

**Portada:** El Organismo Internacional de Energía Atómica celebra su cuadragésimo año de servicio en 1997 como la organización mundial "Átomos para la Paz". Su labor universal de apoyo al desarrollo seguro y sostenible del medio ambiente —que va desde el empleo de las tecnologías de las radiaciones en la atención de la salud hasta la producción de electricidad limpia en centrales nucleares— ha adquirido mayor importancia en el último decenio. Los países están aplicando técnicas nucleares y conexas a problemas cotidianos, y recurriendo a los multifacéticos conocimientos científicos y técnicos especializados del OIEA. En esta edición del *Boletín del OIEA* se ponen de relieve algunos de los problemas que estos países tratan de resolver, en particular en las esferas de la seguridad radiológica y de los desechos.

*Diseño de portada: Hannelore Wilczek, OIEA; Stefan Brodek, Viena*

**Contraportada:** En las frías aguas del Mar de Kara, la biota es escasa. Como parte del Proyecto internacional de evaluación de mares árticos, los especialistas en ciencias del mar del Laboratorio del Medio Ambiente Marino del OIEA en Mónaco participaron en varias investigaciones científicas del Mar de Kara con el propósito de tomar muestras para su análisis y evaluación radiológica.

## INDICE

**Crónicas** Buenos augurios para el desarrollo sostenible: Contribuciones de la energía nuclear  
por *Arshad Khan, Lucille Langlois y Marc Giroux* / **2**

Ciencias marinas: Mancomunando esfuerzos en favor del medio ambiente  
por *Murdoch S. Baxter, Fernando Carvalho, Iolanda Osvath y David Kinley III* / **9**

Radiación y medio ambiente: Evaluación de los efectos en las plantas y los animales  
por *Gordon Linsley* / **17**

**Informes especiales** Evaluación radiológica: Evacuación de desechos en los mares árticos  
*Resultados del Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos* / **21**

Seguridad radiológica y los desechos: Fortalecimiento de las capacidades nacionales  
por *Paulo Barretto, Geoffrey Webb y Khammar Mrabit* / **29**

Evacuación de desechos radiactivos: Experiencia y retos mundiales  
por *Kyong Won Han, Jorma Heinonen y Arnold Bonne* / **33**

**Actualidades** *La cooperación técnica por dentro: Átomos en la industria/Inserción*

**Informe temático** Transporte seguro de materiales radiactivos: Reglamento internacional revisado  
por *Richard R. Rawl* / **42**

**Secciones fijas** Resumen internacional de noticias/Datos estadísticos / **44**

Bases de datos en línea / **58**

Post announced by the IAEA (Anuncios de puestos del OIEA) / **60**

Publicaciones del OIEA / **62**

Conferencias y seminarios del OIEA/Programas coordinados de investigación / **64**

## Buenos augurios para el desarrollo sostenible: Contribuciones de la energía nuclear

*En muchos países del mundo, la meta del desarrollo sostenible está concentrando la atención en las ventajas de las tecnologías nucleares*

por Arshad Khan,  
Lucille Langlois  
y Marc Giroux

Cuando se descubrió la radiactividad hace poco más de cien años, nadie podía prever sus trascendentes consecuencias. El descubrimiento abrió las puertas a una nueva y apasionante rama de la ciencia y la tecnología que ha tenido enormes repercusiones, tanto aterradoras como beneficiosas, en todo el mundo. Desde su creación en 1957, hace 40 años, el OIEA ha estado muy relacionado con ambas facetas de la energía nuclear y su desarrollo internacional con fines pacíficos. Su labor diaria consiste principalmente en prestar asistencia a los países en sus esfuerzos colectivos por impedir los usos aterradoros de la energía nuclear y por fomentar su aplicación segura en beneficio del mundo.

Durante los últimos cuatro decenios, se han alcanzado logros importantes en campos de la energía y el medio ambiente, la medicina, la agricultura y la industria, entre otros, en los que se aplican ampliamente las tecnologías nuclear y de las radiaciones. Su utilización nos permite, por ejemplo, detectar, localizar, representar visualmente y medir lo que nuestros ojos no pueden ver; destruir células y gérmenes cancerígenos; localizar recursos hídricos; y producir grandes cantidades de electricidad limpia desde el punto de vista ambiental y económicamente competitiva.

En este artículo se examinan las contribuciones de los usos del átomo con fines pacíficos, en particular en el contexto de las actividades del OIEA encaminadas a fomentar el desarrollo sostenible, y de las multifacéticas y variadas aplicaciones de la energía nuclear. Las beneficiosas aplicaciones de las tecnologías nuclear y de las radiaciones se han convertido en instrumentos valiosos, y a veces indispensables, para atender a una gama de necesidades y problemas en América Latina, África, Asia y otras regiones del mundo.

---

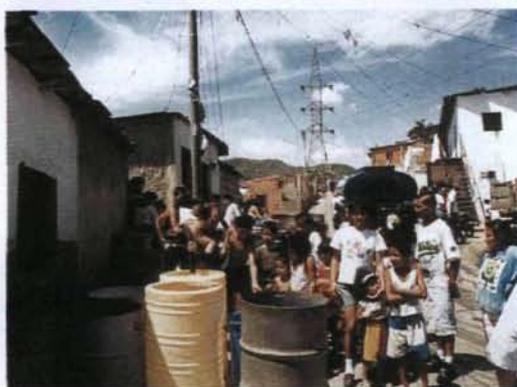
El Sr. Khan, la Sra. Langlois y el Sr. Giroux son funcionarios de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.

### Necesidades de atención médica y sanitaria

Quizás el uso de las técnicas nucleares en los campos del diagnóstico, la obtención de imágenes y el tratamiento del cáncer sea el más conocido y ampliamente aceptado. De hecho, la medicina moderna no podría concebirse sin la radiología con fines de diagnóstico y la radioterapia. En el mundo industrializado occidental, estas técnicas se han vuelto tan corrientes, tan fiables y tan precisas que aproximadamente uno de cada tres pacientes es sometido a alguna forma de procedimiento radiológico terapéutico o de diagnóstico.

El programa de medicina nuclear del OIEA ayuda a los países a mantener un alto grado de competencia profesional con respecto a todos los que trabajan en estas instalaciones, y a mantener la precisión y la calidad del equipo que utilizan, tanto para el diagnóstico como la radioterapia. El Organismo también presta asistencia para la capacitación superior de físicos médicos que actualmente trabajan en las esferas de la radiología, radioterapia y medicina nuclear. Esa asistencia ayuda a asegurar la realización de un diagnóstico y tratamiento radiológicos de alta calidad en diversos países. El OIEA trabaja además con la Organización Mundial de la Salud (OMS) para asegurar la armonización de las mediciones radiológicas en materia de diagnóstico y terapia mediante una red mundial de laboratorios.

**Estudios de nutrición humana.** Otra aplicación específica que actualmente está recibiendo mayor atención es la utilización de técnicas isotópicas para evaluar la situación nutricional de las personas y medir los efectos de los programas de nutrición. Esta aplicación tiene muchas ventajas sobre otros procedimientos. Permite la pronta y exacta detección no intrusiva de deficiencias nutricionales y, por ende, facilita la adopción de las medidas adecuadas. El Organismo participa en algunos innovadores trabajos que emplean estas técnicas para evaluar la deficiencia de vitamina A y de hierro, enfermedades óseas, malnutrición y las necesidades nutricionales de las madres y los hijos. En este momento, más de



De muchas formas y maneras las personas están recibiendo buenas señales de los usos de la energía nuclear. *En el sentido de las manecillas del reloj, desde el extremo superior izquierdo:* Las emisiones a la atmósfera de gases procedentes de combustibles fósiles pueden reducirse mediante técnicas de radiaciones y evitarse mediante centrales nucleares que produzcan electricidad sin emitir dióxido de carbono. (Carnemark/Banco Mundial) Los especialistas en ciencias del mar utilizan técnicas nucleares para analizar muestras a fin de determinar si existe contaminación con plaguicidas u otros productos químicos. (IAEA-MEL) En África, América Latina y otras regiones, se evalúa y mejora la salud nutricional de los niños mediante el empleo de métodos analíticos basados en técnicas nucleares. (Carnemark/Banco Mundial) El objetivo práctico de los proyectos que reciben la asistencia del OIEA, que ayudan a los agricultores a estudiar y resolver problemas que afectan a la producción alimentaria y agrícola, es lograr campos más verdes. (OIEA) En los lugares donde el agua escasea, los instrumentos de la hidrología isotópica ayudan a que los países conozcan y ordenen mejor los suministros existentes y a evaluar las futuras fuentes de agua. (Marshall/OIEA)

800 millones de personas en todo el mundo padecen malnutrición crónica, y más de 1000 millones están enfermas o incapacitadas a causa de la deficiencia de nutrientes.

Para ayudar a mejorar esta situación, el OIEA está creando y transfiriendo instrumentos de evaluación basados en técnicas nucleares que permiten la detección y el tratamiento precoces. Técnicas tan especializadas como éstas pueden convertirse en "soluciones sostenibles" en el marco de los esfuerzos que se llevan a cabo por lograr una población mejor nutrida y los proyectos que cuentan con el apoyo del Organismo están ayudando a ejecutar programas en países de América Latina y otras regiones.

### Alimentos, agua y necesidades agrícolas

**Recursos hídricos.** El mundo tiene agua suficiente, pero no siempre donde más se necesita. La escasez de agua se ha agravado cada vez más y las técnicas isotópicas suelen ser de gran ayuda para localizar y medir el volumen de los recursos hídricos subterráneos. Las técnicas isotópicas constituyen importantes instrumentos analíticos para el ordenamiento y la utilización racional de los suministros de agua existentes y para la determinación de nuevas fuentes de agua renovables y aprovechables. Los resultados permiten formular recomendaciones documentadas para la planificación y el ordenamiento del uso sostenible de estos recursos hídricos.

El OIEA dispone de un laboratorio de hidrología isotópica especializado que apoya las actividades de desarrollo. Los proyectos prestan asistencia a países con escasez crónica de agua como Marruecos, Senegal y Etiopía. Durante el último decenio, el Organismo prestó asistencia a casi 160 proyectos por un valor de 20 millones de dólares de los Estados Unidos para ayudar a los países a crear capacidades nacionales en la aplicación de técnicas isotópicas en hidrología. En estos países se han capacitado unos 550 científicos en las especialidades pertinentes.

**Aplicaciones agrícolas.** La utilización de técnicas nucleares en el campo de la agricultura es de importancia primordial para el mundo en desarrollo. Las técnicas radioisotópicas y de las radiaciones que se aplican en este campo pueden:

- inducir mutaciones en las plantas para obtener las variedades de cultivos agrícolas deseadas;
- determinar las condiciones para optimizar el uso de los fertilizantes y del agua, y la fijación biológica del nitrógeno;
- erradicar o luchar contra las plagas de insectos;
- aumentar la variabilidad genética de las especies vegetales;
- reducir las pérdidas posteriores a la cosecha eliminando la germinación y la contaminación y prolongando el período de conservación de los productos alimenticios; y
- ayudar a determinar las rutas de los plaguicidas y los productos agroquímicos en el medio ambiente

y en la cadena alimentaria.

**Medición de la incorporación de nitrógeno en los cultivos.** En colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Organismo ha perfeccionado la técnica del nitrógeno 15 para medir cómo las plantas incorporan el nitrógeno de la atmósfera y del suelo, y de los fertilizantes aplicados. La técnica permite calcular el total de nitrógeno que se ha fijado durante todo el período de crecimiento. Por este medio, pueden determinarse y seleccionarse para el mejoramiento genético leguminosas fijadoras de nitrógeno más eficientes con mayor rendimiento y contenido proteínico. La FAO y el OIEA apoyan de conjunto unos 30 proyectos en todo el mundo sobre la producción y el empleo de biofertilizantes para aumentar la fijación biológica de nitrógeno y el rendimiento de las leguminosas de grano. El uso de estos biofertilizantes ha aumentado la producción en 25% en países como Bangladesh, China, Filipinas, India, Malasia, Pakistán, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam.

**Erradicación de las plagas de insectos.** La enfermedad del sueño es una enfermedad muy conocida que es transmitida por la mosca tsetse. La presencia de este insecto ha impedido el asentamiento en grandes zonas de África y el desarrollo de éstas. Si bien algunas plagas de insectos han quedado temporalmente reducidas en el África occidental, la erradicación de la mosca tsetse ha demostrado ser un objetivo difícil de alcanzar. Junto con la FAO, el Organismo está centrando sus esfuerzos de manera eficaz en una especie que ha provocado pérdidas considerables de ganado en la isla de Zanzíbar, Tanzania, y las autoridades de ese país confían en poder lograr la erradicación.

Un componente fundamental de las actividades que se realizan en Zanzíbar es la técnica de los insectos estériles (TIE) basada en las radiaciones. Esta técnica consiste en la esterilización de insectos machos criados en instalaciones, mediante la irradiación antes de la incubación, y la posterior suelta de millones de insectos estériles en zonas infestadas. Al aparearse con las moscas silvestres, no se produce descendencia, lo que va reduciendo gradualmente, y acaba por erradicar, la población de insectos. La técnica es particularmente eficaz en una zona aislada como la isla de Zanzíbar, donde el riesgo de reinfestación desde el exterior es mínimo.

En los últimos años la TIE también se ha aplicado con éxito contra muchas otras plagas de insectos, incluida la costosa mosca mediterránea de la fruta que sola ataca a 260 variedades de frutas y vegetales en 82 países, y el gusano barrenador del Nuevo Mundo, que amenaza a millones de cabezas de ganado. En México, se crían ejemplares estériles de la mosca en Tapachula, en la instalación más grande de su tipo que existe en el mundo. México también cuenta con una gran instalación, de cría del gusano barrenador en Tuxtla, la cual contribuyó en 1991 a la fructífera lucha de ese país por la erradicación del gusano barrenador del Nuevo Mundo. Se calcula en términos conservadores que la relación costo-beneficio de la

erradicación del gusano barrenador en México a lo largo de 30 años es de 1 a 10 aproximadamente. En términos monetarios, ello significa que las utilidades para la economía mexicana fueron como mínimo de 3000 millones de dólares de los Estados Unidos durante ese período. Basándose en la experiencia adquirida con la TIE en todo el mundo, el OIEA, la FAO y las autoridades libias lograron, hace varios años, erradicar el gusano barrenador en Libia, donde se había producido una gran infestación. De México se enviaron por avión a Trípoli enormes cantidades de moscas estériles, que fueron liberadas en la zona infestada en Libia. Actualmente México suministra moscas del gusano barrenador estériles con destino a una campaña de erradicación que se lleva a cabo en América Central y hará lo mismo para otras campañas similares en el Caribe.

La erradicación de plagas tan devastadoras mediante la TIE es una importante contribución a la capacidad de cualquier país para alimentarse y alimentar a otros de manera sostenible desde el punto de vista ambiental. La técnica protege la calidad y cantidad de la producción agrícola sin emplear además gran cantidad de productos químicos que, de otro modo, serían liberados al medio ambiente.

**Aumento de la variabilidad genética de los cultivos.** Durante varios decenios se ha utilizado la radiación ionizante en el campo de la fitotecnia como parte de los esfuerzos que se realizan por mejorar las condiciones económicas de la agricultura en determinadas regiones. Una parte de estas investigaciones se realiza en los propios laboratorios de investigación del Organismo en Seibersdorf, Austria; se llevan a cabo investigaciones en regiones o países específicos mediante programas de investigaciones agrícolas apoyados por el OIEA en todo el mundo. Al combinar la mutación con estrategias de propagación vegetal in vitro, esta investigación ha permitido producir con éxito nuevas líneas de genotipos/mutantes de sorgo, ajo, trigo, plátano, frijoles, aguacate y ajés, todos más resistentes a las plagas y más adaptables a condiciones climáticas severas.

**Conservación de alimentos.** El uso de la tecnología de las radiaciones para conservar los alimentos aumenta cada día en el mundo. En 37 países, las autoridades sanitarias y de seguridad de los alimentos han aprobado la irradiación de más de 40 clases de productos alimenticios, que van desde especias y granos hasta pollo deshuesado, frutas y vegetales. En la actualidad, los consumidores pueden disfrutar con seguridad de fresas irradiadas, como lo hacen en Francia, o de salchichas irradiadas, como se hace en Tailandia.

En esta esfera, también se requieren reglas y normas para velar por la aplicación segura de la técnica. Ya en 1983, la Comisión del Codex Alimentarius aprobó una norma mundial para alimentos irradiados; esta Comisión es un órgano mixto de la FAO y la OMS que representa a más de 130 países. Además, un comité de expertos informó a la Comisión que la irradiación de cualquier producto alimentario con una dosis media general de hasta 10 000 gray no planteaba ningún riesgo toxicológico, no requería ningún otro

análisis, y no presentaba ningún problema nutricional ni microbiológico especial.\*

El interés oficial en el proceso se debe a varias razones:

- muchas pérdidas de alimentos después de la cosecha (por lo general, el 25% de toda la producción de alimentos) debido a la infestación, la contaminación y el deterioro;
- la preocupación por las enfermedades transmitidas por los alimentos;
- el aumento del comercio internacional de alimentos que deben satisfacer rigurosas normas de calidad y cuarentena para su importación.

Mientras que la Comisión del Codex Alimentarius fiscaliza los alimentos como tales, el reglamento internacional de protección radiológica rige la explotación en condiciones de seguridad de las instalaciones donde se realiza la irradiación. El OIEA ayuda a formular ese reglamento y, con frecuencia, ha prestado asistencia a los países que desean probar o utilizar esta tecnología.

**Sanidad, productividad y lucha contra las enfermedades pecuarias.** El ganado es indispensable para la agricultura sostenible en la mayoría de los países en desarrollo, pero su productividad suele ser mucho menor que la del mundo industrializado. La producción ganadera puede mejorarse si se presta atención a la nutrición, el rendimiento reproductivo y la sanidad animales, sobre todo, a la lucha contra las enfermedades y su prevención. Ello puede lograrse utilizando técnicas nucleares y conexas. Junto con la FAO, la Unión Europea y otros asociados, el OIEA ayuda a países de África y de otras regiones a controlar, vigilar, y en última instancia, erradicar la peste bovina en sus territorios. Hasta ahora, en África la campaña ha sido eficaz y los 34 países que participan en ella ahora concuerdan en que puede lograrse la erradicación en el próximo quinquenio.

## Necesidades energéticas y de electricidad

En la esfera energética, las aplicaciones nucleares reportan beneficios importantes desde el punto de vista ambiental, y no se limitan a la producción limpia de electricidad.

**Investigación de recursos geotérmicos.** Gracias a las capacidades analíticas del laboratorio de hidrología isotópica del OIEA en Viena y sus asociados en todo el mundo, la investigación de sistemas geotérmicos puede mejorarse, y optimizarse el empleo de sus recursos. En algunos países, como Costa Rica y Nicaragua, las técnicas isotópicas proporcionadas por el Organismo se han utilizado para la cartografía de los recursos geotérmicos y la selección del mejor emplazamiento para las instalaciones.

**Reducción de las emisiones gaseosas.** Con la utilización de haces de electrones generados por

\* 1 gray = 1 joule por kilogramo; la unidad de medida de la energía absorbida por el material irradiado.

### Aspectos ecológicos de la energía nucleoelectrónica

El uso de combustibles nucleares, en vez del quemado de combustibles fósiles, para alimentar las centrales eléctricas puede ser parte de la respuesta a la amenaza del calentamiento de la atmósfera. El papel de la energía nuclear es ya apreciable en la prestación de ayuda a los países para reducir o controlar sus emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas vinculado a los cambios climáticos mundiales. Si las centrales nucleares actualmente en explotación en el mundo se sustituyeran por centrales alimentadas con combustibles fósiles, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del sector energético aumentarían en más del 8%. Este nivel casi equivale a evitar las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la energía hidroeléctrica. Se puede demostrar que se evitan muchas más emisiones de CO<sub>2</sub> en países como Francia, Suecia, Bélgica, España, Suiza y los Estados Unidos, donde la energía nuclear tiene una considerable participación en su producción de electricidad. En Francia, las emisiones de CO<sub>2</sub> se han reducido en un factor de ocho y las emisiones de dióxido de azufre en un factor de diez entre 1980 y 1993. Durante ese tiempo, la producción total de electricidad de Francia casi se duplicó, principalmente gracias al aumento de la participación de la energía nuclear en la producción de electricidad de un 25% a más del 75%. De igual modo, en Suecia, se logró una drástica reducción de las emisiones a la atmósfera, en lo fundamental como resultado de la sustitución del petróleo y otros combustibles fósiles por la energía nucleoelectrónica para la producción de electricidad. En general, en el caso de los países industrializados de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, se ha notificado que la energía nucleoelectrónica ha sido, en gran medida, la responsable de la reducción de las emisiones de carbono de las economías energéticas en los últimos 25 años.

Tales logros indican que es preciso hacer una comparación objetiva de las distintas opciones para la generación de electricidad, y que se pueden documentar bien las ventajas ecológicas de la energía nucleoelectrónica. Dado el interés de sus Estados Miembros en esas amplias comparaciones a los fines de la planificación energética, el OIEA ha desarrollado y distribuido un paquete de instrumentos y bases de datos computarizados, que comprenden un marco analítico para el estudio de los aspectos sociales sanitarios, ambientales y económicos de todas las cadenas energéticas para la producción de electricidad.

aceleradores en los humeros de chimeneas de las centrales eléctricas convencionales alimentadas por carbón, prácticamente pueden eliminarse las emisiones de azufre y nitrógeno al medio ambiente. De hecho, con la adición de amonio, estos gases de combustión potencialmente contaminantes se transforman en fertilizantes —sulfato de amonio y nitrato de amonio— y agua. Actualmente este ingenioso y original método está siendo demostrado en un proyecto que el OIEA apoya cerca de Varsovia en Polonia. Donde otrora los alquimistas soñaban esperanzados con transformar el plomo en oro, hoy los planificadores especializados en energía dirigen su mirada de manera realista hacia la transformación de los gases contaminantes en útil alimento para los cultivos.

**Energía nucleoelectrónica.** No cabe duda de que el empleo de la energía en todo el mundo aumentará de manera drástica debido, en parte, al considerable crecimiento de la población mundial y, en parte, a que la energía —y en particular el consumo de electricidad— es un componente esencial del mejoramiento del nivel de vida que busca la humanidad. Bangladesh y Tanzania consumen anualmente menos de 100 kWh de electricidad per cápita. Suecia consume 15 000 kWh y México unos 1250. Habida cuenta del inevitable crecimiento de la población mundial, los esfuerzos globales en pro del desarrollo económico, y las tendencias, cada vez mayores, a la urbanización, no sorprende que el Consejo Mundial de la Energía pronostique un aumento del consumo mundial de electricidad del 50% al 75% para el año 2020.

Actualmente, el 63% de la electricidad que se consume en el mundo proviene de la energía térmica

(carbón, petróleo y gas); el 19%, de la energía hidroeléctrica; el 17%, de la nuclear; el 0,5%, de la geotérmica; y menos del 0,1%, de la solar, la eólica y la de la biomasa. Evidentemente esta mezcla cambiará a medida que se desarrollen recursos y surjan nuevas tecnologías con el decursar del tiempo, y a medida que las preocupaciones por el medio ambiente se concreten de manera más eficaz. La producción y el consumo energéticos racionales serán necesariamente un aspecto fundamental del desarrollo sostenible. Atendiendo a la experiencia acumulada hasta el presente, la energía nucleoelectrónica debería tener una participación importante en toda mezcla energética futura.

**Perspectivas nucleares.** En los años setenta hubo gran entusiasmo por la energía nucleoelectrónica y esperanzas de que creciera rápidamente, para no hablar de las de reducir la dependencia del petróleo. La elevada inflación y la desaceleración del crecimiento económico del siguiente decenio hicieron que la demanda energética creciera con más lentitud que lo previsto y se volviera más sensible a los precios. Por ejemplo, no se ejecutaron los grandes programas de construcción previstos en algunos países, como México y Brasil. Con los numerosos cambios en materia de seguridad que se requirieron después de Three Mile Island, la energía nucleoelectrónica también perdió parcialmente su margen de competitividad económica.

Estos factores económicos, junto con la creciente oposición política a la energía nucleoelectrónica, retardaron la expansión de la industria. Las preocupaciones por la seguridad y la evacuación de desechos, parte de un movimiento ecologista más amplio, han

impedido que se sigan haciendo inversiones en la esfera nuclear en varios países. Actualmente se ha producido un estancamiento en la construcción de nuevas centrales nucleares en Europa occidental y las Américas, donde el lento crecimiento económico y la capacidad excesiva de la industria de producción energética han disminuido en los últimos años todo tipo de construcción en gran escala. Se prosigue intensamente la construcción de centrales nucleares sólo en el Asia oriental, en particular en el Japón, la República de Corea y China.

No obstante, la energía nucleoelectrónica sigue siendo una parte viable de nuestro futuro energético por varias razones:

**Competitividad económica.** La competitividad económica de las opciones energéticas sigue siendo importante para los países, las compañías de electricidad y los consumidores. Desde el punto de vista económico, la energía nucleoelectrónica se sitúa aproximadamente a la par del carbón y, en algunos casos, del gas. Con todo, las centrales nucleares requieren mayores inversiones iniciales, lo que constituye una limitación en los países en desarrollo muy escasos de capital. Como la tecnología nuclear es relativamente joven, debería haber margen para la racionalización, la normalización, la construcción modular, el aumento del grado de quemado y la simplificación, todo lo cual se traduciría en mayor eficiencia y menos costo. Además, es probable que con el tiempo cambien los precios relativos del combustible. La producción de energía nucleoelectrónica debería seguir siendo una opción atractiva, sobre todo para los países que carecen de recursos nacionales de combustible.

**Seguridad.** Es posible que la experiencia positiva se encargue gradualmente de desmentir las objeciones hechas a la energía nucleoelectrónica en materia de seguridad. Ningún accidente en el mundo ha tenido más publicidad que los de Three Mile Island y Chernobyl, lo que ha tendido a eclipsar el hecho de que actualmente el mundo tiene la experiencia de unos 7700 años reactor de explotación sin que se haya producido ningún otro accidente importante. Estos abundantes años de experiencia se ponen a disposición de todos para extraer sus enseñanzas por conducto de organizaciones reguladoras nacionales, la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares y el Organismo. Si bien el accidente de Three Mile Island en 1979 liberó poca radiactividad al medio ambiente, desató amplios exámenes de la seguridad nuclear, que la fortalecieron en el mundo no comunista. Y el accidente de Chernobyl, ocurrido hace 10 años, también condujo a exámenes y a que se adoptaran nuevas medidas de seguridad en Rusia y Europa oriental. De ahí que estos dos grandes accidentes nucleares, que provocaron tanta oposición a la energía nucleoelectrónica, también dieron lugar a que se adoptaran medidas resueltas y amplias en el campo de la seguridad. La seguridad de la energía nucleoelectrónica se convirtió aún más en una preocupación internacional y el Organismo pasó a ser un instrumento primordial mediante el cual los gobiernos cooperan para establecer elementos importantes de lo que actualmente

se ha dado en llamar una "cultura internacional de la seguridad nuclear". Las repercusiones de este empeño pueden apreciarse en el aumento de las cifras de producción de las centrales nucleares de todo el mundo y la reducción de las dosis que recibe el personal de las centrales y del número de paradas no programadas. Los nuevos tipos de reactores avanzados, algunos de los cuales están ya en el mercado, tienen nuevas características de seguridad y cabe prever que sus resultados serán incluso mejores en cuanto a fiabilidad y seguridad que los tipos de reactores que actualmente predominan.

**Seguridad energética.** La independencia energética es un factor importante. No todos los países poseen abundantes recursos energéticos, ya sean hidrocarburos o cataratas. Para Francia, el Japón, la República de Corea, Suecia y Finlandia, países todos que carecen de petróleo y gas, ha sido y sigue siendo importante el grado de autosustentación e inmunidad frente a las crisis internacionales que ofrece la energía nucleoelectrónica.

**Protección ambiental.** Otro factor importante para un renacimiento nuclear será el medio ambiente. Puede que de todas las opciones energéticas realistas, la energía nucleoelectrónica se considere como la menos perjudicial y la que menos emisiones libera hacia el medio ambiente.

En verdad, no son las centrales nucleoelectrónicas sino el quemado excesivo de combustibles fósiles el que ha provocado la lluvia ácida, la muerte de los bosques y la amenaza del cambio climático mundial. La energía nucleoelectrónica no genera emisiones en suspensión en el aire y ayuda a luchar contra la contaminación atmosférica mundial. En efecto, si se sustituyeran los 437 reactores de potencia que existen en el mundo por centrales alimentadas con carbón de capacidad equivalente, cada año se liberarían a la atmósfera mundial unos 2600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> conjuntamente con millones de toneladas de óxidos de azufre y nitrosos.

Limitar al mínimo los efectos del posible cambio climático mundial se ha convertido en una de las metas principales del movimiento en pro del desarrollo sostenible. Se habla mucho de la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque los científicos todavía no están seguros ni de acuerdo en cuanto a que en efecto se producirá un calentamiento irreversible de la atmósfera dentro de 50 años como resultado de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de combustibles fósiles como petróleo, gas y carbón. Quedan dudas con respecto a las tendencias que favorecen el calentamiento global, y la incertidumbre hace que muchos observadores propugnen que el mundo debería adoptar las llamadas políticas "no lamentables". Con ello se refieren a políticas energéticas de las que no tendríamos que arrepentimos aun cuando resultara infundado el temor del calentamiento de la atmósfera. La opción de la energía nucleoelectrónica cumple los requisitos de una política de la que no habrá que lamentarse, ya que no contribuye al calentamiento mundial y es bastante competitiva respecto de los combustibles fósiles.

### Comparación de las fuentes de energía: El proyecto Decades

El OIEA y otras organizaciones internacionales, regionales y nacionales trabajan de conjunto mediante un proyecto de cooperación para prestar asistencia a los planificadores de la energía en la evaluación de las opciones de electricidad.

Conocido como "Decades", el proyecto presenta un conjunto de instrumentos para la evaluación comparativa de las fuentes de producción de electricidad en toda la cadena energética. Incluye bases de datos sobre aspectos sanitarios, económicos y ambientales, que apoyan las evaluaciones comparativas; paquetes de soporte lógico (software) integrados para la planificación y el análisis de sistemas de electricidad; y servicios auxiliares y de capacitación. El proyecto es ejecutado de manera conjunta por el OIEA y ocho organizaciones internacionales: el Banco Mundial, la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico, el Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados, el Organismo de Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, la Organización Mundial de la Salud, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la Organización de Países Exportadores de Petróleo y la Unión Europea. El proyecto se lleva a cabo bajo la supervisión de un Comité directivo conjunto compuesto por representantes de la nueve organizaciones participantes y la coordinación de la Sección de Planificación y Estudios Económicos en la sede del Organismo en Viena.

A diferencia de ello, fuentes renovables de energía como la energía solar, la eólica y la de la biomasa no se harán comercialmente competitivas en gran escala en el futuro previsible. Se pronostica que en los próximos decenios sólo tendrán un papel menor, aunque su desarrollo se está estimulando inequívoca y adecuadamente. Se han hecho grandes progresos en la eficiencia energética, en el sentido de una producción y utilización de la energía más eficientes, que siguen siendo muy importantes para limitar la demanda. Sin embargo, aun cuando nos hagamos más eficientes en nuestra producción y empleo de la electricidad, la demanda energética total a nivel mundial sigue en aumento. Con ello no se pretende señalar que la energía nucleoelectrica, sola, sea una solución frente a la amenaza del calentamiento de la atmósfera. Pueden aplicarse muchos enfoques diferentes según se requiera, incluidos el de la energía renovable y la conservación. Ahora bien, es indudable que la energía nucleoelectrica puede ser un componente viable y promisorio del desarrollo sostenible en las políticas de respuesta que hay que elaborar.

**Gestión de desechos.** Por lo general, cuando se trata de la energía nucleoelectrica, la preocupación se centra en el combustible gastado y los desechos nucleares radiactivos muy tóxicos. Sin embargo, además de su toxicidad y radiactividad, lo característico en ellos es que su volumen es tan limitado que se facilita su evacuación. Esto contrasta mucho con el problema de la evacuación de los desechos procedentes de centrales alimentadas con combustible fósil, cuyas emisiones son voluminosas y se incorporan directamente al medio ambiente. Cuando los problemas de la evacuación segura de desechos nucleares de período largo se ponen en contexto, se hace más patente el cuadro comparativo. Debido a su

limitado volumen, los desechos nucleares pueden evacuarse de manera segura desde el punto de vista técnico y económico y colocarse en la corteza terrestre, de donde salió el uranio originalmente. Sin embargo, no todo el mundo comparte esta fe en las soluciones de "alta tecnología". La actitud "ecología, sí; en mi barrio, no" ha afectado los programas de gestión de desechos nucleares en todos los principales países poseedores de centrales nucleares, como también ha afectado la selección del emplazamiento de casi todas las instalaciones industriales y relacionadas con la energía. La selección del emplazamiento de esas instalaciones es una parte fundamental del desarrollo sostenible. Bloquear la evacuación de desechos no los hace desaparecer ni detiene su producción: sólo prolonga de manera innecesaria la exposición directa del medio ambiente.

Las evaluaciones comparativas de la energía nucleoelectrica y otras formas de producción de electricidad ponen de relieve algunos de estos interesantes problemas relacionados con la producción y evacuación de desechos. Por ejemplo, veamos el caso de un país que decide no explotar una central nuclear y en su lugar construye dos centrales alimentadas con carbón de aproximadamente la misma capacidad. La central nuclear consumiría alrededor de 30 toneladas anuales de uranio poco enriquecido, mientras que la central alimentada con carbón consumiría unos cinco vagones de carbón diarios. El volumen limitado de desechos nucleares procedentes del uranio puede aislarse en su totalidad. La central alimentada con carbón producirá enormes cantidades de CO<sub>2</sub> y de cenizas que contienen metales pesados perennemente tóxicos. El lugar de evacuación de todos estos desechos procedentes del carbón quemado —al igual que sucede con otros combustibles fósiles— es nuestra atmósfera y la superficie terrestre.

### Logro de soluciones sostenibles

La meta internacional del desarrollo sostenible requiere la coordinación de acciones en todo el mundo, y todos los instrumentos científicos y tecnológicos disponibles. En diversos campos, la energía nuclear y sus diversas aplicaciones han resultado ser componentes importantes de las medidas para encontrar soluciones sostenibles a los problemas prácticos que afectan nuestro desarrollo social, económico y ambiental.

Con el fin de adoptar las decisiones correctas en los meses y años venideros, los gobiernos necesitarán un historial de experiencias objetivo y datos que les permitan evaluar sus opciones, fijar prioridades, y acopiar los recursos necesarios. Mediante sus diversos servicios y proyectos, el OIEA prestará asistencia a los países en sus esfuerzos por aplicar de manera constructiva y segura las tecnologías nucleares y de las radiaciones allí donde puedan resultar más beneficiosas, y por planificar su desarrollo energético y en materia de electricidad.

## Ciencias marinas: Mancomunando esfuerzos en favor del medio ambiente

*A nivel internacional, en el marco de las actividades interinstitucionales en que participan científicos de todo el mundo se abordan las amenazas al medio ambiente de nuestros océanos y mares*

Más del 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua, y el 97% de ésta se encuentra en mares salados. Los ecosistemas marinos son indispensables para el suministro de alimentos en todo el mundo: aproximadamente mil millones de personas, la mayoría en países en desarrollo, depende del pescado como única fuente de proteínas. Por otra parte, más de la mitad de la población mundial vive en zonas costeras.

Se ha reconocido la importancia de los océanos y mares para el bienestar económico y el equilibrio ambiental. Pero en un mundo de acelerada industrialización, habitado por unos 6 millardos de personas, ¿qué se está haciendo para preservar este excepcional recurso para las futuras generaciones?

Durante gran parte de sus 40 años de existencia, el OIEA ha brindado apoyo al único laboratorio marino del sistema de las Naciones Unidas, el Laboratorio para el Medio Ambiente Marino (MEL) en Mónaco. En la actualidad, el MEL cuenta entre las instalaciones de ciencias marinas más especializadas del mundo, y está a la vanguardia en los esfuerzos internacionales por conocer, preservar y proteger el medio ambiente marino. Entre las principales fuentes de fondos del MEL —además del Gobierno de Mónaco— están el OIEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). En las investigaciones y actividades de campo participan, entre otros, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Japón,

Suecia, Alemania, Francia, la Comisión Europea y varios otros gobiernos y organizaciones no gubernamentales.

Durante los últimos diez años, los conocimientos prácticos del MEL han sido aplicados a muchos problemas acuciantes relacionados con el medio ambiente mundial:

- la localización de los efectos de la evacuación de desechos nucleares en los océanos;
- la evaluación y atenuación de los efectos de la Guerra del Golfo sobre el medio ambiente marino;
- la investigación de las consecuencias radiológicas de los ensayos de armas nucleares en el Pacífico;
- el análisis del "efecto de invernadero" y el posible "calentamiento de la Tierra"; y
- el estudio de los efectos de la contaminación provocada por la industria y los productos agroquímicos en los ecosistemas marinos. (*Véase el recuadro de la página 11.*)

En el presente artículo se ofrece una perspectiva general de la cooperación interinstitucional en la esfera de la contaminación del medio ambiente marino. Asimismo, incluye reseñas de los trabajos que realiza el MEL, y aspectos destacados de las actividades específicas relacionadas con la evaluación del medio ambiente del Mar Negro, los plaguicidas en el medio marino, así como el Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra.

### Actividades ambientales específicas

De conjunto con diferentes asociados, el MEL está desempeñando un papel fundamental en varias investigaciones científicas internacionales especiales relacionadas con la radiactividad y ecosistemas marinos:

**Desechos nucleares en los mares árticos.** Con la participación de expertos de Rusia, Noruega y los Estados Unidos, el MEL ha venido realizando cinco expediciones a los mares de Kara y Barents y el

por  
**Murdoch S. Baxter,**  
**Fernando Carvalho,**  
**Iolanda Osvath**  
**y David Kinley III**

El Sr. Baxter es Director del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco. El Sr. Carvalho es Jefe del Laboratorio de Estudios de Ambientes Marinos del MEL, y la Sra. Osvath es funcionaria del Laboratorio de Radiometría del MEL. Fragmentos de este artículo fueron publicados, con el título *Guarding the Seas*, en forma de folleto preparado por David Kinley III, de la División de Información Pública del OIEA. Se puede tener acceso al folleto solicitándolo a la División y a través del servicio WorldAtom del OIEA en Internet en la dirección <http://www.iaea.org/worldatom>.

## Pasado y presente del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco

En los monegascos nace de manera natural el firme compromiso con la salvaguardia de la integridad de los mares, dada la ubicación geográfica del Principado y su dependencia económica del Mediterráneo. Pero fue con extraordinaria previsión que, en 1959, el Príncipe Rainiero III acogió la primera conferencia científica internacional sobre evacuación de desechos radiactivos en tierra y en el mar. Dos años más tarde, el Gobierno de Mónaco y el OIEA dieron carácter oficial a su asociación creando el predecesor del MEL, el Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina, dedicado a aumentar los conocimientos sobre el comportamiento de los radionucleidos en los mares y a fomentar el uso de las técnicas

nucleares e isotópicas en la protección del medio marino. A lo largo de los decenios transcurridos, y con el apoyo permanente del OIEA y del Principado, el Laboratorio ha ampliado el alcance de sus actividades de investigación científica y de campo a muchas esferas conexas, y se ha erigido en fuente inestimable de asistencia técnica para los Estados Miembros del OIEA. En 1991, cambió su nombre por el de "Laboratorio para el Medio Ambiente Marino", a fin de dejar traslucir mejor la amplia gama de responsabilidades que había asumido en la transmisión de conocimientos científicos especializados y la prestación de apoyo técnico a nivel internacional. Actualmente, el MEL funciona con un modesto presupuesto ordinario anual de unos 5 millones de dólares de los Estados Unidos y cuenta con un personal permanente de unos 50 científicos, técnicos y personal administrativo. Los recursos extrapresupuestarios para investigaciones y servicios especializados procedentes de diferentes gobiernos y órganos internacionales ascienden de conjunto a unos 3 millones de dólares de los Estados Unidos anuales. Las actividades del MEL se centran en cinco esferas principales:

- conocer la radiactividad marina;
- ampliar los conocimientos sobre los océanos mediante el uso de técnicas isotópicas;
- capacitar al personal y ampliar las capacidades de los Estados Miembros del OIEA;
- brindar servicios de control de calidad analítico;
- promover esfuerzos interinstitucionales para proteger los mares.



A la izquierda: SAR Príncipe Rainiero III y el Dr. Blix en enero de 1996. (Gaetan LUCI)

análisis de laboratorio de muestras tomadas en éstos, a fin de determinar los posibles riesgos para los seres humanos y el medio marino derivados de los desechos vertidos, incluidos reactores. Se han creado asimismo modelos computadorizados para predecir la dispersión de cualquier fuga futura, y se han realizado estudios de laboratorio sobre los factores de concentración y coeficientes de distribución en condiciones árticas. (Véase el artículo que comienza en la página 21).

**Ensayos de armas nucleares en el Pacífico meridional.** A solicitud del Gobierno de Francia, el MEL está tomando parte en un análisis a fondo de las consecuencias radiológicas de varios decenios de ensayos de armas en los atolones de Mururoa y Fangataufa, en la Polinesia francesa. El estudio está dirigido por un Comité Asesor Internacional especial convocado por el Director General del OIEA, y evaluará no sólo la situación radiológica actual, sino además los efectos ecológicos a largo plazo.

**Elevación del nivel del agua del mar Caspio.** En colaboración con la Sección de Hidrología Isotópica del OIEA en la sede del Organismo en Viena, el PNUMA, y los gobiernos de las zonas afectadas, el MEL está llevando a cabo estudios destinados a conocer mejor las causas de la drástica elevación del nivel del mar Caspio. Mediante técnicas isotópicas que permiten estudiar el ciclo de las aguas, la investigación brindará una nueva plataforma para que

los países afectados cooperen en la solución de este problema ambiental.

**Contaminación del Mar Negro.** En colaboración con el PNUD y el propio Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, el MEL es el eje de una iniciativa combinada de investigación y desarrollo de capacidades para enfrentar el acelerado deterioro de las aguas del Mar Negro. Se están utilizando trazadores isotópicos para investigar la circulación de las aguas y el comportamiento de los contaminantes. De igual forma, se está brindando equipo y capacitación con miras a asegurar el aumento de la capacidad regional para vigilar y controlar la calidad del medio marino. (Véase el recuadro de la página 13)

### Promoción de actividades interinstitucionales para proteger los mares

La importancia de las acciones mundiales destinadas a proteger los mares fue puesta de relieve en el Programa 21, documento aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en 1992. En el capítulo 17 del Programa 21 se insta a adoptar "nuevos enfoques de la ordenación y el desarrollo del medio marino y las zonas costeras, a nivel nacional, subregional, regional y mundial" y a fortalecer

## Los plaguicidas en el medio marino

Los productos agroquímicos, y en especial los plaguicidas, se han convertido en parte integrante de los sistemas agrícolas modernos y contribuyen de manera significativa al aumento del rendimiento de los cultivos y de la producción de alimentos. No obstante, la falta de especificidad de algunos plaguicidas, su persistencia en el medio ambiente y el uso irresponsable que de ellos se hace en algunas regiones han provocado efectos secundarios negativos. Además de la exposición directa de las personas, existen informes de que los residuos de plaguicidas introducidos en los ecosistemas acuáticos han provocado la muerte en masa de peces y camarones, reducido la capacidad reproductiva de las especies y contribuido a la destrucción de barreras coralinas de manera tal que, a la larga, podrían repercutir notablemente en los recursos pesqueros, la diversidad biológica y el equilibrio funcional de los ecosistemas.

En gran medida, la evaluación del riesgo ecológico que plantean los residuos de plaguicidas en los ecosistemas marinos está aún por emprender. Esta evaluación y la aplicación de medidas para controlar, o contrarrestar, el riesgo que representan los residuos de plaguicidas exige un mejor conocimiento del comportamiento y el efecto de los plaguicidas en el medio ambiente. A tal fin, es menester ampliar las capacidades de laboratorio de los países para ejecutar amplios programas de vigilancia del medio marino. Además, también es necesario realizar investigaciones experimentales para obtener los datos esenciales sobre los ciclos, el destino final y los efectos de los plaguicidas en los ecosistemas marinos.

En el estudio del destino final de los plaguicidas en el medio ambiente, el uso de moléculas marcadas con carbono 14 ha sido durante algunos años un instrumento inestimable para las investigaciones en los medios terrestre y acuático. Estas moléculas permiten seguir la trayectoria de un compuesto en sistemas

experimentales e identificar y cuantificar inequívocamente los productos de transformación en concentraciones muy bajas. Dado que solo se mide el carbono radiactivo, para muchos fines la limpieza de las muestras es menos rigurosa que lo que exigen otras técnicas, como la cromatografía. Por tanto, es posible procesar rápidamente una gran cantidad de muestras y medirlas a bajo costo con equipo de centelleo líquido estándar.

Para llevar a cabo los estudios pertinentes, el MEL organizó un programa coordinado de investigaciones sobre Distribución, Destino Final y Efectos de los Plaguicidas sobre la Biota en el Medio Ambiente Tropical, con el apoyo de Suecia. El programa cuenta actualmente con participantes de 17 Estados Miembros de Asia, África y América donde se realizan o se están desarrollando investigaciones sobre los plaguicidas. Sus resultados deberán contribuir a ampliar los conocimientos actuales sobre la contaminación ambiental de las regiones costeras tropicales con residuos de plaguicidas y a evaluar sus posibles consecuencias.

Se formularán recomendaciones para mejorar el ordenamiento de ecosistemas sensibles de las zonas costeras tropicales para ayudar a los Estados Miembros a aplicar medidas prácticas encaminadas a armonizar los intereses de la agricultura con la preservación de sus recursos acuáticos. El resto de los órganos especializados del sistema de las Naciones Unidas ejecuta otros programas en esta esfera. Por ejemplo, el Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, cuyo objetivo es, a saber evaluar la gravedad y el impacto de los contaminantes orgánicos persistentes. El proyecto del OIEA es complementario e ilustra cómo las técnicas nucleares pueden llenar como nadie las lagunas existentes en el conocimiento y la metodología.



El OIEA y otras organizaciones encabezan las actividades encaminadas a fortalecer las capacidades de los laboratorios para analizar muestras biológicas en el marco de los programas de vigilancia marina. (OIEA-MEL)

la cooperación interinstitucional en este sentido. Igualmente, se puso énfasis en desarrollar las capacidades de las instituciones nacionales y regionales (especialmente de los países en desarrollo) para evaluar el medio ambiente y controlar la contaminación de los mares.

Por eso, además de llevar a cabo un programa de trabajo centrado en el OIEA, el MEL responde regularmente a solicitudes de asistencia técnica de muchos otros órganos de las Naciones Unidas, organizaciones internacionales y gobiernos. Dentro del marco de las Naciones Unidas, las actividades de cooperación se establecen oficialmente con el PNUMA y la COI-UNESCO. Asimismo, se mantiene una amplia colaboración con la Organización Meteorológica Mundial, la Organización Mundial de la Salud, el Banco Mundial, el PNUD, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en programas de asistencia a países en desarrollo.

Un centro coordinador de esta cooperación es el Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, solicitado y apoyado por los Estados Miembros y que requiere los servicios del MEL para desarrollar capacidades analíticas. (Véase el recuadro de las páginas 14 y 15.)

### Conocimiento sobre la radiactividad marina

Desde su creación, el MEL ha estado enfascado en la profundización de los conocimientos científicos sobre la radiactividad marina. Además, al cabo de varios decenios, las investigaciones se han ampliado para abarcar el análisis de una gran variedad de contaminantes no radiactivos presentes en el medio marino usando técnicas nucleares e isotópicas.

Los científicos del MEL examinan las consecuencias de las descargas y evacuaciones radiactivas mediante la vigilancia y evaluación de los niveles de radionucleidos, y la elaboración de modelos de su dispersión en el medio marino. Los resultados que se obtienen ayudan a los Estados Miembros en las evaluaciones radiológicas relacionadas con los polígonos de ensayo de armas nucleares, las zonas de evacuación de desechos nucleares, y en las respuestas de emergencia a accidentes marítimos. A fin de facilitar este trabajo, el MEL ha creado una Base de datos mundial de radiactividad marina (GLOMARD) para brindar a los países datos de referencia de la radiactividad del agua de mar, los sedimentos y la biota que les permitan realizar evaluaciones. Además, se está llevando a cabo un proyecto en gran escala sobre radiactividad marina mundial, apoyado por el Japón, con el objetivo de contar con nuevos datos sobre los actuales niveles de radionucleidos en los mares y océanos.

### Ampliando los conocimientos sobre los océanos

Con miras a conocer y ordenar mejor los ecosistemas marinos, las técnicas nucleares e isotópicas se utilizan en una amplia variedad de actividades de investigación, como:

- la determinación de las distribuciones de radionucleidos naturales en los ecosistemas marinos y las dosis resultantes que recibe el ser humano a través de la cadena alimentaria;
- la indagación sobre el comportamiento y el destino final de radionucleidos clave y de elementos naturales análogos;
- la medición de las tasas y edades de las muestras y los procesos marinos utilizando el excepcional marcador de tiempo de la desintegración radiactiva; y,
- la cartografía de los procesos biológicos que provocan la agregación del carbono en forma de partículas.

Como se dijo anteriormente, se utilizan métodos con radiotrazadores para estudiar compuestos agroquímicos, como los plaguicidas, y la acumulación y efectos de éstos en los sistemas marinos. También se emplean para determinar las trayectorias y las acumulaciones de metales pesados y otros elementos tóxicos en el medio marino y sus efectos sobre las personas y los ecosistemas.

### Capacitación y desarrollo de capacidades

En cooperación con los Departamentos de Investigaciones e Isótopos y de Cooperación Técnica del OIEA, el MEL ayuda a los países en desarrollo a obtener datos de alta calidad sobre la radiactividad y la radioecología marinas, mientras que los contaminantes no nucleares se abordan mediante el establecimiento de una estrecha cooperación con otros órganos especializados, incluidos el PNUMA, la COI-UNESCO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El Laboratorio apoya asimismo las actividades de vigilancia e investigación de la contaminación marina en los países en desarrollo mediante ejercicios conjuntos y cursos de capacitación en el marco de un programa integrado de garantía de calidad.

Cada año se llevan a cabo unos doce cursos de capacitación de especialistas para participantes de países en desarrollo, en temas como la radiactividad y la radioecología marinas, la radioquímica, y diversos aspectos de la química analítica. Además, el MEL auspicia la capacitación de docenas de pasantes de países en desarrollo que trabajan en proyectos de investigación en Mónaco y otros lugares, con miras a aumentar su competencia científica. Durante 1996, el MEL puso en práctica 10 Proyectos de Cooperación Técnica del OIEA, y envió misiones de asesoramiento y asistencia técnica a 31 países.

### Prestación de servicios analíticos

A fin de obtener resultados científicos fiables, los laboratorios encargados de la vigilancia tienen que

## Protección ambiental del Mar Negro: Evaluación de la situación

A fines del año pasado, el Programa ambiental del Mar Negro (PAMN) del Servicio Financiero Mundial para el Medio Ambiente (GEF) ofreció una perspectiva informativa sobre los esfuerzos interinstitucionales que se realizan para proteger ese mar de la contaminación ambiental. A continuación se reproduce parte del informe, publicado en la edición de septiembre de 1996 del boletín del GEF bajo el título de *Salvemos el Mar Negro*:

*¿Un caldo mortífero? "Hace tres años, un importante diario internacional calificó al Mar Negro de 'caldo mortífero de desechos tóxicos'. En aquel entonces, se contaba con poca o ninguna información fiable que confirmara o negara tan alarmante afirmación. Indudablemente, el mar parecía visiblemente sucio, a juzgar por el color pardo-verduzco del agua y los desperdicios en las playas, muchas de las cuales estaban cerradas a los turistas. El ecosistema del Mar Negro se encontraba también en un terrible estado de decadencia. Todas estas señales visibles, junto con el hecho de saber que muchos de los desechos de 17 países se vierten en el Mar Negro, bien podían provocar el desaliento.*

*"No obstante, la ciencia no se funda en anécdotas, sino en hechos concretos. Gran parte de los escasos datos disponibles no se habían obtenido mediante las técnicas bien probadas y los procedimientos independientes de control de calidad que actualmente se exigen a los que trabajan en el medio marino. De ahí que una de las funciones primordiales del nuevo Programa ambiental del Mar Negro (PAMN), en colaboración con sus asociados (OIEA, COI, PNUMA, UE) fuera proporcionar el equipo, las técnicas y el control de calidad necesarios a fin de evaluar mejor la situación de la contaminación del Mar Negro. A pesar de la presencia de científicos excelentes que ya trabajan en la región, la modernización de las instituciones científicas requiere, inevitablemente, tiempo y dinero, y este proceso dista mucho aún de haber concluido. Ante la urgente necesidad de contar con datos fiables, las instituciones de la región del Mar Negro, Europa occidental y los Estados Unidos, así como varios órganos de las Naciones Unidas, decidieron cooperar en la realización de una serie de estudios experimentales en zonas representativas del mar. Las zonas estudiadas comprendieron la plataforma continental de Ucrania (el Centro de actividades para la vigilancia especial de la contaminación, de Odessa, conjuntamente con el Laboratorio de Estudios de Ambientes Marinos (MESL) del OIEA en Mónaco), la plataforma frente a la entrada del Bósforo (Universidad Técnica del Oriente Medio, de Erdemli, con el MESL), así como la zona costera cercana a Sochi, Rusia (el Centro Hydromet, de Sochi, con el MESL) y la plataforma noroccidental del Mar Negro y la descarga del Danubio. El resultado fue la preparación del primer y más amplio examen sobre contaminación con que se haya contado jamás, que será publicado muy pronto bajo el título de "The State of Pollution of the Black Sea".*

El 31 de octubre de 1996, tras una evaluación científica exhaustiva de los problemas del Mar Negro, los gobiernos de los seis países con costas en ese mar aprobaron en Estambul un Plan de Acción Estratégico para la rehabilitación y la protección del Mar Negro.

*¿Qué sucederá después?* Se espera que el sistema de vigilancia regional del Mar Negro esté en marcha en 1997.

Incluirá estrictas disposiciones en relación con la vigilancia de los "efectos biológicos" y un sistema de control de calidad independiente para los tan necesarios datos analíticos de alta calidad sobre los contaminantes marinos. Asimismo, es preciso seguir realizando investigaciones científicas. Además, la creación de capacidades en los laboratorios de la región, la capacitación en técnicas analíticas y la garantía de calidad de los datos sobre los contaminantes marinos continúan siendo temas de máxima prioridad para el apoyo del OIEA e interinstitucional a los países del Mar Negro.

**Programas del OIEA.** El OIEA apoya las actividades que se realizan en la región del Mar Negro mediante programas relacionados con los contaminantes radiactivos y no radiactivos. El MEL tiene la función de proporcionar respaldo técnico y científico. Se han logrado notables avances en el conocimiento del destino final de los contaminantes en el Mar Negro gracias a un programa coordinado de investigaciones, que trajo como resultado una amplia y actualizada evaluación de las entradas, la distribución espacio-tiempo, los inventarios y los efectos radiológicos de los radionucleidos antropógenos y naturales en el Mar Negro. Demostró, asimismo, las posibilidades excepcionales de los isótopos radiactivos y estables para localizar y cuantificar los procesos clave que controlan el comportamiento de los contaminantes que afectan la capacidad sustentadora de la vida del ecosistema del Mar Negro y, por consiguiente, su productividad. Por último, indicó claramente la necesidad de mejorar las capacidades analíticas y de vigilancia regionales en relación con los radionucleidos en el medio marino. Esta necesidad está siendo atendida mediante el programa regional de cooperación técnica "Evaluación del medio ambiente marino del Mar Negro", en el que participan los seis Estados Miembros del OIEA con costas en el Mar Negro: Bulgaria, Federación de Rusia, Georgia, Rumania, Turquía y Ucrania. Sus principales componentes favorecen la creación de un programa de vigilancia de la radiactividad marina coordinado a nivel regional, así como la ampliación de las capacidades para investigar el destino final de los contaminantes utilizando radiotrazadores. Las investigaciones conjuntas se centran en los temas y las esferas identificados como decisivos para la situación actual y las tendencias futuras de la contaminación del Mar Negro, como los procesos de sedimentación en la plataforma noroccidental y en los estuarios del Danubio y el Dniéper, la mezcla de masas de agua en el Estrecho del Bósforo, y la ventilación de las aguas anóxicas profundas.

La evaluación de los contaminantes no radiactivos es un objetivo determinado mediante un acuerdo interinstitucional OIEA/PNUD-GEF, cuya principal finalidad es ayudar a los países de la región a obtener datos analíticos de alta calidad para la vigilancia especial y de rutina en el contexto del PAMN. A tal fin, el MEL, por conducto de su Sección MESL, presta apoyo técnico general que incluye la producción de métodos de referencia, organización de ejercicios de intercomparación, distribución de normas y materiales de referencia, capacitación, mantenimiento de los instrumentos, misiones de garantía de calidad y organización de reuniones de expertos. El MEL continuará prestando este apoyo en el marco del nuevo Plan de Acción Estratégico para la rehabilitación y protección del Mar Negro.

## Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino

Alrededor del 80% de toda la contaminación marina se debe a las actividades terrestres de las personas, como la evacuación de aguas residuales en los ríos y los ecosistemas costeros, las aguas insuficientemente tratadas procedentes de la industria, las descargas de nutrientes de fósforo y nitrógeno utilizados en la agricultura y, por último, los metales pesados y los contaminantes orgánicos persistentes. En 1995, los Estados aprobaron el Programa de Acción Mundial (PAM) para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, el cual fue calificado por el Vicepresidente de los Estados Unidos, Sr. Albert Gore, como el "primer programa que propiciará una interacción más sostenible entre la humanidad y los océanos del mundo". A continuación se destacan algunos aspectos esenciales del PAM, así como información básica conexas sobre los hechos que condujeron a la aprobación del programa.

### *Convenciones y sucesos mundiales y regionales relacionados con la protección del medio marino*

- 1976 Convenios sobre Mares Regionales y Protocolos conexos, que actualmente rigen en 15 Programas de Mares Regionales
- 1982 Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM)
- 1989 Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación
- 1992 Convenio sobre la diversidad biológica
- 1992 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- 1992 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) y el Programa 21

En 1982, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) comenzó a abordar los temas relacionados con los efectos de las actividades realizadas en tierra sobre el medio marino, lo que condujo a la aprobación de los convenios y decisiones siguientes:

- 1985 Directrices de Montreal para la protección del medio marino contra la contaminación procedente de fuentes terrestres
- 1995 Decisiones 18/31 y 18/32 del Consejo de Administración del PNUMA relacionadas con la Conferencia de Washington y los contaminantes orgánicos persistentes (COP)
- 1995 Conferencia para aprobar un Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, Washington D.C., 23 de octubre a 3 de noviembre de 1995

### *El Programa de Acción Mundial*

Al aprobar la Declaración de Washington, más de 100 gobiernos y la Comisión Europea declararon su compromiso de proteger y preservar el medio marino de los efectos ambientales negativos de las actividades realizadas en tierra. Instaron al PNUMA, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los bancos regionales de desarrollo y todos los órganos del sistema de las Naciones Unidas a apoyar y fortalecer las estructuras regionales existentes para la protección del medio marino. Exhortaron al PNUMA a que actuara como Secretaría del Programa de Acción Mundial, en estrecha asociación con el PNUD, la Organización Mundial de la Salud, el Hábitat y otras organizaciones interesadas. El programa está destinado a proporcionar orientación conceptual y práctica a las autoridades nacionales y/o regionales en la elaboración y aplicación de medidas continuadas encaminadas a impedir, reducir, controlar y/o eliminar la degradación marina como resultado de las actividades realizadas en tierra. Su objetivo es impedir la degradación del medio marino a partir de actividades realizadas en tierra facilitando el cumplimiento del deber de los Estados de preservar y proteger el medio marino. Más concretamente, el PAM está dirigido a:

- Determinar el carácter y la gravedad de los problemas causados por la contaminación marina. Al analizar el efecto de la contaminación marina en i) la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza; ii) la salud pública; iii) la sanidad de los ecosistemas y la diversidad biológica; y iv) los beneficios y usos económicos y sociales;
- Evaluar la gravedad y los efectos de los contaminantes. Abarca aguas residuales, contaminantes orgánicos persistentes, sustancias radiactivas, metales pesados, hidrocarburos, nutrientes, movilización de sedimentos y basura;
- Evaluar la alteración física de las zonas de interés, incluidas la modificación y la destrucción del hábitat;
- Evaluar las fuentes de degradación. Incluye i) fuentes puntuales (por ejemplo, instalaciones de tratamiento de aguas de desecho u operaciones de dragado); ii) fuentes no puntuales (por ejemplo, escorrentía urbana o agrícola); y iii) deposiciones atmosféricas causadas por emisiones de vehículos, centrales eléctricas e instalaciones industriales, incineradores y operaciones agrícolas;
- Determinar las zonas afectadas o que son especialmente vulnerables. Comprende las cuencas costeras, las costas, los estuarios y sus cuencas de captación, y los hábitats de especies amenazadas.
- Establecer prioridades para la adopción de medidas sobre la base de la determinación y evaluación de los problemas.
- Definir objetivos concretos de ordenación en lo referido a las categorías de las fuentes y las zonas afectadas, sobre la base de las prioridades establecidas.
- Determinar, evaluar y seleccionar estrategias y medidas.
- Establecer criterios para evaluar la eficacia de las estrategias y medidas.

### *¿Cuál será la función del PAM?*

- Adaptar los actuales programas de acción regionales y nacionales, o fomentar y facilitar su establecimiento.
- Preparar un estudio mundial sobre los efectos de las fuentes terrestres de contaminación en los medios marino, costero y de agua dulce conexo. Determinar los "puntos neurálgicos" a fin de adoptar medidas prioritarias.
- Redactar manuales y directrices relacionados con la ejecución del PAM.
- Organizar y poner en funcionamiento un centro de coordinación preparado para atender a solicitudes de asistencia.
- Ayudar a los países a i) determinar y formular propuestas de proyectos; ii) identificar posibles donantes; y iii) negociar con los donantes.
- Informar a los gobiernos sobre los problemas relacionados con las actividades realizadas en tierra y las oportunidades que brinda el PAM. Apoyar a los gobiernos y organizaciones no gubernamentales a preparar y distribuir folletos y organizar campañas de concientización pública.

### *¿Cómo se pondrá en práctica el PAM?*

- La puesta en práctica se hará simultáneamente a los niveles nacional, regional y mundial;
- La formulación de planes de acción nacionales, subregionales y regionales será la piedra angular del éxito del PAM;
- Las fuentes y mecanismos financieros se han de abordar al nivel de los Estados (por ejemplo, cobro de multas a los que provocan la contaminación, fondos renovables, participación del sector privado) y al nivel internacional (por ejemplo, préstamos multilaterales y conversiones de deuda en capital).

### *¿Cómo puede el OIEA contribuir al PAM?*

Durante muchos decenios, el OIEA ha cumplido con los principios fundamentales del PAM. Ha prestado esmerada atención a la cuantificación y declaración de entradas de elementos radiactivos a los océanos y, por conducto del Laboratorio para el Medio Ambiente Marino (MEL), a la vigilancia y evaluación de las consecuencias de estas entradas. Por lo tanto, el Organismo está en excelentes condiciones de hacer una significativa contribución al PAM. La División de Seguridad Radiológica y Desechos del OIEA ha propuesto realizar los siguientes aportes:

- Formulación de normas para limitar las descargas de material radiactivo al medio marino;
- Obtención y divulgación de información sobre las opciones, los métodos y las tecnologías para el control de las descargas;
- Elaboración de inventarios de descargas mundiales de radionucleidos procedentes de instalaciones nucleares y otras instalaciones no nucleares al medio ambiente, incluido el medio marino;
- Evaluación del efecto de las descargas;
- Publicación regular de datos sobre las descargas y sus efectos sobre el medio ambiente.

Los aportes del MEL combinan actividades principales sobre la radiactividad marina con la colaboración interinstitucional en una amplia gama de contaminantes no nucleares, de la manera siguiente:

- Capacitación y creación de capacidades a fin de ampliar la capacidad de los Estados Miembros para vigilar, conocer y evaluar la radiactividad marina;
- Prestación de servicios de control de calidad analítico mediante la distribución de una amplia gama de materiales de intercomparación y referencia a los laboratorios en todo el mundo;
- Mantenimiento de una amplia base de datos computadorizada sobre la radiactividad en el medio marino, y acceso mundial a ésta, que incluye funciones inteligentes para elaborar modelos de dispersiones a partir de términos fuente individuales e identificar y explicar las tendencias espaciales y temporales de las distribuciones de radionucleidos en el mar;
- Cuantificación de las consecuencias radiológicas (relacionadas con la salud) de las entradas conocidas de radiactividad en los océanos, combinando la medición directa, la elaboración de modelos y la evaluación radiológica;
- Ejercicio de una función de respuesta a emergencias a nivel internacional para atender a las solicitudes de ayuda en la vigilancia y evaluación de entradas de radiactividad no previstas en el medio marino, incluido el mejoramiento de las metodologías para la vigilancia permanente de la radiactividad marina;
- Aumento de los conocimientos sobre los océanos, su circulación y el comportamiento de los contaminantes, haciendo uso de las posibilidades excepcionales de oportunidad y localización de los radionucleidos e isótopos estables en el mar.

Aprovechando los conocimientos prácticos con que cuenta el MEL -así como la experiencia acumulada durante más de 15 años de colaboración con el PNUMA y la COI-UNESCO en la evaluación y vigilancia de contaminantes en el medio marino, incluido en especial el control de calidad de los datos obtenidos- el OIEA puede ayudar en una serie de actividades relacionadas con la aplicación del PAM:

- Organización y puesta en práctica de programas de garantía de calidad de datos que aseguren que las evaluaciones de los principales contaminantes marinos procedentes de fuentes terrestres (entre ellos, contaminantes orgánicos persistentes, oligoelementos y petróleo) son fiables e intercomparables a nivel regional y mundial;
- Preparación y ensayo de métodos de referencia y directrices para la evaluación y vigilancia de la contaminación marina;
- Diseño de programas nacionales y regionales de vigilancia de la contaminación marina;
- Capacitación en química analítica relacionada con las investigaciones y la vigilancia de los contaminantes marinos; y
- Fortalecimiento, o creación, de centros de apoyo técnico regionales relacionados con la investigación y vigilancia de la contaminación marina.

aplicar un sistema de control de calidad que abarca mediciones periódicas de contaminantes en materiales de referencia estándar y la participación en ejercicios de intercomparación e intercalibración. El MEL es un centro mundial de datos de garantía de calidad para todos los tipos de contaminantes químicos, tanto nucleares como no nucleares. Además, realiza ejercicios regionales de garantía de calidad en el Mediterráneo, la zona del Golfo Pérsico, el Pacífico occidental y sudoriental, África occidental, central y oriental, Asia sudoriental, el Caribe, el Atlántico sudoccidental, el Ártico y los mares Báltico y Negro.

Desde 1971, los investigadores científicos que toman parte en esos ejercicios de intercalibración han notificado unas 100 000 mediciones de contaminantes específicos en agua de mar, sedimentos, algas, plantas, peces y otros organismos. El número de laboratorios participantes ha aumentado de unos 50 que existían en 1970 a 208 laboratorios diferentes que actualmente analizan los radionucleidos, los compuestos orgánicos traza, y los oligoelementos. Se cuenta con unos 60 materiales de intercomparación diferentes.

**Materiales de referencia.** Las muestras de materiales marinos certificados como materiales de referencia para determinadas sustancias a analizar (radionucleidos, oligometales, hidrocarburos clorados, entre otros) se utilizan en programas de control de calidad. Conjuntamente con el PNUMA y la COI-UNESCO, el OIEA trabaja en estrecha coordinación con otros productores de materiales de referencia a fin de asegurar un suministro estable de estos elementos vitales para los procedimientos de garantía de calidad. En Mónaco existe un catálogo completo de unas 600 normas y materiales de referencia.

**Métodos de referencia.** Una de las dificultades a que se enfrentan muchos analistas que inician estudios sobre contaminación marina es encontrar un método fiable que utilice instrumentos fáciles de obtener y de dar mantenimiento. Junto con varios órganos de las Naciones Unidas, el MEL edita y ensaya métodos de referencia. La serie consta ya de más de 70 volúmenes que están disponibles en todo el mundo.

**Mejoramiento de la calidad de los datos.** A pesar de los progresos registrados hasta el momento por los laboratorios nacionales en la medición exacta de los contaminantes marinos, es menester trabajar más, por ejemplo, en el análisis de contaminantes orgánicos como los plaguicidas clorados y los hidrocarburos de petróleo. Ello comprende el mejoramiento de la capacitación de los analistas, seguir desarrollando técnicas analíticas, y la intensificación de la producción de muestras de intercomparación y materiales de referencia marinos.

Todos los servicios que presta el MEL han llegado a ser imprescindibles para el funcionamiento de los programas regionales y mundiales de evaluación de contaminación que llevan a cabo el PNUMA y la COI-UNESCO. Estos servicios brindan, en particular, un apoyo pertinente a los trabajos del PNUMA

en la ordenación integrada de zonas costeras y a la evaluación de la contaminación a partir de fuentes terrestres. Igualmente importante es su apoyo a la labor de la COI-UNESCO, el PNUMA, el OIEA y la Organización Marítima Internacional respecto del programa para el Estudio Mundial de la Contaminación del Medio Marino.

---

## En los umbrales del siglo XXI

En 1998, el MEL entrará en una nueva etapa de desarrollo con la apertura de instalaciones de laboratorio especializadas, que duplicarán con creces el espacio disponible, consolidarán tres secciones de laboratorio en un edificio y mejorarán notablemente las instalaciones, que incluirán un nuevo centro de capacitación. Como contribución al Año Internacional de las Naciones Unidas sobre los Océanos, que se celebrará en 1998, el MEL será el anfitrión de un simposio interinstitucional sobre contaminación marina el año próximo.

Los nuevos laboratorios permitirán que el MEL desempeñe un papel rector aún mayor en esferas clave de interés científico para los Estados Miembros del OIEA. Estas esferas incluyen:

- **Empleo de técnicas isotópicas para el estudio de contaminantes no nucleares.** Se prestará especial atención a conocer la contaminación marina por compuestos orgánicos como hidrocarburos, aguas residuales y productos del consumo de combustibles fósiles, y a determinar los procesos principales que intervienen en el transporte del carbono a las profundidades de los océanos.

- **Creación de un sistema de información marina.** Mediante la tecnología de la información más moderna y la labor con otros órganos de las Naciones Unidas, GLOMARD quedará enlazada con otras importantes bases de datos mediante un sistema integral computadorizado de localización geográfica, análisis y pronóstico de la contaminación marina.

- **Empleo de metodologías revolucionarias.** La vigilancia in situ de la radiactividad con la transmisión de datos por satélite permitirá fiscalizar de manera continua lugares de estudio distantes, mientras que una nueva generación de detectores sumergibles montados en vehículos operados a distancia permitirán realizar una inspección minuciosa de la radiactividad del fondo marino. Asimismo, el MEL creará y utilizará técnicas de conteo de la radiactividad de nivel ultrabajo desde un nuevo laboratorio subterráneo.

- **Aumento de la capacitación y desarrollo de capacidades.** Con el recién creado Centro de Capacitación de Mónaco, y estimulado por los retos que plantea el nuevo Programa de Acción Mundial (PAM), el Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino consolidará y ampliará su papel rector como centro de las Naciones Unidas para la capacitación y la garantía de calidad analítica en la evaluación de la contaminación marina.

# Radiación y medio ambiente: Evaluación de los efectos en las plantas y los animales

*Reseña de un informe reciente publicado por el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes*

por Gordon Linsley

El órgano internacional conocido como Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR) examina periódicamente los efectos de las radiaciones ionizantes en el medio ambiente. El año pasado, el Comité publicó por primera vez un informe que presentaba un estudio centrado específicamente en los efectos de las radiaciones ionizantes en las plantas y los animales\*. Si bien el estudio no generó resultados extraordinarios, sí contribuye a que se preste especial atención a los cambios que experimenta la evaluación de los efectos ambientales potenciales de la radiación por la comunidad científica.

Anteriormente, las evaluaciones científicas habían considerado que las plantas, los animales y otros organismos vivos eran parte del entorno en que se dispersaban los radionucleidos. Más tarde se consideró que eran recursos que al contaminarse podían propiciar la exposición del hombre a las radiaciones, puesto que algunas plantas y animales son eslabones de las cadenas alimentarias y representan vías para la transferencia de radionucleidos a los seres humanos. En resumen, las evaluaciones reflejaban la posición generalmente aceptada de que se debería dar prioridad a la evaluación de las consecuencias para el ser humano, una de las especies mamíferas más radiosensibles; así como a la creación de una base sólida para la protección de la sanidad humana.

No obstante, en tiempos recientes se ha puesto en duda esta posición. Se ha demostrado que al menos existe un caso, a saber, los sedimentos marinos pelágicos, que se hallan en un medio de difícil acceso para el hombre, donde la prioridad antes citada podría ser incorrecta.\*\* También se han observado efectos perjudiciales para el medio ambiente en zonas localizadas, a causa de las excesivas dosis de radiación de corta duración que las plantas y los ani-

males habían recibido después de grandes liberaciones accidentales de radionucleidos. Ese es el caso, por ejemplo, de las zonas afectadas por el accidente en los Urales sudorientales en 1957 y el de Chernobil en 1986.

El estudio más reciente del UNSCEAR se llevó a cabo en respuesta a tales preocupaciones y para demostrar de manera explícita que se puede tomar, y de hecho se está tomando plena conciencia, de los efectos potenciales de las radiaciones en el medio ambiente. En él se reconoce que las plantas, los animales y otros organismos del planeta están expuestos a la radiación interna generada por la acumulación de radionucleidos y a la exposición externa debida a la contaminación de sus respectivos entornos. En este artículo se destacan las principales conclusiones del estudio que realizó el UNSCEAR.

## Contexto de las evaluaciones de las repercusiones ambientales

La existencia de radiación cósmica y radionucleidos naturales y artificiales en nuestro entorno entraña la consiguiente exposición de las poblaciones autóctonas de todos los organismos a las radiaciones. Se supone que la probabilidad de efectos nocivos para los seres humanos es mayor cuando las exposiciones exceden del intervalo de las tasas de dosis de la radiación de fondo. Cabe esperar lo mismo para otros organismos.

Sin embargo, existe una diferencia fundamental en el enfoque que se aplica para evaluar el riesgo.

\*Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Ionizantes (UNSCEAR). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, UNSCEAR 1996 Report to the General Assembly, with Scientific Annex, United Nations sales publication E.96.IX.3 (1996).

\*\**Assessing the impact of deep-sea disposal of low-level radioactive waste on living marine resources*, Technical Reports Series No. 288, OIEA, Viena (1988).

El Sr. Linsley es Jefe de la Sección de Seguridad de los Desechos, de la División de Seguridad Radiológica y Desechos

En los seres humanos, las consideraciones éticas sitúan al *individuo* como el principal objeto de protección. De hecho, esto significa que el riesgo adicional para una persona a causa de una mayor exposición a las radiaciones debe mantenerse por debajo de algún nivel que la sociedad considere aceptable. Aunque pequeño, este nivel de riesgo no es cero.

En el caso de otros organismos, la situación está menos definida. Los seres humanos exhiben una enorme gama de actitudes hacia las otras especies que habitan este planeta; pensemos, por ejemplo, en una población de mosquitos en un extremo y un panda gigante en el otro. Consideramos que en la inmensa mayoría de los organismos la *población* es importante y establecemos como un objetivo adecuado la protección de cada población contra cualquier riesgo adicional atribuido a las radiaciones. Las excepciones podrían ser las poblaciones pequeñas (especies raras) o las de lenta reproducción (prolongados intervalos entre generaciones, o baja fertilidad, o ambos), para las cuales podría ser más apropiado dirigir las medidas de protección al organismo individual.

Es probable que las respuestas sobre si estamos interesados en la protección de uno o muchos organismos difieran mucho cuando se trate de la evaluación de las repercusiones ambientales. Con toda certeza, no puede haber efectos a nivel de población (o a los niveles superiores de comunidad y ecosistema) si no los hay a nivel de cada uno de los organismos que integran las diferentes poblaciones. Sin embargo, esto no significa que los efectos radioinducidos localizables en algunos miembros de una población tendrían inevitablemente consecuencias significativas para la población en su conjunto.

Hay otros factores que también deben tenerse en cuenta al examinar la evaluación de las repercusiones ambientales. Por ejemplo, existen poblaciones naturales de organismos en un estado de equilibrio dinámico dentro de sus comunidades y entornos y las radiaciones ionizantes son solo una de las fuentes de tensión que pueden alterar ese equilibrio. Por ende, la exposición adicional debida a las actividades humanas no puede analizarse al margen de otras fuentes de tensión, como las de origen natural (o sea, el clima, la altitud, la actividad volcánica) o las creadas por el hombre (por ejemplo, las toxinas químicas sintéticas, las descargas de petróleo, la explotación para fines alimentarios o deportivos y la destrucción del hábitat). Cuando las radiaciones ionizantes y los productos químicos, ambos provenientes de actividades humanas, inciden a la vez en una población, lo que ocurre con frecuencia, resulta difícil atribuir con exactitud cualquier respuesta observada a una causa específica.

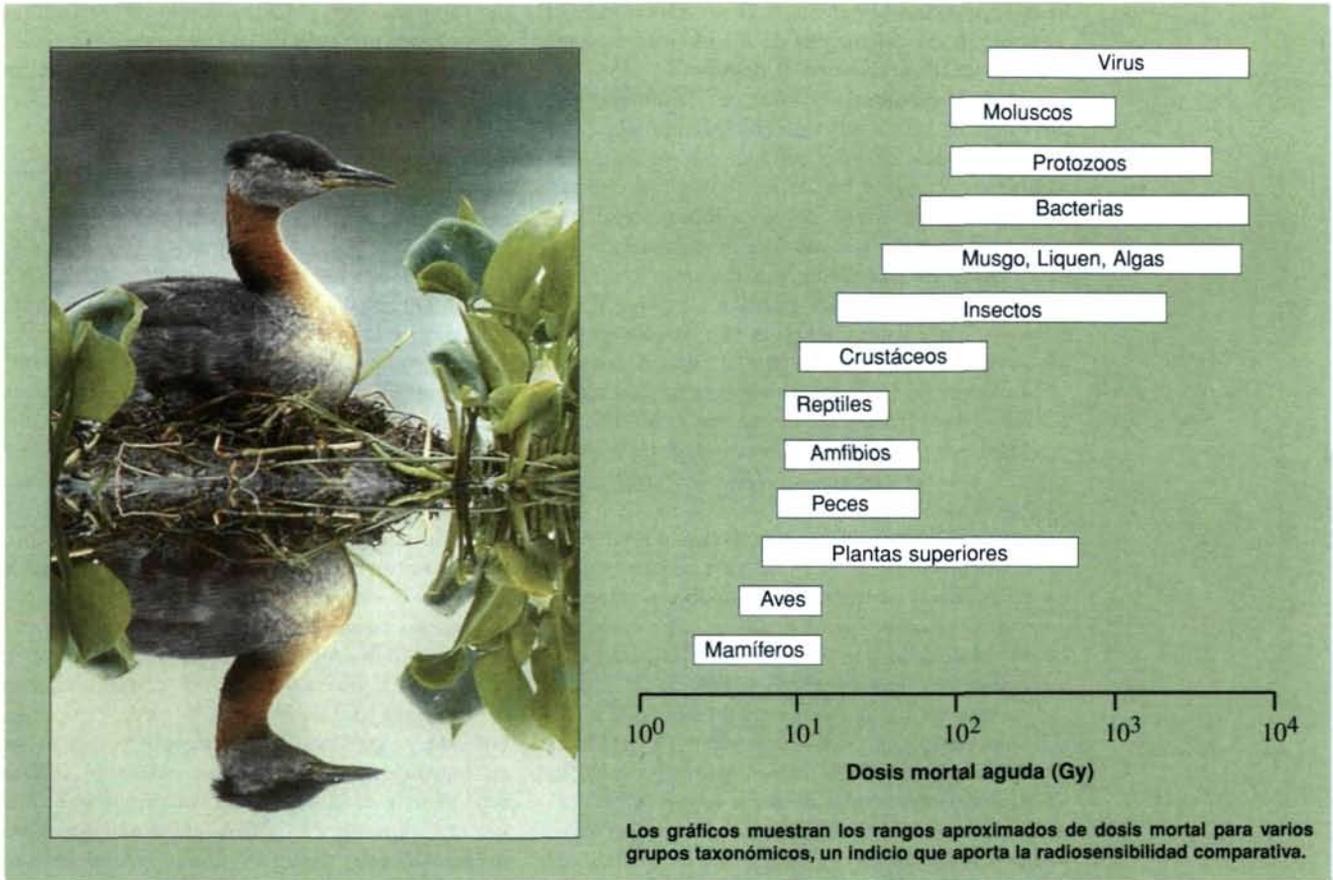
### Conclusiones del estudio del UNSCEAR

Todos los organismos vivos existen y sobreviven en entornos donde están sujetos, en mayor o menor

grado, a radiaciones debidas a fuentes naturales y antropógenas, incluida la contaminación por la precipitación radiactiva mundial que generaban los ensayos nucleares atmosféricos. En ocasiones, y por lo general en zonas limitadas, se producen aumentos adicionales de exposiciones a las radiaciones, ya sea a causa de descargas autorizadas (controladas) de desechos radiactivos al aire, la tierra o los sistemas acuáticos, o de liberaciones accidentales. En la mayoría de los casos, estas radiaciones adicionales no han tenido ningún efecto aparente en las plantas y animales silvestres. Sin embargo, a raíz de accidentes graves, se han observado daños tanto en organismos individuales como en poblaciones, y podrían producirse efectos prolongados en comunidades y ecosistemas a causa del continuo aumento de la irradiación crónica.

La información existente sobre la exposición de los organismos silvestres a la radiación natural de fondo y de los radionucleidos contaminantes es relativamente escasa, pues se refiere a una variedad muy limitada de organismos, aunque en el caso del medio marino, sí ofrece un panorama suficientemente representativo del rango de los regímenes de tasa de dosis que pueden experimentarse. Dado que la mayoría de las estimaciones se derivan de mediciones localizadas de las concentraciones de radionucleidos dentro del organismo y en su entorno externo inmediato, o de modelos que presuponen un estado de equilibrio, existe muy poca información acerca de la variación temporal en las tasas de dosis que cabría esperar de las fluctuaciones de corta duración en las tasas de descarga, las diferentes etapas del ciclo biológico, los cambios de comportamiento y los factores ecológicos a corto plazo como la estacionalidad. De ahí que resulte muy difícil estimar a partir de la información existente las dosis totales que pueden acumularse en determinadas etapas del ciclo biológico, es decir, durante el desarrollo embrionario o hasta la edad reproductiva.

En cuanto a los medios terrestre y acuático, la radiación alfa parece contribuir notablemente a la tasa de dosis de radiación natural de fondo. El radón 222 y sus productos de desintegración de período corto parecen ser la principal fuente en el caso del primero; y el polonio 210, en el caso del segundo. Debido al corto rango de acción de las partículas alfa, las tasas de dosis absorbida se concentran en los tejidos, y los resultados subrayan la necesidad vital de disponer de información más pormenorizada sobre la distribución de los radionucleidos con relación a los objetivos biológicos que podrían considerarse importantes (por ejemplo, el embrión en desarrollo o las gónadas) a fin de obtener estimaciones precisas de la exposición a la radiación de fondo. El rango usual de la exposición a la radiación de fondo llega hasta unos cuantos microgray por hora, pero en casos excepcionales (por ejemplo, el hepatopáncreas de un pequeño camarón marino pelágico) la tasa de dosis absorbida puede llegar a los 150 microgray por hora.



**Desechos radiactivos.** Se ha reconocido que la liberación de desechos radiactivos al medio ambiente tiende a aumentar la exposición de los organismos silvestres a las radiaciones. El estudio de las evaluaciones publicadas indica que, en lo que concierne a las descargas a la atmósfera, los vertederos o las aguas superficiales, las exposiciones de algunos pero no todos los individuos a las radiaciones en poblaciones silvestres endémicas, podrían llegar a unos 100 microgray por hora en general; en casos excepcionales, en dependencia de las cantidades de radionucleidos específicos en los desechos, las tasas de dosis absorbida pudieran alcanzar varios miles de microgray por hora. Sólo en muy pocos casos las tasas de dosis estimadas a partir de la medición de las concentraciones de radionucleidos en el entorno contaminado han quedado confirmadas ampliamente por mediciones *in situ* utilizando dosímetros colocados en los animales.

**Escapes.** Las tasas de dosis en el medio ambiente a raíz de un escape dependen, claro está, de las cantidades de radionucleidos específicos de que se trate, la escala de tiempo de la liberación, las modalidades de dispersión y deposición iniciales, y su redistribución posterior debida a los procesos ambientales con el decursar del tiempo. También es obvio que estos escapes pueden generar tasas de dosis mucho más altas y dosis totales más altas en el medio ambiente que las operaciones normales. Así sucedió después de los accidentes en los Urales sudorientales

y Chernobil, donde diversos estudios han indicado que los árboles (y, por extensión dentro de límites razonables, otros organismos) cercanos al lugar del escape, podrían haber acumulado dosis de hasta 2000 y 100 gray en los lugares de ambos accidentes, respectivamente, en plazos relativamente breves. En ambos lugares, las exposiciones crónicas a más largo plazo debidas al depósito de radionucleidos de período más largo siguen siendo mucho mayores que las exposiciones debidas a la evacuación controlada de desechos.

A partir de esta información, cabe concluir que las respuestas de las plantas y los animales a las exposiciones crónicas a las radiaciones de hasta una dosis absorbida máxima de 1000 microgray por hora revisten interés ya que sirven de base para evaluar las repercusiones ambientales de las liberaciones controladas de desechos radiactivos; en la práctica, por ahora probablemente bastaría en la inmensa mayoría de los casos, con la información a tasas de dosis más bajas de hasta 100 microgray.

En situaciones de accidentes, la experiencia ha demostrado claramente que las tasas de dosis iniciales pueden llegar a ser tan altas que permitan la acumulación de dosis mortales en plazos relativamente cortos (días). Teniendo esto en cuenta, es preciso disponer de información que permita pronosticar el avance de la recuperación ambiental a tasas de dosis, crónicas a largo plazo generalmente

**Radiosensibilidad comparativa entre organismos**

más bajas, hasta el extremo superior (1000 microgray por hora) del margen de interés para evaluar las prácticas de evacuación de desechos.

**Radio sensibilidad.** El nivel de sensibilidad de los organismos ante los efectos mortales de las radiaciones es muy variado. Se elaboró una clasificación general basada en el volumen cromosómico de interfase de las células sensibles. Según estos y otros resultados de irradiaciones experimentales, los mamíferos son los más sensibles, seguidos de las aves, los peces, los reptiles y los insectos. Las plantas muestran un amplio rango de sensibilidad que por lo general coincide con el de los animales. Los musgos, los líquenes, las algas y los microorganismos, como las bacterias y los virus, son los menos sensibles a las exposiciones agudas a las radiaciones. (Véase el gráfico de la página anterior.)

La sensibilidad de los organismos a las radiaciones depende de la etapa de vida en que ocurre la exposición. Los embriones y las formas jóvenes son más sensibles que las adultas. Por ejemplo, se ha demostrado que los embriones de peces son muy sensibles. Las diferentes etapas de desarrollo de los insectos son muy importantes debido al nivel de sensibilidad que ellos presentan. En general, la información existente indica que la producción de descendientes viables mediante la gametogénesis y la reproducción es un atributo poblacional más radiosensible que la inducción de la mortalidad individual.

En las especies de plantas más sensibles, los efectos de la irradiación crónica se observaron a tasas de dosis de 1000 a 3000 microgray por hora. Se sugirió que las tasas de dosis crónica inferiores a 400 microgray por hora (10 miligray diarios) tendrían efectos, aunque moderados, en las plantas sensibles. No obstante, sería muy poco probable que tuvieran efectos nocivos en la mayor diversidad de plantas existentes en las comunidades vegetales naturales.

En el caso de la especie animal más sensible, los mamíferos, existen pocos indicios de que las tasas de dosis de 400 microgray por hora para los individuos más expuestos afectarían gravemente la mortalidad en la población. En cuanto a las tasas de dosis de hasta un orden de magnitud inferior (40 a 100 microgray por hora), podría afirmarse lo mismo con relación a los efectos en la reproducción. Con respecto a los organismos acuáticos, la conclusión general fue de que las tasas de dosis máximas de 400 microgray por hora para una pequeña proporción de los individuos y, por tanto, una tasa media inferior para el resto de los organismos, no tendrían efectos nocivos a nivel de población. Resulta muy difícil estimar las dosis de radiación necesarias para provocar un efecto nocivo considerable debido a la recuperación a largo plazo (con inclusión de la regeneración natural y la migración de individuos procedentes de las zonas aledañas menos afectadas), el comportamiento

de compensación y los múltiples otros factores de confusión presentes en las comunidades naturales de plantas y animales tanto en el medio terrestre como en el acuático.

### Actividades y planes del OIEA en materia de protección ambiental

Los resultados del estudio del UNSCEAR sobre los efectos de las radiaciones en el medio ambiente confirman en términos generales las conclusiones de un estudio del OIEA publicado en 1992\*. Asimismo, respaldan el consenso de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) en el sentido de que la norma de control ambiental requerida para proteger al hombre hasta el nivel que se considera conveniente en la actualidad garantizará que no se pongan en peligro otras especies.\*\*

Sin embargo, tanto en el estudio del UNSCEAR como en el del OIEA se reconoce que hay circunstancias en que tal vez esta conclusión general no sea válida. Además, podría malinterpretarse la declaración hecha por la CIPR como reveladora de una falta de interés por el medio ambiente. Por esta y otras razones, en algunos países existe un movimiento encaminado a establecer normas específicas para la protección del medio ambiente. En un simposio del OIEA celebrado en 1996 se debatió este tema.\*\*\* Como reconocimiento al actual debate, el Organismo celebrará una serie de consultas especializadas durante 1997 y 1998 con el objetivo de determinar cuál es el criterio que prevalece entre los Estados Miembros a este respecto. En dependencia del resultado de tales debates, un objetivo puede ser la elaboración de una norma de seguridad que incorpore el consenso internacional sobre este importante asunto.

\* *Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards*, Technical Reports Series No. 332, OIEA, Viena (1992).

\*\* Comisión Internacional de Protección Radiológica, 1990. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60, Annals of the ICRP 21 (1-3) Pergamon Press, Oxford (1991).

\*\*\* Véase "Repercusiones ambientales de las liberaciones radiactivas: Estudio de problemas mundiales" *Boletín del OIEA*, Vol. 38 No. 1 (1996).

## Evaluación radiológica: Evacuación de desechos en los mares árticos

*Resumen de los resultados de un estudio apoyado por el OIEA sobre las consecuencias radiológicas del vertimiento de desechos radiactivos de actividad alta en los mares árticos*

Hace casi cinco años, en 1992, la atención internacional se centró en informes de prensa sobre el hecho de que durante más de tres decenios la antigua Unión Soviética había venido vertiendo desechos radiactivos en las aguas poco profundas de los mares árticos. La noticia suscitó preocupación general, especialmente en los países con costas en esos mares.

A nivel mundial, el OIEA respondió con la propuesta de realizar un estudio internacional para evaluar las repercusiones del vertimiento en la salud y el medio ambiente. La propuesta recibió el apoyo de la decimoquinta Reunión Consultiva de las Partes Contratantes en el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres de 1972), auspiciada por la Organización Marítima Internacional (OMI) con sede en Londres. La Reunión Consultiva pidió que el estudio incluyera el examen de posibles medidas correctoras, como la recuperación de los desechos para almacenarlos en tierra.

Poco después, en 1993, el OIEA inició el Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos (IASAP).<sup>\*</sup> Sus principales objetivos eran evaluar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente asociados a los desechos radiactivos vertidos en los mares de Kara y Barents; y examinar las posibles medidas correctoras relacionadas con los desechos vertidos y dar asesoramiento acerca de si son necesarias y se justifican. Con la participación de más de 50 expertos de 14 países y dirigido por un Grupo Asesor Internacional, el estudio concluyó a finales de 1996. Financiado parcialmente con fondos extrapresupuestarios de los Estados

Unidos, el proyecto fue coordinado con la labor del Grupo de Expertos de Noruega y Rusia encargado de investigar la contaminación radiactiva en las zonas septentrionales. En el presente artículo se resumen los resultados y conclusiones del IASAP, sobre la base del Resumen Ejecutivo del informe final del estudio.

### Lo que se examinó en el estudio

Por conducto de un programa coordinado de investigaciones, contratos técnicos, servicios de asesoramiento y otros mecanismos, el estudio reunió a una amplia gama de especialistas de diversas disciplinas. El enfoque adoptado se centró concretamente en:

- Examinar la situación radiológica actual de las aguas árticas a fin de evaluar las pruebas indicadoras de liberaciones procedentes de los desechos vertidos;
- Predecir las posibles liberaciones futuras procedentes de los desechos vertidos concentrándose en los objetos de desechos sólidos de actividad alta que contienen la mayor parte del inventario de radionucleidos de los desechos;
- Elaborar modelos de la diseminación ambiental de los nucleidos liberados y evaluar las repercusiones radiológicas conexas en el hombre y la biota;
- Examinar la viabilidad, los costos y los beneficios de las posibles medidas correctoras aplicadas a un determinado objeto de desecho de actividad alta.

Sobre la base de la información contenida en el "Libro Blanco del Presidente de Rusia" (Realidades y problemas en torno a la evacuación de desechos radiactivos en los mares adyacentes al territorio de la Federación de Rusia, 1993)

El presente artículo se basa en el Resumen Ejecutivo del estudio del IASAP, elaborado por el Grupo Asesor del proyecto. La Sra. K.-L. Sjöblom de la Sección de Seguridad de los Desechos de la División de Seguridad Radiológica y Desechos del OIEA, actuó como oficial de proyectos del IASAP.

<sup>\*</sup> En un artículo de K.-L. Sjöblom y G.S. Linsley publicado en el Vol. 37, N° 2 (1995) del *Boletín del OIEA* se describen los antecedentes y la situación inicial del estudio del IASAP.

se calculó que la cantidad total de desechos radiactivos vertidos en los mares árticos haya sido de unos 90 PBq ( $90 \cdot 10^{15}$  Bq) en el momento del vertimiento. Los objetos vertidos incluyeron seis reactores de submarinos nucleares, con combustible gastado; un conjunto de blindaje procedente del reactor de un rompehielos, con combustible gastado; diez reactores nucleares sin combustible; y desechos sólidos y líquidos de actividad baja. Del inventario total estimado, los desechos de actividad alta, que comprendían reactores con y sin combustible gastado, contenían 89 PBq. Los desechos sólidos, incluidos los reactores antes mencionados, se vertieron en el Mar de Kara, fundamentalmente en los fiordos someros de Nueva Zembla, donde la profundidad de los lugares de vertimiento oscila entre 12 y 135 metros, y en la depresión de Nueva Zembla, a profundidades de hasta 380 metros. Se descargaron desechos líquidos de actividad baja en la zona de altamar de los mares de Barents y Kara. Por medio de contratos técnicos asignados a institutos rusos se obtuvo más información sobre las características de los desechos. No obstante, existen importantes lagunas en la información disponible. Por ejemplo, no se han ubicado o identificado de manera inequívoca todos los desechos de actividad alta vertidos que se mencionan en los documentos de la Federación de Rusia. Además, una parte de la información sobre, por ejemplo, la construcción de los reactores de los submarinos vertidos y su tipo de combustible siguió siendo confidencial. Por consiguiente, las conclusiones del estudio del IASAP sólo son válidas en el contexto de la información de conocimiento público en el momento en que concluyó el estudio.

Los resultados del estudio del IASAP se publicarán en el informe titulado *Evaluación de las repercusiones del vertimiento de desechos radiactivos en los mares árticos —Informe del Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos (IASAP)*. Además, se publicarán por separado informes con las conclusiones de tres grupos de trabajo diferentes: i) descripción ambiental y radiológica de los mares árticos; ii) evaluación del término fuente; iii) elaboración de modelos y evaluación de dosis. Según lo acordado en la decimoquinta Reunión Consultiva, el Resumen Ejecutivo del estudio se entregó a las Partes Contratantes en el Convenio de Londres de 1972.

### Situación radiológica actual

El examen de la situación radiológica actual en los mares árticos consistió en el análisis de la información obtenida durante una serie de cruceros conjuntos noruego-rusos, y otras expediciones internacionales al mar de Kara. Además, varios estudios oceanográficos y radiogeoquímicos, muchos de ellos relacionados con el estudio del IASAP,

proporcionaron nueva información sobre las condiciones y procesos físicos, químicos, radioquímicos y biológicos en los mares árticos.\* En comparación con algunas otras zonas marinas, la zona de altamar del Kara está relativamente libre de contaminación, y los principales contribuyentes a su contenido antropógeno de radionucleidos son la deposición atmosférica directa y la escorrentía de las cuencas colectoras de precipitaciones radiactivas globales provocadas por los ensayos de armas nucleares, las descargas provenientes de las plantas de reelaboración de Europa occidental, y la precipitación radiactiva debida al accidente de Chernobil.

Las mediciones de los materiales ambientales indican que las dosis individuales anuales de los radionucleidos antropógenos en los mares de Kara y Barents son sólo de entre 1 y 20 microsievert. En dos de los fiordos donde se vertieron desechos de actividad alta y baja se detectaron niveles elevados de radionucleidos en sedimentos situados a pocos metros de los contenedores de desechos de actividad baja, lo que indica que se han producido escapes de los contenedores. Con todo, estos escapes no han provocado un aumento mensurable de radionucleidos en las partes exteriores de los fiordos ni en la zona de altamar del Kara. Por tanto, los desechos vertidos tienen en estos momentos un efecto radiológico insignificante.

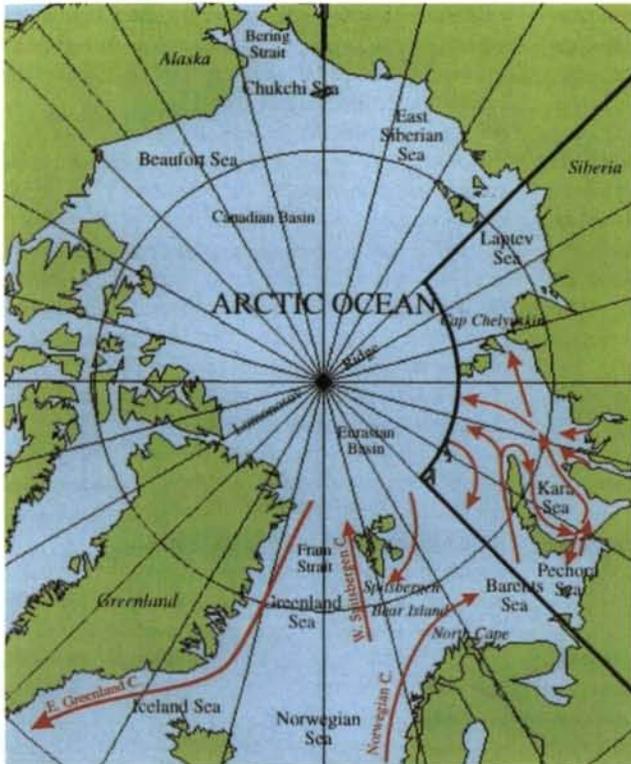
### Situación radiológica futura

La evaluación de los riesgos potenciales de posibles liberaciones futuras procedentes de los desechos vertidos se centró en los objetos de desecho de actividad alta que contenían la mayor parte del inventario de desechos radiactivos. Se estimaron las tasas de liberación de estos desechos y se evaluaron las dosis de radiación correspondientes para el hombre y la biota mediante modelos matemáticos para la transferencia de radionucleidos a través del medio ambiente.

**Inventarios de fuentes y tasas de liberación.** Se examinaron exhaustivamente las características de los reactores vertidos y sus historiales de explotación con miras a brindar escenarios adecuados de tasas de liberación que puedan emplearse como información básica para la elaboración de modelos de vías de transporte y exposición que permitan calcular el nivel de exposición para los seres humanos y la biota. Esta información, basada en los historiales de explotación de los reactores y los espectros de neutrones calculados, proporcionó estimaciones del producto de fisión, el producto de activación y los inventarios de actínidos de los reactores y conjuntos combustibles

\* Para mayor información sobre estudios ambientales del Ártico, véase el artículo de P. Povinec, I. Osvath, y M. Baxter, publicado en el Vol. 37, Nº 2 (1995) del *Boletín del OIEA*.

El Océano Ártico y los mares de Kara y Barents



El mapa de la derecha muestra los lugares de vertimiento de desechos de actividad alta en la costa oriental de Nueva Zemble; el mapa de la izquierda muestra las principales corrientes marinas de importancia para la evaluación radiológica de los mares árticos. (IAEA-MEL)

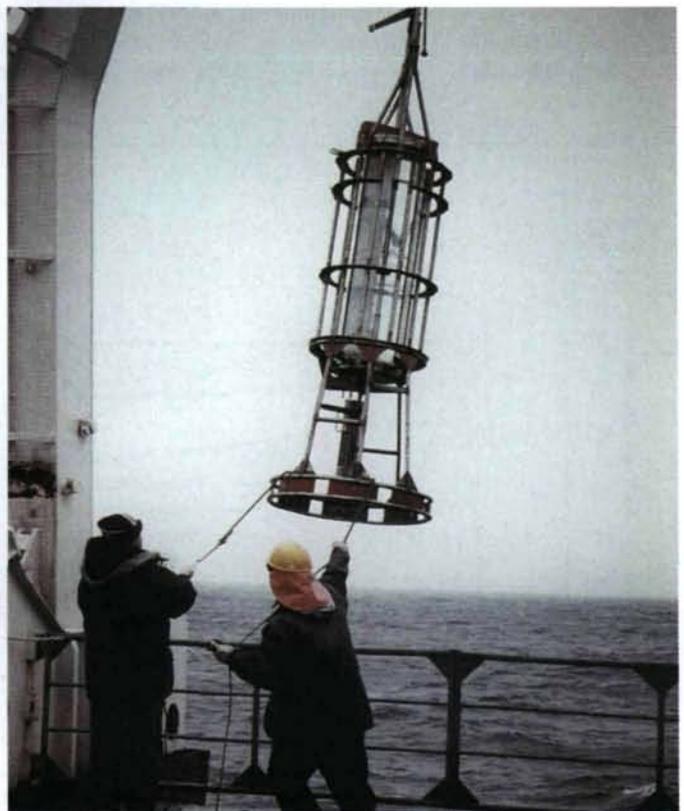
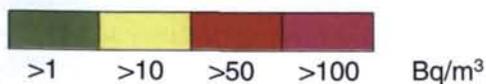
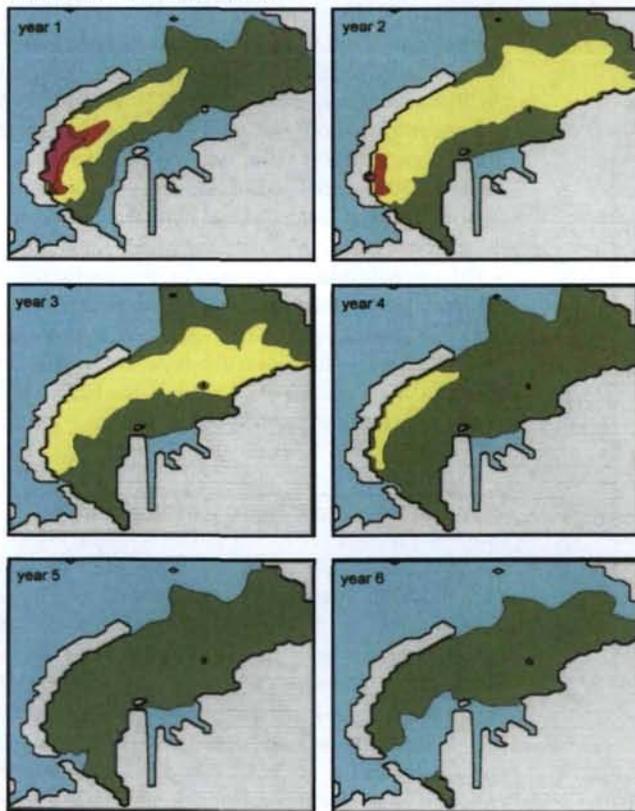


Foto: Especialistas en ciencias del mar toman muestras de agua de los mares árticos para su análisis. (IAEA-MEL) Gráficos: A la izquierda se muestran los pronósticos de las concentraciones de cesio 137 en el agua de mar durante los primeros seis años después de una liberación instantánea procedente de todos los lugares de vertimiento. Estos tipos de pronósticos se utilizaron para determinar las poblaciones potencialmente expuestas. (Ingo Harms/IAEA-MEL)

vertidos. Se llegó a la conclusión de que el inventario total de radionucleidos de los objetos de desechos radiactivos de actividad alta en el momento del vertimiento era de 37 PBq. La diferencia entre este valor y la estimación preliminar de 89 PBq que se consigna en el Libro Blanco de Rusia se puede explicar a partir de la información más precisa, proporcionada al IASAP por las autoridades rusas, sobre el historial real de explotación de los reactores. Se calculó que el inventario correspondiente de desechos de actividad alta vertidos era en 1994 de 4,7 PBq, de los cuales el 86% son productos de fisión; el 12%, productos de activación, y el 2%, de actínidos. Los principales radionucleidos en esas categorías eran estroncio 90, cesio 137, níquel 63, y plutonio 241, respectivamente.

Las tasas de liberación de radionucleidos al medio ambiente dependerán de la integridad de los materiales que forman la estructura del reactor, las barreras añadidas antes del vertimiento, y el propio combustible nuclear. En el caso de cada uno de los objetos de desechos de actividad alta vertidos se investigó pormenorizadamente la construcción y composición de las barreras, se determinaron los puntos débiles y se emplearon las estimaciones óptimas de las tasas de corrosión y vida nominal de las barreras para calcular las tasas de emisión. Sucesos externos, como el choque con buques o, en términos más generales, el enfriamiento global tras la erosión glacial de los fiordos, podrían dañar la contención. Ello provocaría liberaciones más rápidas de

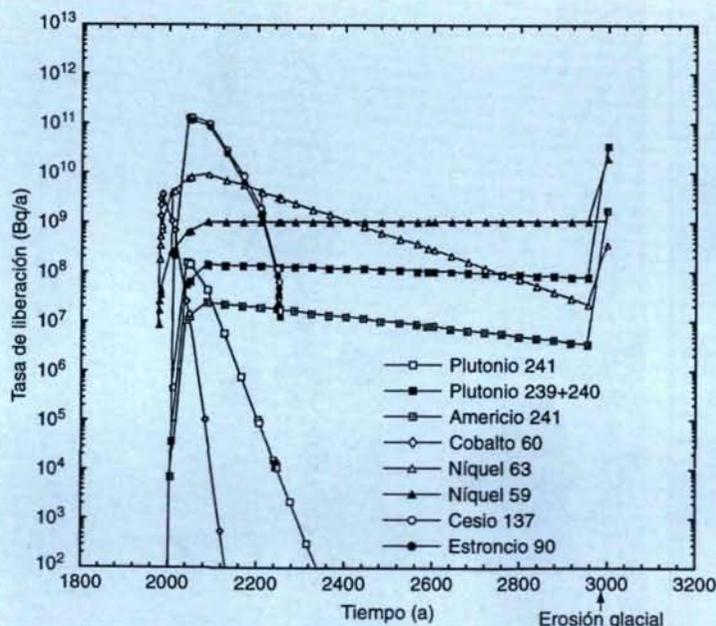
radionucleidos al medio ambiente. Para representar correctamente la posible gama de tasas de liberación al medio ambiente, se tomaron en cuenta tres escenarios de liberación:

- un escenario de *estimación óptima* —la liberación se produce por la corrosión gradual de las barreras, los contenedores de desechos y el propio combustible;
- un escenario *pesimista plausible* —corrosión gradual normal seguida de la fractura catastrófica de dos fuentes en un mismo lugar de vertimiento (el contenedor de combustible y el compartimiento del reactor del rompnieles) en el año 2050, seguida de la liberación acelerada del resto del inventario de radionucleidos de esas fuentes; y
- un escenario de *cambio climático* —corrosión hasta el año 3000 seguida de liberación instantánea, debida a la erosión glacial, del inventario de radionucleidos restante en todas las fuentes.

Cabe destacar que no se intentó asignar probabilidades a los sucesos descritos en el escenario pesimista plausible ni en el de cambio climático, y las consecuencias se han evaluado partiendo del supuesto de que tales sucesos ocurrirán en los años señalados.

En el escenario de estimación óptima, la tasa de liberación combinada procedente de todas las fuentes alcanza su punto máximo en alrededor de 3000 GBq/a (GBq=10<sup>9</sup> Bq) dentro de los próximos 100 años, y tiene un segundo punto máximo de alrededor de 2100 GBq/a dentro de unos 300 años. Durante la mayor parte del tiempo restante, las tasas de liberación totales oscilan entre 2 y 20 GBq/a. En el escenario *pesimista plausible* se produce un escape abrupto de 110 000 GBq, seguido de liberaciones de entre 100 y 1000 GBq/a durante los próximos cientos de años debido a la liberación acelerada de radionucleidos del contenedor del combustible y del compartimiento del reactor del rompnieles nuclear. En el escenario de *cambio climático*, que presupone que la erosión glacial ocasiona una liberación instantánea del resto del inventario de todos los desechos en un lapso de 1000 años, se liberan alrededor de 6600 GBq.

**Ejemplos de tasas de liberación pronosticadas**



**Ejemplos de pronósticos de tasas de liberación relacionadas con el escenario de cambio climático aplicado a un solo reactor vertido en la depresión de Nueva Zembla. Se supone que la corrosión provoquela liberación de diferentes radionucleidos hasta el año 3000 cuando, debido a la erosión glacial, se da por sentado que se destruyan por completo todas las barreras y se libere el resto del inventario. (Neil Lynn, Royal Naval College, UK/Akira Wada, Universidad Nihon, Japón)**

**Elaboración de modelos y evaluación**

Las tasas de liberación calculadas se emplearon con modelos matemáticos del comportamiento ambiental de los radionucleidos para estimar las dosis de radiación para la población y la biota. Se adoptaron diferentes enfoques para la elaboración de modelos, y en el ejercicio participaron expertos de diversos países y del OIEA. Se trabajó considerablemente en la síntesis de la información existente sobre ecología marina, oceanografía y sedimentología de la zona seleccionada como base para la elaboración de modelos. Se comprobó la existencia de procesos específicos característicos de la zona y, por consiguiente, de posible importancia para

**Dosis individuales anuales totales máximas para grupos de población seleccionados**  
(Dosis en microsievert)

Escenario	Dosis anuales para los consumidores de alimentos marinos (Grupos 1 y 3)	Dosis anuales para el personal militar (Grupo 2)
Escenario de estimación óptima	< 0,1	700
Escenario pesimista plausible	< 1	4000
Escenario de cambio climático	0,3	3000

*Notas:*

1 microsievert =  $10^{-6}$  Sv.

Perspectivamente, las dosis anuales para los grupos críticos 1 y 3 procedentes del polonio 210 natural en alimentos marinos son de 500 y 100 microsievert, respectivamente.

La dosis anual media total mundial procedente de la radiación natural de fondo es de 2400 microsievert.

su incorporación en modelos. Dada la necesidad de ofrecer predicciones sobre escalas espaciales y cronológicas muy diversas, se elaboraron diferentes modelos para la dispersión de radionucleidos en y desde el Océano Artico.

Se adoptaron dos enfoques principales de elaboración de modelos: los modelos de compartimiento o de cuadrículas y los modelos de circulación hidrodinámicos. Además, se elaboró y aplicó un modelo híbrido (empleando la estructura de compartimento, pero a una escala espacial bien definida). Al elaborar el modelo de la dispersión advectiva y difusiva, los modelos de compartimiento proporcionan predicciones de escalas cronológicas largas, promediadas en espacio y de campo lejano, mientras que los modelos hidrodinámicos arrojan resultados de escalas cronológicas cortas, determinadas localmente.

Se prestó especial atención a una de las vías de transporte más deficientemente cuantificadas, a saber, el transporte de hielo marino. Un sencillo cálculo del modelo, o ejercicio de evaluación de la magnitud del problema, demostró que, en el caso de las fuentes de desechos radiactivos aquí analizadas el transporte de hielo marino constituiría sólo un pequeño aporte a la dosis individual en comparación con el transporte de radionucleidos en el agua.

Para estimar las dosis para los individuos se examinaron tres grupos de población. Se efectuaron los cálculos de las dosis individuales para los períodos que abarcan las tasas de dosis individuales máximas para cada uno de los tres escenarios anteriormente determinados. Se definieron tres grupos:

**Grupo 1.** Un grupo que vive en los estuarios de Obi y Yenisei y en las penínsulas de Taimyr y Yamal, cuya subsistencia depende en gran medida del consumo de pescado, mamíferos marinos, aves marinas y sus huevos, capturados localmente en el Mar de Kara, y que pasa 250 horas por año en la costa. Estos hábitos también son típicos de otras comunidades que dependen de la pesca de subsistencia asentadas en otros países limítrofes con el Artico.

**Grupo 2.** Un grupo hipotético de personal militar que patrulla las costas de los fiordos que contienen materiales radiactivos vertidos, por períodos

supuestos de 100 horas al año. Las vías de exposición consideradas incluyen la radiación externa y la inhalación de rocío de mar y sedimentos en doble suspensión.

**Grupo 3.** Un grupo de consumidores de alimentos marinos considerado como representativo de la población de la región septentrional de Rusia en la península de Kola, que consume pescado, moluscos y crustáceos capturados en el mar de Barents. No se tomó en consideración el consumo de algas o mamíferos marinos ni la radiación externa.

**Dosis individuales anuales totales máximas para grupos de población seleccionados**

En los tres escenarios, las dosis individuales anuales máximas de cada grupo crítico de consumidores de alimentos marinos (Grupos 1 y 3) son pequeñas y muy inferiores a las variaciones en las dosis de radiación natural de fondo. (Véase el cuadro.) Las dosis para el grupo crítico hipotético del personal militar que patrulla los fiordos (Grupo 2) son más elevadas, pero aun así, son comparables con las dosis de radiación natural de fondo.

Las dosis colectivas se estimaron solamente para el escenario de *estimación óptima* de la tasa de liberación. Se calculó la dosis colectiva para la población mundial debida a la dispersión de radionucleidos en los océanos del mundo (nucleidos distintos del carbono 14 y el yodo 129) para dos períodos: i) hasta el año 2050 para proporcionar información sobre la dosis colectiva para la generación actual; y ii) en los próximos 1000 años, lapso que abarca las liberaciones máximas estimadas.

Ante la incertidumbre cada vez mayor para predecir futuros sucesos, procesos y acontecimientos, se consideró que no tenía sentido prolongar la evaluación más allá de 1000 años. Las dosis colectivas estimadas son de 0,01 Sv-hombre y 1 Sv-hombre, respectivamente, en ambos períodos. Los cálculos ilustran en cierta medida la distribución temporal de la dosis.

Se emplearon modelos de circulación general adecuados para calcular las dosis colectivas del

### Principales conclusiones del Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos

- **La labor de vigilancia ha demostrado que las liberaciones procedentes de objetos vertidos identificados son pequeñas y se circunscriben a la cercanía inmediata de los lugares de vertimiento.** En general, los niveles de radionucleidos artificiales en los mares de Kara y Barents son bajos y las dosis de radiación asociadas son insignificantes al compararlas con las de fuentes naturales. Las mediciones ambientales indican que las actuales dosis individuales anuales provenientes de todos los radionucleidos artificiales en los mares de Barents y Kara son a lo sumo de 1 a 20 microsievert. Los principales factores contribuyentes son la precipitación radiactiva mundial procedente de los ensayos de armas nucleares, las descargas de las plantas de reelaboración de combustible nuclear en Europa occidental, y la precipitación radiactiva del accidente nuclear de Chernobil.
- **Las dosis futuras proyectadas para los miembros del público en grupos de población locales típicos debidas a los desechos radiactivos vertidos en el mar de Kara son muy pequeñas, o sea, de menos de 1 microsievert.** Las dosis futuras proyectadas para un grupo hipotético de personal militar que patrulle las costas de los fiordos en los que se han vertido desechos son más elevadas, de hasta 4000 microsievert, pero así y todo, del mismo orden que la dosis media de radiación natural de fondo.
- **Las dosis para la fauna marina son insignificantes, de órdenes de magnitud por debajo de los que cabría esperar que tuvieran efectos nocivos sobre la fauna.** Además, estas dosis llegan solamente a una pequeña proporción de las poblaciones de la fauna local.
- **Las medidas correctoras no se justifican por razones radiológicas.** Sin embargo, deben mantenerse los controles sobre la ocupación de playas y el uso de recursos e instalaciones marinos costeros en los fiordos de Nueva Zembla utilizados como lugares de vertimiento. Se especifica esta condición para tener en cuenta las preocupaciones relacionadas con la posibilidad de que inadvertidamente se alteren o recuperen objetos de desechos de actividad alta y la protección radiológica del grupo hipotético de individuos que ocupan las playas adyacentes a los fiordos.

### Recomendaciones del Proyecto internacional de evaluación de los mares árticos

- Debería tratarse de localizar e identificar todos los objetos de desechos de actividad alta.
- Debería mantenerse el control institucional sobre el acceso y las actividades en los medios terrestre y marino de los fiordos de Nueva Zembla y sus alrededores en que se han vertido desechos.
- Si en algún momento en el futuro se propusiera el levantamiento del control institucional sobre las zonas de los fiordos y sus alrededores, debería hacerse previamente una evaluación de las dosis para cualesquiera nuevos grupos de individuos que puedan encontrarse potencialmente en situación de riesgo.
- Para detectar cualesquiera cambios en el estado de los desechos de actividad alta vertidos, debería considerarse la posibilidad de ejecutar un programa de vigilancia ambiental limitado en los lugares de vertimiento.

carbono 14 y el yodo 129, que son de período largo y de circulación general en los medios acuático, atmosférico y terrestre. Al suponer que todo el inventario de carbono 14 de los desechos se libere alrededor del año 2000 e integrar la dosis a la población mundial a lo largo de 1000 años (es decir, hasta el año 3000), la dosis colectiva será de unos 8 Sv-hombre. El valor correspondiente para el yodo 129 es muy inferior a 0,0001 Sv-hombre. Así, en los próximos 1000 años, la dosis colectiva total para

la población mundial procedente de todos los radionucleidos de los desechos radiactivos vertidos es del orden de 10 Sv-hombre. En cambio, en otros estudios se estima que la dosis colectiva anual para la población mundial procedente del polonio 210 natural marino es superior en alrededor de tres órdenes de magnitud. También resulta ilustrativo comparar la dosis colectiva asociada a los desechos vertidos en el mar de Kara con la dosis colectiva estimada para los desechos radiactivos de actividad baja vertidos en el Atlántico nororiental. La dosis colectiva para la población mundial es de 1 Sv-hombre durante 50 años y de 3000 Sv-hombre durante 1000 años a partir de esta última práctica.

Se calcularon las tasas de dosis de radiación para diversas poblaciones de organismos silvestres, desde zooplancton hasta ballenas, y se observó que resultaron muy bajas. Las tasas de dosis máximas pronosticadas en esta evaluación son de alrededor de 0,1 miligray por hora, tasa de dosis que se considera improbable que entrañe efecto nocivo alguno en la morbilidad, la mortalidad, la fecundidad, la fertilidad, y la tasa de mutación que pueda influir en el mantenimiento de poblaciones saludables. También cabe apuntar que las liberaciones pudieran afectar sólo una pequeña parte de la población de biota en los ecosistemas locales.

### Opciones correctoras

**Viabilidad y costos.** Se efectuó un estudio preliminar de viabilidad técnica y costos en relación con cinco opciones correctoras para el contenedor

de combustible gastado del rompehielos nuclear. Se escogió esta fuente porque contiene la mayor existencia de radionucleidos entre los objetos de desechos vertidos y es la mejor documentada con respecto a la construcción y las barreras de contenedores introducidas.

Las cinco opciones específicas que se seleccionaron inicialmente para su evaluación eran las siguientes:

**Opción 1.** Inyección de material para reducir la corrosión y proporcionar una barrera adicional a la liberación.

**Opción 2.** Recubrimiento impermeable en el lugar con hormigón u otro material idóneo a fin de encapsular el objeto.

**Opción 3.** Recuperación hacia un entorno terrestre.

**Opción 4.** Evacuación en una caverna subacuática en la costa de Nueva Zemblea.

**Opción 5.** Recuperación y transporte subacuático hacia un lugar de gran profundidad oceánica.

Tras examinar estas opciones, expertos en salvamento descartaron las opciones 1, 4 y 5. Se eliminó la opción 1 porque el bulto de combustible gastado había sido llenado previamente con un polímero especial, Furfurol (R), que podría dificultar la inyección de material adicional. La opción 4 no se siguió examinando porque la creación de una caverna subacuática sería una propuesta demasiado cara para una sola fuente recuperada y habría que justificarla en un contexto más amplio. Se descartó la opción 5 porque, por una parte, no es seguro que conforme al Convenio de Londres de 1972 se pueda obtener un permiso especial para una operación que requiera un segundo vertimiento de un objeto de desecho de actividad alta en el océano y, por la otra, el transporte subacuático en alta mar entrañaría el riesgo innecesario de perder el bulto durante su traslado hacia un nuevo lugar de evacuación.

Por tanto, la evaluación ulterior de las medidas correctoras se limitó a las dos opciones restantes, es decir, el recubrimiento impermeable en el lugar, y la recuperación para su tratamiento o evacuación en tierra. Se estimó que ambas opciones eran técnicamente viables. Se calculó que el costo de las operaciones marinas oscilaría entre 6 millones y 10 millones de dólares de los EE.UU. En la opción de recuperación, debe tenerse en cuenta que habría que incurrir en importantes gastos adicionales, además de los aquí analizados, por concepto de transporte, tratamiento, almacenamiento y/o evacuación ulteriores en tierra. Se consideró la exposición a las radiaciones del personal participante en las medidas correctoras, así como la probabilidad de un accidente de criticidad. Se llegó a la conclusión de que, con las debidas precauciones y los estudios técnicos propuestos como base para la aplicación de medidas correctoras, los riesgos radiológicos para el personal participante en las medidas correctoras no serían significativos.

**Consideraciones en torno a la protección radiológica para justificar las medidas correctoras.**

Los conceptos básicos de protección radiológica pertinentes a este proyecto son los recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) e incorporados en las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación* (NBS) del OIEA y otras organizaciones internacionales. En estos documentos se establecen dos clases de situación en que los seres humanos pueden verse expuestos a las radiaciones: aquellas en que las medidas de protección se pueden prever con perspectiva, antes de que se introduzcan las fuentes de exposición; y otras en que las fuentes de exposición ya están presentes y hay que considerar las medidas de protección de manera retrospectiva. Se les define, respectivamente, como prácticas e intervenciones.

La situación examinada en el estudio del IASAP corresponde a la categoría de intervenciones. En este caso, la intervención podría aplicarse en principio a la fuente o, después de una liberación de radionucleidos, a las vías de exposición ambiental mediante las cuales podrían quedar expuestos los seres humanos. La intervención en la fuente podría incluir, por ejemplo, barreras protectoras adicionales para los objetos de desecho a fin de impedir la liberación de radionucleidos. La intervención aplicada a las vías de exposición ambiental pudiera consistir en la restricción del consumo de alimentos contaminados y/o el acceso limitado a zonas contaminadas. En cualquiera de los casos, se requiere que las medidas correctoras se justifiquen sobre la base de que la intervención sea más beneficiosa que nociva, es decir, que las ventajas de intervenir, incluida la reducción del detrimento radiológico, tengan más peso que las desventajas correspondientes, con inclusión de los costos y el detrimento para los que participan en las medidas correctoras. Además, debería optimizarse la forma y la escala de cualquier intervención a fin de producir los máximos beneficios netos.

Es preciso analizar algunos factores antes de adoptar una decisión sobre la necesidad de medidas correctoras. Desde la perspectiva de la protección radiológica, los aspectos más importantes son:

- Las dosis y los riesgos para los individuos más expuestos (el grupo crítico) si no se toman medidas y el grado en que su situación puede mejorar tomando medidas; y
- El efecto total para la salud de las poblaciones expuestas y hasta qué punto puede evitarse tomando medidas correctoras. El efecto total para la salud es proporcional a la dosis colectiva, es decir, la suma de dosis individuales en una población expuesta.

Los desechos radiactivos de actividad alta vertidos en el mar de Kara y en los fiordos adyacentes se encuentran en bultos independientes que se espera que tengan fugas en algún momento en el futuro. Por tanto, constituyen una situación de exposición crónica potencial en que la preocupación tiene que ver con incrementos futuros de la dosis

para los individuos expuestos como resultado de las liberaciones de radionucleidos procedentes de los desechos vertidos. Según el estado físico de esas fuentes, la intervención (aplicación de medidas correctoras) en la fuente es el proceder más viable y no la intervención en algún momento posterior en las vías de exposición ambiental. Es imprescindible que la intervención esté justificada y que se efectúe óptimamente.

En la actualidad no existen criterios internacionalmente convenidos que permitan invocar un requisito para la adopción de medidas correctoras en situaciones de exposición crónica, salvo en el caso de exposición del público al radón, gas radiactivo natural, en que las orientaciones internacionales recomiendan un nivel de acción a una dosis anual marginal que oscile entre 3 y 10 milisievert (3000 a 10 000 microsievert). La CIPR y el OIEA están elaborando orientaciones relacionadas con las aplicaciones a otros tipos de situación de intervención.

Según las predicciones, las fuentes de desechos radiactivos en los mares de Barents y Kara provocarán dosis anuales futuras de menos de 1 microsievert para los individuos de los grupos poblacionales que limitan con los mares de Kara y Barents. Se calcula que el riesgo de inducción de cáncer letal por una dosis de 1 microsievert sea de unos  $5 \cdot 10^{-8}$ , o sea, un riesgo insignificante. Por tanto, los miembros de las poblaciones locales no estarán expuestos a riesgos significativos debidos a los desechos vertidos. Las dosis futuras pronosticadas para los miembros del grupo hipotético del personal militar que patrulla las costas de los fiordos de Nueva Zembla son mayores que las pronosticadas para otros miembros del público y son comparables con las dosis procedentes de la radiación natural de fondo. (La dosis de radiación media anual debida a la radiación natural de fondo, incluida la exposición al radón es de 2400 microsievert.) Teniendo en cuenta que de ser necesario podría controlarse las dosis para este grupo hipotético, ninguna de las dosis individuales calculadas indica necesidad alguna de aplicar medidas correctoras.

Aunque los riesgos para cada individuo pueden ser insignificantes, cuando se suman a nivel de una población se puede predecir que surgirán algunos efectos para la salud como resultado de la exposición adicional. Se considera que esos efectos para la salud son proporcionales a la dosis colectiva debida a los

desechos radiactivos vertidos. La dosis colectiva para la población mundial durante los próximos 1000 años procedente de los desechos vertidos en los mares de Barents y Kara es del orden de 10 Sv-hombre. Si bien esta dosis colectiva calculada es pequeña, puede considerarse más a fondo antes de adoptar una decisión acerca de la necesidad de aplicar medidas correctoras. Un enfoque simplificado para evaluar la magnitud del problema de la dosis colectiva en un marco decisorio es asignar un valor monetario al detrimento de la salud que se evitaría si se aplicasen medidas correctoras. Si este enfoque indica que se podrían justificar las medidas correctoras, entonces también se justificaría un análisis más detallado en el que se examinen de manera más detenida los componentes de la dosis colectiva. Con la utilización de este enfoque se puede demostrar que las medidas correctoras aplicadas a la mayor de las fuentes (el bulto de combustible gastado del rompehielos nuclear) a un costo superior a los 200 000 dólares de los EE.UU. no parecerían reportar suficientes beneficios como para justificarlas. Puesto que costaría varios millones de dólares aplicar cualquiera de las medidas correctoras propuestas, es evidente que, sobre la base del estudio de la dosis colectiva, la medida correctora no está justificada.

En términos generales, desde el punto de vista de la protección radiológica, incluido el análisis de las dosis para la biota, no se justifica la medida correctora con respecto al material de desecho radiactivo vertido. Sin embargo, para la posible alteración o recuperación accidental de los objetos vertidos, y debido a que no son insignificantes las dosis potenciales para el grupo hipotético del personal militar que patrulla los fiordos de Nueva Zembla utilizados como lugares de vertimiento, esta conclusión depende de que se mantenga alguna forma de control institucional sobre el acceso y las actividades en las cercanías de dichos fiordos.

Por último, se señala que el análisis del estudio del IASAP se limitó a los aspectos radiológicos de la adopción de decisiones respecto de la necesidad de aplicar medidas correctoras. No se toman en cuenta las consideraciones políticas, económicas y sociales que deben formar parte importante del proceso de adopción de decisiones y que en gran medida son cuestiones que incumben a los gobiernos nacionales que tienen jurisdicción y responsabilidad en relación con los desechos radiactivos vertidos.

# Seguridad radiológica y de los desechos: Fortalecimiento de las capacidades nacionales

*Mediante un proyecto modelo de cooperación técnica,  
los países aplican un enfoque integrado para perfeccionar sus  
infraestructuras de seguridad*

por Paulo Barretto,  
Geoffrey Webb y  
Khammar Mrabit

Durante muchos años, el OIEA ha venido acopiando información sobre las infraestructuras nacionales para garantizar la seguridad en las aplicaciones de las tecnologías nucleares y de las radiaciones. En el curso de más de un decenio, de 1984 a 1995, más de 60 misiones de expertos realizadas por los Equipos de asesoramiento en protección radiológica (RAPAT), así como visitas técnicas complementarias y misiones de expertos, proporcionaron información relacionada especialmente con la seguridad radiológica. El programa RAPAT documentó la existencia de deficiencias significativas, y los informes proporcionaron datos básicos útiles para confeccionar las solicitudes nacionales de asistencia técnica del OIEA.

Sobre la base de esta experiencia y de subsiguientes análisis de política, el OIEA adoptó medidas encaminadas a evaluar de forma más sistemática las necesidades de asistencia técnica en esferas de la seguridad nuclear y radiológica. Como resultado de ello, se desarrolló un sistema integrado para evaluar más detalladamente las prioridades y necesidades nacionales con vistas a mejorar sus infraestructuras de seguridad radiológica y de los desechos.

Esa labor aprovecha la larga experiencia del Organismo en la prestación de ayuda en materia de seguridad por los canales de la cooperación y la asistencia técnicas. En virtud de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y proveer a la aplicación de estas normas a sus propias operaciones, así como a las operaciones en las que se utilicen los materiales, servicios,

equipo, instalaciones e información suministrados por el Organismo o a petición suya o bajo su control o dirección. Las normas de seguridad que se promueven son las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS)*, cuya última versión revisada se publicó en 1996. (Véase el recuadro de la página 32.) En cuanto a la asistencia técnica en esta esfera, en el Estatuto del OIEA se estipula, además, que la Junta de Gobernadores del Organismo considerará "la idoneidad de las normas de protección de salud propuestas para la manipulación y el almacenamiento de los materiales y el funcionamiento de las instalaciones", antes de aprobar los programas de cooperación técnica.

Partiendo de esta concepción, en el presente artículo se examina el enfoque de gestión integrado del OIEA y el establecimiento por éste de un proyecto modelo de cooperación técnica para mejorar las infraestructuras de seguridad radiológica y de los desechos en sus Estados Miembros, en el que participan actualmente más de 50 países.

**Objetivos del proyecto.** El concepto del proyecto modelo data de 1994; sin embargo, su alcance se ajustó y se fortaleció en cuanto a gestión y recursos financieros en el ciclo de programas de cooperación técnica correspondiente a 1996-1997. Su objetivo es brindar asistencia a países con una inadecuada infraestructura de seguridad radiológica y de los desechos, para que puedan cumplir con las normas de seguridad del OIEA, es decir, las NBS. El proyecto se basó en los resultados de las misiones RAPAT en 64 países, las cuales contribuyeron a elevar la conciencia sobre los temas referidos a la seguridad radiológica, así como en la labor de numerosas misiones de expertos en protección radiológica realizadas en los últimos cinco años.

Una de las primeras medidas que se tomaron para ejecutar el proyecto fue definir más claramente

El Sr. Barretto es Director de la División de Programas de Cooperación Técnica del OIEA, el Sr. Webb es Jefe de la Sección de Seguridad Radiológica del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA, y el Sr. Mrabit es e Coordinador de Cooperación Técnica en materia de Seguridad Nuclear del Departamento de Seguridad Nuclear.

el concepto de infraestructura adecuada de seguridad radiológica y de los desechos. Era menester hacerlo respecto de diversas aplicaciones de las radiaciones, desde los simples usos industriales y médicos que existen en cada país hasta el ciclo completo del combustible nuclear, que se realiza sólo en un número relativamente pequeño de países en desarrollo. Esta labor dio lugar a la preparación de un documento titulado "Guidance for the assessment of radiation protection and safety infrastructures in developing Member States and strategies for enhancement of infrastructure", en el que se exponen los elementos básicos de las infraestructuras de protección radiológica. Entre estos elementos se encuentran el marco legislativo y la estructura reguladora, los requisitos que deben cumplir los usuarios y los requisitos de equipo y procedimientos. En el documento se considera que los países que realizan actividades del ciclo del combustible nuclear deben poseer una infraestructura de protección radiológica y seguridad nuclear completamente desarrollada, mientras que los requisitos exigidos a otros países varían según los niveles en que utilicen las tecnologías nucleares y de las radiaciones.

Durante la preparación del documento, también se analizaron los mecanismos necesarios para evaluar las infraestructuras de cada país participante en el proyecto modelo. Se adoptaron decisiones sobre las medidas que se deben tomar para que cada país

alcance un nivel adecuado y sobre la forma de materializar la prestación de asistencia técnica y verificar sus resultados.

Un elemento fundamental de este proceso, que figura en el documento, fue asignar funcionarios del Departamento de Seguridad Nuclear y oficiales de proyecto del Departamento de Cooperación Técnica con responsabilidades integradas. Los principales objetivos son acopiar y evaluar información sobre la infraestructura de seguridad actual, crear y mantener los perfiles nacionales de seguridad, formular y aplicar planes de acción sobre seguridad nacionales necesarios para corregir las deficiencias de los elementos de la infraestructura o crear los no existentes, fiscalizar las mejoras en la infraestructura de seguridad, y mantener una infraestructura eficaz y desarrollarla para otros usos de las radiaciones.

En 1994 se previó originalmente que cinco o seis países participaran cada año en el proyecto modelo. Sin embargo, el material reunido posteriormente indicó que más de 50 países necesitaban ayuda. (Véase el cuadro.) Por lo tanto, fue necesario hacer ajustes de programación y gestión ya que demoraría más de un decenio alcanzar los objetivos planteados a partir de un criterio que concentrara la ayuda en cinco o seis países al año. De este modo, se elaboró un enfoque de gestión integrado a fin de lograr que para el año 2000 la mayoría de los países participantes contaran con infraestructuras de seguridad radiológica y de los desechos adecuadas. En apoyo al nuevo enfoque, el Departamento de Cooperación Técnica designó a cuatro "directores regionales extrasede", que se encuentran ubicados en Addis Abeba, Etiopía (para el grupo africano); Beirut, el Líbano (para el grupo del Asia occidental y oriental); San José, Costa Rica (para el grupo latinoamericano) y Bratislava, República Eslovaca (para el grupo europeo).

En todos los países participantes se han efectuado evaluaciones para determinar los puntos débiles de sus infraestructuras, como por ejemplo, información insuficiente —o incluso, total ausencia de información— sobre las fuentes de radiación del país, y deficiencias en los reglamentos de seguridad radiológica y de los desechos, en los servicios de dosimetría del personal, así como en la calibración y el estado de reparación del equipo. Los directores regionales extrasede analizaron las deficiencias con las autoridades nacionales, como parte de las medidas para preparar planes de acción sobre seguridad detallados. La mayoría de los países participantes ya han elaborado y aprobado dichos planes y han comenzado a aplicarlos.

**Países que participan en el Proyecto Modelo para perfeccionar la infraestructura de seguridad radiológica y de los desechos**

Africa	Asia oriental y el Pacífico	América Latina	Europa	Asia Occidental
Camerún	Bangladesh	Bolivia	Albania	Afghanistan
Côte d'Ivoire	Mongolia	Costa Rica	Armenia	Emiratos
Etiopía	Myanmar	El Salvador	Belarús	Arabes Unidos
Gabón	Sri Lanka	Guatemala	Bosnia y Herzegovina	Kazakstán
Ghana	Viet Nam	Haiti	Chipre	Libano
Madagascar		Jamaica	Estonia	Qatar
Malí		Nicaragua	Georgia	Qatar
Mauricio		Panamá	Lituania	Yemen
Namibia		Paraguay	Moldova	Kyrgyzstán*
Níger		República Dominicana	ex República de Macedonia	
Nigeria				
Senegal				
Sierra Leona				
Sudán				
Uganda				
Zaire				
Zimbabwe				

\* No es Estado Miembro del Organismo

Nota: Recientemente Colombia y Siria solicitaron al Organismo retirarse del Proyecto Modelo e ingresar a él, respectivamente.

**Obligaciones nacionales**

Cabe destacar que en el proyecto modelo se presupone que los gobiernos y las autoridades

nacionales están dispuestos a cumplir las obligaciones que les corresponden a tenor del Preámbulo de las NBS, sobre todo la obligación de cada gobierno de crear una infraestructura nacional que abarque, entre otros aspectos:

- una legislación y/o reglamento nacional adecuado (el tipo de sistema de reglamentación dependerá de las dimensiones, la complejidad y las consecuencias que en materia de seguridad tengan las prácticas y fuentes sometidas a reglamentación, así como de las tradiciones del país en la esfera de la reglamentación);
- una autoridad reguladora facultada y autorizada para inspeccionar a los que utilizan las radiaciones, así como para hacer cumplir la legislación y/o los reglamentos;
- recursos adecuados; y
- personal capacitado en número suficiente.

La primera meta que el proyecto modelo deberá alcanzar en 1997 es la creación de un sistema de notificación y autorización conforme a lo estipulado en las NBS. Los directores regionales extrase de deberán supervisar e informar el cumplimiento de cada país y, según lo previsto, en diciembre de este año el OIEA presentará a su Junta de Gobernadores un informe amplio sobre los avances logrados.

### Perfiles nacionales de seguridad

El objetivo del sistema de información de perfiles nacionales de seguridad es mantener y actualizar todos los datos de que dispone el Organismo sobre las infraestructuras nacionales de seguridad radiológica y de los desechos. Si bien el sistema cuenta con una base de datos que se pondrá a disposición de todos los interesados, no se limita solamente a ésta. También incluye el acopio de información impresa como leyes y reglamentos, informes de misiones, documentos que describen la situación y otra documentación, así como planes de acción sobre seguridad pertinentes. La estructura básica del sistema es un cuestionario, cuyas respuestas constituyen la fuente principal de que se nutre la base de datos computadorizada. En un inicio, este cuestionario se rellenaba en lo posible en el Organismo y después se enviaba a la contraparte en el país para que lo completara. El cuestionario y la base de datos resultante abarcan las siguientes secciones principales:

- infraestructura orgánica;
- situación jurídica y de reglamentación, incluida la capacitación;
- alcance de las prácticas en que se emplean radiaciones ionizantes;
- disposiciones sobre dosimetría individual;
- control de la exposición del público;
- protección radiológica y seguridad de los pacientes en el diagnóstico y la terapia médicos;
- transporte del material radiactivo;

- planificación y preparación para emergencias radiológicas; y
- garantía de calidad.

La base de datos permite incorporar las respuestas del país a las preguntas del cuestionario y valorarlas para determinar la situación de su infraestructura. El perfil nacional de seguridad sólo será del todo eficaz si se mantiene permanentemente actualizado. La entrega de información para lograrlo es una de las responsabilidades de los directores regionales extrase de y de los oficiales de seguridad designados por país. La responsabilidad del mantenimiento de la base de datos recae en el Coordinador de Cooperación Técnica en materia de Seguridad Nuclear.

### Planes de acción sobre seguridad para cada país

Los planes de ejecución se desarrollan a partir de un análisis de los cuestionarios respondidos, con arreglo a los requisitos planteados para una infraestructura adecuada. Se determina y documenta qué elementos faltan o son deficientes a fin de preparar un plan de acción de seguridad específico para cada país. El plan comprende las medidas que el país debe tomar para llegar a tener una infraestructura completa y adecuada que se corresponda con sus aplicaciones de radiaciones ionizantes actuales y previstas.

Una vez que el Departamento de Cooperación Técnica recibe la aprobación del plan de acción por parte del gobierno, comienza a ejecutar las actividades programadas. Hasta comienzos de 1997, más del 90% de los países participantes habían aprobado oficialmente los planes



Los sistemas de seguridad deben ser capaces de prevenir accidentes como este, en que un operador trataba de extraer un bulto atascado en una instalación de irradiación con la fuente expuesta.

de acción que el Organismo preparó en consulta con ellos.

Dichos planes comprenden actividades genéricas y específicas. Las primeras se aplican a todos los países y tienen como prioridad máxima la notificación, la autorización y el subsiguiente control de todas las fuentes de radiación del país, cualquiera que sea su uso. Otras medidas posteriores abarcarán la protección de los trabajadores, de los pacientes que reciben tratamiento médico y del público frente a liberaciones al medio ambiente; planes de emergencia; arreglos de transporte; y otras esferas. Las segundas se ajustan a las necesidades particulares de cada país, como la capacitación del personal o el suministro del equipo necesario.

El desarrollo de los recursos humanos por la vía de la capacitación es un componente importante del proyecto modelo. No solo se refiere a la capacitación en el uso de tecnologías nucleares, sino también a la capacitación de administradores, reguladores, especialistas en protección radiológica y personal médico. La creación y sostenibilidad de una infraestructura adecuada para garantizar la seguridad radiológica y de los desechos dependen de las capacidades nacionales en estas esferas.

### Una base más firme para las mejoras

Se prevé que para fines de 1997 comience a

aplicarse el sistema completo de apoyo al proyecto modelo. Con ello el OIEA dispondrá de un sistema en línea totalmente documentado para evaluar la situación existente en cualquier país en lo tocante a su infraestructura de seguridad radiológica y de los desechos, así como de un conjunto de necesidades priorizadas y acordadas que deberán constituir la base de futuros proyectos de asistencia técnica. También se dispondrá de datos suficientes que permitan evaluar la capacidad del país para garantizar la seguridad de otros adelantos tecnológicos o elementos de equipo solicitado que puedan entrañar riesgos radiológicos.

Con el tiempo, el sistema deberá proporcionar una base más firme para la labor de cooperación del OIEA con sus Estados Miembros, así como para la prestación de asistencia técnica en esferas de la seguridad radiológica y de los desechos. Será posible encauzar mejor los esfuerzos por lograr que todo Estado Miembro que coopere activamente con el OIEA tenga una infraestructura de seguridad radiológica y de los desechos adecuada. Con arreglo a un plan de acción concertado, este trabajo abarcará medidas destinadas a determinar mejor las necesidades y requisitos, así como a ampliar el uso de los recursos con miras a fortalecer aún más las capacidades nacionales para garantizar la seguridad en las aplicaciones de las tecnologías nucleares y radiológicas con fines pacíficos.

### Normas de seguridad radiológica

Con independencia de la etapa de desarrollo de la tecnología nuclear en que se encuentre, cada país tiene el interés y la misión de garantizar el empleo seguro de las aplicaciones de las radiaciones y la evacuación de desechos radiactivos. A fin de controlar la exposición de los trabajadores, los pacientes médicos y el público a las radiaciones, en muchos países existen leyes y reglamentos respaldados por medidas administrativas e inspectores que velan por su cumplimiento. Igualmente importantes son las normas de seguridad radiológica internacionalmente acordadas. En cooperación con la Organización Mundial de la Salud, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización para la Agricultura y la Alimentación, la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, y la Organización Panamericana de la Salud, el OIEA elaboró las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación* (NBS). En 1996 se editó una versión actualizada.

En virtud de las NBS, la protección se basa en los principios de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, que pueden resumirse en los siguientes:

**Justificación de la práctica.** No debe aprobarse ninguna práctica que suponga la exposición a las radiaciones, a menos que produzca un beneficio superior a los daños que cause o pudiera causar.

**Optimización de la protección.** Las dosis de radiación y sus riesgos deben mantenerse en el nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, tomando en consideración los factores económicos y sociales. Se deben aplicar restricciones de dosis o riesgo para evitar una distribución injusta de éstos.

**Limitación del riesgo individual.** La exposición de los individuos no debe sobrepasar los límites de dosis especificados por encima de los cuales la dosis o el riesgo resultarían inaceptables.

# Evacuación de desechos radiactivos: Experiencias y retos mundiales

*Con la vasta experiencia adquirida en la evacuación de desechos radiactivos de actividad baja e intermedia, los países enfrentan nuevos retos*

Desde la primera vez que en el mundo se evacuaron desechos radiactivos en Oak Ridge, Tennessee, en 1944, se ha adquirido considerable experiencia en esta esfera. El primer emplazamiento de evacuación —previsto para “fragmentos de vidrio muy contaminados o materiales insuficientemente limpios como para poder ser utilizados en otros trabajos” — era un simple foso relleno con desechos sin acondicionar, ubicado en Oak Ridge. Durante las primeras etapas del desarrollo de la energía nucleoelectrica, se adoptaron enfoques similares en otras instalaciones nucleares y generadores de desechos de los Estados Unidos y otros países.

A nivel mundial, los actuales emplazamientos de evacuación de desechos radiactivos de actividad baja e intermedia (LILW) abarcan desde instalaciones cerca de la superficie hasta repositorios geológicos artificiales. Más de cien instalaciones de evacuación de LILW están o han estado en funcionamiento, y más de 42 repositorios se encuentran en alguna etapa de desarrollo en los Estados Miembros del OIEA. (Véase el cuadro de las páginas 38 y 39.)

A la par de estos progresos, ha surgido una serie de problemas y retos en los países que buscan opciones para la evacuación de desechos radiactivos. A nivel mundial, el OIEA ha orientado su labor a prestarles asistencia en ese sentido, promoviendo la transferencia de tecnologías, particularmente a los países en desarrollo. Esa labor trae consigo la compilación, resumen y difusión de información técnica actualizada, y el apoyo a programas coordinados de investigación sobre aspectos técnicos específicos. En ese contexto, en este artículo se presenta una reseña de la experiencia internacional en los sistemas de evacuación terrestre de LILW y se abordan los nuevos problemas y retos que afrontan actualmente los países en esta esfera.

## Prácticas y tendencias

**Selección del emplazamiento.** La selección del emplazamiento de una instalación de evacuación de desechos radiactivos se refiere al proceso de selección de un lugar adecuado que tenga en cuenta consideraciones técnicas y de otra índole. La lista de factores técnicos es extensa: geología, hidrogeología, geoquímica, tectónica y sismicidad, procesos de la superficie, meteorología, sucesos antropógenos, transporte de desechos, aprovechamiento de la tierra, distribución de la población y protección del medio ambiente. Actualmente, otro factor clave es la aceptación pública, sobre todo en los países industrializados donde la actitud “ecología, sí; en mi barrio, no”, puede obstaculizar la selección del emplazamiento de cualquier tipo de instalación de evacuación de desechos industriales y no sólo de desechos radiactivos. Esto ha hecho que los proyectistas presten mayor atención a los factores sociales en las primeras etapas del proceso de selección del emplazamiento. En algunos casos, se sitúan los repositorios en emplazamientos donde ya existen instalaciones nucleares; por ejemplo, Drigg (Reino Unido), Centre de la Manche (Francia), Rokkasho (Japón) y Olkiluoto (Finlandia). En algunos países se habla también del concepto de selección del emplazamiento para un repositorio multinacional-regional (tema en el que abundaremos más adelante). Sin embargo, factores políticos y preocupaciones públicas han frenado el desarrollo de repositorios regionales en el mundo.

Actualmente, en todo el mundo se han seleccionado al menos 17 emplazamientos para nuevos repositorios de LILW, algunos de los cuales ya están autorizados o en construcción, mientras en 17 países hay más de 25 en estudio. Uno de esos países es China, donde se proyecta la construcción de cuatro repositorios de LILW y se han seleccionado dos emplazamientos para las regiones noroccidental y meridional. El emplazamiento de evacuación de la región noroccidental está situado en una zona árida y poco poblada del Desierto de Gobi. En los Estados Unidos no se ha construido ningún repositorio

por Kyong Won Han, Jorma Heinonen y Arnold Bonne

El Sr. Bonne es Jefe de la Sección de Tecnología de los Desechos de la División de Energía Nucleoelectrica y del Ciclo del Combustible del OIEA, y los señores Heinonen y Han son Funcionarios de dicha División.

comercial nuevo para desechos de actividad baja desde que se aprobó la ley de 1980 sobre política de desechos radiactivos de actividad baja. En ocho estados de ese país, el proceso de selección de emplazamientos va avanzando. Ya se han seleccionado cuatro emplazamientos, a saber, los de Nebraska (Central Interstate compact), Carolina del Norte (Southeast Compact), California (Southwest Compact) y Texas (Texas Compact, pendiente), los cuales se encuentran ahora en proceso de concesión de licencias.

A fin de procurar la aceptación pública, los países adoptan diversos tipos de medidas. En Australia, el proceso de selección del emplazamientos de un repositorio artificial de LILW se caracteriza por un amplio proceso de consultas públicas. En Canadá, donde la oposición de la comunidad demoró la selección del emplazamiento de una instalación para la evacuación de desechos procedentes de las actividades de refinación de radio y uranio, el gobierno suspendió el primer proceso de selección de emplazamientos y estableció un programa de cooperación de cinco fases, cuya ejecución está a cargo de un grupo de trabajo independiente para la selección de emplazamientos. Este grupo trabaja en estrecha unión con los consejos municipales de las comunidades participantes, así como con grupos comunitarios de enlace que sirven de canales de información con el público en general. En Hungría, tras la interrupción de dos intentos de selección de emplazamientos, en 1992 la Comisión de Energía Atómica (CEA) de ese país emprendió un proyecto nacional de selección de emplazamientos para la evacuación de LILW. Siguiendo un criterio de voluntariedad, la CEA encontró comunidades que se ofrecieron para situar emplazamientos en sus territorios y en las cuales se han seleccionado seis de éstos. Esas comunidades participarán ahora en investigaciones minuciosas de los emplazamientos. En los Estados Unidos también se han adoptado criterios similares. Por ejemplo, en Connecticut, donde inicialmente hubo que enfrentar la resistencia pública, se modificó el proceso para que el público pudiera participar más en dos aspectos, a saber, "la selección y el control", lo que pueden influir en gran medida en la forma en que se percibe y recibe el proceso de selección de los emplazamientos.

**Factores de diseño.** El tipo de repositorio que finalmente se seleccione dependerá de las condiciones geológicas de cada país, así como de los requisitos específicos de evacuación y los métodos de reglamentación. Todos estos factores están vinculados al diseño de la instalación. En general, el diseño se propone limitar la liberación de contaminantes o radionucleidos a la biosfera; reducir al mínimo la exposición de los trabajadores y del público; y lograr que el mantenimiento durante la fase posterior a la clausura sea el menor posible. Esos objetivos pueden lograrse mediante componentes técnicos como los bultos de desechos, las estructuras artificiales, el emplazamiento en sí, o una combinación de éstos.

Algunas tendencias notables del diseño se relacionan con los adelantos tecnológicos en la esfera de la evacuación de desechos y las preocupaciones del público en materia de seguridad. Una tendencia general consiste en confiar más en la utilización de un sistema de barreras artificiales múltiples para contener los desechos. Dicho sistema incluye bóvedas de hormigón, materiales de relleno, barreras químicas, y medidas para la salida de los gases, el drenaje y las zonas tapón.

En el mundo se han diseñado diferentes tipos de instalaciones para LILW. Aproximadamente el 62% de los repositorios de LILW son instalaciones técnicas cerca de la superficie, es decir, a unos diez metros de la superficie terrestre; el 18% son instalaciones más simples cerca de la superficie; el 7%, cavidades subterráneas excavadas; y el 4%, repositorios geológicos. El tipo de instalación que finalmente se seleccione y diseñe dependerá de las características de los propios desechos, así como del emplazamiento, y de las estrategias nacionales y los factores sociales y económicos. A continuación se presentan breves reseñas de los diferentes diseños:

**Instalaciones simples cerca de la superficie.** Entre los ejemplos de este tipo de instalaciones se incluyen Barnwell (EE.UU.) y Vaalputs (Sudáfrica), las cuales se benefician de la baja tasa de permeabilidad de la capa de arcilla y/o la baja tasa de precipitaciones en el emplazamiento. En Barnwell, el sistema de evacuación consta de fosos cuyo fondo presenta un ligero declive y está cubierto por una capa de arena para facilitar la recogida del agua que se infiltra en un drenaje del foso. Este drenaje termina en un sumidero que se mantiene bajo vigilancia. Los desechos, embalados en cajas, bidones y cofres, se depositan en los fosos. Los desechos de actividad más alta se acondicionan con hormigón, betún u otros materiales de baja lixiviación o se colocan en contenedores de gran integridad para lograr la estabilidad estructural. El espacio entre los contenedores de desechos se rellena con tierra seca, y luego se cubre el foso con arcilla y tierra. En Vaalputs los fosos, largos, anchos y de cerca de ocho metros de profundidad, se cubren con varias capas de arcilla compactada, así como con arena y vegetación del lugar.

**Instalaciones técnicas de evacuación cerca de la superficie.** En este caso, entre los ejemplos se incluye la instalación de Drigg (Reino Unido), donde se eliminó paulatinamente el concepto de fosos simples a favor de las bóvedas artificiales. La instalación está diseñada para recibir bultos de desechos radiactivos de actividad baja en contenedores de desechos muy compactados colocados en sobreenvases de acero que después se depositan en las bóvedas de hormigón mediante elevadores de horquilla. Las bóvedas, situadas al nivel del suelo o por debajo de éste, constan de una base y paredes de hormigón con una capa subyacente para el drenaje. Cualquier drenaje procedente del interior o debajo de la bóveda puede vigilarse por separado y dirigirse hacia un sistema de tratamiento de aguas situado en el emplazamiento,

antes de descargarse al mar por medio de un conducto.

En algunos emplazamientos, como los de Centre de la Manche y l'Aube (Francia), El Cabril (España), Trombay (India) y Rokkasho (Japón), se utilizan bóvedas de hormigón en forma de caja, cada una de las cuales tiene un diseño singular. En La Manche, los bidones que contienen los LILW de período corto y mayor actividad se empotran en monolitos con paredes de hormigón que se hallan en el fondo, mientras que los que contienen los desechos de actividad más baja se colocan en la parte superior y posteriormente se cubren. En el segundo repositorio francés, l'Aube, se aprovecha esta experiencia. Allí, todos los desechos se aíslan en el interior de bóvedas de hormigón armado (de 30 metros de ancho por 30 metros de largo y 8,5 metros de alto, con paredes de 30 centímetros de espesor). Las bóvedas se construyen por encima del nivel freático más alto y tienen otras características de diseño que las protegen de la infiltración del agua de lluvia. Asimismo, se creó un sistema para la manipulación de los bultos de desechos que los trabajadores operan por telemando, lo que reduce su exposición a las radiaciones. Sobre la base de experiencias anteriores, se creó un sistema sumamente automatizado de control de registros.

En España, en El Cabril se aplica un concepto de evacuación similar, y se incorpora la posibilidad de recuperar los bultos de desechos; también cuenta con instalaciones para el acondicionamiento y la caracterización de los desechos. En la India, donde hay seis repositorios de LILW en funcionamiento, el diseño incluye fosos de hormigón armado y pozos recubiertos de baldosas para diferentes tipos de desechos. En Trombay, donde los fosos de hormigón armado son impermeables y están revestidos de hormigón armado, se utilizan, además, otros materiales impermeables para impedir toda entrada de agua en la temporada monzónica. En pozos circulares de unos cuatro metros de profundidad recubiertos de baldosas se pueden almacenar desechos de actividad superior a la permisible en los fosos de hormigón armado, así como almacenar y evacuar desechos contaminados con emisores alfa.

En los países de la antigua Unión Soviética, las instalaciones de evacuación de LILW se construyeron en general en los decenios de 1960 y 1970 y se han utilizado para desechos que contienen diversos radionucleidos. En los países de Europa oriental se construyeron repositorios similares, cuyo diseño tipo exigía ubicarlos, por lo menos, a unos cuatro metros por encima del nivel freático. En el repositorio Sergiev Posad (Rusia), se construyeron bóvedas de hormigón inmediatamente debajo de la superficie del suelo, con paredes de doble capa de hormigón y estratificadas en betún. Los bultos de desechos se colocan en compartimientos individuales que se rellenan de un mortero hecho con cemento y desechos líquidos de actividad baja. Cuando se llena un compartimiento, los desechos se cubren con una capa

de hormigón y, además, con una placa de hormigón armado, dos capas de betún y una capa final de tierra arcillosa.

En el Japón, en Rokkasho-mura, se utilizan fosos de hormigón entre los cuales se instala un sistema de drenaje como barrera artificial, ya que el repositorio está situado por debajo del nivel freático. En un foso pueden colocarse aproximadamente 5000 bidones. Una vez llenos, los fosos de evacuación se rellenan y se cubren con al menos cuatro metros de tierra.

En Canadá, los ingenieros en evacuación de desechos han diseñado lo que se denomina "estructura subterránea resistente a la intrusión" o IRUS, que, entre sus características, incluye un módulo de hormigón con una tapa gruesa de hormigón y un fondo permeable que debe construirse por encima del nivel freático en una formación arenosa. El fondo permeable está destinado a reducir al mínimo el contacto del agua con los desechos. Como los desechos contendrán pequeñas concentraciones de radionucleidos de período muy largo, los ingenieros han previsto la eventual infiltración del agua con el deterioro a largo plazo del hormigón: toda el agua drenará fácilmente por el fondo, que está formado por dos capas combinadas de arena, arcilla y zeolita natural. Las propiedades de adsorción de estas capas limitan la liberación de radionucleidos en el agua de drenaje.

**Cavidades subterráneas excavadas.** Este concepto se aplica, por ejemplo, en la República Checa, Suecia, Finlandia y Noruega. En la República Checa, parte de la caverna de la mina Richard II, a una profundidad de entre 70 y 80 metros por debajo del suelo, se utiliza como repositorio de desechos radiactivos (en su mayoría de período corto) generados por instituciones. Actualmente, la mina está seca y su entorno geológico es de marga caliza y piedra margosa. En Suecia, el repositorio definitivo (SFR) está construido en roca cristalina a unos 60 metros por debajo del lecho marino con acceso desde tierra. El diseño de las cavidades rocosas se ha adaptado a los diferentes tipos de LILW de período corto, su contenido radiactivo, su composición y sus requisitos de manipulación. Los bultos de desechos de actividad más alta se almacenan en cavernas en forma de silos de una altura de 50 metros con paredes de hormigón, un amortiguador de arcilla bentonítica y un sistema de salida de gases. En Finlandia, Olkiluoto es similar al SFR, pero sólo tiene dos silos —uno para desechos de actividad baja y otro para desechos de actividad intermedia generadores de calor— construidos a una profundidad de entre 60 y 100 metros por debajo del suelo. Se utiliza como relleno la roca hospedante triturada y pulverizada, y las principales zonas acuíferas que se agrietan se sellan con obturadores de hormigón.

**Repositorios geológicos.** Los emplazamientos Morsleben y Konrad (Alemania), así como el repositorio NIREX que se prevé construir (Reino Unido), son ejemplos de repositorios geológicos de LILW. Morsleben está situado en una mina de sal muy seca

y estable a una profundidad aproximada de 500 metros por debajo del suelo y tiene capacidad para 40 000 metros cúbicos de desechos. Los ILW se evacúan en una gran cavidad que luego se rellena por capas para su blindaje; los LLW se acumulan en cavidades excavadas. El emplazamiento de Konrad es una antigua mina de hierro excepcionalmente seca, que resulta fácil de excavar, es estable, y está limitada por otras capas y cubierta por unos 400 metros de arcilla gruesa. Según la evaluación de la seguridad, el agua tardaría 380 000 años en viajar del repositorio a la superficie. Deberán construirse túneles de repositorio horizontales a una profundidad de 800 metros aproximadamente para evacuar desechos que no generen calor, y se utilizarán dos galerías y túneles para el transporte.

**Concesión de licencias.** Debido a la diversidad de estructuras y requisitos jurídicos y reglamentación, el proceso de concesión de licencias difiere de un país a otro. Por ejemplo, en Alemania, con un solo proceso se cubre la construcción, explotación y clausura del repositorio, mientras que en otros países el proceso exige varias etapas. En general, la solicitud de la licencia se basa en la presentación de un diseño de repositorio que responda a las características propias del emplazamiento y en las evaluaciones de la seguridad, las cuales deben demostrar que la instalación propuesta cumple con los requisitos de reglamentación. Por lo general, el proceso de concesión de licencias presupone procedimientos jurídicos y políticos complejos, exámenes técnicos exhaustivos por el órgano regulador e interacción con el público.

En Suiza, luego de prolongadas investigaciones, se anunció en junio de 1993 que el emplazamiento de Wellenberg en el Cantón de Nidwalden podía resultar idóneo para la evacuación de LILW. El procedimiento suizo para la concesión de licencias incluye la autorización federal, cantonal y comunitaria para la construcción y ulterior explotación del repositorio. Además, el Cantón debe otorgar una concesión minera especial. En junio de 1994 se presentó la licencia general a la consideración del Gobierno Federal suizo, cuya decisión deberá ser ratificada por el Parlamento Federal. Entretanto, en 1994, la comunidad que vive en las inmediaciones del emplazamiento de Wolfenshiessen y la asamblea comunitaria votaron a favor del proyecto. Sin embargo, en junio de 1995, el voto cantonal en relación con la concesión minera no fue del todo positivo.

En Alemania, de 1976 a 1982 se realizaron investigaciones en la mina de Konrad, en Baja Sajonia, para determinar su idoneidad como repositorio de desechos radiactivos. Una vez concluidas las investigaciones, se solicitó una licencia para comenzar a construir el repositorio. Si bien se vencieron todos los obstáculos en el nivel federal, el gobierno regional no se ha pronunciado respecto de la solicitud de licencia. En los Estados Unidos, cuatro estados (California, Nebraska, Carolina del Norte y Texas) presentaron sus solicitudes de licencia a finales de 1989, en julio

de 1990, diciembre de 1993 y marzo de 1992, respectivamente. Hasta el momento, sólo California ha obtenido su licencia, expedida el 16 de septiembre de 1993 por el Departamento de Servicios de Salud de California (DHS). Sin embargo, se puso como condición que el DHS fuera el propietario de la tierra. El 1 de junio de 1994, el DHS recibió la orden del Tribunal Superior del Estado de California de revisar su aprobación de la licencia. Dicho Departamento se halla en el proceso de apelación de esta orden. En Nebraska, el 15 de junio de 1995, la US Ecology, entidad encargada de la selección de emplazamientos, presentó la octava y última revisión del Informe sobre el análisis de seguridad y muchos otros documentos relacionados con la solicitud de licencia. En Carolina del Norte, por razones políticas, la División de Protección Radiológica del Departamento de Medio Ambiente, Salud y Recursos Naturales no aprobará la solicitud de licencia antes de febrero del 2000.

**Clausura.** Cuando una instalación de evacuación se llena o se suspenden sus actividades de evacuación por otras razones, comienza lo que se conoce como proceso de "clausura" y proceso "posterior a la clausura". El proceso de clausura incluye medidas para asegurar la instalación, como por ejemplo, cubrir o sellar las zonas de evacuación, reunir los documentos y realizar evaluaciones de la seguridad. En muchos países se prevén varios cientos de años de control institucional posterior a la clausura. Ello puede incluir control de acceso, mantenimiento, vigilancia del emplazamiento, mantenimiento de registros y medidas correctivas, si proceden.

En Francia, el Centre de la Manche recibió su último bulto de desechos en junio de 1994 y se están tomando medidas en estos momentos para preparar la clausura. El explotador de la instalación, el Organismo Nacional de Gestión de Desechos Radiactivos de Francia (ANDRA), ha solicitado una licencia en relación con la fase de control institucional. Una vez concedida la licencia, el emplazamiento continuará bajo la responsabilidad del ANDRA. Se prevé que la licencia se conceda en 1997, después de una segunda audiencia pública donde se darán orientaciones sobre las actividades de control institucional, incluida la vigilancia activa y pasiva.

---

## Nuevos problemas y retos

Una serie de problemas que atraen particular atención en los niveles nacional y mundial han visto la luz, como los relativos a:

**Materiales radiactivos de origen natural (NORM).** El medio ambiente terrestre contiene radionucleidos de origen natural, por ejemplo, el potasio 40 y el carbono 14, así como elementos radiactivos pesados procedentes de las series de desintegración del uranio y del torio. Ellos pueden presentarse en residuos, o desechos, generados por cualesquiera actividades relacionadas con la extracción de materiales

naturales de la tierra o su elaboración (por ejemplo, la explotación minera o la producción de petróleo y gas). Asimismo, la combustión del carbón origina la concentración de radionucleidos en las cenizas, y una considerable liberación de materias radiactivas transportadas por el aire. El riesgo radiológico que entraña la presencia de NORM en los productos de desecho se debe fundamentalmente al radio y sus descendientes. Las dosis de radiación asociadas pueden ser significativas y, de hecho, a menudo sobrepasan las normas radiológicas establecidas para el control de las radiaciones derivadas del uso y la aplicación de materiales radiactivos.

Las preocupaciones en torno al tema han obligado a los reguladores a examinar los posibles riesgos asociados con la evacuación de desechos de NORM. En varios países, algunos de estos desechos se someten en estos momentos a una gestión similar a la de los desechos radiactivos, aunque el nivel de control varía muchísimo. En un estudio reciente se demostró que las concentraciones de radionucleidos en las tuberías de elaboración de petróleo y gas pueden aproximarse a niveles superiores a los que se considerarían inaceptables para la evacuación de desechos radiactivos cerca de la superficie. En algunos países, hay derivados de la producción y elaboración de petróleo y gas que ya se gestionan como desechos radiactivos de actividad baja, mientras que en otros países aún no se controlan.

**Desechos de actividad muy baja (VLLW).** En ocasiones, este tipo de desechos se genera en grandes volúmenes, aunque supone pocos riesgos potenciales. Ello crea un problema porque no es práctico evacuarlos en repositorios de LILW ni aceptable hacerlo como desechos industriales. Hoy día no existe una definición internacionalmente acordada de VLLW y la solución del problema depende, entre otros factores, del establecimiento de criterios de reglamentación.

En Suecia, en el emplazamiento de cada central nuclear funcionan varias instalaciones en forma de túmulos para la evacuación de VLLW. Este tipo de evacuación sólo puede realizarse en el caso de desechos que requieran menos de 100 años de control radiológico. En Francia, una gran parte de los VLLW se envía al repositorio de L'Aube mientras que el resto se mantiene en los emplazamientos. En conjunto, las autoridades industriales francesas estiman que el total de VLLW es de alrededor de 15 millones de toneladas métricas, y se han intensificado los esfuerzos por encontrar una solución más satisfactoria para su evacuación. En un estudio realizado recientemente por un grupo de trabajo industrial se examinaron cuatro tipos de instalaciones de evacuación de VLLW, tres en estructura de túmulos y una subterránea. Estos diseños están siendo objeto de examen por la autoridad expedidora de licencias. En el Japón, el Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica (JAERI) ha emprendido un programa para demostrar la seguridad de la

evacuación de los VLLW cerca de la superficie. El tipo de desechos que debe ser evacuado con arreglo al proyecto de demostración comprende fundamentalmente fragmentos de hormigón de blindaje de reactor y estructuras contaminadas procedentes del Reactor de Potencia de Demostración de ese país, los cuales contienen cantidades de radionucleidos varias veces inferiores a los límites legales. Una vez obtenida la aprobación para construir la instalación de ensayo, se excavó un pozo en el emplazamiento del reactor en el que se evacuaron 1700 toneladas de los desechos entre noviembre de 1995 y marzo de 1996. El pozo de evacuación se cubrió con una capa gruesa de tierra con hierba en la superficie y el emplazamiento estará bajo control durante unos 30 años.

**Fuentes de radiación selladas gastadas (SRS).**

Más de medio millón de fuentes de radiación selladas se utilizan ampliamente en la medicina, la investigación, la agricultura y otras esferas. Una vez usadas, o gastadas, dichas fuentes requieren una gestión cuidadosa antes de proceder a evacuarlas en condiciones de seguridad. Se ha adquirido experiencia en todas las etapas de la gestión de las SRS gastadas, salvo en la evacuación de las fuentes de radiación de período largo. No obstante, no todos los países cuentan con los recursos necesarios para aplicar los métodos existentes.

Siempre que se emplace, construya y explote adecuadamente, toda instalación cerca de la superficie puede utilizarse sin riesgos para evacuar la mayoría de las SRS gastadas, con la excepción del americio 241 y el radio 226, así como las grandes fuentes que se utilizan en las instalaciones de teleterapia o irradiación. La posibilidad de aceptar desechos en un repositorio determinado está sujeta a criterios como los de un límite de concentración de los diferentes radionucleidos o grupos de radionucleidos en un bulto de desechos y la actividad total.

En muchos países se generan sólo pequeñas cantidades de desechos radiactivos, incluidas las SRS gastadas, que alcanzan sólo algunos metros cúbicos anuales. Estos países podrían beneficiarse de la creación de repositorios multinacionales-regionales. Otros países que cuentan con repositorios en explotación afrontan diferentes problemas en relación con las SRS gastadas. Por ejemplo, en Rusia, las SRS gastadas de período largo (como las fuentes de radio) se almacenan para su futura evacuación geológica y otras se evacúan en bóvedas de hormigón o en pozos de sondeo abiertos en suelos poco profundos. El concepto de pozo de sondeo, desarrollado por la antigua Unión Soviética desde finales de los años cincuenta hasta principios de los sesenta, se refiere al vertimiento de las SRS gastadas por un canal de entrada en espiral hacia una vasija de acero inoxidable de cinco metros de profundidad situada en pozo de sondeo revestido de hormigón. A partir de 1986, y por razones de seguridad, el espacio libre dentro de las vasijas se rellenó con matriz metálica o materiales de compuestos de polímeros

Situación de las instalaciones de evacuación de desechos de actividad baja e intermedia en diversos países en 1996

País	Repositorio (fecha de apertura/cierre)	Concepto del repositorio	País	Repositorio (fecha de apertura/cierre)	Concepto del repositorio
<b>En proceso de selección del emplazamiento</b>			Estados Unidos	RWMC, INEEL (1952-)	IS/ITCS
Australia		ITCS		SWSA 6 ORNL (1973-)	IS/ITCS
Bélgica		ITCS		Zona de Evacuación	
Brasil		ITCS		G LANL (1957-)	ISCS
Bulgaria		ITCS		Barnwell,	
Canadá (LLW histórico)		-		Carolina del Sur (1971-)	ISCS
China (oriental)		-		200 East Area Burial Ground,	
(sudoccidental)		-		Hanford (decenio de 1940 -),	ISCS
Corea, República de		-		200 West Area Burial Ground,	
Croacia		-		Hanford (1996-)	ISCS
Cuba		CS		Richland Washington (1965-)	ISCS
Ecuador		ITCS		Emplazamiento de la central	
Eslovenia		-		de Savannah River (1953-)	ISCS
Estados Unidos (Connecticut)		-	Hungría	RHFT Puspokszilagy (1976-)	ITCS
(Estado de Nueva York)		ITCS	India	Trombay (1954-)	IS/ITCS
(Illinois)		ITCS		Tarapur (1968-)	ITCS
(Massachusetts)		-		Rajasthan (1972-)	ITCS
(Michigan)		ITCS		Kalpakkam (1974-)	ITCS
(Ohio)		ITCS		Narora (1991-)	ITCS
(Nueva Jersey)		-		Kakrapar (1993-)	ITCS
(Pensilvania)		ITCS	Irán	Desierto de Kavir Ghom (1984-)	ISCS
Hungría		-	Israel	Desierto de Negev	ISCS
Indonesia		ITCS	Japón	Rokkasho (1992-)	ITCS
Paquistán		-	Kazajistán	Almaty	ITCS
Reino Unido		RG		Kurchatov (1996-)	ITCS
Turquía		ITCS		Ulba (1996-)	ITCS
<b>Emplazamiento seleccionado</b>			Kirguistán	Tschuj (1965-)	ITCS
China	Bahía de Guangdong Daya	ITCS	Letonia	Baldone (1961-)	ITCS
Chipre	Granja Ari	ISCS	México	Maquixco (1972-)	ISCS
Egipto	Inshas	ITCS	Moldova	Kishinev (1960-)	ITCS
México	Laguna Verde	ITCS	Paquistán	Kanupp (1971-)	ISCS
Perú	RASCO	ITCS		PINSTECH (1969-)	ISCS
Rumania	Cernavoda	ITCS	Polonia	Roan (1961-)	ITCS
Suiza	Wellenberg	CS	Reino Unido	Dounreay (1957-)	ISCS
<b>En proceso de concesión de licencia</b>				Drigg (1959-)	IS/ITCS
Alemania	Konrad	RG	República Checa	Richard II (1964 -)	CS
Canadá	Chalk River	ITCS		Bratrstvi (1974 -)	CS
Estados Unidos	Ward Valley, California	ITCS	Rumania	Dukovany (1994 -)	ITCS
	Condado de Boyd, Nebraska	ITCS	Rusia <sup>2</sup>	Baita-Bihor (1985-)	RG
	Condado de Wake,			Sergiev Posad reg. de Moscú (1961-)	ITCS
	Carolina del Norte	ITCS		Sosnovyi Bor, reg. de Leningrado	ITCS
	Rancho Fackin, Texas	ITCS		Kazán Tatarstán	ITCS
Noruega	Himdalen	CS		Volgogrado	ITCS
República Eslovaca	Mohovce	ITCS		Nijnyi Novgorod	ITCS
<b>En construcción</b>				Irkutsk	ITCS
China	Gobi, Gansa	ITCS		Samara	ITCS
Finlandia	Loviisa	CS		Novosibirsk	ITCS
<b>En funcionamiento</b>				Rostov	ITCS
Alemania	Morsleben (1981-)	RG		Saratov	ITCS
Argentina	Ezeiza (1970-)	ITCS	Sudáfrica	Ekaterinburg	ITCS
Azerbaiyán	Bakú (decenio de 1960 -)	ITCS		Ufa Bashkortostán	ITCS
Australia	Mt. Walton East (1992-)	ITCS	Suecia	Cheliabinsk	ITCS
Belarús <sup>1</sup>	Ekores, reg. de Minsk (1964-)	ITCS		Habarovsk	ITCS
Brasil	Abadia de Goias (1996-)	ITCS		Pelindaba (1969-)	ISCS
Finlandia	Olkiluoto (1992-)	CS		Vaalputs (1986-)	ISCS
Francia	Centre de l'Aube (1992-)	ITCS		SFR (1988-)	CS
Georgia	Tbilisi (decenio de 1960-)	ITCS		Oskarshamn NPP (1986-)	ISCS
España	El Cabril (1992-)	ITCS		Studsvik (1988-)	ISCS
				Forsmark NPP (1988-)	ISCS
				Ringhals NPP(1993-)	ISCS
			Ucrania	Centro de Dnepropetrovsk	ITCS
				Centro de L'vov	ITCS

País	Repositorio (fecha de apertura/cierre)	Concepto del repositorio	País	Repositorio (fecha de apertura/cierre)	Concepto del repositorio
Ucrania (cont.)	Centro de Odessa	ITCS	Cerradas		
	Centro de Kharkov	ITCS	Estados Unidos	Beatty, Nevada (1962-1992)	ITCS
	Centro de Donetsk	ITCS		Maxey Flats,	
Uzbekistán	Tashkent (decenio de 1960 -)	ITCS		Kentucky (1963-1978)	ISCS
Viet Nam	Dalat (1986-)	ITCS		ORNL SWSA 1 (1944-1944)	ISCS
				ORNL SWSA 2 (1944-1946)	ISCS
<b>Cese del funcionamiento o en proceso de cierre</b>					
Alemania	Asse (1967-1978)	RG		Sheffield,	
Armenia	Erevan	ITCS		Illinois (1967-1978)	ISCS
Bulgaria	Novi Han (1964-1994)	ITCS		West Valley,	
Estonia	Tammiku		Hungría	Nueva York (1963-1975)	ISCS
	(a.Saku) (1964-1996)	ITCS	Japón	Solymer (1960-1976) <sup>3</sup>	ITCS
Federación de Rusia <sup>2</sup>	Murmansk	ITCS	Lituania	JAERI Tokai (1995-1996)	ISCS
Groznyi	Chechenia	ITCS		Maishiogala	
Francia	Centre de la Manche (1969-1994)	ITCS	México	(decenio de 1970-1989)	ITCS
			Noruega	La Piedrera (1983-1984)	ITCS
Tajikistán	Beshkek	ITCS	República Checa	Kjeller (1970-1970) <sup>4</sup>	ITCS
Ucrania	Centro de Kiev (-1992)	ITCS		Hostim (1953-1965)	CS

**Notas del cuadro**

Abreviaturas: ISCS = Instalación Simple Cerca de la Superficie; CS = Caverna Subterránea; ITCS = Instalación Técnica Cerca de la Superficie; RG = Repositorio Geológico; IS/ITCS = ISCS e ITCS

<sup>1</sup>Se construyeron 77 repositorios para evacuar los desechos generados por el accidente de Chernobil.

<sup>2</sup>Los repositorios de la Federación de Rusia comenzaron a funcionar entre 1961 y 1967.

<sup>3</sup>Los desechos se trasladaron a otro repositorio (de Solymer a RHFT Puspokszilagy, y de ORNL SWASA-1 a ORNL SWSA-2, respectivamente).

<sup>4</sup>Los desechos se trasladarán a un nuevo repositorio (Himdalen) cuando se construya éste.

**Definiciones de términos seleccionados**

**Desechos de actividad baja e intermedia (LILW):** El OIEA los define como los desechos radiactivos cuya concentración o cantidades de radionucleidos son superiores a los niveles de actividad fijados por el órgano regulador, pero cuyo contenido de radionucleidos y potencia térmica son inferiores a los de los desechos de actividad alta (es decir, aproximadamente 2 kW/m<sup>3</sup>). Los LILW suelen dividirse en desechos de período corto y desechos de período largo. Los LILW se generan en la explotación de las centrales nucleares (~500 m<sup>3</sup>/GWe por año) y otras instalaciones del ciclo del combustible (~90 m<sup>3</sup>/GWe por año de la reelaboración y ~ 60 000 m<sup>3</sup>/GWe por año de la extracción y el tratamiento del uranio), la clausura de esas instalaciones (500 a 10 000 m<sup>3</sup> de una central eléctrica de un megavatio), y las aplicaciones de radisótopos. Estos desechos requieren una gestión adecuada mediante su tratamiento y acondicionamiento y, finalmente su evacuación.

**Evacuación:** Se define como el confinamiento de los desechos en una instalación especificada aprobada, sin la intención de recuperarlos. Asimismo, puede incluir la descarga directa aprobada de efluentes al medio ambiente con la ulterior dispersión (en el presente artículo no se analiza este aspecto). Por otro lado, la evacuación por confinamiento y aislamiento comprende la evacuación en tierra y el vertimiento en el mar (que algunos países aplicaban antes de que quedaran prohibido por el Convenio de Londres sobre vertimiento), entre otros métodos. (El presente artículo se centra en la evacuación en tierra, que es la práctica común actual predominante.) En este contexto, el objetivo de la evacuación es aislar suficientemente los desechos para proteger al ser humano y al medio ambiente y no imponer cargas indebidas sobre las generaciones futuras. Ello puede lograrse aplicando múltiples medidas protectoras en el sistema de evacuación, teniendo en cuenta la interdependencia entre los elementos que intervienen en el sistema (es decir, un enfoque sistemático). Las medidas protectoras requieren varios niveles de protección y barreras múltiples para aislar los desechos, limitar la liberación de materiales radiactivos, y reducir la posibilidad de que ocurran fallas o combinaciones de fallas que puedan tener consecuencias radiológicas significativas.

**Instalación cerca de la superficie:** Es una instalación nuclear para la evacuación de desechos situada a unas decenas de metros de la superficie terrestre. Este tipo de instalación abarca fosos y bóvedas artificiales.

**Cavidades subterráneas:** Son instalaciones cerca de la superficie construidas dentro de minas y cavernas.

**Repositorio geológico:** Es una instalación nuclear para la evacuación de desechos situada bajo tierra (generalmente a más de varios cientos de metros bajo la superficie) en una formación geológica estable con miras a garantizar que los radionucleidos queden aislados de la biosfera durante un período largo.

en dependencia del nivel de actividad y del período de semidesintegración de las SRS gastadas. Desde 1995, se ha sometido a vigilancia los pozos de sondeo para evaluar su comportamiento. En los Estados Unidos, las SRS gastadas se clasifican en diferentes clases y no todas son aceptables para su evacuación cerca de la superficie. En consecuencia, se están examinando opciones de evacuación más conservadoras, como repositorios geológicos o perforaciones proyectadas a profundidad. Independientemente de la tecnología que se utilice, el volumen de SRS gastadas para este tipo de evacuación podría no ser suficientemente grande para justificar los costos económicos o institucionales asociados con la construcción de este tipo de instalación independiente.

**Mejoramiento de las instalaciones de evacuación existentes.** Algunos países que cuentan con sistemas de evacuación están mejorando el funcionamiento de sus instalaciones o se están adoptando medidas correctoras en ellas para aumentar sus capacidades de protección o para cumplir con las nuevas regulaciones. Las medidas correctoras pueden incluir la recuperación de los desechos, la inmovilización *in situ* de desechos, la descontaminación *in situ* y la contención *in situ*, así como la instalación de tapas, paredes de intercepción o barreras de piso. En varios países, como Alemania, la India, Bulgaria y otros de Europa oriental, se han realizado o se realizarán evaluaciones de la seguridad en el contexto del examen general del funcionamiento de las instalaciones de evacuación existentes.

Por ejemplo, en el repositorio alemán de Morsleben se realizó una evaluación de la seguridad que propició la formulación de nuevos requisitos para la aceptación de desechos y procedimientos de garantía de calidad. En el repositorio de Puspokszilagy de Hungría, donde se aceptaban algunos desechos sin acondicionar junto con bultos de desechos, se ha establecido como norma que a partir de 1997 sólo se acepten desechos embalados en bidones de acero de 200 litros. A finales del decenio de 1980, el repositorio de Drigg en el Reino Unido fue objeto de importantes mejoras. Se dejaron cerrados los antiguos fosos simples, y se construyó una bóveda de hormigón para los nuevos tipos de bultos de desechos. Asimismo, se instalaron paredes de intercepción para limitar la entrada y salida de la corriente de agua en los fosos de evacuación existentes. En Noruega, el plan de medidas correctoras de una antigua instalación de evacuación cerca de la superficie para desechos de período largo comprende la extracción de todos los bultos de desechos y su almacenamiento en una instalación provisional en la superficie, desde donde se trasladarán hacia una instalación de almacenamiento y evacuación en una caverna rocosa que se construirá en Himdalen.

**Almacenamiento a largo plazo.** En algunos países está empezando a aplicarse la opción de almacenamiento a largo plazo de los desechos radiactivos. Dicha opción dilata la decisión sobre

la evacuación definitiva de los desechos con miras a ganar la confianza del público para la puesta en práctica de las actividades de evacuación. Sin embargo, ese enfoque puede requerir un examen más profundo de los aspectos técnicos y de reglamentación.

En el emplazamiento previsto en Himdalen, Noruega, se espera construir túneles horizontales para la evacuación de LILW de período corto, así como otro túnel para el almacenamiento de desechos que contienen plutonio por un período operacional de unos 30 años durante el cual los desechos almacenados no se recuperarán. Cuando se cierre el repositorio, se tomará una decisión sobre la evacuación de los desechos en el emplazamiento, sobre la base de la experiencia operacional. Un método similar se observa en Suiza, donde existe preocupación pública acerca de la irrecuperabilidad de los desechos que se evacuarán en el repositorio previsto en Wellenberg. Las autoridades del lugar analizan la posibilidad de mantener la instalación abierta y controlada por un período de dos o más generaciones hasta el momento en que se pueda decidir la clausura del repositorio.

**Costos de evacuación.** Los costos de evacuación han aumentado considerablemente en la medida en que se han introducido más adelantos técnicos en las instalaciones de evacuación. En algunos países existe una evidente tendencia general a reducir al mínimo la generación de desechos radiactivos como parte de los esfuerzos para reducir los costos. Además, como se observó anteriormente, se están buscando soluciones menos costosas para la evacuación de desechos radiactivos de actividad muy baja (VLLW).

Recientemente, se creó un grupo de trabajo con la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos sobre cuestiones relativas al costo de la evacuación de LILW. El grupo determinará los componentes de costo, analizará los factores que inciden en los costos de evacuación y estudiará la repercusión de los costos de evacuación en el precio global de la generación de electricidad en las centrales nucleares.

**Cuestiones de aceptación pública.** Como se observó anteriormente, la cuestión de la aceptación pública ha afectado en gran medida el proceso de gestión y evacuación de desechos radiactivos. En muchos países, sobre todo en los industrializados, se están realizando mayores esfuerzos para contrarrestar aquellas percepciones del público que son sumamente negativas. Estos esfuerzos comprenden programas de comunicación ampliados destinados a mejorar el diálogo con las comunidades locales y el público en general, y muestras más fehacientes de la decisión de lograr la excelencia científica, la protección del medio ambiente y la seguridad a largo plazo en la selección del emplazamiento y el funcionamiento de los repositorios.

En algunos países, se han ofrecido incentivos financieros a las comunidades que aceptan en

su territorio emplazamientos de evacuación de desechos. Sin embargo, esta compensación no debe entenderse como una prima por riesgo y antes de entrar en cualquier debate al respecto se deben examinar y resolver las cuestiones relativas a la seguridad. Los mencionados incentivos financieros son, entre otros, compensación monetaria, suministro gratuito de electricidad y mayores oportunidades de empleo.

**Repositorios multinaciones-regionales.** Algunos países expresan interés por establecer un repositorio multinacional-regional mediante el cual un emplazamiento situado en un país receptor aceptaría desechos radiactivos de otros países. Esta idea presenta algunas ventajas económicas, tecnológicas y de seguridad, sobre todo para los países de una misma región geográfica. Una condición previa es lograr consenso entre los países y las regiones interesados, en particular respecto del movimiento transfronterizo de los desechos radiactivos. Recientemente, el OIEA evaluó algunos de los factores fundamentales que inciden en el logro de un consenso entre los países interesados respecto de las diversas cuestiones que se desprenden de un enfoque regional como éste.

En principio, las cuestiones fundamentales que supone un repositorio multinacional-regional no difieren mucho de las relacionadas con los proyectos nacionales. Sin embargo, existen algunas diferencias cualitativas respecto de las características de los desechos aceptados, la responsabilidad de los países asociados, la división de las responsabilidades, la aplicación de las salvaguardias necesarias, así como la posesión y transferencia de los materiales de desecho.

Tales repositorios regionales, que se basarían en las mejores prácticas internacionales de gestión de desechos radiactivos, podrían ofrecer a algunos países la opción de no construir sus propios lugares emplazamientos, lo que disminuiría el número total de repositorios en el mundo. Además, podrían ser una opción para los países que no cuentan con condiciones favorables para ubicar sus propios emplazamientos de evacuación. Entre las desventajas está la posibilidad de que el repositorio regional aumente las actividades de transporte. Asimismo, quizás resulte difícil establecer un sistema duradero que sobreviva a los cambios políticos o institucionales y garantice la colaboración a largo plazo de todos los países asociados. Una de las tareas más difíciles en torno a esa idea es negociar acuerdos que aseguren a los países asociados el cumplimiento de todas las obligaciones técnicas, políticas y financieras.

la construcción y el funcionamiento del repositorio son adecuados —y se controla y limita el contenido de radionucleidos de los desechos— se podrá garantizar satisfactoriamente la seguridad de la instalación por largo tiempo. Ello puede alcanzarse aplicando múltiples medidas de protección, como las barreras artificiales y naturales, y los controles operacionales e institucionales.

En el seno de los Estados Miembros del OIEA, se está dependiendo más de las barreras artificiales múltiples para lograr la seguridad y la protección del medio ambiente y fomentar la confianza del público. Además, se hace énfasis en los sistemas de explotación seguros y fiables para la manipulación a distancia, la protección y el seguimiento de los bultos de desechos. Al mismo tiempo, se buscan soluciones viables para la evacuación segura de categorías de desechos de niveles de radiactividad muy bajos y volúmenes grandes. Asimismo, se está prestando mayor atención a las cuestiones relacionadas con la evacuación segura de desechos que contienen materiales radiactivos de origen natural, la gestión y la evacuación de fuentes de radiación selladas gastadas, los costos de evacuación, la aceptación del público, las actividades de mejoramiento o la aplicación de medidas correctoras en los emplazamientos de evacuación existentes, el almacenamiento seguro a largo plazo de los desechos, y el posible establecimiento de repositorios multinacionales-regionales.

En general, los países, sobre todo los industrializados, avanzan lentamente en la selección de emplazamientos y la concesión de licencias para nuevos repositorios. Esta gestión normalmente comprende exámenes técnicos amplios por parte del órgano regulador, audiencias públicas y procedimientos normativos y jurídicos complejos.

En los países en desarrollo, la situación es diferente. La mayoría de ellos no generan grandes cantidades de desechos radiactivos; no obstante, requieren asistencia y orientación técnicas para establecer infraestructuras y capacidades adecuadas para la gestión y evacuación de desechos en condiciones de seguridad. El Organismo, mediante sus diversos programas técnicos y de investigación, apoya los proyectos y actividades de cooperación dirigidos a esos fines. A medida que aumente el número de instalaciones de evacuación de desechos radiactivos en funcionamiento en el mundo, la transferencia de tecnología y conocimientos especializados a los países en desarrollo continuará siendo de vital importancia para ayudarlos a aumentar sus capacidades en esta esfera.

## Cooperación internacional

La evacuación de desechos radiactivos de actividad baja e intermedia se basa en tecnologías probadas y bien demostradas. Si el emplazamiento,

# Transporte seguro de materiales radiactivos: Reglamento internacional revisado

*Reseña técnica de las principales revisiones más recientes del Reglamento de consulta para el transporte seguro de materiales radiactivos del OIEA*

por Richard R.  
Rawl

Desde 1961, a solicitud del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, el OIEA ha venido publicando el *Reglamento de consulta para el transporte seguro de materiales radiactivos* como Vol. N° 6 de su Colección Seguridad. Se ha llegado a reconocer en todo el mundo que este reglamento constituye la base uniforme de los requisitos de seguridad para el transporte nacional e internacional en esta esfera. Se sabe que no sólo 59 países han aprobado requisitos basándose en el reglamento del OIEA, sino también la Organización de Aviación Civil Internacional, la Organización Marítima Internacional y organizaciones regionales de transporte.

Conscientes de la necesidad de mantener el reglamento actualizado según los últimos principios de protección radiológica y las nuevas tecnologías de transporte, el OIEA ha publicado regularmente revisiones del reglamento. En época más reciente, las revisiones se han realizado cada diez años aproximadamente y la última comenzó en 1986. El proceso de revisión comprende la celebración de una amplia serie de reuniones de comité técnico y de consultores en que participan fundamentalmente representantes de organismos reguladores de los Estados Miembros del OIEA y de organismos internacionales relacionados con la seguridad. Los resultados de estas reuniones se reflejan en los proyectos de reglamento revisado que se distribuyen para su análisis y ulterior examen. En septiembre de 1996, la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó la publicación del proyecto de 1996 y su aplicación en las operaciones del Organismo, y además recomendó a los Estados Miembros y a las organizaciones internacionales que aprobaran el reglamento revisado.

En el presente artículo se examinan brevemente desde el punto de vista técnico las modificaciones más importantes introducidas en el último reglamento revisado que se acaba de publicar.

## Reseña técnica de las principales revisiones.

La edición de 1996 incorpora numerosos cambios menores, así como varios otros importantes, referentes a:

**Transporte aéreo de material radiactivo.** El nuevo reglamento exige el empleo de un tipo de bulto de diseño más resistente, denominado bulto del Tipo C, para los bultos de materiales de alta actividad que se transporten por vía aérea. Se aprobaron muchos de los requisitos de diseño y comportamiento para los bultos del Tipo C recomendados en un documento técnico del OIEA (TECDOC-702). Los requisitos para los bultos del Tipo C se aplican a todos los radionucleidos. Los nuevos requisitos de comportamiento comprenden:

- los aplicables a los bultos del Tipo B(U) y, si procede, a los bultos para materiales fisiónables;
- una prueba de perforación/desgarradura;
- un ensayo térmico mejorado, con las mismas especificaciones técnicas del ensayo térmico para bultos del Tipo B, pero con una duración de 60 minutos;
- un ensayo de inmersión en agua a 200 metros; y
- un ensayo de caída a una velocidad de choque de 90 metros por segundo.

**Material radiactivo de baja dispersión.** Como los riesgos primarios que se tienen en cuenta en los requisitos correspondientes a los bultos del Tipo C son los niveles de dispersión y radiación, se han elaborado disposiciones para materiales con niveles de dispersión, solubilidad y radiación limitados. Esas disposiciones están contenidas en una categoría de material conocida como "material radiactivo de baja dispersión" (MBD). Se aceptó el material (sin embalaje alguno) con niveles de radiación limitados, que al ser sometido a los ensayos térmicos y de choque de los bultos del Tipo C, solo produciría una limitada actividad gaseosa, en forma de partículas finas, o acuosa disuelta, y que debería quedar exento de los requisitos de embalaje del Tipo C. En el reglamento se incluyen especificaciones para los ensayos de MBD y se autorizan

El Sr. Rawl es funcionario superior de la División de Seguridad Radiológica y Desechos del OIEA.

los bultos del Tipo B para su transporte por vía aérea, con un límite de actividad total similar al especificado en el certificado de aprobación para el bulto del Tipo B. Se requiere la aprobación del diseño de los bultos del Tipo B y del diseño del MBD por la Autoridad competente multilateral.

**Disposiciones para el transporte seguro de hexafluoruro de uranio.** Los comités técnicos que elaboraron el reglamento revisado abordaron una serie de temas complejos referentes al hexafluoruro de uranio ( $UF_6$ ). El hexafluoruro de uranio es un material singular, pues su toxicidad química por lo general preocupa más que su radiotoxicidad y normalmente se transporta en grandes volúmenes. La edición de 1985 del reglamento para el transporte seguro no contenía ninguna disposición específica referente al  $UF_6$ , de ahí que se analizaran varios aspectos. Se aprobaron disposiciones que exigen que los bultos de  $UF_6$ :

- resistan una presión interna de prueba de 1,4 MPa como mínimo, aunque los cilindros con una presión de prueba inferior a los 2,8 MPa necesitan aprobación multilateral;
- diseñados para contener 0,1 kg o más, pero menos de 9000 kg de  $UF_6$ , resistan la prueba térmica del "Tipo B" de 800C durante 30 minutos;
- diseñados para contener 9000 kg o más, cumplan los requisitos del ensayo térmico o reciban aprobación multilateral.

**Incorporación de los valores de exención de las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS).** Uno de los principales temas examinados en el proceso de revisión fue la incorporación de las nuevas NBS. Las NBS fueron sometidas a revisión para que reflejaran el consenso existente en torno a las más recientes recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, y el reglamento de transporte las considera una disposición general para la protección radiológica. Por tanto, el reglamento de transporte ha de tener en cuenta los requisitos contenidos en las NBS revisadas. El aspecto más contencioso fue la aprobación de los valores de exención que figuran en las NBS.

El reglamento de transporte siempre ha incluido un criterio de exención según el cual se definían los materiales sujetos a los requisitos del reglamento. En el reglamento actual se define el material radiactivo como todo material cuya actividad específica sea superior a los 70 Bq/g. Con todo, las NBS aplican un enfoque específico para los radionucleidos que da origen a valores de exención derivados que abarcan siete órdenes de magnitud, y unos 70 Bq/g en el caso de la concentración de actividad. En las NBS se ofrecen además valores de exención para las cantidades de actividad total (Bq).

Se reconoció que el nivel de exención único de 70 Bq/g no se basa en ninguna dosis y que era

poco probable que este nivel satisficiera el criterio de dosis primario de 10 microsievert anuales para la exención de todos los radionucleidos. Se idearon una serie de escenarios por tipo de transporte que reflejaron diversas situaciones de exposición (duración de la exposición, distancias, geometrías de las fuentes, entre otros). Partiendo de estos escenarios, se calcularon los valores de concentración de actividad y los de actividad total que permitirían satisfacer el valor de 10 microsievert anuales. Estos valores derivados del transporte eran comparables a los valores de exención prescritos por las NBS e hicieron que se recomendaran valores de concentración de actividad que oscilan entre 1 y  $10^6$  Bq/g.

En vista de lo difícil que resultaba fundamentar desde el punto de vista técnico el valor de 70 Bq/g y de la similitud de los resultados obtenidos a partir de los escenarios de transporte y de las NBS, se llegó a la conclusión de que era preferible sencillamente aprobar los valores de exención derivados prescritos por las NBS. Por tanto, el reglamento contiene los valores de exención correspondientes a la concentración de actividad y a "la actividad total por remesa". En el caso de las mezclas de radionucleidos, se debe aplicar la "regla de relación" de manera que la suma de las actividades (o concentraciones de actividad) presentes en cada radionucleido dividida entre el valor de exención aplicable sea igual o inferior a uno.

**Otras modificaciones.** Otras modificaciones de interés para los expedidores y diseñadores de bultos que intervienen en el ciclo del combustible nuclear comprenden las revisiones de los requisitos aplicables a los materiales fisionables. Se modificaron las excepciones relativas a los materiales fisionables (aquellas condiciones en las que no se necesita embalaje especial en razón de la naturaleza fisionable del contenido) y en un caso ahora incluyen los límites para las remesas y los bultos. Asimismo, se añadieron el examen de las condiciones en accidentes tales como la deformación y las condiciones en los ensayos del Tipo C.

### Aplicación del reglamento revisado

Los Estados Miembros del OIEA y las organizaciones internacionales demorarán unos cuantos años en poner en práctica revisiones complementarias de sus reglamentos basándose en la edición de 1996 del Volumen N° 6 de la Colección Seguridad.

Con anterioridad, hicieron falta unos cinco años para que este proceso culminara convenientemente. Las organizaciones de transporte internacionales se están esforzando por cumplir con la fecha objetivo del 1° de enero del 2001, y los Estados Miembros del Organismo tendrán asimismo que publicar revisiones de sus reglamentos para preservar su compatibilidad con los requisitos internacionales.

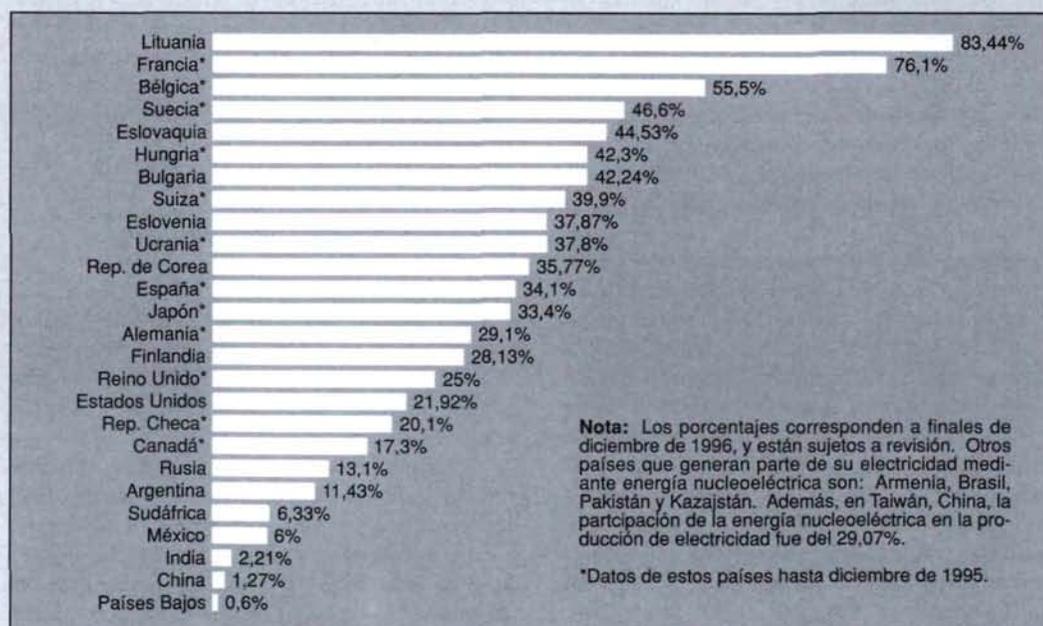
# DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES

## 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	22 282		
Argentina	2	935	1	692
Armenia	1	376		
Bélgica	7	5 712		
Brasil	1	626	1	1 245
Bulgaria	6	3 538		
Canadá	21	14 902		
China	3	2 167	1	
Corea, República de	11	9 120	5	3 870
Eslovaquia	4	1 632	4	1 552
Eslovenia	1	632		
España	9	7 207		
Estados Unidos de América	110	100 579		
Finlandia	4	2 355		
Francia	57	59 948	3	4 355
Hungría	4	1 729		
India	10	1 695	4	808
Irán, Rep. Islámica del			2	2 146
Japón	53	42 335	2	2 111
Kazajstán	1	70		
Lituania	2	2 370		
México	2	1 308		
Países Bajos	2	504		
Pakistán	1	125	1	300
Reino Unido	35	12 928		
República Checa	4	1 648	2	1 824
Rumanía	1	650	1	650
Rusia, Federación de	29	19 843	4	3 375
Sudáfrica	2	1 842		
Suecia	12	10 040		
Suiza	5	3 078		
Ucrania	16	13 765	5	4 750
<b>Total mundial*</b>	<b>442</b>	<b>350 825</b>	<b>36</b>	<b>27 678</b>

\*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



En su reunión de marzo de 1997, la Junta de Gobernadores del OIEA adoptó medidas con vistas a la selección del próximo Director General del Organismo, quien será nombrado en la Conferencia General del OIEA a fines de año. La Junta examinó, en particular, las medidas que habrán de aplicarse en caso de que no alcance un consenso sobre ninguno de los candidatos. El Director General, Dr. Hans Blix, termina su actual mandato de cuatro años en noviembre y ha expresado que no desea ser reelegido. El Dr. Blix, de Suecia, ha ocupado el cargo de Director General desde noviembre de 1981.

El orden del día provisional de la Junta en su reunión de marzo también incluía temas relacionados con la seguridad nuclear, radiológica y de desechos, así como con el fortalecimiento de las salvaguardias del OIEA.

**Seguridad nuclear, radiológica y de desechos.** La Comisión Permanente de responsabilidad por daños nucleares señaló en un informe que había llegado a las últimas etapas de sus trabajos preparatorios relacionados con el proyecto de protocolo para enmendar la Convención de Viena de 1963 y el proyecto de la Convención sobre financiamiento suplementario. Los textos completos de ambos instrumentos que de conjunto revisan el régimen internacional de responsabilidad por daños nucleares, fueron preparados en la reunión de esa Comisión celebrada en octubre de 1996 y remitidos a los gobiernos para que los examinaran en detalle. En su reunión de febrero de este año, la Comisión examinó de nuevo los textos revisados. Una vez aprobados, los textos finales serían aprobados por una conferencia diplomática que podrá convocarse a fines de año.

Además, la Junta tuvo ante sí un informe sobre los últimos acontecimientos relacionados con la seguridad nuclear, radiológica y de desechos. El informe abarca una gama de temas, entre ellos las

convenciones internacionales sobre seguridad nuclear, la seguridad del combustible gastado y la gestión de desechos radiactivos. (Véase la noticia conexas de la página 47.)

**Salvaguardias nucleares.** La Junta recibió un informe de su Comité de composición abierta sobre el fortalecimiento de la eficacia y el aumento de la eficiencia del sistema de salvaguardias, que celebró su tercera reunión del 20 al 31 de enero de 1997 con la participación de representantes de 61 Estados Miembros, la Comisión Europea y la Agencia Brasileño-Argentina de Contabilidad y Control de Materiales Nucleares. El Comité, encabezado por el Presidente de la Junta, Sr Embajador Peter Walker, del Canadá, ultima los trabajos sobre un proyecto de Protocolo que amplía la base jurídica de las facultades del OIEA relativas a las medidas de inspección, que ahora rebasan el marco de los actuales acuerdos de salvaguardias amplias. En enero, el Comité hizo grandes progresos durante sus debates sobre el texto de trabajo y los cambios conexos, y convino en distribuir un texto revisado refundido para un nuevo examen más detallado. La próxima reunión del Comité estaba siendo programada para principios de abril, fecha en que se examinará el texto revisado refundido con la intención de llegar a un acuerdo sobre el proyecto de documento definitivo, para presentarlo a la Junta. A tales efectos, el Comité recomendó a la Junta que celebrara, en mayo, una reunión extraordinaria a fin de examinar y aprobar el proyecto de Protocolo modelo.

En el orden del día provisional de la Junta también figuró un informe del Director General sobre la aplicación de las salvaguardias del OIEA en la República Popular Democrática de Corea (RPDC), donde el Organismo mantiene un grupo de inspectores con carácter permanente. La última ronda de conversaciones técnicas entre funcionarios del OIEA y de la RPDC tuvo lugar en enero.

**Reuniones de la Junta de Gobernadores del OIEA en marzo de 1997**

Hace cuarenta años que el OIEA abrió oficialmente sus puertas en Viena, Austria, como el organismo internacional de "Átomos para la Paz" propuesto a las Naciones Unidas en el decenio de 1950. Para conmemorar el aniversario, el Organismo y sus Estados Miembros planean o consideran la posibilidad de realizar una serie de actividades en los meses venideros, entre los que figuran las siguientes:

**Publicación de la historia del OIEA.** El libro, proyecto conjunto con el Monterey Institute of International Relations de los Estados Unidos,

está siendo escrito por el Sr. David Fischer, autor de varios libros sobre temas nucleares. El Sr. Fischer participó en las negociaciones sobre los Estatutos del Organismo, los trabajos de la Comisión Preparatoria, en el decenio de 1950, y desempeñó los cargos de Director de la División de Relaciones Exteriores del OIEA y de Director General Adjunto. Entre los miembros del grupo asesor de redacción del proyecto figuran el Sr. Munir Khan, del Pakistán; el Sr. Lawrence Scheinman, de los Estados Unidos; y el Sr. Tadeusz Wojcik, de Polonia.

**El OIEA celebra su 40mo. aniversario este año**

**Publicación de una colección de reflexiones personales.** Los ensayos, escritos por distinguidos científicos y diplomáticos vinculados a los trabajos del Organismo, abordarán diversos aspectos relativos a los orígenes y el desarrollo del OIEA, lo que servirá para dejar registradas las principales tendencias de las actividades.

**Actividades que Austria, país sede del Organismo se propone organizar.** Se ha propuesto la celebración de una serie de actividades extraordinarias, como por ejemplo: en mayo, un seminario sobre los temas del desarrollo sostenible y la verificación nuclear; en octubre, un simposio de alto nivel sobre la contribución del OIEA a la paz, la seguridad y el desarrollo internacionales; en junio, un discurso conmemorativo del Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, auspiciado por la Liga pro Naciones Unidas y la Sociedad para la Política Exterior y las Relaciones Internacionales de Austria; visitas a los Laboratorios del Organismo en Seibersdorf; un programa de televisión sobre las actividades del OIEA; una ceremonia en el ANA Grand Hotel, en el centro de Viena, donde se colocará una placa conmemorativa que indique que allí radicó la sede del Organismo desde 1957 hasta 1979, y la participación del Presidente de Austria en la sesión de apertura de la Conferencia General del OIEA, en septiembre de 1997.

**Actividades que otros Estados Miembros se proponen realizar.** En el Pakistán, entre las actividades que se proyecta realizar están la publicación de un folleto sobre la cooperación de este país con el OIEA; la organización, en marzo, de un taller nacional sobre medicina nuclear y radioterapia; y actividades conmemorativas vinculadas con el vigésimo quinto aniversario del Instituto Nuclear para la Agricultura del Pakistán y un proyectado simposio internacional. En Cuba, entre las actividades que se proponen llevar a cabo figuran la celebración del Primer Simposio Internacional sobre técnicas nucleares y conexas en la agricultura, la industria, la salud y el medio ambiente, y

el tercer taller sobre física nuclear. (Véase la noticia de la página 52.) En la República de Corea, la Conferencia de la Sociedad Nuclear y el Fórum Atómico de Corea que se celebrará en abril e incluirá una exposición con la participación de grupos de expertos, mientras que Marruecos considera la posibilidad de emitir un sello conmemorativo, entre otras actividades. En Eslovaquia, las actividades previstas incluyen la publicación de un folleto y una reseña histórica sobre la cooperación de este país con el OIEA. En la India, se considera la posibilidad de celebrar en septiembre un simposio internacional sobre el papel de la energía nuclear y el desarrollo sostenible. En Rumania, el Organismo Nacional de Energía Atómica está considerando la celebración de dos simposios, así como la transmisión de programas especiales de radio y televisión en los que se destaque la labor del Organismo, y una ceremonia en la central nuclear de Cernavoda para conmemorar la entrada en vigor de los Estatutos del OIEA. Todos estos acontecimientos están sujetos a ulterior confirmación y no incluyen necesariamente la participación directa del OIEA.

**Actividades en el marco de la Conferencia General.** Conjuntamente con la Conferencia General del OIEA, que se celebrará en Viena del 29 de septiembre al 3 de octubre de 1997, también se tiene la intención de realizar un programa científico ampliado que centrará su atención en las cuestiones más importantes para el futuro del OIEA. Se está considerando incluir los temas de energía y medio ambiente, el futuro de las ciencias nucleares y las nuevas aplicaciones de las técnicas nucleares en pro del desarrollo sostenible, y el papel de la verificación en un mundo que elimina paulatinamente las armas nucleares. Además de contar con la presencia del Presidente de Austria el día de la apertura, se espera que a la Conferencia General asistan representantes oficiales de alto nivel y delegados ministeriales de categoría superior de los 124 Estados Miembros del OIEA.

### Reunión de las Partes en la Convención sobre Seguridad Nuclear

Está programado que las Partes en la Convención sobre Seguridad Nuclear celebren su primera reunión preparatoria en el OIEA del 21 al 25 de abril, a fin de analizar cuestiones relacionadas con la aplicación de este instrumento. La Convención, que entró en vigor el 24 de octubre de 1996, tiene 35 Partes Contratantes y ha sido firmada por 65 Estados. La reunión de abril centrará su atención, entre otros temas, en las directrices relativas a la forma y estructura de los informes que los Estados deberán presentar para su examen en reuniones periódicas, y al procedimiento para examinarlos. Estos informes se centrarán en

las medidas que cada Estado haya adoptado para dar cumplimiento a sus obligaciones en virtud de la Convención. La primera de esas reuniones de examen se deberá convocar a más tardar treinta meses después de la entrada en vigor de la Convención.

La Convención sobre Seguridad Nuclear compromete a las Partes a velar por la seguridad de las centrales nucleares para usos civiles situadas en tierra. Ello incluye un marco legislativo y reglamentario; consideraciones generales relativas a la seguridad, como garantía de calidad, evaluación, y verificación de la seguridad; factores

humanos; protección radiológica; preparación para casos de emergencia; y obligaciones específicas relacionadas con la seguridad de las instalaciones nucleares, el emplazamiento, el diseño y construcción, y la explotación.

**Seguridad en la gestión del combustible gastado y de desechos radiactivos.** El Grupo de composición abierta, formado por expertos técnicos y jurídicos encargados de preparar el proyecto de una convención sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, celebró en el OIEA su sexta y séptima reuniones a principios de enero y marzo de 1997. Se avanzó en importantes esferas y el Grupo llegó a resultados satisfactorios. Los expertos prepararon un proyecto de Convención

mixta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, en la que se reconoce que en ambos casos se aplican los mismos objetivos de seguridad. El proyecto de texto fue presentado al Director General del OIEA, con la solicitud de que lo presente a la mayor brevedad a la Junta de Gobernadores del Organismo para su examen y aprobación. El Grupo recomendó que se convocara una conferencia diplomática este año para aprobar la Convención mixta. El Grupo, presidido por el Profesor Alec Baer, de Suiza, se estableció en 1995 y ya ha concluido sus principales trabajos.

Importantes medidas están siendo adoptadas por 34 países africanos que trabajan mancomunadamente por librar al continente de la enfermedad viral mortífera denominada peste bovina, la cual representa una amenaza para sus economías ganadera y agrícola. En una reunión técnica celebrada en Viena a principios de año, organizada por el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA y la División Mixta del OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), representantes de los principales países que participan en la Campaña panafricana contra la peste bovina (PARC) trazaron planes más amplios para erradicar esa enfermedad en África, lo que, según convinieron, podría lograrse en un plazo de tres a cinco años. También asistieron a la reunión representantes de las organizaciones donantes de la campaña, incluidas la Unión Europea (UE) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Si bien en la PARC participan 34 países, actualmente salvo dos, tienen la enfermedad bajo control. Ello ha sido posible gracias a los esfuerzos que han desplegado para vacunar el ganado, y en los que la asistencia técnica del OIEA ha desempeñado un papel decisivo. El Organismo prestó asistencia a una red de laboratorios que utiliza la técnica de los ensayos inmunosorbentes por conjugados enzimáticos (ELISA) para la vigilancia del proceso de vacunación. Ahora que la campaña masiva de vacunación está a punto de concluir y los esfuerzos se centran en la eliminación de los focos de infección restantes, la red de laboratorios del OIEA se ocupará en particular de la vigilancia utilizando las tecnologías moleculares más modernas, las cuales permiten determinar rápidamente la presencia de la enfermedad o confirmar su eliminación.

Conocida popularmente como la "plaga del ganado", la peste bovina puede afectar a todos los animales de un rebaño y exterminar la mayor parte de ellos. Esta enfermedad causó la muerte del 90% de todas las reses y búfalos cuando apareció por primera vez en los países del África al sur del Sáhara a fines de siglo. Aunque las perspectivas de una próxima erradicación son halagüeñas, es preciso considerar su control como una tarea mundial debido a su carácter transfronterizo. En muchas zonas áridas de África, el ganado constituye el principal medio de subsistencia de las poblaciones rurales, las cuales se ven obligadas a emigrar a lugares distantes a través de las fronteras para llegar a los pastos. Los animales de los rebaños suelen ser portadores de enfermedades, de ahí que la lucha contra ellas sea un problema regional. Por ello, el OIEA estableció la red de laboratorios que aplica tecnologías de diagnóstico basadas en técnicas nucleares y conexas para ayudar a los servicios veterinarios de África a identificar los rebaños infectados e impedir que la epidemia se propague.

En la reunión de Viena, los participantes definieron los problemas relacionados con la vigilancia de los focos residuales de peste bovina y propusieron posibles soluciones. Entre ellas se encuentran el fortalecimiento de la vigilancia de la enfermedad y de la red existente prestando asistencia a los laboratorios de referencia regionales que ayudarán a los laboratorios nacionales en el diagnóstico de la peste bovina. Destacaron que la erradicación de la peste bovina en los países africanos no sólo contribuirá a evitar las desastrosas pérdidas de ganado sufridas anteriormente, y sus secuelas de hambruna, sino que también permitirá aumentar el comercio de ganado y productos ganaderos. La Oficina Internacional de Epizootias (OIE) regula el comercio internacional de ganado mediante un conjunto de reglas

**Sanidad pecuaria y lucha contra las enfermedades en África**

y declaraciones específicas sobre diversas enfermedades, proceso denominado el "Camino de la OIE". En cuanto a la peste bovina, las declaraciones de los países conducen al objetivo final de la "Declaración



de la erradicación de la infección". La mayoría de los países africanos se hallan cerca de alcanzar este objetivo y ya han formulado "declaraciones provisionales de erradicación de la enfermedad". Los participantes en la reunión debatieron los requisitos del "Camino de la OIE" y los medios para fortalecer los sistemas de vigilancia de la peste bovina existentes. Por conducto del OIEA se organizarán seminarios regionales en África occidental y oriental como parte de las actividades de seguimiento.

**Simposio internacional.** En abril de 1997, la FAO y el OIEA patrocinaron conjuntamente el Simposio Internacional sobre diagnóstico y control de las enfermedades del ganado utilizando técnicas nucleares y conexas: "Hacia el control de las enfermedades en el siglo XXI". Este Simposio centró su atención en las maneras de fortalecer las capacidades de los países para aplicar las técnicas nucleares y conexas a las investigaciones orientadas a la solución de los problemas de la nutrición, la reproducción y las enfermedades del ganado.

### Isótopos en los estudios del medio marino

Expertos que investigan el comportamiento de los isótopos radiactivos y estables en el medio marino determinaron recientemente las principales esferas de interés en relación con la protección de los océanos y sistemas acuáticos del mundo, sobre todo, los de las regiones costeras de la plataforma continental. Se reunieron en el Seminario Internacional sobre el Empleo de Técnicas Isotópicas en los Estudios del Medio Ambiente Marino, organizado en Atenas por la Comisión de Energía Atómica de Grecia en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas "Demokritos". En el seminario se examinaron las aplicaciones de las técnicas isotópicas en los estudios ambientales de los sistemas marino y acuático; se presentaron informes sobre los programas internacionales organizados por el OIEA, la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); y se promovió una mayor cooperación en los niveles regional y mundial.

Mediante sus programas de cooperación, el OIEA ha acumulado gran experiencia en el empleo de isótopos para evaluar las aguas continentales y marinas. Las investigaciones abarcan los procesos y fenómenos oceanográficos fundamentales; la protección y la gestión del medio ambiente marino, incluido el uso adecuado de los recursos

marinos; y la reconstrucción de los sistemas acuáticos existentes en el pasado, así como el pronóstico de los que puedan existir en el futuro. Entre los trazadores empleados figuran radionucleidos naturales, radionucleidos antropógenos e isótopos estables. El seminario determinó los principales problemas ambientales y las cuestiones que actualmente preocupan respecto de la protección de las regiones costeras y de la plataforma continental contra la contaminación de origen terrestre, la eutrofización y otros tipos de efectos antropógenos sobre los ecosistemas acuáticos.

Se celebraron debates pomenorizados sobre los problemas ambientales de los mares regionales como el mar Mediterráneo, el mar Caspio, el mar Negro, el mar Báltico, los mares de Asia meridional y las regiones costeras de América Latina y África. Durante la sesión final se comunicaron los resultados de los debates sobre una posible cooperación regional y las propuestas se elaborarán ahora en el marco de las actividades marinas del OIEA en cooperación con la COI-UNESCO, la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Si desea obtener más información, diríjase al Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino, B.P. 800, MC 98012 Mónaco; Fax 00377-9205-7744, o a la División de Ciencias Físicas y Químicas en la sede del Organismo.

Más de 60 participantes y observadores procedentes de 41 países asistieron a un curso interregional de capacitación sobre los preparativos técnicos y administrativos necesarios para transportar el combustible gastado de los reactores de investigación a su país de origen, organizado a principios de año por el OIEA y los Estados Unidos en el Laboratorio Nacional Argonne. La mayor parte de los reactores de investigación del mundo fueron construidos entre 25 y 30 años atrás, cuando se suponía que el combustible gastado a la larga sería devuelto a los suministradores extranjeros. Sin embargo, en muchos casos, hay países que han adquirido reactores de investigación en el mercado internacional a los que les ha resultado difícil devolver el combustible gastado, y con frecuencia han tenido que almacenarlo en instalaciones que no fueron diseñadas para un almacenamiento prolongado.

En parte, la situación ha cambiado en los últimos años. En algunos países, se han creado métodos para aumentar la capacidad de almacenamiento existente y construir instalaciones que cumplan con las normas modernas; sin embargo, no siempre se dispone fácilmente de la información pertinente fuera del país de origen del combustible. De los conjuntos combustibles gastados que están almacenados en unos 180 reactores de investigación que fueron objeto de encuesta por el OIEA, cerca del 75% fueron originalmente suministrados por países industrializados y, en su mayor parte, son de origen estadounidense y ruso. En 1996, los Estados Unidos decidieron reanudar durante algunos años su política de aceptar la devolución del combustible gastado de origen estadounidense, pero la Federación de Rusia no dispone actualmente de un programa análogo para aceptar la devolución del combustible gastado de origen ruso.

El curso fue organizado por el OIEA en respuesta a una solicitud de los Estados Unidos y se concibió para prestar asistencia a los países que explotan reactores de investigación en la preparación segura del combustible gastado para devolverlo a su país de origen. El curso incluyó 26 conferenciantes y disertaciones acerca de la experiencia nacional acumulada por más de 35 países, incluidos los Estados Unidos, Alemania, Japón, Federación de Rusia, Letonia, Portugal, Grecia, República de Corea, Bangladesh, México, Rumania, Chile, Viet Nam, Hungría, Georgia, Francia, Indonesia, Israel, Filipinas, China, Perú, Ucrania, Suecia, Australia, Colombia, Uzbekistán, Kazajstán, Uruguay, República Checa, Tailandia, Zaire, Argentina, Bulgaria, Belarús, Turquía y Malasia. También se ofreció una reseña sobre la situación mundial con respecto a la gestión del combustible gastado en reactores de investigación desde la perspectiva del OIEA, que ha preparado una guía que ayuda a los países en la devolución del combustible a los suministradores extranjeros.

Durante el curso, los explotadores de reactores de investigación que tienen combustible de origen ruso almacenado instaron a la Federación de Rusia a que elabore un programa para aceptar la devolución del combustible que originalmente suministró a los reactores de investigación en países extranjeros.

**Medicas correctoras en Vinca.** Como parte de los esfuerzos por ayudar a evitar problemas potencialmente graves con el almacenamiento de combustible gastado en el reactor de investigación de Vinca, situado cerca de Belgrado, en febrero el OIEA envió un grupo de expertos al emplazamiento como parte de las medidas de seguimiento relacionadas con las medidas correctoras emprendidas el pasado año. En este reactor de investigación diseñado y construido por la antigua URSS, que comenzó a funcionar en 1959 y ha estado parado desde 1984, el combustible gastado está almacenado en una piscina en condiciones cuya seguridad ha suscitado preocupaciones. En noviembre de 1995, el OIEA envió una misión investigadora preliminar al emplazamiento del reactor para evaluar la situación. En octubre de 1996, una misión de seguimiento especial integrada por expertos de los Estados Unidos, la Federación de Rusia, Francia y el OIEA visitó el emplazamiento para hacer un análisis más detallado.

Se determinaron dos problemas principales: el primero está relacionado con una gran parte del combustible gastado, sellado en bidones, que puede experimentar sobrepresión debida a la emisión de gases por corrosión, mientras el segundo tiene que ver con el resto del combustible, parte del cual ya se está fugando, en tubos de acero inoxidable. El primer problema exige atención inmediata, mientras que el segundo debería atenuarse lo antes posible. Actualmente, los trabajos en la piscina se ven obstaculizados por la turbiedad del agua y la presencia de abundantes cantidades de lodo y productos de la corrosión en suspensión. La misión enviada en febrero tenía por objeto prestar asistencia a los explotadores de Vinca en la formulación de un plan para abrir orificios de ventilación en los bidones de almacenamiento, y limpiar y purificar el agua de la piscina. Sin embargo, el Organismo no está en condiciones de costear los gastos de acondicionamiento, estabilización y embalaje del combustible, y se necesitarán fuentes de financiamiento extrapresupuestario. Hasta el presente, Italia es uno de los países que han ofrecido asistencia.

Si desea obtener más información, diríjase a la División de Energía Nucleoeléctrica y del Ciclo del Combustible Nuclear del OIEA. Para obtener información sobre el curso de capacitación y las directrices del OIEA, consulte las páginas del ANL en la Internet en Worldwide Web: <http://www.td.anl.gov/RERTR/FRRSNF.html>

**Gestión segura del combustible gastado de los reactores de investigación**

**En memoria  
del  
Embajador  
Nelson F.  
Sievering,  
hijo**

El OIEA y la comunidad internacional rinden tributo a los destacados servicios y carrera del Embajador Nelson F. Sievering, hijo, de los Estados Unidos, que falleció el 6 de marzo de 1997. El Embajador Sievering, que fue el Representante de los Estados Unidos ante el OIEA y Gobernador en el órgano rector del OIEA integrado por 35 miembros, la Junta de Gobernadores, desempeñó el cargo de Director General Adjunto del OIEA para Asuntos de Administración desde octubre de 1980 hasta diciembre de 1987. Le sobreviven su esposa, Dorothy, y dos hijos.

Nacido en 1924, el Embajador Sievering se graduó de la Universidad de Yale en 1945 con el título de B.Sc. en ingeniería química. Obtuvo el título de MS en ingeniería química de la Universidad de Columbia en 1948 y asistió a la Escuela Superior de Administración de Empresas de la Universidad de Nueva York. Al concluir sus estudios, comenzó a trabajar en la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos en 1948, antes de ser nombrado, en el decenio de 1970, Subsecretario Adjunto de Energía encargado de los Asuntos Internacionales. Terminadas sus funciones de Director General Adjunto del OIEA, y hasta que el Presidente Clinton lo nombró Representante de los Estados Unidos ante el OIEA en 1993, el Embajador Sievering fue Miembro Asociado Superior y Director del Programa de no proliferación nuclear del Consejo Atlántico de los Estados Unidos.

En marzo, en la sede del OIEA, el personal y los miembros de la Junta por igual reflexionaron sobre los abnegados servicios prestados por el Embajador Sievering, muchos elogiaron sus aportes en un libro de condolencias que se abrió



en la misión de los Estados Unidos. En un mensaje del Embajador John B. Ritch III, de los Estados Unidos, Representante Residente de ese país ante el OIEA y los organismos internacionales en Viena, se recordó al Embajador Sievering con afecto: *"Como administrador principal del OIEA y, posteriormente, como Gobernador de los Estados Unidos, Nelson Sievering fue uno de los que encabezó la edificación de una de las grandes instituciones multilaterales del mundo. Nelson fue un hombre que se hizo acreedor del título de Embajador. Ya sea en la batalla burocrática o en la diplomática, Nelson siempre mostraba sus habilidades de estadista sin hipocresías y con una inagotable y legítima generosidad hacia todos los que lo rodeaban. Nelson Sievering representó bien a los Estados Unidos. Al encarar sus propias tragedias, Nelson mostró un sereno coraje que despertó la admiración de los que lo rodeaban. Quizás su propio dolor contribuyó a esa generosidad personal que era su característica distintiva. Tanto en Viena como en Washington se sentirá su ausencia y se le recordará también como un hombre que mereciéndolo todo, no pedía nada"*.

**En memoria  
del Sr. Vitomir  
Markovic**



Los círculos científicos de todo el mundo se enteraron con pesar del fallecimiento del Dr. Vitomir Markovic, el 13 de marzo de 1997, en Budapest. Funcionario superior del Departamento de Investigaciones e Isótopos del OIEA desde 1984, el Sr. Markovic fue un respetado químico investigador y jefe de proyecto cuya labor tendrá frutos imperecederos en muchos países del mundo.

Asiduo colaborador del *Boletín del OIEA* y otras revistas y publicaciones científicas, el Dr. Markovic era experto en la esfera de la química de las radiaciones y las aplicaciones industriales de las tecnologías de las radiaciones, y escribió o colaboró en la preparación de más de 50 memorias y artículos. Nació en Yugoslavia en 1936, y en 1960 se graduó de la Universidad de Belgrado, a la que regresó para obtener su título de Doctor en química y dosimetría de las radiaciones en 1968.

En el transcurso de su carrera trabajó como científico visitante en Dinamarca, en la Comisión de Energía Atómica Danesa, antes de asumir el cargo de Director del Laboratorio de Química en el Instituto de Ciencias Nucleares Boris Kidric en su país natal. Antes de pasar a trabajar en el OIEA en 1984, desempeñó funciones como director de varios proyectos en la esfera de las aplicaciones de las radiaciones para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de Presidente General de reuniones internacionales sobre tratamiento por irradiación, y de profesor visitante en la Universidad de Maryland de los Estados Unidos.

El Dr. Markovic será siempre recordado por amigos y colegas, así como por la comunidad internacional, a la que sirvió con tanta dedicación, voluntad y profesionalidad.

Especialistas en protección radiológica se reunirán en el OIEA en mayo para debatir temas relacionados con la reglamentación de fuentes radiactivas y las repercusiones conexas para la gestión de desechos radiactivos. En particular, examinarán cuestiones relativas a la exclusión, exención y dispensa de fuentes radiactivas que no pueden o no requieren estar sujetas a controles reglamentarios por una u otra razón.

Algunos tipos de fuentes de radiación, como el potasio 40 radiactivo natural presente en el cuerpo humano, están excluidos por su naturaleza de los controles reglamentarios. Otros, como los trazadores empleados en las investigaciones, que contienen cantidades muy pequeñas de materiales radiactivos, pueden quedar exentos de control porque no entrañan riesgos significativos para la salud y la seguridad. Algunos otros tipos de materiales requieren dispensa del control reglamentario porque han dejado de plantear riesgos radiológicos. A modo de ejemplo, podemos citar los materiales para reciclado y los desechos que contienen bajos niveles de radiactividad provenientes del ciclo del combustible nuclear y de otras instalaciones reglamentadas como hospitales y laboratorios de investigación.

Entre los objetivos de la reunión de mayo en el OIEA se encuentran trazar estrategias para dar solución a los problemas mediante acciones cooperativas internacionales, y brindar asesoramiento para la labor del Organismo en la elaboración de una guía para sus normas de seguridad. Junto con otras organizaciones, el OIEA ha publicado una guía internacional en las *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS)*, así como en la edición revisada del *Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos*, documento consultivo del Organismo sobre los conceptos de

exención, exclusión y dispensa y que han sido objeto de análisis en el contexto del proyecto de convención sobre la seguridad en la gestión de desechos radiactivos que se está preparando. Las NBS reflejan el consenso internacional logrado en 1988 sobre los principios generales para la exención y dispensa del control reglamentario que se publicó en la Colección Seguridad del OIEA.

Aún queda mucho por hacer para esclarecer definiciones y generalizar la aplicación de los conceptos a problemas prácticos de protección radiológica y gestión de desechos. A nivel nacional, las políticas de reglamentación en el caso de las fuentes radiactivas de bajo nivel no siempre son coherentes ni congruentes con respecto a su exclusión, exención o dispensa del control reglamentario. Aunque la situación no ha afectado la salud y seguridad del público, sí ha suscitado confusión y ha dado origen a temores injustificados en torno a la exposición a materiales radiactivos "no reglamentados", sobre todo si esos materiales cruzan las fronteras nacionales.

Uno de los problemas actuales es el relacionado con los materiales radiactivos naturales, que pueden incluir minerales cupríferos o algunos carbones. Se ha expresado inquietud por las repercusiones de la guía internacional sobre la exención de fábricas que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales como parte de los materiales presentes en sus procesos, y la posible necesidad de establecer reglamentos para situaciones que antes no lo requerían. Se han expresado preocupaciones análogas acerca de los desechos mineros que contienen radionucleidos naturales, que en particular constituyen un posible problema en los países en desarrollo. Otro problema es la gestión de desechos, en la que los volúmenes de desechos radiactivos de actividad baja y período largo pueden resultar demasiado grandes para ser evacuados en repositorios profundos.

### Reglamentación de las fuentes de radiación

Del 23 al 27 de junio, en Nueva York, las Naciones Unidas celebrarán un período extraordinario de sesiones de la Asamblea General para realizar un examen y una evaluación generales de la ejecución del Programa 21, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo—Cumbre de la Tierra— en Río de Janeiro, en 1992. El Programa 21 contiene estrategias para impedir la degradación ambiental y establecer las bases para un modo de vida sostenible.

Este período extraordinario de sesiones, denominado "Cumbre de la Tierra+5", incluirá un examen de los problemas energéticos mundiales. Como contribución al período de sesiones, el OIEA prepara publi-

caciones actualizadas sobre opciones energéticas sostenibles, en las que se destacan los resultados del programa de evaluaciones comparativas del Organismo que abarca las opciones para la generación de electricidad, y en las que se examinan los aportes de las aplicaciones nucleares en la medicina, la agricultura, la hidrología, los estudios sobre el cambio climático y otras esferas que promueven el desarrollo sostenible.

En sus contribuciones, el OIEA recalcará el importante y frecuentemente olvidado papel de la energía nucleoelectrónica en el sector de la generación de electricidad, en el que suministra un 17% de la electricidad total del mundo, sin aumentar las emisiones de dióxido de carbono.

### Cumbre de la Tierra+5

## Cuba: Sede de simposio internacional

Cuba anunció que en octubre de este año será sede de dos reuniones internacionales en cooperación con el OIEA. Una de ellas se centrará en las aplicaciones prácticas de las tecnologías nucleares en las esferas de la agricultura, la industria, la salud, el medio ambiente y las ciencias, y la otra, en la física nuclear. Las reuniones, que están siendo organizadas por un comité de representantes del OIEA, Cuba y otros países latinoamericanos, formarán parte de las actividades que realizará Cuba para conmemorar el cuadragésimo aniversario del Organismo.

**Simposio Internacional sobre el empleo de técnicas nucleares y conexas en la agricultura, la industria, la salud y el medio ambiente.** Este simposio, organizado en una serie de talleres, prestará especial atención a la amplia gama de técnicas nucleares que se aplican en América Latina, incluidas las relacionadas con la lucha contra plagas; producción agrícola; fitotecnica; recursos hídricos; ensayos no destructivos en la industria; tecnologías de tratamiento por radiaciones; medicina nuclear, radioterapia y radiofármacos; y técnicas analíticas nucleares en los estudios ambientales.

**Taller sobre física nuclear.** Entre los temas incluidos en este taller figuran la física de neutrones rápidos y los análisis de activación por neutrones rápidos; el soporte lógico (software) sobre aplicaciones nucleares; el desarrollo y diseño de instrumentación nuclear para la espectroscopía y la física experimental; y los detectores de semiconductores avanzados y las investigaciones y novedades electrónicas conexas.

**Invitación para la presentación de memorias.** El comité organizador está aceptando en estos momentos las contribuciones científicas a los talleres, que se realizarán en español, inglés y portugués; la fecha límite para la entrega de los resúmenes es el 30 de abril. Si desea obtener más información, diríjase al Dr. Luis F. Desdin García en la CEADEN, en La Habana. Facsímil: +537-221518. Correo electrónico: root@ceaden.cigb.edu.cu o al Sr. Pier Danesi, Director de los Laboratorios de OIEA en Seibersdorf, Austria, y miembro del comité organizador del Simposio.

## México: Aniversario del Tratado de Tlatelolco

El Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, calificó el Tratado de Tlatelolco de "precursor" de la no proliferación nuclear, al hacer uso de la palabra en las ceremonias conmemorativas que

tuvieron lugar en México, cuyo gobierno es depositario del Tratado, el 14 de febrero de 1997, en ocasión del trigésimo aniversario de la firma de este Tratado.

El Dr. Blix dijo que "el Tratado de Tlatelolco ha contribuido no sólo a mantener las armas nucleares fuera de América Latina, sino también a fomentar la aceptación de la no proliferación en el mundo. De hecho, con el fin de la guerra fría, los objetivos gemelos de la universalización de la no proliferación y el desarme nuclear radical o total han dejado de ser simples metas teóricas, para convertirse en objetivos propugnados por un creciente número de políticos, diplomáticos y jefes militares de experiencia. La no proliferación no es el fin del camino hacia un mundo más cuerdo, sino el comienzo".

El Tratado de Tlatelolco, que quedó abierto a la firma en 1967 y establece una zona libre de armas nucleares (ZLAN) en América Latina y el Caribe, es el precursor del Tratado global sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), que quedó abierto a la firma un año después, en 1968. Ambos Tratados disponen que sus Partes concierten acuerdos de salvaguardias amplias con el OIEA, y contienen disposiciones para el uso de la energía nuclear con fines pacíficos.

El enfoque regional del Tratado de Tlatelolco respecto de la no proliferación ha sido adoptado en otras partes del mundo, incluidos el Tratado de Pelindaba, en Africa, que quedó abierto a la firma en el Cairo el año pasado; el Tratado de Rarotonga, en el Pacífico meridional; y el Tratado de Bangkok, en Asia sudoriental. El Dr. Blix dijo que los enfoques zonales que tienen en cuenta necesidades particulares de los Estados de la región, podrían llegar a ser indispensables en otras regiones, entre ellas, el Oriente Medio y el subcontinente indio.

Si desea obtener más información sobre el Tratado de Tlatelolco, diríjase al Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (OPANAL), Temístocles 78, Col. Polanco, México D.F., México 11560. Facsímil: +525-280-2965.

## Malta y Burkina Faso: Solicitud de ingreso en el OIEA

Malta y Burkina Faso han solicitado su ingreso en el OIEA. Ambas solicitudes fueron examinadas favorablemente por la Junta de Gobernadores del OIEA en su reunión de marzo, y se someterán ahora a la consideración de la Conferencia General del Organismo, que se celebrará en septiembre, para su aprobación.

### **República de Corea: Desalación de agua de mar**

Se espera que más de 150 participantes de Asia, Africa, América Latina y otras regiones asistan al Simposio sobre desalación de agua de mar mediante la energía nuclear, que se efectuará del 26 al 30 de mayo en Taejon. La reunión centrará su atención en la aplicación de la energía nuclear para la producción de agua potable en plantas de desalación.

Durante los últimos años el OIEA, en cooperación con otras organizaciones, ha realizado una serie de estudios de factibilidad en esta esfera, en respuesta al interés mostrado por sus Estados Miembros y el deseo de éstos de que se evalúen más ampliamente las posibilidades técnicas y económicas de los reactores nucleares como fuentes de energía para la desalación de agua de mar. Además, están en curso diversas actividades bilaterales y nacionales sobre la desalación nuclear.

El renovado interés en la desalación por medios nucleares que fue objeto de estudio ya a fines del decenio de 1950, está muy vinculado a la disponibilidad de los recursos hídricos en el mundo. Aunque el abastecimiento de agua supera el consumo, los recursos hídricos no están distribuidos equitativamente. Ello hace que cerca de las tres cuartas partes de la población mundial no disponga de suficiente agua potable apta para el consumo, y muchos países hacen frente a una grave escasez de agua. Como parte de los esfuerzos que se hacen por resolver estos problemas, se han puesto en funcionamiento más instalaciones de desalación de agua de mar en algunos países en los últimos decenios, y hoy día hay más países interesados en aplicar esa tecnología. El simposio servirá de foro mundial para el intercambio de experiencias tecnológicas entre los países, tanto sobre el diseño y desarrollo de los sistemas nucleares de desalación, como sobre las perspectivas de su aplicación práctica. Además, actualizará a los participantes acerca de las necesidades de agua en el mundo, los programas y actividades nacionales de desalación, y los programas internacionales de cooperación por conducto del OIEA y demás organizaciones.

### **Myanmar: Vigésimo quinto aniversario del ACR**

Una exposición sobre la cooperación nuclear en la esfera de las aplicaciones de las tecnologías nucleares y de las radiaciones con fines pacíficos se abrió al público en Myanmar, en marzo. El gobierno patrocinó dicha exposición en ocasión del vigésimo quinto aniversario del Acuerdo de Cooperación Regional (ACR) del OIEA para la investigación, el desarrollo y la capacitación en materia de

ciencia y tecnología nucleares, que recibe el apoyo del OIEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Este acuerdo regional ha contribuido a la transferencia de tecnologías con vistas a las aplicaciones industriales, agrícolas y de otra índole. La exposición se realizó juntamente con la 19ª Reunión del Grupo de Trabajo de los países participantes en el ACR en la región de Asia y el Pacífico. Asistieron a la reunión y a la exposición conmemorativa delegados de 15 países del ACR, altos funcionarios oficiales de Myanmar y representantes del OIEA.

### **Israel: Radiación y salud**

Participantes de más de 25 países asistieron a la Conferencia Internacional sobre Radiación y Salud que se celebró a fines de 1996 con el patrocinio de la Universidad Ben Gurion del Centro Médico Negev y Soroka del Negev en cooperación con el OIEA y la OMS. La reunión se centró en el problema de la exposición de las poblaciones a las radiaciones, los efectos biológicos iniciales y cómo pueden detectarse, la evaluación de los efectos retardados y cómo reaccionan las poblaciones, los análisis de riesgos y las bases científicas de las políticas sanitarias.

La conferencia reunió a científicos de diferentes disciplinas para analizar los progresos alcanzados en la reparación del ADN, radiobiología celular, endocrinología, oncología, genética, medicina nuclear, epidemiología, sicosociología y física. Se prestó atención especial a los problemas de la exposición a las radiaciones como resultado del accidente de Chernobyl y otros accidentes nucleares. Los resúmenes se publicarán en *Public Health Reviews*. Para obtener ejemplares de su publicación, diríjase a la Secretaría de la Conferencia, o a los copresidentes, Profesores Michael Quastel y John R. Goldsmith, que están a cargo del Institute of Nuclear Medicine, Soroka Medical Center, POB 151, Beer Sheva, Israel 84101.

### **Canadá: Conferencia nuclear de 1998**

Las memorias para la Oncena Conferencia Nuclear de la Cuenca del Pacífico que organiza para el próximo año la Sociedad Nuclear Canadiense y la Asociación Nuclear Canadiense en cooperación con otras organizaciones, podrán presentarse hasta finales de mayo de 1997. La conferencia, que deberá celebrarse del 3 al 7 de mayo de 1998 en Banff, Alberta, prestará especial atención al tema de la cooperación internacional en los países del arco del Pacífico para el siglo XXI. Si desea obtener más información, diríjase a la CNA, 144 Front Street West, Suite 475, Toronto, ON M5J 2L7 Canada, o al servicio Web de la conferencia en Internet en <http://www.pbnc98.com>.

**ENERGIA NUCLEOELECTRICA.** Recientemente, en Manila, el Director General del OIEA, Dr. Hans Blix, hizo hincapié en hechos relacionados con el uso mundial de la energía nucleoelectrónica para la generación de electricidad y en los beneficios ambientales y económicos conexos. Al hacer uso de la palabra en el Segundo Congreso Nuclear de Filipinas, celebrado en diciembre de 1996, el Dr. Blix dijo que la utilización cada vez mayor de la energía nucleoelectrónica en el mundo podría " paliar de manera significativa el problema de la creciente demanda de energía y la cada vez mayor necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono". El Dr. Blix también pronunció otro discurso en Manila sobre las aplicaciones nucleares en la medicina y otras esferas. Los textos íntegros de las declaraciones pueden obtenerse mediante los servicios *WorldAtom* del OIEA en Internet en <http://www.iaea.org/worldatom>.

**NOMBRAMIENTOS.** El OIEA ha anunciado el nombramiento del Sr. Larry Johnson, de los Estados Unidos de América, como nuevo Director de la División Jurídica. El Sr. Johnson fue anteriormente Oficial Jurídico Principal de la Oficina del Asesor Jurídico de las Naciones Unidas en Nueva York y reemplaza al Sr. Willem Sturms, de los Países Bajos. Por otra parte, la Sra. Odette Jankowitsch ha sustituido al Sr. Karl Keltsch como Jefe de la Sección de Asuntos Gubernamentales e Interinstitucionales de la División de Relaciones Exteriores del OIEA. La Sra. Jankowitsch fue anteriormente Oficial Superior de la División Jurídica. En el Laboratorio para el Medio Ambiente Marino del OIEA con sede en Mónaco, el Sr. Fernando Carvalho ha sido nombrado Jefe del Laboratorio de Estudios del Medio Ambiente Marino.

**SEMINARIO SOBRE SALVAGUARDIAS.** Se está proyectando celebrar en el OIEA, en mayo, un seminario técnico sobre salvaguardias de tres días de duración. El seminario se realiza de conformidad con una resolución de 1996 de la Conferencia General, en la que se pidió al Organismo que convocara un seminario técnico sobre salvaguardias, tecnologías de verificación y experiencia conexa para expertos invitados del Oriente Medio y otras regiones. Se espera que unos 70 expertos participen en sus sesiones.

**SISTEMA DE NOTIFICACION DE INCIDENTES.** El OIEA y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos han publicado un folleto de información pública sobre el Sistema de Notificación de Incidentes (IRS), que aplican de conjunto en la esfera de la seguridad de las centrales nucleares.

El sistema de base de datos aprovecha la experiencia operacional acumulada en las centrales nucleares, la cual puede ser importante para la prevención de accidentes y la garantía de la seguridad. El folleto puede solicitarse a la División de Información Pública del OIEA, y está disponible en los servicios *WorldAtom* del OIEA en Internet.

**EVALUACIONES RADIOLOGICAS.** La Junta Nacional de Protección Radiológica (NRPB) del Reino Unido ha anunciado que va a lanzar al mercado un nuevo paquete de soportes lógicos para la evaluación de las repercusiones radiológicas de las emisiones continuas de radiactividad en el medio ambiente. El paquete, denominado "PC Cream", consiste en un conjunto de modelos y datos que permiten calcular la transferencia de radionucleidos a través del medio ambiente, incluidos la atmósfera y los ecosistemas agrícola y marino. Si desea obtener más información, diríjase a NRPB, Chilton, Didcot, Oxfordshire, OX11 0RQ, UK. Fax: 01235-833891. Correo electrónico: [andy.mayall@nrpb.org.uk](mailto:andy.mayall@nrpb.org.uk)

**DIVIDENDOS DE LA PAZ.** En un artículo publicado en la edición de marzo de 1997 de *Finance and Development* se hace un análisis pormenorizado de los "dividendos de la paz" derivados de las reducciones de los gastos militares y de cómo se están utilizando. Los últimos datos sobre los gastos militares de los países indican que desde 1985 se han obtenido importantes dividendos de la paz. En este artículo, escrito por Benedict Clements, Sanjeev Gupta y Jerald Schiff, se analizan las reducciones que han hecho los países y cómo éstos han asignado los recursos. *Finance and Development* es una revista trimestral del Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. Se puede obtener más información, dirigiéndose al editor, 700 19th Street NW, Washington, DC 20431 USA, y en la página Web de la revista en Internet en <http://worldbank.org/fandd>

**REUNION INFORMATIVA DEL OIEA PARA LAS ONG.** A principios de abril, el OIEA convocó una reunión informativa en Nueva York con representantes invitados de organizaciones no gubernamentales. Entre los temas abordados figuraban la seguridad en la esfera nuclear y la verificación, y las contribuciones de la energía nuclear al desarrollo sostenible del mundo. Esta reunión informativa se celebró en el transcurso de la primera reunión del Comité Preparatorio encargado del examen en el año 2000 del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), en virtud del cual el OIEA tiene importantes responsabilidades respecto de la verificación y la transferencia de tecnología.

**CLAUSURA DE CENTRALES NUCLEARES.**

La Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos ha publicado dos nuevos informes sobre los progresos realizados a nivel internacional en esferas clave de la clausura de centrales nucleares. El Programa cooperativo de la AEN sobre clausura expone los resultados de un programa que abarca 12 países y unos 30 proyectos de clausura, incluidos 20 reactores y siete plantas de reelaboración. En reciclado y reutilización de restos metálicos se exponen los resultados del trabajo de un Grupo Especial encargado de examinar los medios para maximizar la recuperación de materiales valiosos procedentes de las actividades de clausura, así como para minimizar la cantidad de desechos procedentes de esas operaciones. Para obtener más información, diríjase a AEN, Le Seine St. Germain, 12 boulevard des Iles, 92130 Issy-les-Moulineaux, France. Fax: +33-1-45241110.

**SEMINARIO DE INFORMACION PUBLICA EN CROACIA.**

El OIEA, en cooperación con el Ministerio de Asuntos Económicos de Croacia, organizó en Zagreb, el 25 y 26 de marzo, un seminario sobre información pública que se centró en temas relacionados con la seguridad nuclear

y radiológica, como por ejemplo, las aplicaciones nucleares y radiológicas en diversas esferas; la seguridad de las centrales nucleares y la gestión de desechos; y la experiencia de Croacia en la aplicación de técnicas nucleares en las esferas de la medicina nuclear y las investigaciones científicas. El seminario, que incluyó también visitas técnicas al Instituto Ruder Boskovic y al Hospital Clínico Rebro fue organizado por la División de Información Pública del OIEA en virtud de un programa extrapresupuestario financiado por el Japón.

**HACIA LA VERIFICACION INTERNACIONAL DEL DESARME.**

Funcionarios del OIEA, la Federación de Rusia y los Estados Unidos proyectan celebrar en mayo otra ronda de conversaciones en la sede del Organismo, para debatir cuestiones relacionadas con la verificación de los materiales nucleares dados de baja del sector de la defensa. Entre los temas que se abordarán figuran los aspectos jurídicos, financieros y técnicos de las actividades de verificación que el OIEA podría realizar. Las reuniones se celebrarán de acuerdo con una Iniciativa Trilateral de las tres partes, anunciada en septiembre de 1996 durante la Conferencia General del OIEA.

**New! SURVEY METER ✓ 3 in 1 COMPACT  
DOSERATE METER ✓ RUGGED  
ANALYSIS - NUCLIDE I.D. ✓ 1 FIELD UNIT**

**FIND IT**  
*Survey Mode*, locates contamination.

**MEASURE IT**  
*Dose Meter Mode*, determines hazard level.

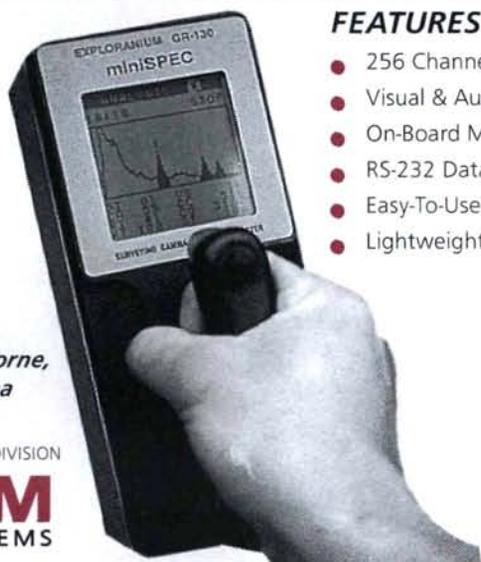
**IDENTIFY IT**  
*Analysis Mode*, identifies nuclides for risk assessment.

*Exploranium offers a full range of airborne, carborne, portable and network gamma radiation monitors.*

ENVIRONMENTAL DIVISION

**EXPLORANIUM**  
RADIATION DETECTION SYSTEMS

264 Watline Ave., Mississauga, ON CANADA L4Z 1P4  
Tel.: (+1) 905-712-3100 Fax: (+1) 905-712-3105  
Michelle Smith - Environmental Product Manager



**FEATURES INCLUDE:**

- 256 Channel Analyzer
- Visual & Audio Output
- On-Board Memory Storage
- RS-232 Data Retrieval Port
- Easy-To-Use
- Lightweight and Compact

**OPPORTUNITIES FOR SALES AGENTS  
FAX MICHELLE SMITH AT (+1) 905-712-3105**

**NEW GR-130 miniSPEC - HAND-HELD GAMMA RAY SPECTROMETER**

# Cost-effective Solutions –

CONSULTANCY &  
TECHNICAL SERVICES



SAFETY & REGULATORY  
MANAGEMENT



ADVANCED DESIGN  
TECHNIQUES



ADVANCED  
TECHNOLOGIES



PROJECT  
MANAGEMENT



CONSTRUCTION  
MANAGEMENT



PROCUREMENT



TESTING, COMMISSIONING  
& TRAINING



OPERATIONAL  
SUPPORT



DECOMMISSIONING

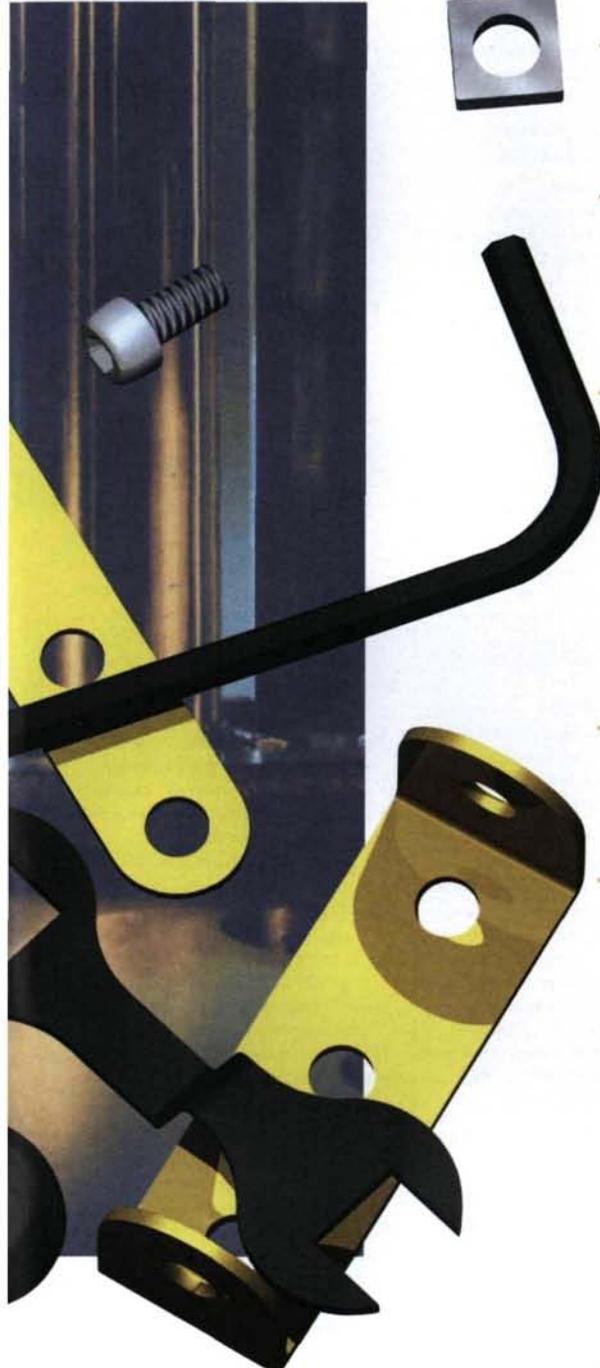


WASTE MANAGEMENT



Meccano is a registered trademark.

# ve Engineering *that work*



No one can pretend that nuclear engineering is simple. Far from it. But the next best thing is experience - lots of it - and no company can offer more experience or a more responsive service than BNFL Engineering Ltd.

As the engineering arm of BNFL we are able to call on over 40 years of experience that provides our customers with valuable operational feedback, data and expertise covering all aspects of the nuclear fuel cycle gained through sustained investment in technology, engineering and people.

Whatever the size of our customers' requirements - from the £2.85 billion THORP plant and its associated facilities at Sellafield, which we designed, constructed and commissioned, to many and varied assignments worldwide - BNFL Engineering Ltd always seeks to provide cost-effective solutions that work.



This is because we are committed to reducing customers' costs without compromising high safety standards - and with our experience, we are in the best possible position to achieve this key objective throughout the world.

If you would like more information on cost-effective engineering solutions tailored to meet specific requirements, contact: **BNFL Engineering Ltd**, The Victoria, Harbour City, Salford Quays, Manchester M5 2SP, England.

Tel: (UK) 0161 952 6000. Fax: (UK) 0161 952 6001.

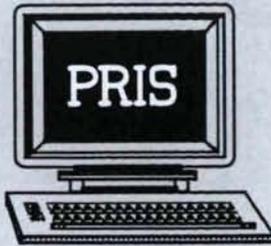
Tel: (Int) 44 161 952 6000. Fax: (Int) 44 161 952 6001.



Engineering Solutions - *that work*

# 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  
Facsimil +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  
térmica; 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  
Facsimil +43 1 20607  
Correo electrónico  
vía BITNET/INTERNET a ID:  
FAS@IAEA1.IAEA.OR.AT

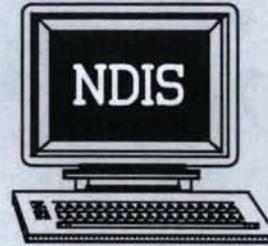
**Cantidad de registros en línea**  
desde enero de 1993 hasta la fecha  
más de 130 000

**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  
Facsimil +43 1 20607  
Correo electrónico  
INTERNET a ID:  
ONLINE@IAEAND.IAEA.OR.AT

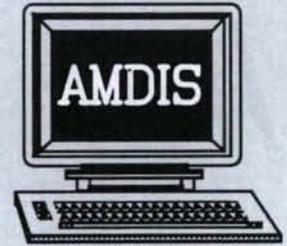
**Ambito**

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@RIPCRSO1.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, sírvase establecer contacto con los productores.  
Las informaciones de estas bases de datos también pueden adquirirse en forma impresa dirigiéndose al productor.  
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

Facsímil (+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 1600 millones**

**Ambito**

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



## ON CD-ROM

5000 JOURNALS

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.

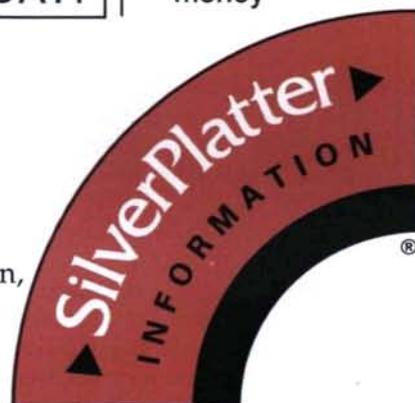
Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242

Fax: +44 (0)81 995 5159

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

### 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



# POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

**NUCLEAR SAFEGUARDS INSPECTOR (97/SGO-4)**, Division of Operations, Department of Safeguards. This P-4 post participates in the implementation of the Agency's safeguards system and functions as a safeguards inspector. The post requires a university degree in chemistry, physics, engineering or electronics/instrumentation, or the equivalent, with at least ten years of relevant experience in the nuclear fuel cycle, processing of nuclear materials, material accounting or non-destructive analysis, preferably in plant operation conditions; national or international safeguards experience; demonstrated experience in the use of personal computers; proven supervisory ability. Knowledge of import/export controls, experience in environmental monitoring or in remote data transmission techniques is desirable. *Closing Date: 31 December 1997.*

**NUCLEAR SAFEGUARDS INSPECTOR (97/SGO-3)**, Divisions of Operations, Department of Safeguards. This P-3 post carries out Agency safeguards inspections at various nuclear facilities, and analyses, evaluates and reports on the results of such inspections; analyses and evaluates data collected from various sources including facility records, design information and reports submitted by States, inspection results and computerized databases. This post requires a university degree, or equivalent, with emphasis in a nuclear discipline; at least six years of relevant experience in the nuclear field, preferably in operation of nuclear facilities; demonstrated experience in the use of personal computers. *Closing Date: 31 December 1997.*

**TECHNICAL OFFICER (97/059)**, Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Department of Research and Isotopes. This P-4 advises Member States on technical and management aspects of the laboratory and related procedures required to implement Codex Standards on food contaminants, e.g. analytical methods and quality control and assurance; laboratory accreditation; and sampling procedures for monitoring and surveillance systems. The post requires a PhD or equivalent in a chemical subject with at least 10 years of experience research, development and analysis concerned with chemical contaminants of food. *Closing date: 24 November 1997*

**DIRECTOR (97/058)**, Division of Physical and Chemical Sciences, Department of Research and Isotopes. This D-1 assists and advises Member States in assessing their needs for research and development, as well as in pro-

gramming and promoting their research activities in such fields as nuclear physics, radiation chemistry, nuclear analytical chemistry, nuclear fusion technology, isotope hydrology and geochemistry, industrial applications of radiation and isotopes, utilization of research reactors and particle accelerators, production of radioisotopes and labeled compounds, nuclear instrumentation design and maintenance, and nuclear and atomic data for applications. The post requires Ph.D. or equivalent, in physics or chemistry with specialization in nuclear science and at least 15 years of research/development and supervisory experience at an appropriate level in activities related to these subjects.

*Closing date: 24 November 1997*

**UNIT HEAD (97/057)**, Division of Budget and Finance, Department of Administration. This P-3 post reviews payments and ensures their conformity with the Agency's Financial Rules and Regulations and distributes the workload ensuring that work is processed in a timely manner. The post requires an advanced university degree in business administration, accounting or related field, and a minimum of six years of relevant experience. *Closing date: 24 November 1997*

**SECTION HEAD (97/052)**, Russian Translation Section, Department of Administration. This P-5 post organizes and supervises the day-to-day operation of the section; makes recommendations to the Director of the division concerning permanent and temporary staff appointments within the section, and tests the professional capacities of candidates for posts in the section. The post requires a university degree or equivalent, broad general knowledge, an adequate grasp of scientific subjects, particularly in the nuclear field, correct, clear and concise style. At least 15 years' experience of language work, of which at least five years at reviser level in an international organization with a scientific profile. *Closing date: 10 November 1997*

**DIRECTOR (97/051)**, Division of External Relations, Department of Administration. This D-1/D-2 co-ordinates the Agency's non-proliferation and safeguards policies and the negotiation of safeguards agreements and the Agency policies of an interdisciplinary nature. The post requires an advanced university degree in political science, law, or international affairs and at least 15 years of international policy management experience at a senior level. *Closing date: 7 November 1997*

**SENIOR TRANSLATOR (97/047)**, English Translation Section, Department of Administration. This P-4 translates (for issue without further revision) scientific, technical, administrative, legal and economic texts into English from Russian, Spanish and French, and if possible from Arabic, Chinese, German and other languages. The post requires a university degree or equivalent. Applicants must have English as their mother tongue or principal language of education and be able to write English clearly and concisely. They should have had ten years of experience in an international organization with a scientific profile, have acquired mastery of the terminology of several areas in the atomic energy field, and have demonstrated soundness of judgment on translation questions. *Closing date: 3 November 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 to the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

**POST ANNOUNCEMENTS ON THE INTERNET.** The IAEA's vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. They 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.

# MATERIALS ACCOUNTANCY

– we have the NDA solution for all fuel cycles

## PIMS

- Locates plant hold-up
- Advanced Safeguards applications
- Near real time Pu inventory

## Spent Fuel Monitor

- Irradiation and enrichment parameter measurement
- Single or diverse measurements
- 1 million fuel items measured

## CIVIL/ MILITARY MATERIAL

## Pu Can Contents Monitor

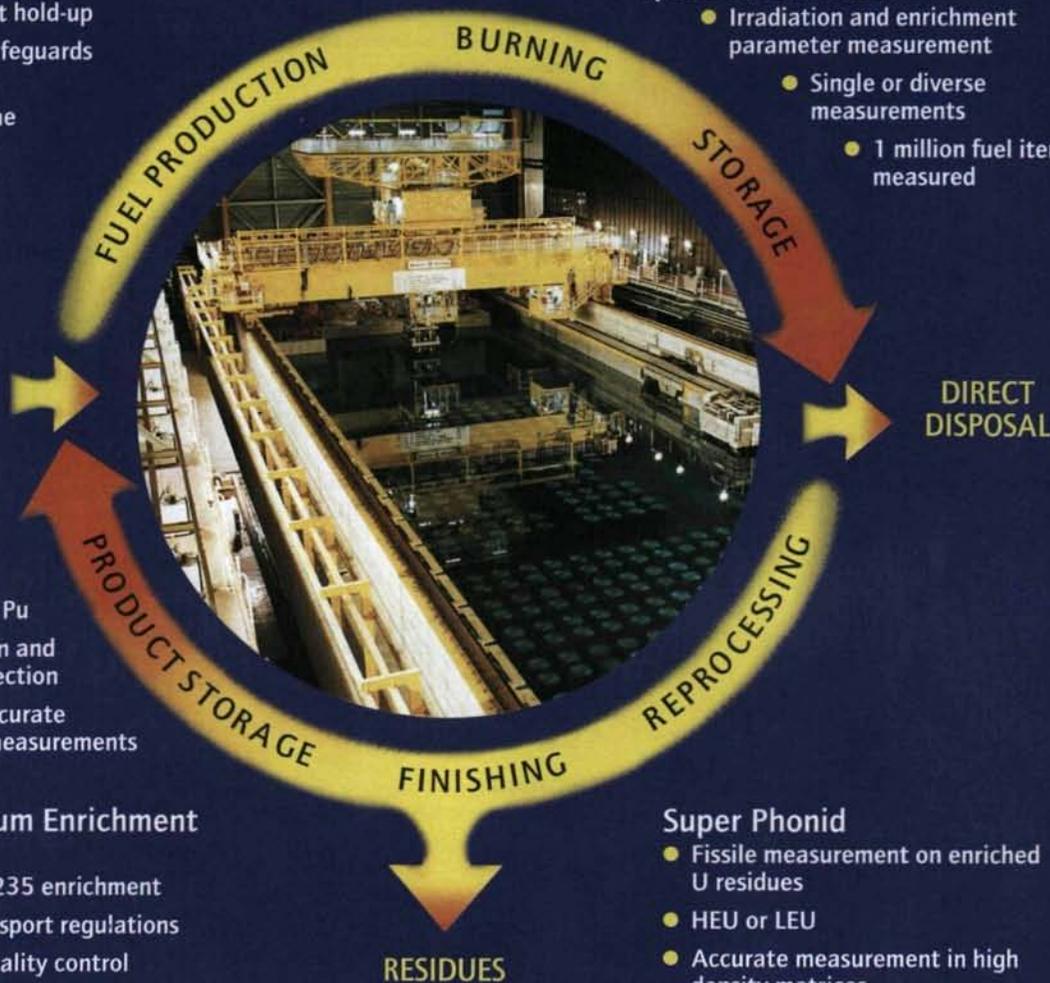
- Measures kg quantities of Pu
- Multiplication and isotopic correction
- Rapid and accurate automated measurements

## Uranium Drum Enrichment Monitor

- Measures U-235 enrichment
- Satisfies transport regulations
- Ensures criticality control

## Super Phonid

- Fissile measurement on enriched U residues
- HEU or LEU
- Accurate measurement in high density matrices



Our new instrumentation with operationally proven technology is designed to solve all your materials accountancy needs and satisfy regulatory requirements. It's the total NDA solution backed by over 20 years specialist experience in every segment of the fuel cycle.

Contact us now for the BNFL Information Pack on Materials Accountancy.

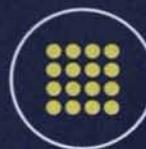
### BNFL Instruments Ltd

Pelham House, Calderbridge, Cumbria  
CA20 1DB England  
Telephone: +44 (0) 19467 85000,  
Fax: +44 (0) 19467 85001

### Pajarito Scientific Corporation

278 D.P. Road, Los Alamos,  
New Mexico 87544 USA  
Telephone: 505 662-4192,  
Fax: 505 662-2286

Pajarito Scientific Corporation is a BNFL company



**BNFL**  
Instruments

## Informes y actas

**Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material - 1996 Edition, Safety Standards Series No. ST-1/Requirements 680 Austrian schillings, ISBN 92-0-104996-X.**

**The Use of Plane-Parallel Ionization Chambers in High-Energy Electron and Photon Beams. Technical Reports Series No. 381, 440 Austrian schillings, ISBN 92-0-104896-3**

**Planning and Operation of Low Level Waste Disposal Facilities, Proceedings Series, 1720 Austrian schillings, ISBN 92-0-104496-8**

**Environmental Behaviour of Crop Protection Chemicals, Proceedings Series, 1520 Austrian schillings, ISBN 92-0-104596-4**

**Characterisation of Radioactive Waste Forms and Packages, Technical Reports Series No. 383, 480 Austrian schillings, ISBN 92-0-100497-4**

**Inspection and Enforcement by the Regulatory Body for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-G4 (Rev. 1), 280 Austrian schillings, ISBN 92-0-103296-X**

**Design and Performance of WWER Fuel, Technical Reports Series No. 379, 320 Austrian schillings, ISBN 92-0-104096-2.**

## Libros de referencia/estadísticas

**IAEA Yearbook 1996, 500 Austrian schillings, ISBN 92-0-101295-0**

**Nuclear Power, Nuclear Fuel Cycle and Waste Management: Status and Trends 1996. Part C of the IAEA Yearbook 1996, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-102196-8**

**Nuclear Safety Review 1996, Part D of the IAEA Yearbook 1996, 140 Austrian schillings, ISBN 92-0-103496-2**

**Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2015, Reference Data Series No. 1, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-102896-2**

**Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No. 2, 140 Austrian schillings, ISBN 92-0-101896-7**

**Nuclear Research Reactors in the World, Reference Data Series No. 3, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-104696-0.**

## LUGARES DE VENTA DE LAS PUBLICACIONES DEL OIEA

Los libros, informes y otras publicaciones del OIEA se pueden adquirir en los lugares que se señalan seguidamente o a través de las principales librerías del país. El pago se puede efectuar en moneda nacional o con cupones de la UNESCO.

### ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH,  
Dag Hammarskjöld-Haus,  
Poppelsdorfer Allee 55,  
D-53115 Bonn

### AUSTRALIA

Hunter Publications, 58A Gipps Street,  
Collingwood, Victoria 3066

### BELGICA

Jean de Lannoy,  
202 Avenue du Roi, B-1060 Bruselas

### BRUNEI

Parry's Book Center Sdn. Bhd.,  
P.O. Box 10960, 50730 Kuala Lumpur,  
Malasia

### CHINA

Publicaciones del OIEA en chino:  
China Nuclear Energy Industry Corporation,  
Translation Section,  
P.O. Box 2103, Beijing

### DINAMARCA

Munksgaard International Publishers Ltd.,  
P.O. Box 2148, DK-1016 Copenhagen K

### EGIPTO

The Middle East Observer,  
41 Sherif Street, El Cairo

### ESLOVAQUIA

Alfa Press Publishers, Križkova 9,  
SQ-811 49 Bratislava

### ESPAÑA

Díaz de Santos, Lagasca 95,  
E-28006 Madrid  
Díaz de Santos, Balmes 417,  
E-08022 Barcelona

### ESTADOS UNIDOS DE AMERICA Y CANADA

Bernan Associates, 4611-F Assembly Drive,  
Lanham, MD 20706-4391  
Correo electrónico: query@bernan.com

### FRANCIA

Office International de Documentation  
et Librairie, 48, rue Gay-Lussac,  
F-75240 Paris Cedex 05

### HUNGRÍA

Librotrade Ltd., Book Import,  
P.O. Box 126, H-1656 Budapest

### INDIA

Viva Books Private Limited,  
4325/3, Ansari Road,  
Darya Ganj, Nueva Delhi-110002

### ISRAEL

YOZMOT Literature Ltd.,  
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv

### ITALIA

Libreria Scientifica, Dott. Lucio di Biasio  
"AEIOU",  
Via Coronelli 6, I-20146 Milán

### JAPON

Maruzen Company Ltd., P.O. Box 5050,  
100-31 Tokyo International

### MALASIA

Parry's Book Center Sdn. Bhd.,  
P.O. Box 10960, 50730 Kuala Lumpur

### PAISES BAJOS

Martinus Nijhoff International,  
P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haya  
Swets and Zeitlinger b.v.,  
P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse

### POLONIA

Ars Polona, Foreign Trade Enterprise,  
Krakowskie Przedmieście 7,  
PL-00-068 Varsovia

### REINO UNIDO

The Stationary Office Books,  
Publications Centre,  
51 Nine Elms Lane,  
Londres SW8 5DR

### REPUBLICA CHECA

Artia Pegas Press Ltd.,  
Palác Metro, Narodní tř. 25,  
P.O. Box 825, CZ-111 21 Praga 1

### SINGAPUR

Parry's Book Center Pte. Ltd.,  
P.O. Box 1165, Singapur 913415

### SUECIA

Fritzes Customer Service,  
S-106 47 Estocolmo

**Fuera de los Estados Unidos de América y Canadá, también pueden hacerse pedidos y consultas directamente a:**  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
Dependencia de Promoción y  
Venta de Publicaciones  
Wagramerstrasse 5, Apartado 100,  
A-1400 Viena (Austria)  
Teléfono: +43 1 2060 22529 (o 22530)  
Facsímil: +43 1 2060 29302  
Correo electrónico:  
Sales.Publications@IAEA.Org

# DART HITS THE MARK!

and Explodes the Myths  
surrounding Portable  
Multichannel Analyzers

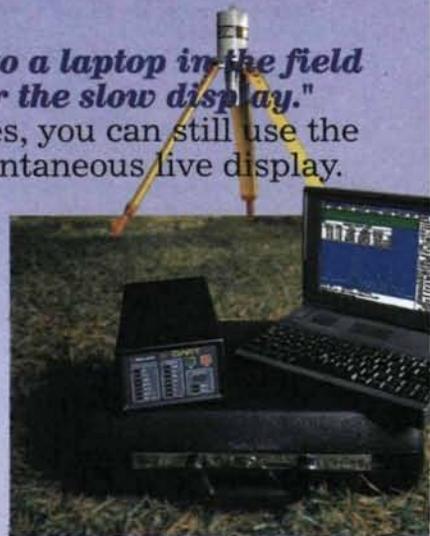
**Myth 1:** "Portable MCAs are heavy." **Nonsense!** At <math>5\frac{1}{4}</math> lbs, DART is certainly not gravitationally challenged!

**Myth 2:** "Portable MCAs compromise spectral performance." **Not DART!** "Beta test" sites have been astounded by DART's count rate and temperature stability, which eclipse those of many laboratory systems.

**Myth 3:** "A power-save mode, required for acceptable battery life, mandates an intolerable stabilization wait." **No longer!** Innovative power management means DART operates for 7 full hrs, with instant availability. NEVER a stabilization wait!

**Myth 4:** "The only viable way to connect a portable MCA to a laptop in the field is with a serial link; then you get to anguish over the slow display." **NO, NO, NO!** DART connects to the Parallel port (yes, you can still use the printer). Result? 600 kbit/second data transfer, instantaneous live display.

**Myth 5:** "Portable MCAs lack the hardware features of laboratory units." **Don't you believe it!** DART has a computer-controlled amplifier and high voltage, and two digital stabilizer modes for NaI and Ge detectors. MCS is standard! A unique "computer-less" field mode stores 160 spectra — without a computer. A host of front-panel indicators, including a ratemeter display, means you are never in the dark — with or without a computer.



**DART is the unique portable MCA . . . a destroyer of myths.** Whether performing site characterization, environmental monitoring, or Safeguards . . . you'll know the DART designers had you in mind!

Call for more information. We aimed DART at YOUR needs!!

 **EG&G ORTEC®** **HOTLINE 800-251-9750**

E-Mail: [INFO\\_ORTEC@egginc.com](mailto:INFO_ORTEC@egginc.com) • Fax (423) 483-0396

100 Midland Road, Oak Ridge, TN 37831-0895 U.S.A. • (800) 251-9750 or (423) 482-4411

AUSTRIA  
(01) 9142251

CANADA  
(800) 268-2735

FRANCE  
04.76.90.70.45

GERMANY  
(089) 926920

ITALY  
(02) 27003636

JAPAN  
(043) 2111411

NETHERLANDS  
(0306) 090719

UK  
(01189) 773003

PRC  
(010) 65544525



**Formulación de enfoques para comparar las posibles repercusiones de los desechos procedentes de tecnologías de generación de electricidad (FACTS)**

*En este programa se presta particular atención a la coordinación de los siguientes aspectos: 1) el acopio, evaluación y elaboración de conjuntos de datos coherentes, en casos en que actualmente se carece de datos coherentes, respecto de las características y cantidades de desechos asociadas con diferentes tecnologías de generación de electricidad; 2) la formulación de enfoques para comparar las repercusiones en la salud y el medio ambiente de las sustancias radiactivas y no radiactivas (quimiotóxicas) que se encuentran en desechos procedentes de la generación de electricidad.*

**Optimización de los procedimientos de control de calidad y síntesis para la preparación de péptidos marcados con yodo 123 y flúor 188**

*Los radionucleidos producidos por ciclotrón, tales como el emisor de positrones F 18 y el emisor de un solo fotón I 123, tienen excelentes posibilidades, cuando se usan en combinación con péptidos específicamente reactivos con determinantes moleculares presentes en poblaciones de células enfermas, de posibilitar que la medicina nuclear molecular tenga efectos significativos en problemas importantes de atención de la salud. Es de esperar que con la utilización del péptido intestinal vasoactivo (VIP) como modelo, los métodos de marcado y las estrategias de validación adquiridas permitan a los participantes obtener otros sistemas péptido/ligante de particular interés para problemas prioritarios nacionales en materia de atención de la salud.*

**Investigación y evaluación del comportamiento del combustible gastado (SPAR)**

*El programa tendrá por meta seguir creando una amplia base de datos internacional sobre el comportamiento del combustible gastado en condiciones de almacenamiento a largo plazo. Dicha información es necesaria y útil para encarar la concesión de licencias y otras cuestiones de seguridad relativas al almacenamiento de combustible gastado a largo plazo en Estados Miembros.*

**Comportamiento a largo plazo de los bultos de desechos de actividad baja e intermedia en condiciones de repositorio**

*Promover la investigación, cooperación e intercambio de información entre Estados Miembros sobre los últimos progresos en materia de métodos experimentales y de la comprensión de los procesos inherentes al comportamiento a largo plazo, incluidas la durabilidad, contención de radionucleidos y generación de gases de bultos de desechos de actividad baja e intermedia de vida corta en condiciones de repositorio cerca de la superficie.*

**Técnicas moleculares para diagnóstico de enfermedades de los animales en países en desarrollo**

*Abordar el desarrollo de sistemas para la detección e identificación de agentes de enfermedades en que se utilicen tecnologías de reacción en cadena inducida por la polimerasa basadas en radisótopos. Se prestará particular atención a las técnicas para detectar la peste bovina y los virus conexos, y la pleuroneumonía bovina contagiosa.*

**Consecuencias para la salud de las partículas en suspensión en el aire en minería, refinación de metales e industrias de laboreo de metales**

*Realizar una labor de vigilancia del lugar de trabajo y del personal con relación a las partículas en suspensión en el aire en las industrias minera, de refinado y de laboreo de metales, incluidos análisis tisulares de los trabajadores expuestos a ellas, y estudiar las consecuencias de dicha exposición para la salud. Se prevé obtener como resultado datos confiables e importantes sobre fuentes y niveles de contaminación en el lugar de trabajo en diversos países y una mejor comprensión de las consecuencias de los compuestos tóxicos para la salud de los trabajadores expuestos.*

**SEPTIEMBRE DE 1997**

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

**Zakopane (Polonia)**

(8 a 12 de septiembre)

Conferencia General del OIEA

**Viena (Austria)**

(29 de septiembre a 2 de octubre)

**OCTUBRE DE 1997**

Simposio sobre salvaguardias internacionales

**Viena (Austria)**

(13 a 17 de octubre)

Seminario regional FAO/OIEA sobre técnicas nucleares para optimizar el uso de nutrientes y agua a fin de elevar al máximo la productividad de los cultivos y la preservación del medio ambiente

**Piracicaba (Brasil)**

(27 a 31 de octubre)

**NOVIEMBRE DE 1997**

Conferencia internacional sobre protección física

de los materiales nucleares:

Experiencia en materia de regulación, aplicación y operaciones

**Viena (Austria)**

(10 a 14 noviembre)

Simposio sobre mejoramiento de la seguridad contra incendios en centrales nucleares en explotación

**Viena (Austria)**

(17 a 21 noviembre)

Conferencia Internacional sobre dosis bajas de radiación

ionizante: efectos biológicos y control reglamentario

**Sevilla (España)**

(17 a 21 de noviembre)

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.



# BOLETIN ESTADOS MIEMBROS DEL OIEA DEL OIEA

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

Facsimil: (43-1) 20607

Correo electrónico:

official.mail@iaea.org

**DIRECTOR GENERAL:** Dr. Hans Blix

**DIRECTORES GENERALES ADJUNTOS:**

Sr. David Waller, Sr. Bruno Pellaud,

Sr. Victor Mourogov, Sr. Sueo Machi,

Sr. Jihui Qian, Sr. Zygmund Domaratzki

**DIRECTOR DE LA DIVISION DE INFORMACION**

**PUBLICA:** Sr. David Kyd

**REDACTOR-JEFE:** Sr. Lothar H. Wedekind

**AYUDANTES DE REDACCION:**

Sra. Ritu Kenn, Sr. Rodolfo Quevenco, Sra.

Juanita Pérez, Sra. Brenda Blann

**COMPOSICION/DISEÑO:**

Sra. Hannelore Wilczek

**COLABORADORES:**

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. M. Liakhova, Sra. M. Swoboda,

Sr. W. Krautzer,

Sr. A. Adler, Sr. R. Luttenfeldner,

Sr. L. Nimetzki

## Ediciones en diversos idiomas

**APOYO PARA LA TRADUCCION:**

Sr. S. Datta

**EDICION EN FRANCES:**

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 Energía Nuclear de China, Beijing, traducción, impresión, distribución

**EDICION EN RUSO:** Producción en el OIEA

El Boletín del OIEA se distribuye gratuitamente 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 artículos firmados o en los anuncios de este Boletín no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica, que declina toda responsabilidad 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

Hungría

India

Indonesia

Istania

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

Kazajstán

Uzbekistán

Yemen

1995

Bosnia y Herzegovina

1996

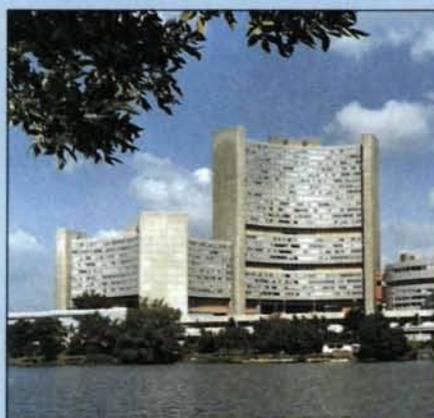
Georgia

Moldavia

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 (incluida la antigua Checoslovaquia) habían ratificado el Estatuto.

El año indica el 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 mancomunan 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 $\mu$ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 $\mu$ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 $\mu$ 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