiasis. Los organismos de ayuda de Francia, Alemania y los Estados Unidos han patrocinado proyectos de desarrollo relacionados con la ganadería en la zona, los cuales estuvieron representados en la reunión.

En gran parte de Africa, el desarrollo ganadero está limitado por el radio de acción de la mosca tsetsé, que transmite un tipo de enfermedad del sueño denominada nagana. En la zona periurbana de Bamako, Malí, se han registrado tasas de infección del ganado de hasta el 45%.

Según se informó en la edición de la Cooperación Técnica *POR DENTRO* de junio de 1996 (véanse las páginas verdes intercaladas), en la mesa redonda celebrada del 27 al 31 de mayo de 1996 se consideró la posibilidad de iniciar actividades convencionales (trampas, mallas y tratamientos químicos) en toda la zona con la participación de las comunidades locales con el propósito de reducir radicalmente la población de la mosca tsetsé en una extensión de unos 2000 kilómetros cuadrados. Este es un requisito indispensable para el posible uso de la técnica de insectos estériles (TIE),

tecnología de radiaciones que se aplica contra las plagas de insectos para reducir sus poblaciones silvestres. El Gobierno se comprometió a fundamentar, mediante un estudio socioeconómico, la magnitud del problema de la mosca tsetsé y la tripanosomiasis. Sobre la base de estos debates prometedores, el OIEA ya está efectuando estudios de viabilidad técnica sobre las peculiaridades de una campaña TIE.

El Líbano: Ratifica convención sobre seguridad

El Líbano se convirtió en el vigésimo primer país que ratifica, acepta o aprueba la Convención sobre Seguridad Nuclear al depositar su instrumento de ratificación el 5 de junio de 1996. Ello acerca más la entrada en vigor de la Convención, que se producirá tres meses después de la fecha de depósito del vigésimo segundo instrumento de ratificación, aceptación o aprobación, incluidos los instrumentos de diecisiete Estados que tengan cada uno al menos una instalación nuclear que haya alcanzado la criticidad en el núcleo de un reactor.

La Convención, patrocinada por el OIEA, fue aprobada en Viena el 17 de junio de 1994. Su objetivo es comprometer jurídicamente a los Estados participantes que explotan centrales nucleares situadas en tierra a mantener un alto grado de seguridad mediante el establecimiento de raseros internacionales a los que se suscribirían los Estados. Un elemento innovador es la responsabilidad de las Partes de presentar informes sobre el cumplimiento de sus obligaciones derivadas de la Convención, que habrán de ser examinados por homólogos en reuniones periódicas.

Dominica y St. Kitts y Nevis: Acuerdos de salvaguardias

Han entrado en vigor acuerdos de salvaguardias concertados entre el OIEA y el Commonwealth de Dominica, así como entre el OIEA y St. Kitts y Nevis. Los acuerdos entraron en vigor el 3 y el 7 de mayo de 1996, respectivamente.

Ambos acuerdos fueron concertados en relación con las obligaciones contraídas por los Estados en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares.

Egipto: Tratado sobre una zona libre de armas nucleares en Africa

En su intervención ante la Conferencia para la firma del Tratado sobre una zona libre de armas nucleares en Africa, celebrada en El Cairo el 11 de abril de 1996, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, elogió "los incansables esfuerzos de los países de este continente en la esfera de la limitación de las armas nucleares y el desarme".

El Dr. Blix apuntó que el Tratado (denominado también Tratado de Pelindaba) supera al Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), en el que ya son partes 51 países de la Organización de la Unidad Africana (OUA). Añadió que a diferencia del TNP, el Tratado de Pelindaba prohíbe el emplazamiento y ensayo de cualquier dispositivo nuclear explosivo en territorio de las Partes; también compromete a sus Partes a aplicar las más elevadas normas de seguridad y protección física del material, las instalaciones y el equipo nucleares a fin de impedir robos y usos no autorizados; prohíbe el ataque armado contra instalaciones nucleares situadas en la zona; y prohíbe el vertimiento de cualquier desecho radiactivo.

En virtud del Tratado de Pelindaba, el OIEA tiene la obligación de verificar, por conducto de su sistema de salvaguardias y de conformidad con el procedimiento de denuncias previsto en el Tratado, el cumplimiento por las Partes de su compromiso de utilizar la energía nuclear exclusivamente con fines pacíficos. El Dr. Blix señaló que el Organismo está aplicando salvaguardias a 26 instalaciones nucleares en cinco Estados africanos partes en el TNP (Egipto, Ghana, Libia, Sudáfrica y Zaire) y en un Estado (Argelia) conforme a acuerdos para instalaciones específicas. Indicó que recientemente se firmó un acuerdo de salvaguardias con Argelia vinculado a la adhesión del país al TNP y que cabe esperar que pronto entre en vigor.

En la ceremonia de la firma, representantes de 43 Estados africanos firmaron el Tratado de Pelindaba. (El texto íntegro del discurso del Director General puede obtenerse por medio de los servicios Internet de *World Atom* del OIEA en <http://www.iaea.or.at/worldatom>.)

Tanzanía: Lucha contra la mosca tsetse

Se ha inaugurado un nuevo insectario en la instalación de cría en masa del Instituto de Investigaciones sobre la mosca Tsetse y la Tripanosomiasis (TTRI) en Tanga. Conjuntamente con otros insectarios remozados y dotados con nuevo equipo proporcionado por el OIEA con el apoyo de importantes donantes, el insectario se empleará en una campaña para luchar contra la mosca tsetse en la isla de Zanzíbar con la técnica de insectos estériles (TIE), tecnología de radiaciones para combatir y erradicar a la larga las poblaciones de plagas de insectos.

En su intervención en la ceremonia de inauguración, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, elogió lo que calificó de notable avance en el proyecto de erradicación de la mosca tsetse. Al señalar que otros países de la región han indagado acerca del proyecto de erradicación, añadió que "el progreso logrado en Tanga y Unguja ha recibido mucha atención de parte de otros países africanos". El Dr. Blix afirmó que para la ejecución futura de

esos proyectos en la región, el TTRI muy bien podría ser una de las instalaciones de producción para el suministro de las moscas estériles necesarias, así como servir de centro principal de capacitación de técnicos y científicos.

Suecia: Perspectivas nucleares

En su intervención ante una conferencia sobre cuestiones nucleares celebrada en Kalmar en junio de 1996, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix analizó la función real y potencial de la energía nucleoelectrica como fuente energética en el contexto de las cuestiones relacionadas con la seguridad, la no proliferación, la gestión de desechos, la opinión pública y los problemas ambientales. Al hablar ante la Conferencia sobre Tecnologías de Transmutación Basadas en Aceleradores y sus Aplicaciones, copatrocinada por el Organismo, el Dr. Blix dijo: "Si bien la energía nucleoelectrica es una tecnología exigente, por el momento es la que tiene mayores posibilidades de aportar cantidades significativas de energía con una contribución mínima de gases de efecto de invernadero. Por su viabilidad económica, es una opción con la que 'no hay nada que lamentar'. Aunque tal vez ni siquiera una expansión radical de la energía nucleoelectrica pueda, por sí sola, dar la respuesta que necesitamos a la amenaza del efecto de invernadero, sí podría hacernos avanzar bastante".

Al señalar que el desarrollo de la energía nucleoelectrica se ha estancado en muchos países, mientras que en otros aumenta moderadamente, el Dr. Blix señaló que en los años venideros se necesitarán todas las fuentes de producción de electricidad para satisfacer las crecientes demandas del mundo. Con todo, alertó contra la dependencia excesiva del carbón, el petróleo y el gas que domina el panorama energético actual, o del papel potencial de las fuentes de energía renovables, que cabe esperar que contribuyan marginalmente a la producción. Con respecto al desarrollo nuclear, instó a que se sigan realizando todos los esfuerzos por reducir aún más el riesgo de accidentes, continuar perfeccionando las soluciones ya existentes para la evacuación de desechos nucleares, impedir la proliferación de armas nucleares y el tráfico ilícito de materiales nucleares, desarrollar nuevos tipos de reactores nucleares más seguros, sencillos e incluso más económicos que los actuales, y encontrar usos de la energía nucleoelectrica que vayan más allá de la simple producción de electricidad.

Jamaica: Seminario sobre salvaguardias

El 25 de abril de 1996, el OIEA y el Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (OPANAL) copatrocinaron en Kingston un seminario sobre las salvaguardias del OIEA que centró la atención en el proceso de

NOTICIAS NACIONALES

verificación del cumplimiento de los compromisos de no proliferación. En el seminario participaron representantes de países de la región de América Latina y el Caribe.

Al hablar en el seminario, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, presentó un panorama general de los usos pacíficos y seguros de la energía nuclear, en el que pasó revista a los acontecimientos ocurridos en esferas de la asistencia y cooperación técnicas, la energía nucleoelectrica para la generación de electricidad, y las salvaguardias y la no proliferación.

"El OIEA abarca toda una gama de actividades del ámbito nuclear", dijo. "Las que suelen atraer la atención del público son las relativas a la seguridad nuclear y a nuestro papel para tratar de frenar la difusión de las armas nucleares. Esas esferas revisten una importancia capital, (...) pero es preciso mantener un importante equilibrio entre esas funciones y los servicios que presta el Organismo a sus Estados Miembros en desarrollo que acuden al OIEA procurando su asistencia para elevar sus

niveles de perfeccionamiento técnico y, por consiguiente, mejorar la calidad de vida de sus poblaciones".

(El texto íntegro puede obtenerse por medio de los servicios Internet de World Atom del OIEA en <http://www.iaea.or.at/worldatom>).

Federación de Rusia: Firma la Convención de Viena

La Federación de Rusia firmó la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, de la que el OIEA es Depositario. Hasta la fecha, 26 Estados han pasado a ser partes en la Convención, que entró en vigor en 1977 y que es uno de los instrumentos que establecen el marco jurídico mundial para la responsabilidad nuclear.

A fin de fortalecer el régimen de responsabilidad, expertos jurídicos internacionales reunidos bajo los auspicios del OIEA están enmendando la Convención de Viena y redactando una nueva convención sobre financiación complementaria.

YOUR LINKS ON THE INTERNET



- IAEA Press Releases
- Articles from the IAEA Bulletin
- Director General statements
- Topical overviews
- IAEA meetings
- Project updates
- Agency programmes and nuclear development
- Scientific databases
- The IAEA Annual Report
- Reports and documents
- Conference reports

Visit the IAEA's World Atom and TecAtom World Wide Web sites at <http://www.iaea.or.at>. If you want to reach us by electronic mail, the address is iaeo@iaea1.iaea.or.at.

On line, the facts are yours 24 hours a day.

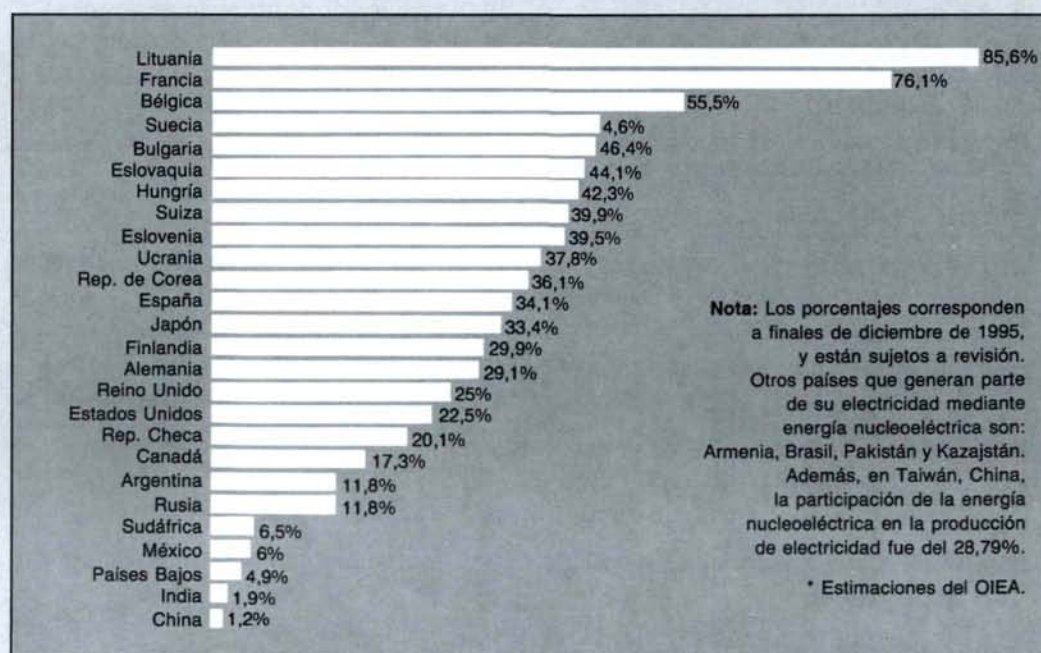
DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES

Reactores de energía nucleoelectrica en el mundo

	En funcionamiento		En construcción	
	Nº de unidades	MW(e) totales netos	Nº de unidades	MW(e) totales netos
Alemania	20	22 017		
Argentina	2	935	1	692
Armenia	1	376		
Bélgica	7	5 631		
Brasil	1	626	1	1 245
Bulgaria	6	3 538		
Canadá	21	14 907		
China	3	2 167		
Corea, República de	11	9 120	5	3 870
Eslovaquia	4	1 632	4	1 552
Eslovenia	1	632		
España	9	7 124		
Estados Unidos de América	109	98 784	1	1 165
Finlandia	4	2 310		
Francia	56	58 493	4	5 810
Hungría	4	1 729		
India	10	1 695	4	808
Irán, Rep. Islámica del			2	2 146
Japón	51	39 893	3	3 757
Kazajstán	1	70		
Lituania	2	2 370		
México	2	1 308		
Países Bajos	2	504		
Pakistán	1	125	1	300
Reino Unido	35	12 908		
República Checa	4	1 648	2	1 824
Rumanía			2	1 300
Rusia, Federación de	29	19 843	4	3 375
Sudáfrica	2	1 842		
Suecia	12	10 002		
Suiza	5	3 050		
Ucrania	16	13 629	5	4 750
Total mundial*	437	344 422	39	32 594

Notas al cuadro: En 1995 se pararon dos reactores (incluidos el Bruce-2 del Canadá, que podría entrar en servicio de nuevo en el futuro).

* El total incluye a Taiwán, China, donde hay seis reactores en funcionamiento con una capacidad total de 4884 MW(e).



Participación de la energía nucleoelectrica en la generación de electricidad en países seleccionados

República de Corea: La trayectoria científica de los tubos de rayos X

Lo viejo y lo nuevo en los mundos científico y médico de la radiología se unieron recientemente en Seúl en una exposición técnica especial sobre la evolución de los tubos de rayos X, en la que se mostró una impresionante colección de tubos de rayos X, memorias científicas, y libros y fotografías históricos. La exposición fue concebida y organizada por el Sr. J.W. Nam, ex funcionario del OIEA, experto en física de las radiaciones y discípulo permanente de Wilhelm Conrad Roentgen y su secular descubrimiento.

El Sr. Nam, quien escribió un libro en coreano sobre Roentgen y su vida, ha venido coleccionando tubos de rayos X desde 1955. En la exposición se mostraron 43 tubos típicos fabricados en los últimos cuatro decenios —desde los tubos más viejos de ión gaseoso pasando por los tubos "Coolidge"

hasta llegar a los tubos modernos hechos totalmente de metal o mitad vidrio y mitad metal. También se expuso una selección de memorias y referencias de la colección del Sr. Nam, compuesta por 120 memorias, 20 libros históricos y diversas fotografías, así como ilustraciones de la bibliografía científica que recogen la evolución de los tubos.

Basado en las referencias coleccionadas, el Sr. Nam ha podido elaborar una cronología de la evolución técnica de los rayos X desde el descubrimiento de Roentgen en 1895. (*Véase el recuadro.*)

La exposición de Seúl de tubos de rayos X y bibliografía técnica complementaria se organizó para conmemorar un siglo de progreso científico en la aplicación de los rayos X.

Se invita a los lectores interesados en conocer más acerca de la exposición y la colección científica a que se pongan en contacto con el Sr. Nam en Hyodong Villa A-101, 4-2 Shinyong-dong, Chongno-ku, Seúl, República de Corea.

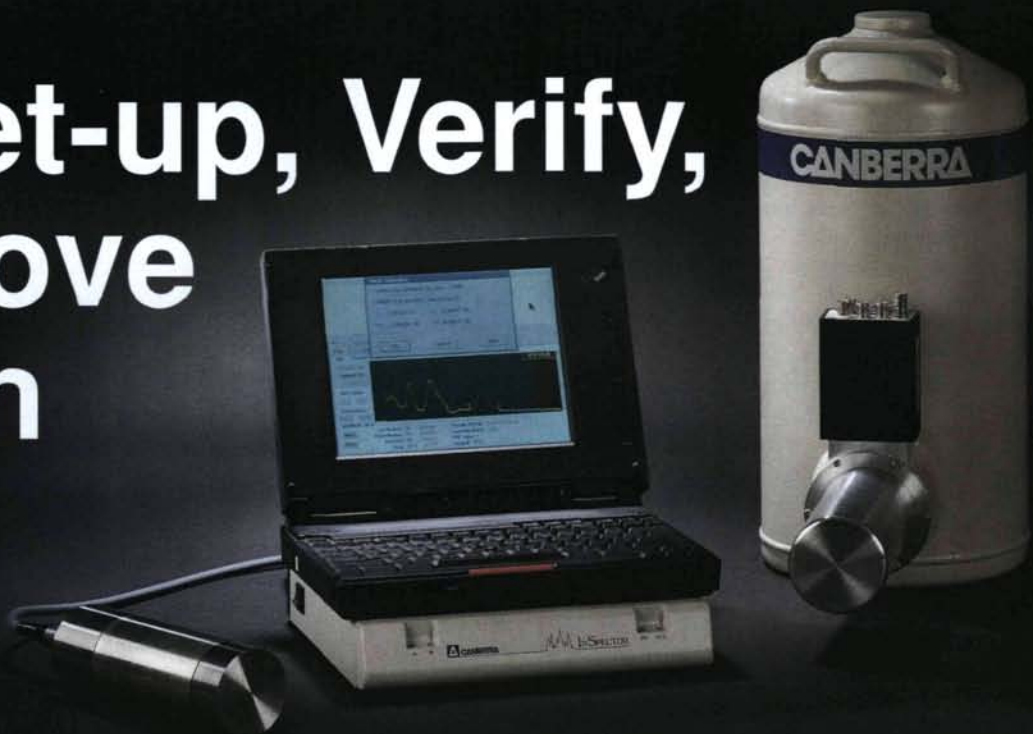
Cronología de la evolución de los tubos de rayos X

- | | |
|--|--|
| 1895 Roentgen descubre el rayo X | 1932 Tubo de mando por rejilla (ánodo fijo) |
| 1896 Introducción del cátodo cóncavo (de enfoque); el anticátodo; y el tubo iónico con vacío ajustable | 1937 Tubo de mando por rejilla (ánodo giratorio) |
| 1899 Tubo iónico refrigerado por agua (anticátodo de platino) | 1941 Betatrón |
| 1903 Tungsteno y tantalio como materiales anticatódicos (desde 1909, tubo iónico con anticátodo de tungsteno) | 1943 Rectificador de filamento de tungsteno toriado |
| 1910 Tubo de ánodo iónico giratorio (principio propuesto en 1897, el diseño práctico apareció en 1929) | 1945 Tubo de vidrio duro con aislamiento de aceite |
| 1913 Tubo de cátodo caliente (Coolidge); rectificador de válvula (kenotrón) | 1959 Tubo de alta velocidad |
| 1914 Revestimiento de vidrio duro del tubo | 1962 Anodo compuesto de tungsteno con aleación de renio |
| 1915 Tubo de ánodo de capucha | 1971 Tubo de vidrio-metal con ánodo de molibdeno (Mo) |
| 1918 Tubo de foco lineal (Goetze) | 1972 Anodo a prueba de grietas con desfati-gamiento mecánico |
| 1920 Tubo refrigerado por aceite | 1973 Anodo de tres capas (W-Re)+Mo+grafito o (W-Re)+W+(W-Zr-Mo) |
| 1925 Tubo de rayos de Grenz | 1979 Tubo de metal-cerámica |
| 1926 Tubo de ventana de berilio | 1981 Tubo de enfoque triple |
| 1928 Tubo de ánodo hueco | 1989 Enfriamiento directo del ánodo con rotor silencioso |
| 1929 Anodo de cobre/tungsteno pesado (tubo de ánodo giratorio) | |



La exposición de Seúl atrajo a científicos, estudiantes y miembros de los medios de difusión de la República de Corea. En la foto superior izquierda, el Sr. Nam (a la derecha) ofrece información a los visitantes e invitados sobre los tipos de tubos de rayos X que integran su colección, conformada a lo largo de los últimos cuatro decenios. (Cortesía: J.W. Nam).

Set-up, Verify, Move On



Fast, Reliable On-Site Verification Measurements with IMCA

When taking on-site verification measurements for safeguards, inspectors can't afford to experience problems with outdated MCA technology, cumbersome user interfaces and complicated operating procedures. They need to set up quickly, take the measurement and move on. They need to maximize accuracy and reliability while minimizing time and operational impact at the facility.

With Canberra's IMCA (InSpector MultiChannel Analyzer), safeguards inspectors can do just that. Built on the world's smallest, full featured MCA, the IMCA offers portable, laboratory grade spectroscopy with all day operation from standard video camcorder batteries.

Measurement procedures are built-in for uranium enrichment and plutonium isotopic measurements. The IMCA supports multiple detector configurations – using Am-doped or undoped NaI detectors, CdTe detectors and HPGGe detectors. Temperature compensation is built in for Am-doped NaI detectors.

Inspectors don't have to worry about setting up the MCA – setting gains or High Voltage values – in the field. Simply select the desired procedure from a menu and the system automatically downloads previously defined setups and calibrations for the exact measurement and detector in use. It's fast – and the possibility of error is virtually eliminated.

Data reduction is performed using either enrichment meter techniques or optionally, Canberra's exclusive safeguards versions of MGA or MGAU. All measurement and calibration data, system setup parameters, and performance monitoring information, are automatically archived for subsequent lab reanalysis. Built-in QA procedures verify that everything is working correctly.

Keep your inspectors moving – use the IMCA and get fast, accurate, dependable results.

For additional information on the Canberra IMCA, call, write, or fax us today.



Canberra Industries Inc., Nuclear Products Group, 800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422 FAX: (203) 235-1347 <http://www.canberra.com>



POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

SYSTEMS ANALYST (Financial Systems) (96/093), Department of Administration. This P-2 post assists in both the development and technical support of the Agency's financial information system and the orderly processing of daily work. It requires a university degree in computer science or an equivalent discipline and a minimum of 2 years of relevant experience in the design and development of computing systems in LAN-based client/server platforms. Also required is knowledge of IBM mainframes using MVS, CICS and COBOL, exposure to computer-based training techniques as well as a sound knowledge of accounting principles and practices. *Closing date: 13 February 1997.*

SYSTEMS ANALYST (Financial Systems) (96/092), Department of Administration. This P-3 post assists in the development and support of the Agency's financial information system and provides advice and assistance to users and in the strategic planning of the future migration of the system to new platforms. It requires a university degree in computer science or an equivalent discipline and a minimum of 6 years of relevant experience in the design and development of computing systems in LAN-based client/server platforms. Also required is knowledge of IBM mainframes using MVS, CICS and COBOL, and exposure to computer-based training techniques as well as a sound knowledge of accounting principles and practices. *Closing date: 13 February 1997.*

HEAD, LAN SYSTEMS SUPPORT UNIT (96/089), Department of Nuclear Energy. This P-4 post manages the staff and responsibilities of the LAN Systems Support Unit which provides central LAN server and computer communications services. It requires a university degree in a computer science related field, or equivalent, and at least 10 years of relevant practical experience, of which at least 2 should be in technical project management and supervision of technical staff, and experience in the effective application of computer technology in a large international data communication environment. *Closing date: 13 March 1997.*

SECTION HEAD (96/088), Department of Safeguards. This P-5 post is responsible for directing and performing safeguards activities in accordance with relevant safeguards agreements, both within the Section and in co-ordination with the other Sections in the Division. It requires an advanced university degree in

chemistry, physics, engineering or equivalent, and at least 15 years of experience in the nuclear industry, nuclear research or nuclear related international or government service of which at least 5 years should be in the field of safeguards. *Closing date: 13 March 1997.*

NDA EQUIPMENT SPECIALIST (96/087), Department of Safeguards. This P-4 post co-ordinates the Group for Calibration and Maintenance, which is responsible for the setup, calibration, testing, commissioning, maintenance and repair of all safeguards non-destructive assay (NDA) and unattended radiation monitoring equipment. It requires a university degree in engineering, or nuclear physics, with specialization in electronics and analysis technology; demonstrated capability in co-ordination of tasks and supervision of staff; technical competence in the field of nuclear monitoring electronics and safeguards instrumentation; technical competence in the field of NDA equipment engineering and application; technical competence in the field of equipment installation in nuclear facilities; technical competence in the trouble shooting and maintenance of electronic instrumentation, and 10 years of relevant professional experience, some of which in an international environment. *Closing date: 13 March 1997.*

SENIOR LEGAL OFFICER (96/086), Department of Administration. This P-5 post assists the Legal Division and collaborates with other officers of the division in the preparation of legal opinions, legal instruments and documents, and provides legal advice as required. It requires an advanced law degree with good academic record, experience with international treaty law, including law of international organisations, and nuclear law. *Closing date: 17 January 1997.*

SYSTEMS ANALYST/PROGRAMMER (2 posts) (96/085), Department of Safeguards. These P-3 posts are responsible for specifying, designing, developing and implementing computerized safeguards systems to be an integral part of the PC-based Inspection Field Support System (IFSS) and other PC-based systems. They require a university degree preferably in computer science or a related field, experience in the design and development of PC-based systems in a Windows environment; experience with Windows-based application development tools, and 6 years of relevant experience. *Closing date: 17 February 1997.*

SYSTEMS ANALYST (2 posts) (96/084), Department of Safeguards. These P-4 posts are responsible for specifying, designing, developing and implementing computerized safeguards systems and developing and managing projects which are integral to the PC-based Inspection Field Support System (IFSS) and which require interface with other PC-based systems: these applications are either LAN-based or for field use. They require a university degree preferably in computer science or related field, experience in the design and development of PC-based systems in a Windows environment; experience with Windows-based application development tools; knowledge of and experience in system development methodologies. *Closing date: 17 February 1997.*

READER'S NOTE:

The *IAEA Bulletin* publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are not the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. Applications are invited from suitably qualified women as well as men. More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

ON-LINE ANNOUNCEMENTS.

IAEA vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, now are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. The vacancy notices can be accessed through the IAEA's *World Atom* services on the World Wide Web at the following address: <http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies> Also accessible is selected background information about employment at the IAEA and a sample application form. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

DSPeC™



Gamma-Ray Spectroscopy Goes Digital

Unlike existing gamma-ray spectrometers, DSPeC* from EG&G ORTEC incorporates the latest **Digital** Signal Processing technology and surpasses the performance offered by analog techniques.

Unlike existing gamma-ray spectrometers, the DSPeC Digital Spectrometer achieves the optimum resolution possible from each HPGe detector, even when ultra-high throughput is required.

Unlike existing gamma-ray spectrometers, DSPeC solves the ballistic deficit problem associated with large Ge detectors and thereby delivers the optimum resolution of which they are capable.

Unlike existing gamma-ray spectrometers, DSPeC achieves superior stability of resolution and peak shape over a wide range of count rates and operating conditions.

Unlike existing gamma-ray spectrometers, DSPeC allows you to precisely match the instrument settings to your specific detector, via an "infinitely" variable integration-time selection. Vital system functions can be continuously observed via the new **InSight™** virtual oscilloscope. With DSPeC: no screwdrivers, no oscilloscopes, no aggravation.

* Pronounced D-Spec

DSPeC...UNLIKE EXISTING GAMMA-RAY SPECTROMETERS.

Call the **HOTLINE**, to learn what DSPeC will mean for you.



EG&G ORTEC

HOTLINE 800-251-9750

100 Midland Road, Oak Ridge, TN 37831-0895 U.S.A. • (423) 482-4411 • Fax (423) 483-0396

Internet: 709-6992@MCIMAIL.COM

AUSTRIA
(01) 9142251

CANADA
(800) 251-9750

FRANCE
76.90.70.45

GERMANY
(089) 926920

ITALY
(02) 27003636

JAPAN
(043) 2111411

NETHERLANDS
(0306) 090719

UK
(01734) 773003

PRC
(010) 5124079

- AMENTA, J.** El INIS a los 25 años: Pionero de la autopista de la información nuclear, N^o 3, pág. 39
- ANDEMICAEL, B.** Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, No 3, pág. 30
- BAECKMANN von, A.** Verificación nuclear en Sudáfrica, N^o 1, pág. 42
- BANNER, D.L.** Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, N^o 4, pág. 16
- BARRETO, P.** Cooperación técnica del OIEA: Fortalecimiento de la transferencia de tecnología, N^o 1, pág. 3
- BARTON, J.** El OIEA en línea: Vínculos más estrechos para la comunidad nuclear mundial, N^o 3, pág. 44
- BAXTER, M.** Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, N^o 2, pág. 31
- BERTEL, E.** Electricidad, salud y medio ambiente: El proyecto DECADES, N^o 2, pág. 2
- La energía nuclear y el debate sobre el medio ambiente: El contexto de las opciones, N^o 4, pág. 2
- BLIX, H.** El OIEA, las Naciones Unidas y el nuevo programa nuclear mundial, N^o 3, pág. 2
- BONNE, A.** Gestión de desechos radiactivos: Exámenes internacionales por homólogos, No 4, pág. 26
- BOOTHROYD, A.D.** Energía nucleoelectrica: Mantener abierta la opción, N^o 2, pág. 14
- BOUSSAHA, A.** Cooperación en el campo nuclear en Africa: Fomento de los conocimientos especializados y de los recursos, N^o 1, pág. 37
- CHITUMBO, K.** Salvaguardias en la Unión Europea: Nuevo enfoque de cooperación, N^o 1, pág. 25
- CLEVELAND, J.C.** Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, N^o 4, pág. 22
- DAVIES, L.M.** Energía nucleoelectrica: Mantener abierta la opción, N^o 2, pág. 14
- DILLON, G.** Verificación nuclear en Sudáfrica, N^o 1, pág. 42
- DOLAN, T.J.** Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, N^o 4, pág. 22
- Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, N^o 4, pág. 16
- ELBARADEI, M.** El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, N^o 3, pág. 16
- FLAKUS, F.N.** Las radiaciones en perspectiva: Mayor comprensión de los riesgos, N^o 2, pág. 7
- Fusión nuclear: Adopción de metas en materia de seguridad y medio ambiente, N^o 4, pág. 22
- HERA, C.** Atomos para una agricultura sostenible: Enriquecimiento de los suelos cultivables, N^o 2, pág. 36
- HIDE, K.** Seguridad de las centrales nucleares: Medidas para mejorar su comportamiento, N^o 4, pág. 8
- HOOPER, R.** Salvaguardias del OIEA en los años noventa: Aprovechamiento de la experiencia adquirida, N^o 1, pág. 14
- JACKSON, D.P.** Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, N^o 4, pág. 16
- KABANOV, L.** Las centrales nucleares futuras: Armonización de los objetivos de seguridad, N^o 4, pág. 12
- KOUVSHINNIKOV, B.A.** Cooperación mundial en materia de fusión nuclear: Historial de progresos sostenidos, N^o 4, pág. 16
- KUPITZ, J.** Energía nuclear para desalar el agua de mar: Actualización de la documentación, N^o 2, pág. 21
- LINSLEY, G.S.** Proyecto internacional de evaluación de mares árticos: Informe sobre la marcha de las actividades, N^o 2, pág. 25
- LOPEZ-LIZANA, F.** Servicios de protección radiológica: Del laboratorio al terreno, N^o 3, pág. 26
- MAKSOUDI, M.** Cooperación en el campo nuclear en Africa: Fomento de los conocimientos especializados y de los recursos, N^o 1, pág. 37
- MAUTNER-MARKHOF, F.** Energía nucleoelectrica: Capacitación para lograr seguridad y fiabilidad, N^o 2, pág. 18
- MCGOLDRICK, F.** Iniciativas de los Estados Unidos de América sobre el material fisionable: Consecuencias para el OIEA, N^o 1, pág. 49
- NWOGUGU, E.** El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, N^o 3, pág. 16
- OPELZ, M.** Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, N^o 3, pág. 30
- OSVATH, I.** Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, N^o 2, pág. 31
- OUVARD, R.** Servicios de protección radiológica: Del laboratorio al terreno, N^o 3, pág. 26
- PELLAUD, B.** Salvaguardias del OIEA en los años noventa: Aprovechamiento de la experiencia adquirida, No 1, pág. 14
- PERRICOS, D.** Verificación nuclear en Sudáfrica, N^o 1, pág. 42
- POVINEC, P.** Especialistas en ciencias del mar en los mares árticos: Documentación del historial radiológico, N^o 2, pág. 31
- PRIEST, J.** Salvaguardias del OIEA y el TNP: Examen de sus interconexiones, N^o 1, pág. 2
- Paso a paso: El TNP y el camino que le queda por delante, N^o 3, pág. 30
- QIAN, J.** Atomos para la paz: Difusión de los beneficios de las tecnologías nucleares, N^o 1, pág. 21
- RAMES, J.** El derecho internacional y la energía nuclear: Panorama del marco jurídico, N^o 3, pág. 16
- RAO, K.V.** Energía nucleoelectrica: Capacitación para lograr seguridad y fiabilidad, N^o 2, pág. 18
- ROGOV, A.** Atomos para la paz: Difusión de los beneficios de las tecnologías nucleares, N^o 1, pág. 21
- ROMAN-MOREY, E.** Tratado de Tlatelolco de la América Latina: Instrumento para la paz y el desarrollo, N^o 1, pág. 33
- ROSEN, M.** Punto de vista: Comprensión de los riesgos radiológicos: Enseñanzas de París, N^o 2, pág. 12
- SHARMA, S.** El OIEA y el sistema de las Naciones Unidas: Redes para la cooperación nuclear, N^o 3, pág. 10
- SJOEBLOM, K.L.** Proyecto internacional de evaluación de mares árticos: Informe sobre la marcha de las actividades, N^o 2, pág. 25
- SNHIS, J.O.** Evacuación de desechos radiactivos: Principios y normas radiológicos, N^o 4, pág. 30
- SOROKIN, A.** El INIS a los 25 años: Pionero de la autopista de la información nuclear, N^o 3, pág. 39
- THORSTENSEN, S.** Salvaguardias en la Unión Europea: Nuevo enfoque de cooperación, N^o 1, pág. 25
- Contabilidad y control de materiales nucleares: Coordinación de la asistencia a los Estados recientemente independizados, N^o 1, pág. 29
- VAN DE VATE, J.** La energía nuclear y el debate sobre el medio ambiente: El contexto de las opciones, N^o 4, pág. 2
- WARNECKE, E.** Gestión de desechos radiactivos: Exámenes internacionales por homólogos, N^o 4, pág. 26
- WEDEKIND, L.** El OIEA en línea: Vínculos más estrechos para la comunidad nuclear mundial, N^o 3, pág. 44

Radiation Measurement and Control— rely on Mini's range and know-how.



Since its formation in 1963, Mini Instruments has produced a wide range of units for the accurate monitoring and measurement of radiation and contamination. Illustrated is a selection of up-to-the-minute Mini units of which there are nearly 40,000 currently in use throughout the world.

SmartION a state-of-the-art, microcomputer based ion chamber survey meter for the measurement of Gamma, Beta and X-ray radiation, and which sets new standards in versatility, accuracy, operational simplicity and reliability.

The 1000 Series Mini-Rad gamma survey monitor for use by research, hospital and industrial organisations as an inexpensive, convenient and reliable gamma doserate meter.

The 900 Series of monitors for radiation control. All units have a large logarithmically scaled meter:

a speaker to give an audible estimate of radiation intensity: an alarm which can be set to trip at any level on the scale: battery or mains operation.

Full technical information and prices are available on request.

*Mini Instruments Limited,
15 Burnham Business Park,
Springfield Road,
Burnham-on-Crouch, Essex,
CM0 8TE, England.
Telephone: 01621 783282.
Fax: 01621 783132.*



MINI-INSTRUMENTS LTD

RAD/CON

RADIATION AND CONTAMINATION INSTRUMENTATION

BASES DE DATOS EN LINEA

DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Reactores de Potencia

Tipo de base de datos
Fáctica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
29 Estados Miembros del OIEA

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección de
Ingeniería Nucleoeléctrica
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
NES@IAEA1.IAEA.OR.AT

Ambito
Información del mundo entero sobre
reactores de potencia en explotación,
en construcción, programados
o parados, y datos sobre experiencia
operacional de las centrales nucleares
en los Estados Miembros del OIEA.

Materias abarcadas
Situación, nombre, ubicación, tipo y
proveedor de los reactores; proveedor
del generador de turbina; propietario
y explotador de la central; potencia
técnica; energía eléctrica bruta y neta;
fecha de inicio de la construcción,
primera criticidad, primera sincroni-
zación con la red, explotación comercial,
parada y datos sobre las características
del núcleo del reactor y sistemas
de la central; energía producida;
pérdidas previstas e imprevistas
de energía; factores de disponibilidad
y de no disponibilidad energética;
factor de explotación y factor de carga.



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de Información
para la Ciencia y la Tecnología Agrícolas

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor
Organización de las
Naciones Unidas para la Agricultura
y la Alimentación (FAO)
en cooperación con
172 centros nacionales, regionales e
internacionales del AGRIS

Contacto con el OIEA
Dependencia de Preparación del AGRIS
a/c OIEA, P.O. Box 100,
A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (43) (1) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
FAS@IAEA1.IAEA.OR.AT

Cantidad de registros en línea
desde enero de 1993 hasta la fecha
más de 130 000

Ambito
Información del mundo entero sobre
ciencias y tecnología agrícolas,
incluidos bosques, pesca y nutrición.

Materias abarcadas
Agricultura en general; geografía
e historia; educación, extensión
e información; administración y
legislación; economía agrícola;
desarrollo y sociología rural; ciencia
y producción vegetal y animal;
protección de las plantas; tecnología
posterior a la cosecha; pesca y
acuicultura; maquinaria e ingeniería
agrícolas; recursos naturales;
procesamiento de productos agrícolas;
nutrición humana; contaminación;
metodología.



Nombre de la base de datos
Sistema de Información
sobre Datos Nucleares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

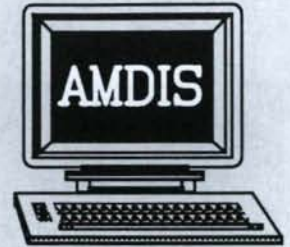
Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con el Centro Nacional de Datos Nucleares
de los Estados Unidos del Laboratorio
Nacional de Brookhaven, el Banco de
Datos Nucleares de la Agencia para
la Energía Nuclear, Organización de
Cooperación y Desarrollo Económicos
en París (Francia) y una red de otros
22 centros de datos nucleares
de todo el mundo

Contacto con el OIEA
OIEA, Sección de Datos Nucleares
P.O. Box 100, A-1400 Viena, Austria
Teléfono (43) (1) 2060
Télex (1)-12645
Facsímil +43 1 20607
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
RNDS@IAEA1.IAEA.OR.AT

Ambito
Ficheros de datos numéricos sobre física
nuclear que describen la interacción
de las radiaciones con la materia,
y datos bibliográficos conexos.

Tipos de datos
Datos evaluados de reacciones neutrónicas
en el formato ENDF; datos de reacciones
nucleares experimentales en el formato
EXFOR, para reacciones inducidas por
neutrones, partículas cargadas o fotones;
períodos de semidesintegración nuclear
y datos de desintegración radiactiva
en los sistemas NUDAT y ENSDF;
información bibliográfica conexa de las bases
de datos CINDA y NSR del OIEA;
varios otros tipos de datos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea del NDIS pueden obtenerse también
del productor en cinta magnética.*



Nombre de la base de datos
Sistema de Información de Datos
Atómicos y Moleculares

Tipo de base de datos
Numérica y bibliográfica

Productor
Organismo Internacional
de Energía Atómica en cooperación
con la red del Centro
de Datos Atómicos y Moleculares,
un grupo de 16 centros nacionales de datos
de diversos países

Contacto con el OIEA
OIEA, Dependencia de
Datos Atómicos y Moleculares,
Sección de Datos Nucleares
Correo electrónico
vía BITNET a: RNDS@IAEA1;
vía INTERNET a ID:
PSM@RIPCRS01.IAEA.OR.AT

Ambito
Datos sobre la interacción de los átomos,
las moléculas y el plasma con
la superficie, y las propiedades
de los materiales de interés para
la investigación y tecnología de la fusión.

Tipos de datos
Incluye datos formateados ALADDIN
sobre la estructura y los espectros
atómicos (niveles energéticos, longitudes
de onda, y probabilidades de transición);
choque de los electrones y
las partículas pesadas con los átomos,
iones y moléculas (secciones eficaces y/o
coeficientes de velocidad, incluida,
en la mayoría de los casos,
el ajuste analítico de los datos);
extracción de las superficies por
la acción de los componentes básicos
del plasma y la autoextracción:
reflexión de las partículas en
las superficies; propiedades termofísicas y
termomecánicas del berilio y
los grafitos pirolíticos.

*Nota: Las recuperaciones de datos fuera
de línea y de datos bibliográficos,
así como el soporte lógico y
el manual de ALADDIN podrán obtenerse
también del productor en disquetes,
cinta magnética o copia impresa.*

Para acceder a estas bases de datos, se ruega tomar contacto con los productores.
Las informaciones de estas bases de datos también pueden comprarse al OIEA en forma impresa.
Las de INIS y AGRIS se pueden obtener además en CD-ROM.



Nombre de la base de datos
Sistema Internacional de
Documentación Nuclear

Tipo de base de datos
Bibliográfica

Productor

Organismo Internacional
de Energía Atómica
en cooperación con
91 Estados Miembros del OIEA
y otras 17 organizaciones
internacionales miembros

Contacto con el OIEA

OIEA, Sección del INIS
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
Teléfono (+431) 2060 22842
Facsimil (+431) 20607 22842
Correo electrónico
vía BITNET/INTERNET a ID:
ATIEH@NEPO1.IAEA.OR.AT

Cantidad de registros en línea
desde enero de 1976 hasta la fecha
más de 1 600 millones

Ámbito

Información del mundo entero sobre la
utilización de la ciencia y tecnología
nucleares con fines pacíficos,
y los aspectos económico y
ambiental de otras fuentes de energía.

Materias abarcadas

Reactores nucleares, seguridad de los
reactores, fusión nuclear, aplicaciones
de las radiaciones o los isótopos en la
medicina, la agricultura, la industria y
la lucha contra las plagas, así como
en otras esferas conexas como la
química nuclear, la física nuclear y
la ciencia de los materiales.

Se ha hecho especial hincapié
en las consecuencias de la
energía nuclear para el medio ambiente,
la economía y la salud, así como en los
aspectos económico y ambiental
de otras fuentes no nucleares de energía.
Abarca también los aspectos jurídicos
y sociales vinculados a la
energía nuclear.

INIS



The IAEA's
nuclear science
and
technology
database on
CD-ROM

ON CD-ROM

5000 JOURNALS

MORE THAN 1.6 MILLION RECORDS

6 COMPACT DISCS

INIS (the International Nuclear Information System) is a multi-disciplinary, bibliographic database covering all aspects of the peaceful uses of nuclear science and technology. INIS on CD-ROM combines the worldwide coverage of the nuclear literature with all the advantages of compact disc technology.

Call +44 (0)81 995 8242 TODAY!

*for further information
and details of your local distributor*

or write to

SilverPlatter Information Ltd.
10 Barley Mow Passage, Chiswick, London,
W4 4PH, U.K.

Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242

Fax: +44 (0)81 995 5159

CD-ROM means

- ◆ unlimited easy access
- ◆ fast, dynamic searching
- ◆ fixed annual cost
- ◆ flexible downloading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money





Intercomparación para la vigilancia individual de la exposición externa a la radiación fotónica

Promover la aplicación de las cantidades operacionales para la vigilancia individual de la exposición externa a la radiación fotónica.

Validación de métodos de selección por cromatografía de capa fina para el análisis de residuos de plaguicidas

Validar procedimientos de costo relativamente bajo basados en la cromatografía de capa fina que puedan utilizarse para seleccionar muestras ambientales y de alimentos a fin de determinar los residuos de plaguicidas y definir las que deben analizarse mediante técnicas nucleares y conexas más complejas.

Recursos especializados de soporte lógico para espectrometría gamma

Desarrollar y poner a disposición de los Estados Miembros algoritmos, rutinas, programas y bibliotecas modernos que traten temas actuales relacionados con el análisis de espectros gamma. Estos algoritmos mejorarán los análisis en esferas tales como los sistemas expertos, la producción de espectros, las bibliotecas de datos, la calibración para determinar la eficiencia de los detectores, la garantía de calidad, el control de calidad, las fuentes de actividad alta y las correcciones de la coincidencia.

Determinación de dosis con cámaras de ionización de planos paralelos en haces de fotones y electrones para uso terapéutico.

Investigar la exactitud de los datos y procedimientos incluidos en el nuevo código de práctica. Además, se cuantificarán las diferencias con las recomendaciones existentes para analizar las posibles repercusiones en dosimetría de pacientes.

Acopio y evaluación de datos fotonucleares para aplicaciones

Crear un archivo de datos de secciones transversales de reacciones fotonucleares evaluadas. La lista de núcleos debería incluir isótopos y elementos naturales de importancia en materiales biológicos, estructurales y de blindaje, así como actínidos, productos de fisión y algunos otros.

Medios de asegurar la integridad estructural de las vasijas de presión de reactores

Facilitar el intercambio internacional de información, proporcionar orientación práctica en materia de vigilancia de vasijas de presión de reactores, y elaborar y determinar un procedimiento uniforme de prueba de especímenes para evaluar la integridad estructural de las vasijas de presión de reactores.

Desarrollo de la base radiológica para los requisitos de seguridad del transporte de materiales de baja actividad específica y objetos contaminados en la superficie

Prestar asistencia al Organismo para establecer requisitos de seguridad para el transporte. Este PCI proporcionará una base para clasificar materiales radiactivos de actividad baja (tales como desechos de actividad baja) y para preparar modelos de emisiones posibles en caso de accidentes de transporte.

Desarrollo de metodologías para optimizar las pruebas de vigilancia y el mantenimiento de equipos relacionados con la seguridad en centrales nucleares

Facilitar el intercambio de experiencias sobre investigación y análisis de diferentes estrategias para mejorar y optimizar el mantenimiento y las pruebas de vigilancia, centrándose en la seguridad de las centrales nucleares, y fomentar el intercambio de metodologías y técnicas para llevar a cabo dichos procesos de optimización.

NOVIEMBRE DE 1996

Simposio sobre armonización de las mediciones medioambientales relacionadas con la salud con empleo de técnicas analíticas nucleares

Hyderabad (India)

(4 a 7 de noviembre)

Seminario sobre el empleo de técnicas isotópicas en los estudios del medio ambiente marino

Atenas (Grecia)

(11 a 22 de noviembre)

ABRIL DE 1997

Simposio sobre diagnóstico y control de las enfermedades del ganado utilizando técnicas nucleares y conexas

Viena (Austria) (7 a 11 de abril)

Simposio internacional sobre aplicaciones de técnicas isotópicas en el estudio de los cambios ambientales ocurridos en el presente y el pasado en la hidrosfera y la atmósfera

Viena (Austria) (14 a 18 de abril*)

* Fecha provisional

Seminario sobre el estado actual de la radioterapia en el mundo

Nueva York (Estados Unidos)

(17 a 19 de abril)

MAYO DE 1997

Seminario sobre técnicas nucleares para optimizar el uso de nutrientes y agua a fin de elevar al máximo la productividad de las plantas y la preservación del medio ambiente

Piracicaba (Brasil)

(12 a 16 de mayo)

Simposio sobre desalación de agua de mar mediante la energía nuclear

Taejon (República de Corea)

(26 a 30 de mayo)

JUNIO DE 1997

Simposio sobre estrategias relacionadas con el ciclo del combustible nuclear y los reactores — adaptación a las nuevas realidades

Viena (Austria) (2 a 6 de junio)

SEPTIEMBRE DE 1997

Simposio sobre el empleo de tecnologías en la conservación del medio ambiente.

Pendiente el anuncio del lugar de la reunión (15 a 19 de septiembre).

OCTUBRE DE 1997

Simposio sobre salvaguardias internacionales.

Viena (Austria) (13 a 17 de octubre).

Información preliminar sujeta a cambios. Para obtener información más completa acerca de las reuniones del OIEA se ruega dirigirse a la Sección de Servicios de Conferencia del OIEA en la Sede del Organismo en Viena, o consultar la publicación trimestral del OIEA **Meetings on Atomic Energy** (véase la sección **Publicaciones** para información acerca de la manera de encargar las publicaciones). Para obtener más detalles sobre los programas coordinados de investigaciones del OIEA, dirigirse a la Sección de Administración de Contratos de Investigación en la Sede del OIEA. Los programas están encaminados a facilitar la cooperación a escala global en temas científicos y técnicos en diversas esferas, que van desde las aplicaciones de las radiaciones en la medicina, la agricultura y la industria hasta la tecnología nucleoelectrónica y la seguridad nuclear.





Publicado trimestralmente por la División de Información Pública del Organismo Internacional de Energía Atómica, Apartado de Correos 100, A-1400 Viena (Austria).

Tel. (43-1) 2060-21270
Facsímil (43-1) 20607
Correo electrónico
iaeo@iaea1.iaea.or.at

DIRECTOR GENERAL: Dr. Hans Blix
DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:
Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud,
Sr. Victor Mourogov, Sr. Sueo Machi,
Sr. Jihui Qian, Sr. Morris Rosen (interino)
DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMACION
PUBLICA: Sr. David Kyd

REDACTOR-JEFE: Sr. Lothar H. Wedekind
AYUDANTES DE REDACCION:
Sr. Rodolfo Quevenco, Sra. Juanita Pérez,
Sra. Brenda Blann
COMPOSICION/DISEÑO:
Sra. Hannelore Wilczek
COLABORADORES DE LOS DEPARTAMENTOS:
Sra. S. Dallalah, Sra. L. Diebold, Sra. A.B. de
Reynaud, Sra. R. Spiegelberg
APOYO PARA LA PRODUCCION:
Sr. P. Witzig, Sr. R. Kelleher,
Sra. U. Szar, Sr. W. Kreutzer,
Sr. G. Demal, Sr. A. Adler,
Sr. R. Luttenfeldner, Sr. F. Prochaska,
Sr. P. Patak, Sr. L. Nimetzki

Ediciones en diversos idiomas

APOYO PARA LA TRADUCCION:
Sr. J. Rivals
EDICION EN FRANCÉS:
Sr. S. Drège, traducción; Sra. V. Laugier-
Yamashita, auxiliar de edición
EDICION EN ESPAÑOL: Equipo de Servicios
de Traductores e Intérpretes (ESTI), La
Habana (Cuba), traducción; Sr. L. Herrero,
edición
EDICION EN CHINO: Servicio de Traducciones
de la Corporación de la Industria de la Ener-
gía Nuclear de China, Beijing, traducción,
impresión, distribución.

El Boletín del OIEA se distribuye gratuita-
mente a un número limitado de lectores
interesados en el OIEA y en la utilización de
la energía nuclear con fines pacíficos. Las
solicitudes por escrito deben dirigirse al
Redactor-jefe. Pueden citarse libremente
extractos de los textos del OIEA contenidos
en este Boletín del OIEA, siempre que se
mencione su origen. Cuando en un artículo
se indique que su autor no es funcionario del
OIEA, deberá solicitarse a ese autor o a la
organización a que pertenezca permiso para
la reimpresión del material, a menos que se
trate de reseñas.

Las opiniones expresadas en los artícu-
los firmados o en los anuncios de este
Boletín no representan necesariamente
las del Organismo Internacional de Ener-
gía Atómica, que declina toda respon-
sabilidad por las mismas.

Publicidad

La correspondencia relativa a la publicidad
debe dirigirse a la División de Publicaciones
del OIEA, Dependencia de Promoción
y Venta de Publicaciones, Apartado de
Correos 100, A-1400, Viena (Austria).

1957 Afganistán Albania Alemania Argentina Australia Austria Belarús Brasil Bulgaria Canadá Cuba Dinamarca Egipto El Salvador España Estados Unidos de América Etiopía Federación Rusa Francia Grecia Guatemala Haití Hungria India Indonesia Islandia Israel Italia Japón Marruecos Mónaco Myanmar Noruega Nueva Zelanda Países Bajos Pakistán Paraguay Perú Polonia Portugal Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte República de Corea República Dominicana Rumania Santa Sede Sri Lanka Sudáfrica Suecia Suiza Tailandia Túnez Turquía Ucrania Venezuela Viet Nam Yugoslavia	1958 Bélgica Camboya Ecuador Filipinas Finlandia Irán, República Islámica del Luxemburgo México Sudán	1959 Iraq	1960 Colombia Chile Ghana Senegal	1961 Libano Mali Zaire	1962 Liberia Arabia Saudita	1963 Argelia Bolivia Côte d'Ivoire Jamahiriyá Árabe Libia República Árabe Siria Uruguay	1964 Camerún Gabón Kuwait Nigeria	1965 Costa Rica Chipre Jamaica Kenya Madagascar	1966 Jordania Panamá	1967 Sierra Leona Singapur Uganda	1968 Liechtenstein	1969 Malasia Niger Zambia	1970 Irlanda	1972 Bangladesh	1973 Mongolia	1974 Mauricio	1976 Emiratos Árabes Unidos Qatar República Unida de Tanzania	1977 Nicaragua	1983 Namibia	1984 China	1986 Zimbabue	1991 Letonia Lituania	1992 Croacia Eslovenia Estonia	1993 Armenia República Checa República Eslovaca	1994 Ex República Yugoslava de Macedonia Islas Marshall Kazajistán Uzbekistán Yemen	1995 Bosnia y Herzegovina	1996 Georgia
---	---	---------------------	--	--	--	--	--	---	-----------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	---	--------------------------	------------------------	----------------------	-------------------------	------------------------------------	--	---	--	-------------------------------------	------------------------

Para la entrada en vigor del Estatuto del OIEA se requería la ratificación de dieciocho Estados. Al 29 de julio de 1957, los Estados que figuran en negrilla habían ratificado el Estatuto.

El año indica el año de ingreso como Estado Miembro. Los nombres de los Estados no corresponden necesariamente a su designación histórica.

El ingreso de los países que figuran en cursivas ha sido aprobado por la Conferencia General del OIEA y entrará en vigor una vez depositados los instrumentos jurídicos pertinentes.



El Organismo Internacional de Energía Atómica, creado el 29 de julio de 1957, es una organización intergubernamental independiente dentro del sistema de las Naciones Unidas. El Organismo, que tiene su Sede en Viena (Austria), cuenta actualmente con más de 100 Estados Miembros que mancomunadamente sus esfuerzos para realizar los objetivos principales del Estatuto del OIEA: acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero, y asegurar en la medida que le sea posible que la asistencia que preste, o la que se preste a petición suya, o bajo su dirección o control, no sea utilizada de modo que contribuya a fines militares.

La sede del OIEA, en el Centro Internacional de Viena.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.
6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan
Telephone: (0422) 45-5111
Facsimile: (0422) 45-4058
Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102