

Proyecto internacional de evaluación de mares árticos: Informe sobre la marcha de las actividades

En el marco de un estudio apoyado por el OIEA, los expertos observan con gran atención el anterior vertimiento de desechos radiactivos en los mares de Kara y Barentz

La noticia en 1992 de que durante más de tres decenios la antigua Unión Soviética había estado vertiendo grandes cantidades de desechos radiactivos de actividad alta en las aguas poco profundas de los mares árticos suscitó gran preocupación, en particular en los países con costas en esos mares.

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 apoyo 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). El estudio se denominó Proyecto internacional de evaluación de mares árticos (IASAP) y fue presentado durante una reunión organizada conjuntamente con los gobiernos de Noruega y Rusia en Oslo, en febrero de 1993.

En el presente artículo se ofrecen algunos antecedentes del vertimiento de desechos en los mares árticos y se describen los progresos realizados en el marco del IASAP.

Control internacional de los vertimientos

La primera evacuación de desechos radiactivos en el mar de que existe constancia se efectuó en 1946, en un lugar del Pacífico nororiental, a unos 80 km de las costas de California. En los años siguientes, a medida que la evacuación en el mar se generalizó como alternativa de la evacuación de desechos radiactivos, también aumentó la presión para que se controlase esta actividad. La respuesta fue que en 1972 se estableció el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias, que entró en vigor en 1975. (Este convenio se hizo muy conocido por el nombre de Convenio de Londres sobre Vertimiento, pero recientemente se cambió ese nombre por el de Convenio de Londres de 1972.) El Convenio está reconocido como el principal mecanismo internacional de control del vertimiento de desechos en el mar.

La Sra. Sjoebloom y el Sr. Linsley son funcionarios superiores de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y Gestión de Desechos del OIEA. Todas las referencias correspondientes al presente artículo pueden obtenerse dirigiéndose a los autores.

Originalmente el Convenio prohibía, entre otras cosas, el vertimiento de desechos radiactivos de actividad alta y exigía la obtención de un permiso especial para verter los desechos de actividad baja. Se pidió al OIEA que hiciera una definición de los desechos de actividad alta inapropiados para su vertimiento en el mar y que formulara recomendaciones sobre los lugares de evacuación, los bultos, etc., para la evacuación de los desechos de actividad baja. En atención a esta solicitud, se prepararon tres documentos.*

En 1983, a raíz de que algunas Partes Contratantes en el Convenio manifestaran inquietudes sobre los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente que pudieran provocar las operaciones de evacuación de desechos radiactivos, se impuso una moratoria voluntaria sobre el vertimiento de estos desechos en el mar, hasta tanto se realizara un amplio examen del problema. El OIEA proporcionó información técnica para facilitar el debate. En 1993, las Partes Contratantes en el Convenio decidieron prohibir el vertimiento en el mar de todo tipo de desechos radiactivos. Se observó que la decisión de la prohibición total no se había adoptado sobre la base de consideraciones científicas y técnicas, sino más bien por razones de carácter social, moral y político.

Vertimiento en el mar por la antigua Unión Soviética

La información sobre las prácticas de vertimiento en el mar de la antigua Unión Soviética fue dada a conocer por primera vez por un grupo ecologista no gubernamental denominado Towards a New Earth. Greenpeace International, en su calidad de observador del Convenio de Londres, señaló el problema a la atención del Convenio en 1991 y otra vez en 1992. En consecuencia, las Partes Contratantes instaron a la Federación de Rusia a que presentara una información completa sobre el tema. En este período, el OIEA elaboró planes a fin de iniciar un proyecto para evaluar las consecuencias del vertimiento sobre la sanidad humana y el medio ambiente, los cuales

por
Kirsti-Liisa
Sjoebloom y
Gordon S.
Linsley

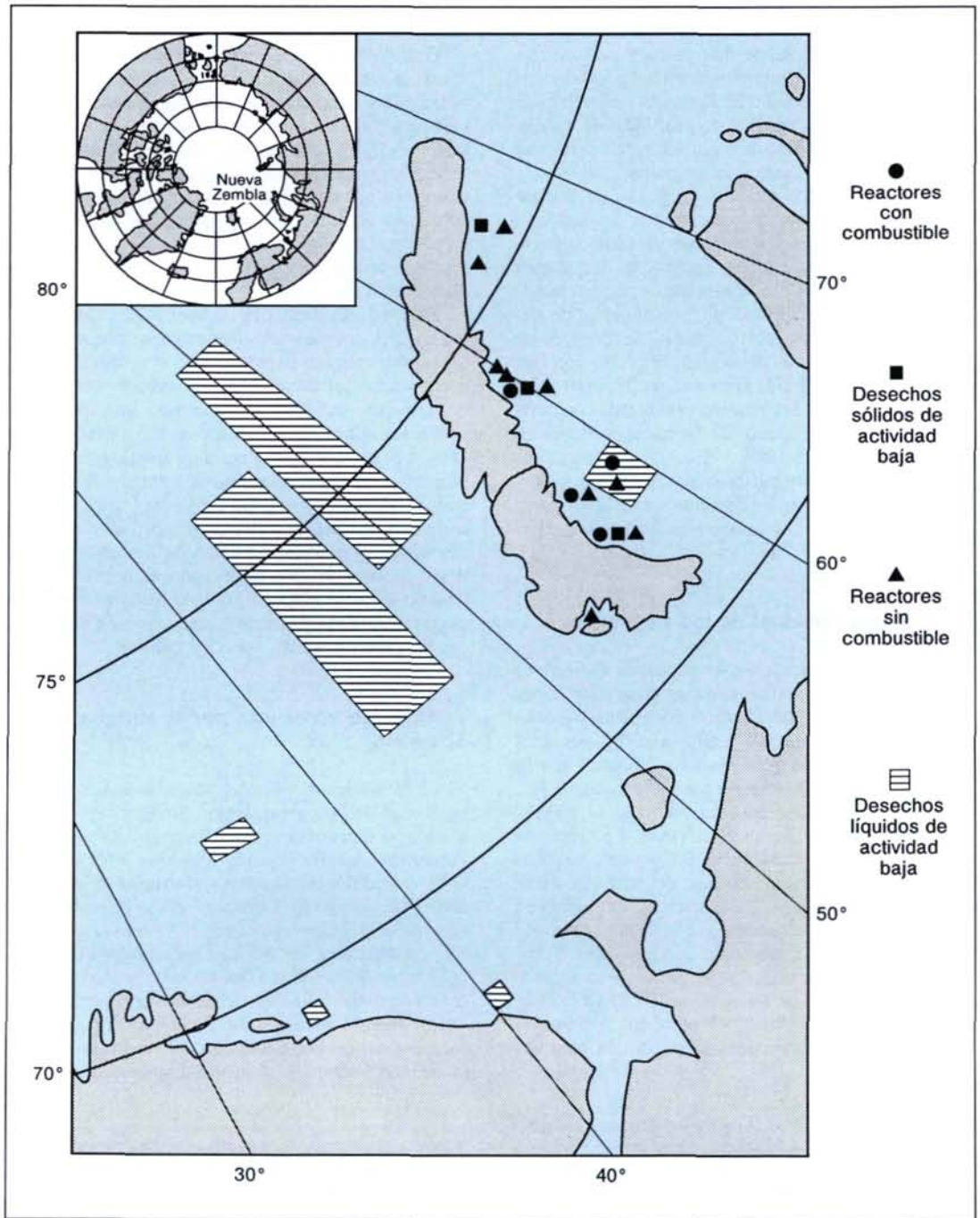
* Para más información sobre la evacuación en el mar de desechos radiactivos y el Convenio de Londres de 1972, véanse los artículos publicados en el Vol. 34, N° 2 (1992) y el Vol. 36 N° 2 (1994) del *Boletín del OIEA*.

fueron después aprobados por las Partes Contratantes. Se pidió al OIEA que presentara al Convenio un informe de los resultados de la evaluación.

En mayo de 1993, la Federación de Rusia suministró información al OIEA sobre los desechos radiactivos de actividad alta y baja vertidos en los mares árticos y en el Pacífico nororiental durante los años comprendidos entre 1959 y 1992. De acuerdo con este informe, la cantidad total de radiactividad vertida en los mares árticos excedía de los 90 PBq (90×10^{15} Bq o $2,4 \times 10^6$ Ci). Los objetos vertidos eran seis reactores de submarinos nucleares y un conjunto de blindaje, procedente del reactor de un

rompehielos, con combustible gastado que contenía un total de 85 PBq; diez reactores (sin combustible) que contenían 3,7 PBq; desechos líquidos de actividad baja con 0,9 PBq; y desechos sólidos de actividad baja e intermedia con 0,6 PBq. Los desechos sólidos embalados y sin embalar y los reactores nucleares fueron vertidos en el mar de Kara, en las bahías de aguas poco profundas de Nueva Zembla. Allí, la profundidad de los lugares de vertimiento oscila entre 12 y 135 metros, y en la depresión de Nueva Zembla es de 300 metros. Los desechos líquidos de actividad baja fueron vertidos en alta mar en los mares de Barentz y Kara. (Véase el cuadro.)

Evacuación de desechos radiactivos en los mares árticos realizada por la antigua Unión Soviética y Rusia



Perspectiva del vertimiento en los mares árticos

Hasta que fue modificado en 1993, el Convenio de Londres prohibía la evacuación en el mar de desechos radiactivos de actividad alta, pero permitía, mediante un permiso especial, el vertimiento de otros tipos de desechos radiactivos. Gran parte del material vertido en el mar de Kara pertenece a la categoría de desechos de actividad alta. Sin embargo, casi todo el combustible gastado fue vertido en años anteriores a la entrada en vigor del Convenio de Londres (1972) y antes de que la URSS se hiciera Parte Contratante en el Convenio (1976). La evacuación de desechos radiactivos en los mares árticos continuó hasta 1991.

En el Vol. N° 78 de la Colección Seguridad del OIEA (publicado en español en 1987) se especifican los lugares y las profundidades por debajo de las cuales puede permitirse el vertimiento de desechos de actividad baja, cuando se ha realizado una evaluación ecológica adecuada y se ha notificado a la Secretaría del Convenio. Los lugares de vertimiento del Artico no se ajustan a estas especificaciones y, en particular, muchos de ellos se encuentran en aguas muy poco profundas. Cabe señalar aquí que, antes de la entrada en vigor del Convenio de Londres, otros países también habían vertido desechos radiactivos en aguas costeras poco profundas en otras regiones del mundo.

En 1992 se creó el Grupo Mixto de Expertos de Noruega y Rusia para investigar la contaminación radiactiva producida por los desechos nucleares vertidos en los mares de Barentz y Kara. En 1992, 1993

y 1994, el Grupo organizó expediciones exploratorias a las zonas de vertimiento, en las que participó un especialista del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino (IAEA-MEL). Los cuatro lugares donde se vertieron reactores que contenían combustible nuclear fueron visitados por las expediciones del grupo de expertos, pero sólo se pudo localizar algunos de los objetos. El grupo tomó muestras, hizo mediciones y utilizó un sonar explorador lateral y una cámara de vídeo para tratar de identificar y examinar los desechos. Los resultados obtenidos durante las expediciones no han indicado que exista contaminación radiactiva de consideración en los lugares de vertimiento, aunque los niveles cerca de algunos objetos vertidos son ligeramente elevados en comparación con otros lugares.

Aunque actualmente no parece que los desechos vertidos hayan tenido repercusiones importantes a los niveles regional y mundial, el gradual deterioro de las contenciones de los desechos podría tener consecuencias futuras mediante la contaminación de la cadena alimentaria marina, lo que posiblemente se traduciría en la exposición de las personas a las radiaciones al consumir pescado y otros alimentos marinos. Como los desechos reposan en aguas poco profundas, no puede descartarse la posibilidad de exposición a las radiaciones por otras vías, como el movimiento y el cambio de lugar de los bultos de desechos, provocados por sucesos naturales (hielo o tormentas), o por la acción deliberada de las personas. Las escalas cronológicas que se consideran son muy largas (decenas de miles de años) y, por lo tanto, también deben tenerse en cuenta las posibles repercusiones de los cambios climáticos. Para dar

Datos sobre los reactores nucleares vertidos cerca de Nueva Zembla

Lugar	Año del vertimiento	Profundidad del vertimiento (en metros)	Número de fábrica	Unidad vertida	Número de reactores		Actividad total (PBq)		
					Sin combustible nuclear	Con combustible nuclear	Datos iniciales	Otros estudios	
							En el momento del vertimiento	En el momento del vertimiento	1993-1994
Fiordo Abrosimov	1965	20 (10-15)	285	Compartimiento de reactor	1	1	29,6	11,6	0,655
		20 (10-15)	901	Compartimiento de reactor	—	2	14,8	2,95	0,727
		20	254	Compartimiento de reactor	2	—	*	0,093	0,009
	1966	20	260	Compartimiento de reactor	2	—	*	0,044	0,005
Fiordo Tsivolka	1967	50	OK-150	Compartimiento de reactor y una caja que contiene combustible	3	0,6	*	19,5	2,2
Depresión al este de Nueva Zembla	1972	300	421	Reactor	—	1	29,6	1,05	0,293
Fiordo Stepovoy	1981	50 (30)	601	Submarino	—	2	7,4	1,72	0,838
Fiordo Techeniye	1988	35-40	538	Reactores	2	—	*	0,006	0,005
Total					10	6,6	89	37	4,7

Notas: Los datos iniciales sobre la actividad total fueron suministrados al OIEA en mayo de 1993 por la Federación de Rusia; los datos fueron revisados después de realizar otros estudios dentro del marco del IASAP. Los datos sobre las profundidades de los vertimientos fueron suministrados en mayo de 1993 por la Federación de Rusia; los datos entre paréntesis se obtuvieron durante las expediciones científicas conjuntas realizadas por Noruega y Rusia en 1993 y 1994.

* Reactores sin combustible gastado, no más de 3,7 PBq en total.

respuesta a estas preguntas, es preciso comprender muy bien las características físicas, químicas y biológicas, presentes y futuras, del medio ambiente que rodea a los desechos y de los propios desechos.

Las evaluaciones preliminares han indicado que incluso en las condiciones de liberación más pesimistas, los desechos no tendrían consecuencias radiológicas importantes a escala mundial. Pero sí se hizo evidente que para evaluar los posibles riesgos a los niveles local y regional se necesitaría muchísima más información que la que existía en general en 1992. El Proyecto internacional de evaluación de mares árticos (IASAP) se creó para poder dar respuesta a éstas y a otras preguntas conexas.

Objetivos y ejecución del IASAP

Al fijar los objetivos del IASAP se tuvieron en cuenta las solicitudes de las Partes Contratantes en el Convenio de Londres. Estos objetivos son:

- evaluar los riesgos para la sanidad humana y el medio ambiente asociados a los desechos radiactivos vertidos en los mares de Kara y Barentz; y
- examinar las posibles medidas correctoras relacionadas con los desechos vertidos y dar asesoramiento en cuanto a si son necesarias y se justifican.

Los resultados y conclusiones del proyecto se presentarán en un informe al Convenio de Londres en 1996. El proyecto está organizado en cinco esferas de trabajo: términos fuente; concentraciones existentes en el medio ambiente; mecanismos y modelos de transferencia; evaluación de las consecuencias; y medidas correctoras.

Los trabajos se realizan por conducto de los mecanismos normales del OIEA: reuniones de consultores y de grupos asesores, un programa coordinado de investigaciones, y contratos técnicos y de investigaciones.

Progreso en las actividades del IASAP

Todos los años un grupo de especialistas de categoría superior examina los progresos alcanzados en todas las esferas de trabajo del IASAP.

Término fuente. El objetivo del Grupo de Trabajo sobre Término Fuente es determinar la información que se requiere sobre los desechos para realizar los cálculos de la evaluación de las consecuencias. Esto supone tener conocimiento de la forma de los desechos y de su probable comportamiento en el medio marino con el paso del tiempo. Las actividades del Grupo se han centrado en los reactores vertidos que contienen combustible gastado, el cual obviamente plantea el mayor riesgo potencial. En una etapa posterior, se estudiarán los desechos embalados y no embalados de actividad baja e intermedia.

La información oficial sobre los desechos vertidos suministrada por la Federación de Rusia en mayo de 1993 no contenía datos sobre la composición de radionucleidos de los desechos ni sobre las características del combustible de los distintos tipos de reactores vertidos. Para obtener más detalles, ha sido necesario investigar los archivos de la antigua Unión

Soviética y reconstruir el historial del combustible de los reactores anterior al vertimiento.

Como primer paso, en enero de 1994 se obtuvo un inventario pormenorizado de la composición de radionucleidos e información sobre la estructura de la contención del reactor evacuado del rompehielos nuclear comercial *Lenin* (OK-150 en el cuadro de la página 27). Más tarde, en julio de 1994, las autoridades rusas desclasificaron los detalles principales de la estructura, los antecedentes operacionales y las características del combustible de los reactores de submarinos evacuados. Por tanto, el IASAP dispuso de los correspondientes inventarios de radionucleidos de los reactores refrigerados por plomo-bismuto (N° 601 en el cuadro) y de los reactores refrigerados por agua de submarinos (N° 254, 260, 285, 421, 538 y 901 en el cuadro).

Hoy día se calcula que en el momento del vertimiento la actividad total de los reactores vertidos (con y sin combustible nuclear) era de unos 37 PBq. Esta cifra puede compararse con la primera estimación de 89 PBq suministrada en mayo de 1993 por la Federación de Rusia. La razón de que las cifras reales sean menores radica en que casi todos los reactores sufrieron algún accidente muy poco tiempo después de estar en explotación, lo que no se tuvo en cuenta para las estimaciones iniciales. Debido a la desintegración radiactiva, la actividad total actual de los reactores vertidos es de unos 4,7 PBq.

Para la evaluación de las consecuencias también es preciso tener información sobre las barreras protectoras previstas para los reactores vertidos, bien por la construcción inicial o mediante preparaciones previas al vertimiento. Esta información también se ha obtenido por medio de contratos concertados con los institutos rusos.

A diez de los reactores se les extrajo el combustible, antes del vertimiento. Los reactores vertidos con combustible gastado (seis reactores) generalmente habían sufrido antes del vertimiento algún accidente, el cual había dañado el combustible. El vertimiento de los reactores se realizó en cuatro formas principales: 1) casi todos los reactores de submarinos se vertieron contenidos en sus compartimientos de reactor. Los reactores estaban llenos de un polímero especial, furfural; 2) en algunos casos los reactores fueron extraídos del compartimiento y llenados con furfural antes del vertimiento; 3) en el caso de los reactores refrigerados por plomo-bismuto, el compartimiento del submarino se llenó con furfural y betún y se vertió el submarino completo (N° 601 en el cuadro). En este caso el refrigerante de metal líquido solidificado crea una barrera protectora más; 4) el componente vertido del rompehielos nuclear *Lenin* consta de un compartimiento de reactor con tres vasijas de las cuales se extrajo el combustible y fueron llenadas con furfural. El 57% del combustible de uno de los reactores fue vertido por separado en una caja de hormigón revestida de metal, también llena de furfural obturante.

Sobre la base de un análisis de los puntos débiles de las barreras protectoras, el Grupo de Trabajo sobre Término Fuente ha preparado juegos de posibles calendarios de liberación de radionucleidos y de tasas de liberación.

Se espera que otros estudios permitirán realizar predicciones de liberación más precisas. En este con-

texto, sería útil disponer de información sobre las características físicas y químicas del furfural, y de su estabilidad ante las radiaciones, el calor, el agua salada, etcétera. En cooperación con el IASAP, a principios de 1995 se inició un estudio sobre las propiedades de resistencia del furfural a manera de proyecto bilateral ruso-estadounidense.

Las conclusiones de las expediciones exploratorias noruego-rusas —por ejemplo, los resultados de la investigación visual de los reactores mediante cámaras subacuáticas; las mediciones radiométricas en el lugar; y el muestreo de agua y sedimento y su análisis— son muy importantes para la evaluación de las posibles tasas de liberación. Se ha previsto que las cintas de vídeo de los objetos hundidos, obtenidas durante las expediciones exploratorias, sean cuidadosamente analizadas en el marco de un proyecto de cooperación noruego-ruso, por expertos en diseño de submarinos y reactores navales y en corrosión.

Concentraciones existentes en el medio ambiente. Se está reuniendo información sobre los niveles de la contaminación radiactiva en la zona objetivo y en otras zonas de los mares árticos para introducirla en la base de datos sobre radiactividad marina a escala mundial (GLOMARD) del IAEA-MEL. La base de datos proporcionará información actualizada sobre los niveles de radionucleidos en el agua de mar, el sedimento y la biota, y permitirá la evaluación de las tasas de nucleidos, la identificación de las distintas aportaciones a la radiactividad de la región, la investigación de las tendencias cronológicas y el cálculo de los inventarios. Todos los datos disponibles sobre radionucleidos en los mares árticos se han incorporado a la base de datos. Este año se publicará el primer informe con una evaluación preliminar de los datos existentes sobre los radionucleidos.

Mecanismos y modelos de transferencia. Laboratorios de Dinamarca, el Japón, los Países Bajos, el Reino Unido, la Federación de Rusia, Suiza y el IAEA-MEL participan en el programa coordinado de investigación (PCI) titulado "Elaboración de mode-

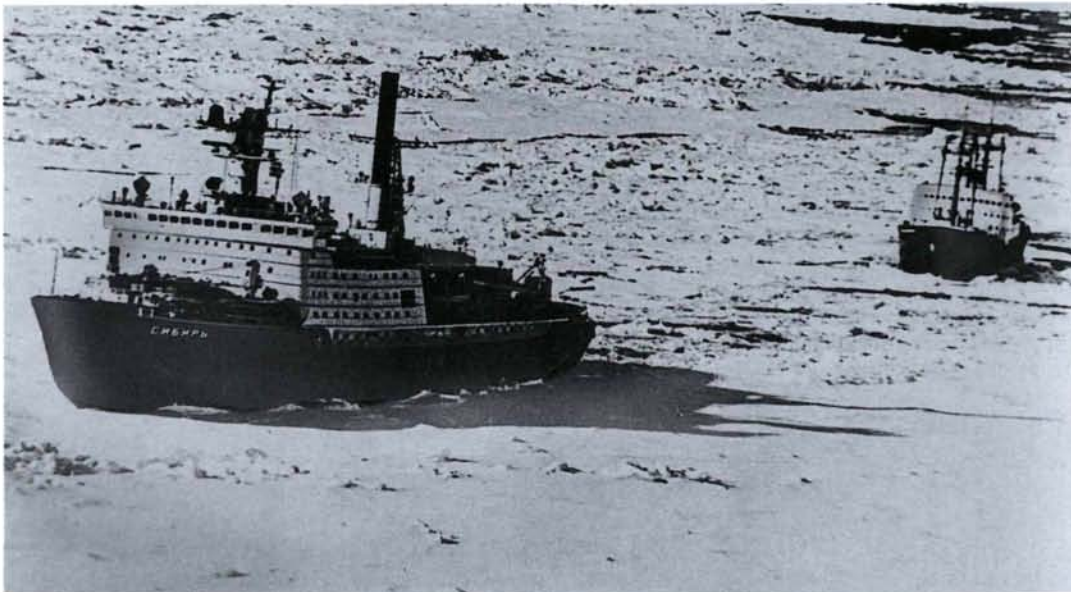
los de las consecuencias radiológicas del vertimiento de desechos en los mares árticos". Su objetivo es elaborar modelos de evaluación realistas y fiables para las zonas de los mares árticos y coordinar las actividades que llevan a cabo distintos laboratorios en esta esfera. El resultado final de estas labores será la base de la evaluación que se presentará al Convenio de Londres.

La evaluación final de la elaboración de modelos se está realizando por etapas. Primero los grupos de elaboración de modelos participantes analizaron escenarios basados en liberaciones hipotéticas de unidades en un medio ambiente simplificado. En la primera reunión del PCI, los escenarios de referencia iniciales se complementaron con información más completa sobre la oceanografía y la sedimentología de los mares de Kara y Barentz, que institutos rusos proporcionaron al IASAP. En la segunda reunión, se añadieron al escenario capturas de peces y mamíferos de la zona objetivo e información sobre la migración de los peces.

Al mismo tiempo, todos los grupos de elaboración de modelos que participan en el PCI desarrollan y mejoran sus modelos utilizando la información sobre el medio ambiente que gradualmente se va obteniendo de la zona objetivo. El siguiente paso será incorporar al escenario las tasas de liberación derivadas de los resultados del Grupo de Trabajo sobre Término Fuente.

En las reuniones del PCI se comparan las predicciones realizadas por los distintos grupos de elaboración de modelos para cada escenario de referencia (es decir, concentraciones de radionucleidos seleccionados en el agua y el sedimento de zonas locales y regionales seleccionadas). Esto se hace para evaluar la sensibilidad de los resultados de los modelos a las distintas hipótesis utilizadas para la elaboración de modelos y la transferencia de datos.

Evaluación de las consecuencias. En 1995 y 1996 se realizarán cálculos para la evaluación de las consecuencias sobre la base de los campos de concentración pronosticados por el Grupo de Elabo-



Entre los desechos vertidos en los mares árticos figuran compartimientos de reactores de un rompehielos nuclear igual al que muestra la foto.

ración de Modelos, usando los factores de transferencia medioambiental y los datos demográficos adecuados.

Se harán predicciones de dosis de radiación para diversos momentos en el futuro en poblaciones a escalas local, regional y mundial. En las predicciones se tomarán en cuenta al consumidor medio y también a aquellas personas cuya dieta consiste en cantidades elevadas de alimentos marinos. Las evaluaciones también incluirán estimaciones de dosis de radiación en la fauna local, por ejemplo, en los mamíferos marinos.

La información sobre los factores de concentración de radionucleidos para la biota, y los factores de distribución entre el sedimento y el agua relacionados con las condiciones del Artico se está obteniendo por conducto de los proyectos del Laboratorio IAEA-MEL y de otros laboratorios. Las mediciones radiológicas, físicas y químicas de las muestras tomadas en la zona ártica se están analizando y compilando, y se está realizando un examen de la bibliografía. En el caso de los nucleidos y las especies biológicas sobre los cuales no existan datos locales adecuados, habrá que pensar en la posibilidad de utilizar factores de concentración y de distribución obtenidos en latitudes moderadas. Existen planes para que a fines de 1995 un pequeño grupo de expertos evalúe las diversas fuentes de información.

Medidas correctoras. Las Partes Contratantes en el Convenio de Londres pidieron al OIEA que examine las posibles medidas correctoras que se pueden aplicar en relación con los desechos vertidos y que considere su factibilidad. A principios de 1995 se convocó a un grupo de expertos técnicos para que considerara las posibles medidas correctoras, principalmente desde el punto de vista de la viabilidad técnica. Si bien las conclusiones de este grupo deben considerarse preliminares en esta etapa, pueden extraerse determinadas conclusiones generales:

- Los objetos que contienen combustible nuclear gastado deben considerarse como los principales sujetos potenciales de una medida correctora.
- Existen técnicas bien desarrolladas para la adopción de medidas correctoras en el lugar, por ejemplo, el recubrimiento impermeable o el enterramiento submarino.
- De adoptarse una medida correctora en la que intervenga el transporte, una opción digna de tomarse en cuenta sería el transporte subacuático.

Este tema volverá a debatirse en las reuniones de 1995 y se dedicará especial atención a las consecuencias radiológicas de las diversas opciones correctoras posibles. Una de las variantes en cuanto a gestión de desechos que debe tenerse en cuenta es la de dejar los desechos tal como están sin aplicar medidas correctoras. La decisión de aplicar dichas medidas debe basarse, al menos parcialmente, en el criterio de que los posibles riesgos radiológicos futuros derivados de los desechos vertidos son inaceptables.

Coordinación de los esfuerzos mundiales

Uno de los principales propósitos al crear el IASAP fue el de proporcionar un mecanismo para coordinar las actividades internacionales que tienen lugar en esta esfera. La cooperación con el grupo de expertos noruego-ruso en la investigación del vertimiento de desechos radiactivos en los mares de Barentz y Kara se reconoce como esencial para el IASAP. Un pequeño órgano de coordinación integrado por un miembro de Noruega, uno de Rusia y otro del OIEA se ha reunido tres veces.

Se mantiene el intercambio de información entre el IASAP y otros grupos que laboran en la esfera de la contaminación radiactiva del Artico, en especial con el Programa de Evaluación de Desechos Nucleares Árticos de los Estados Unidos de América.

Asimismo, se ha acordado que los resultados del IASAP se pondrán a la disposición del Programa de Vigilancia y Evaluación del Artico (AMAP). El AMAP es un componente de la Estrategia de Protección Ambiental del Artico (AEPS) aprobada en 1991 por los ministros de ocho países con costas en los mares árticos en su Declaración sobre la Protección del Medio Ambiente Artico. El AMAP está realizando un examen general de las repercusiones de todos los tipos de contaminación en los mares árticos.

Para un informe sobre la labor de los especialistas del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco en el marco del IASAP, véase el artículo siguiente.