

AGUAS DINÁMICAS DEL MAR BÁLTICO

LOS PROYECTOS DEL OIEA AYUDAN A EVALUAR EL MEDIO MARINO DEL MAR BÁLTICO

POR IOLANDA OSVATH, MASSOUD SAMIEI,
L. VALKUNAS, Y JOZEF ZLATNANSKY

La protección ambiental es una esfera que cobra cada vez más importancia para diversos programas del OIEA, especialmente en la región europea. Muchos países de la región padecen una seria degradación del medio ambiente. La proporción de proyectos de cooperación técnica del Organismo centrados en cuestiones ambientales representa casi el 15% del programa total para Europa.

A solicitud de sus Estados Miembros, el OIEA ha participado en importantes proyectos relacionados con evaluaciones del medio terrestre, atmosférico y marino, así como con actividades de restauración y correctivas en diversas partes de Europa. Esos proyectos se centran en:

- El fomento de la capacidad;
- La evaluación de la posible contaminación con radionucleidos, prioritariamente en relación con otros contaminantes a causa del accidente de Chernóbil y la evaluación del riesgo que entraña para otras instalaciones nucleares;
- Mayor coordinación con (y participación en) proyectos ambientales internacionales.

La zona del Mar Báltico no ha sido una excepción y por varios años ha atraído la atención del Organismo. Paralelamente, ha aumentado la comprensión y preocupación de los países bálticos acerca de la situación ambiental del Mar Báltico, que se ha convertido

en una cuestión de gran importancia durante los tres últimos decenios.

El Mar Báltico, cuenca hidrográfica casi sin litoral que desagua alrededor de la quinta parte de la superficie de Europa por conducto de numerosos ríos, es la mayor masa de agua salobre (baja salinidad) del mundo. Debido al lento intercambio de agua con el Mar del Norte por el somero y angosto Estrecho Danés, el tiempo de residencia del agua en el Mar Báltico es prolongado, de 25 a 40 años, y ello crea condiciones propicias para la acumulación de contaminantes.

En invierno, una gran extensión del Báltico está cubierta de hielo, lo que hace aún más lenta la débil circulación de agua por la acción del viento y reduce las posibilidades de dispersión de contaminantes. Las condiciones hidrográficas particulares existentes en virtud del limitado intercambio de agua con el resto de los océanos del mundo y del nutrido caudal de agua dulce, contribuyen a un persistente

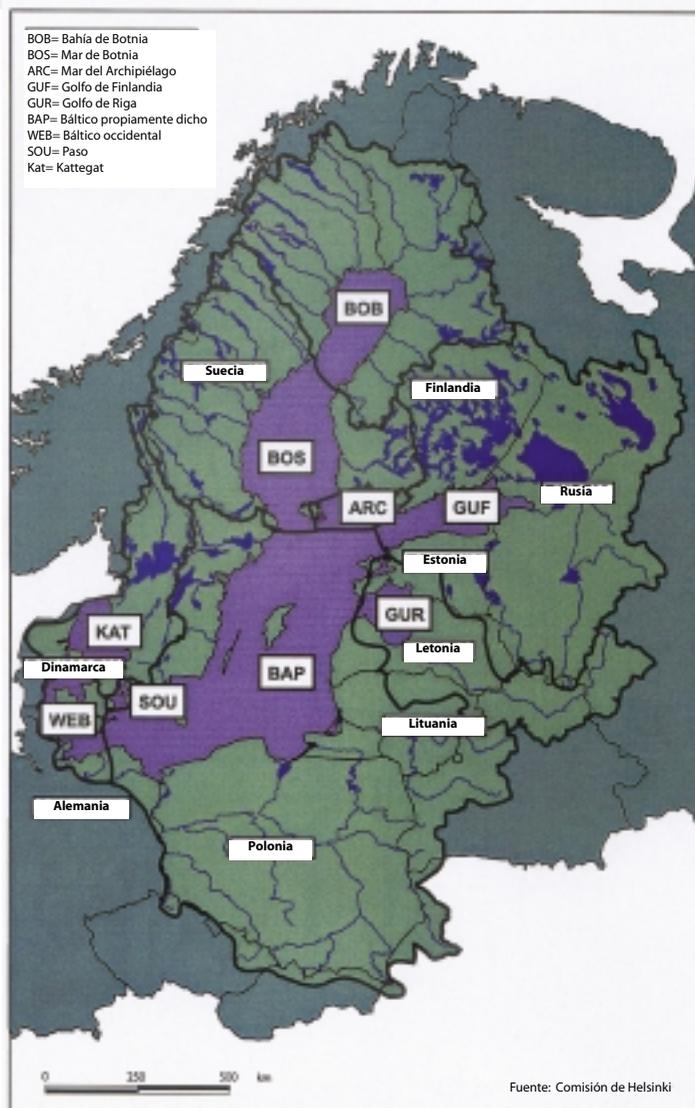
agotamiento del oxígeno en las aguas bentónicas, lo cual es incompatible con la vida marina. A diferencia de sus aguas más someras, que se renuevan a un ritmo lento, pero constante, las aguas más profundas del Mar Báltico sólo se renuevan periódicamente, con una frecuencia variable determinada por complejos procesos meteorológicos. En el siglo pasado ocurrieron grandes entradas de aguas procedentes del Mar del Norte aproximadamente cada 11 años, pero se sabe que este ciclo ha variado en los últimos decenios. Entre una y otra de estas entradas de agua, podrían surgir en el agua cercana al fondo del Báltico condiciones anóxicas que dieran lugar a la formación de sulfuro de hidrógeno, elemento tóxico para los organismos. Por consiguiente, podrían formarse zonas de "fondo muerto", carentes de toda forma de vida bentónica o de organismos superiores, que a veces abarcan la tercera parte de toda la superficie del lecho marino.

La Sra. Osvath es funcionaria del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco. El Sr. Samiei es Jefe de la Sección de Europa de la División de Europa, América Latina y Asia Occidental del Departamento de Cooperación Técnica. El Sr. Zlatnansky es funcionario de esa Sección. El Sr. Valkunas es Director del Instituto de Física de Vilnius (Lituania). Reconocimiento: Parte de la información que figura en el presente artículo ha sido extraída de publicaciones de la Comisión de Helsinki, como las relativas a la Convención sobre la Protección del Medio Marino en el Báltico, el Programa amplio conjunto de acción ambiental para el Mar Báltico, Compilaciones sobre la carga de contaminantes del Mar Báltico y el Informe sobre Radiactividad en el Mar Báltico 1984-1991 (BSEP 61, 1995).



EL MAR BÁLTICO Y LA CUENCA COLECTORA

El Báltico es un mar semicerrado y poco profundo de 415 000 kilómetros cuadrados de superficie y de 460 metros de profundidad máxima. La cuenca colectora abarca más de 1,7 millones de kilómetros cuadrados y todos los años van a parar al mar 480 kilómetros cúbicos de agua potable por término medio. Casi la mitad de este caudal procede de los siete mayores ríos: Neva, Vistula, Daugava, Nemunas, Kemijoki, Oder y Göta älv.



A esta fragilidad natural se añaden influencias antropógenas que aumentan la degradación y los cambios ambientales. Más de 16 millones de personas viven en las costas y alrededor de 80 millones en la cuenca colectora. Nueve países comparten el

litoral: Alemania, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Letonia, Lituania, Polonia, Rusia y Suecia. Ahora bien, la cuenca colectora también se extiende a regiones de Belarús, Noruega, la República Checa, la República Eslovaca y Ucrania.

Las descargas de desechos industriales y agrícolas y las aguas residuales deficientemente tratadas e, incluso no tratadas que provienen de las comunidades de los ríos tributarios o son vertidas directamente al mar, han ocasionado un grave deterioro de la situación ambiental en muchas partes del Mar Báltico.

La contaminación provocada por buques o accidentes de buques, las prácticas relacionadas con la pesca y la piscicultura y, lo que es más importante, los aportes atmosféricos de contaminantes, también han contribuido a perturbar aún más el equilibrio ecológico. Los principales motivos de preocupación han sido las sustancias nocivas o tóxicas y persistentes (por ejemplo, difenilo policlorado (PCB), diclorodifeniltricloroetano (DDT) e hidrocarburo aromático policíclico (HAP), compuestos policlorados, plaguicidas, mercurio), los nutrientes (compuestos de fósforo y nitrógeno que ocasionan eutroficación), los metales pesados, los radionucleidos y los hidrocarburos.

Aunque el tipo y la cantidad de contaminantes que llegan al Mar Báltico, así como la magnitud de las zonas afectadas, han variado con el tiempo, a principios del decenio de 1990 los expertos apreciaron que la contaminación marina se había convertido en una amenaza para sus recursos vivos y, en última instancia, para la salud y el bienestar de la población humana que dependía de sus recursos.

COLABORACIÓN REGIONAL

Tras la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en 1972, los gobiernos de los Estados costeros del Mar Báltico

firmaron, en 1974, la Convención sobre la Protección del Medio Marino en el Báltico, conocida como Convención de Helsinki, que entró en vigor en 1980. El órgano directivo de la Convención es la Comisión de Helsinki o Comisión para la Protección del Medio Marino del Báltico (HELCOM). Las Partes Contratantes en la Convención son los nueve países que comparten el litoral del Báltico y la Comunidad Europea.

La Declaración del Mar Báltico, que establece el objetivo a largo plazo de velar por el restablecimiento ecológico del Mar Báltico y la preservación de su equilibrio ecológico, fue adoptada a nivel de Primeros Ministros en la Conferencia sobre el Medio Ambiente del Mar Báltico, celebrada en Ronneby (Suecia) en 1990. Dos años después, la Conferencia diplomática sobre la protección del medio marino de la zona del Mar Báltico adoptó la Declaración sobre el Medio Ambiente del Mar Báltico e hizo suyo el enfoque estratégico y los principios del Programa amplio conjunto de acción ambiental para el Mar Báltico.

Se invitó a muchas organizaciones internacionales, entre ellas el OIEA, y a instituciones financieras para que asistieran en calidad de observadores a esta importante Conferencia diplomática en 1992. En esa ocasión también se firmó la nueva Convención de Helsinki, que entró en vigor a principios del año 2000 después de haber sido ratificada por todas las Partes Contratantes. La Convención se amplió para incluir las aguas interiores de las Partes Contratantes y los conceptos del principio de precaución, las prácticas ambientales idóneas, y la mejor tecnología disponible. En ella se declara la firme determinación de las Partes Contratantes de

asegurar el restablecimiento ecológico del Mar Báltico. Se reconoce que la protección y el mejoramiento del medio marino de la zona del Mar Báltico son tareas que no se pueden lograr eficazmente sólo mediante esfuerzos nacionales, sino que requieren una cooperación regional estrecha.

La Convención proporciona el marco para la adopción de pertinentes medidas legislativas, administrativas y de otra índole, destinadas a prevenir y eliminar la contaminación, a fin de restablecer y fomentar el equilibrio ecológico de la zona del Mar Báltico. El Programa de Acción aborda esas cuestiones al señalar los problemas y definir medidas prioritarias para todos los países de la cuenca colectora del Mar Báltico. El Programa abarca tanto medidas preventivas para promover el uso sostenible del medio ambiente del Mar Báltico como medidas curativas para remediar la actual degradación del entorno por efectos de la contaminación procedente de fuentes puntuales y difusas.

La estrategia se basa en la elaboración de políticas y leyes ambientales idóneas, la puesta en práctica de reformas en materia de regulación, la promoción de incentivos económicos para fomentar el uso de tecnologías ecológicamente racionales, el fortalecimiento de la capacidad institucional y los recursos humanos y el aumento de la capacidad local para financiar las medidas ambientales. El Programa incluye elementos para respaldar las investigaciones aplicadas y la sensibilización y la educación ambientales.

La vigilancia y evaluación del medio ambiente desempeñan una función importante en la colaboración regional. Proporcionan a la Comisión de Helsinki datos fiables que le permiten elaborar su política

ambiental y evaluar la eficacia de las medidas encaminadas a reducir la contaminación. Pronto se inició un extenso programa de vigilancia y evaluación. La Comisión publica periódicamente informes amplios sobre el medio marino del Mar Báltico y recopilaciones sobre su carga de contaminantes. Ya se concluyó y se publicará en breve la "Cuarta evaluación periódica del estado del medio marino del Mar Báltico, 1994-1998."

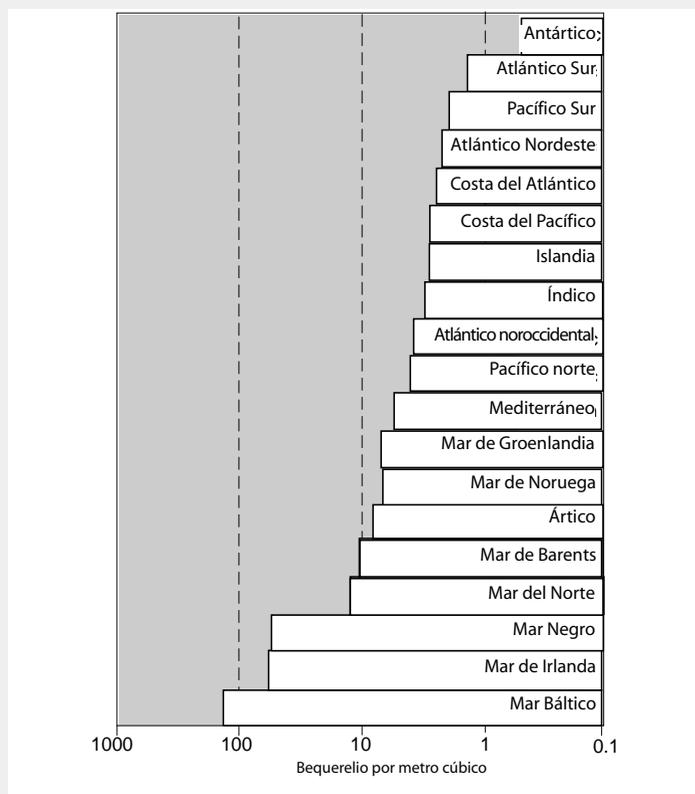
En un comunicado de prensa emitido en marzo de 2001, la Comisión informó de los resultados de éste, el más reciente de sus estudios, e indicó que si bien las medidas tomadas por los países del Mar Báltico para proteger el medio ambiente marino iban en la dirección correcta, era preciso continuar e intensificar los esfuerzos, prestando especial atención al crecimiento económico sostenible.

ESTUDIOS DE LA RADIATIVIDAD EN EL MAR BÁLTICO

Las principales fuentes de la presencia de radionucleidos antropógenos en el Mar Báltico son las precipitaciones radiactivas globales provocadas por ensayos de armas nucleares, las liberaciones de las plantas de reprocesamiento de Sellafield (Reino Unido) y Cabo de la Hague (Francia) y las precipitaciones generadas por el accidente ocurrido en la central nuclear de Chernóbil en 1986.

En comparación, los aportes de las nueve centrales nucleares y de los centros de investigación, hospitales y otras instalaciones de la cuenca colectora son extremadamente bajos. Tras evaluar un antiguo vertedero abierto situado en la costa de Sillamäe (Estonia), utilizado anteriormente para la disposición final de los residuos del procesamiento de minerales

CONCENTRACIÓN MEDIA DE CESIO 137 EN LAS AGUAS OCEÁNICAS SUPERFICIALES (ESCALA LOGARÍTMICA, 1990)



Fuente: Estimaciones del programa coordinado de investigaciones del OIEA titulado "Sources of radioactivity in the marine environment and their relative contributions to overall dose from marine radioactivity -MARDOS". Los resultados se publicaron en el TECDOC-838 del OIEA (1995).

que contenían uranio y torio y ampliado más tarde para incluir un repositorio de desechos, se determinó que sus consecuencias radiológicas eran insignificantes.

Otras fuentes relativamente insignificantes o potenciales de liberaciones incluyen el vertimiento en pequeña escala que, según informes, realizaron en el pasado Suecia (IAEA-TECDOC-1105, 1999) y la ex Unión Soviética (Informe Yablokov, 1993), así como las descargas líquidas autorizadas procedentes de la clausura de una antigua base de entrenamiento de la Marina de la URSS en Paldiski (Estonia).

La más importante de las fuentes de contaminación del Mar Báltico con radionucleidos antropógenos fue con creces el

accidente de Chernóbil en 1986. Las contribuciones más significativas procedieron del cesio 137 y el cesio 134, elementos relativamente fáciles de cuantificar y rastrear debido a que su proporción isotópica inicial en la precipitación de Chernóbil, de alrededor de 2:1, estaba bien establecida.

Tras el accidente, el inventario de cesio 137 en el agua aumentó de 325 TBq en 1985 a 4300-5000 TBq en 1986.

Durante los días y meses posteriores a la contaminación se detectaron otros radionucleidos de período corto en el medio marino. Sin embargo, ni éstos ni el estroncio 90 o los isótopos de período largo de plutonio se consideraron significativos para el medio marino, ya sea debido a su rápida desintegración o al

pequeñísimo aumento de sus niveles.

La distribución de cesio 137 sobre la superficie del Mar Báltico era desigual. Esto se atribuyó a la deposición directa de las precipitaciones de Chernóbil cuando la nube radiactiva atravesó el Báltico durante los primeros días después del accidente y a escorrentías procedentes de ríos que atravesaban tierras adyacentes contaminadas. En el período de mayo a junio de 1986 sus concentraciones en el agua eran de más de dos órdenes de magnitud y abarcaban desde menos de 50 Bq por metro cúbico en el sur hasta más de 5000 Bq por metro cúbico en el Golfo de Finlandia.

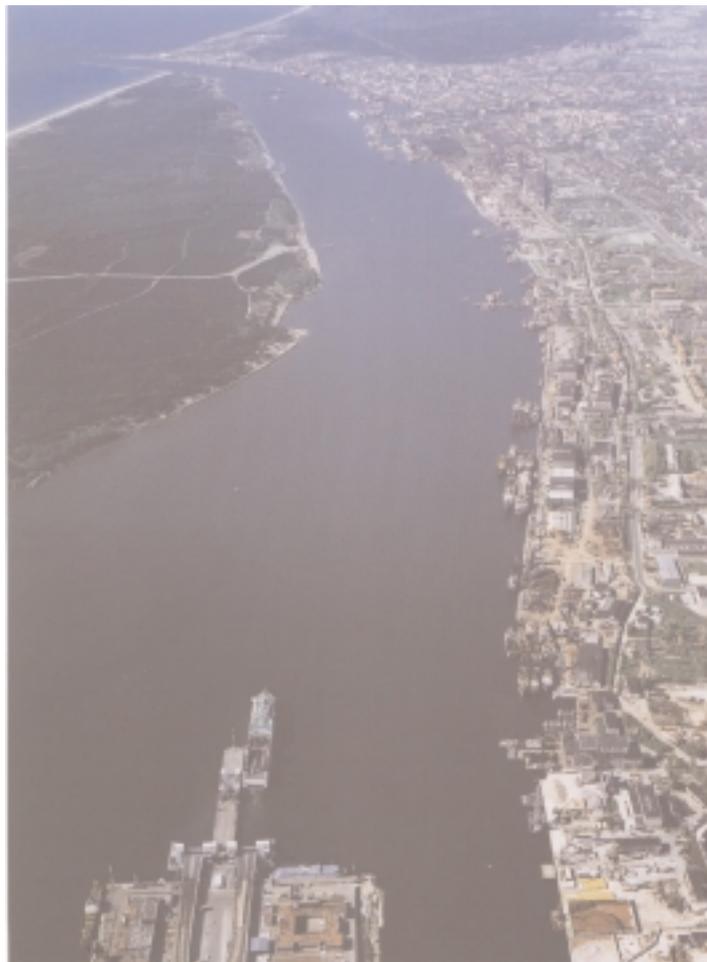
Los estudios realizados en 1989 y 1994 muestran que todavía se medían valores máximos en las aguas superficiales. Empero, la contaminación había penetrado significativamente en las capas profundas y una importante fracción del inventario se había transferido a los sedimentos. Según los estudios, las zonas con mayores concentraciones eran el Mar de Botnia y el propio Báltico septentrional, aunque los niveles habían disminuido a menos de 140 Bq por metro cúbico ocho años después del accidente. Si bien esos niveles no suponen problemas radiológicos, en términos relativos el Mar Báltico sigue siendo el medio marino con la mayor contaminación de cesio 137 del mundo. (Véase el gráfico.)

La medición y evaluación de la radiactividad en el Mar Báltico ha sido una cuestión de interés para la región y tema de muchos programas de investigación nacionales e internacionales. Ya en 1980, el OIEA había iniciado un programa coordinado de investigaciones (PCI) para el "Estudio de materiales

radiactivos en el Mar Báltico." Este programa estaba encaminado a evaluar el comportamiento a largo plazo de los radionucleidos que entraban en el Mar Báltico, incluida su transferencia a los seres humanos, y se llevó a cabo en 1981-1984 con la participación de científicos de todos los países colindantes con el Mar Báltico y del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino en Mónaco (conocido a la sazón como Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina). El PCI arrojó información valiosa sobre los niveles y el destino de los radionucleidos antropógenos en el Mar Báltico y proporcionó una evaluación de referencia fundamental anterior al accidente de Chernóbil.

A partir de 1985, la Comisión de Helsinki decidió continuar la labor iniciada por el OIEA y estableció un Grupo de expertos sobre vigilancia de sustancias radiactivas en el Mar Báltico. El OIEA siguió participando en esta labor con un programa intensivo de garantía de calidad. El Grupo de expertos ha publicado informes amplios sobre niveles y tendencias de los radionucleidos antropógenos en el agua de mar, los sedimentos y la biota, inventarios de radionucleidos en el agua de mar, descargas de instalaciones nucleares en la zona colectora, preparación de modelos del transporte de radionucleidos y evaluación de las dosis radiológicas que reciben los seres humanos por vías de exposición marina.

Esas cuestiones también se evaluaron en gran detalle por conducto del proyecto MARINA BALT (1996-1998) de la Comisión Europea. El proyecto se centró en la estimación de la exposición radiológica de la población de la Comunidad Europea a la radiactividad en el Mar Báltico.



COOPERACIÓN TÉCNICA DEL OIEA

En 1998, el Gobierno de Lituania solicitó el apoyo del Organismo, a fin de crear la capacidad requerida para evaluar la radiactividad en la parte lituana del Mar Báltico. Había especial interés en comprender la dinámica de las concentraciones de radionucleidos en el medio marino y su relación con las fuentes de insumos y los procesos oceanográficos fundamentales específicos de esa zona del Báltico. Los objetivos finales eran optimizar el programa de vigilancia y crear una capacidad de predicción fiable basada en modelos validados. Esto entrañó la elaboración y aplicación de modelos de circulación tridimensionales

hidrodinámicos de elevada resolución, modelos de dispersión validados y modelos validados para cálculos de dosis.

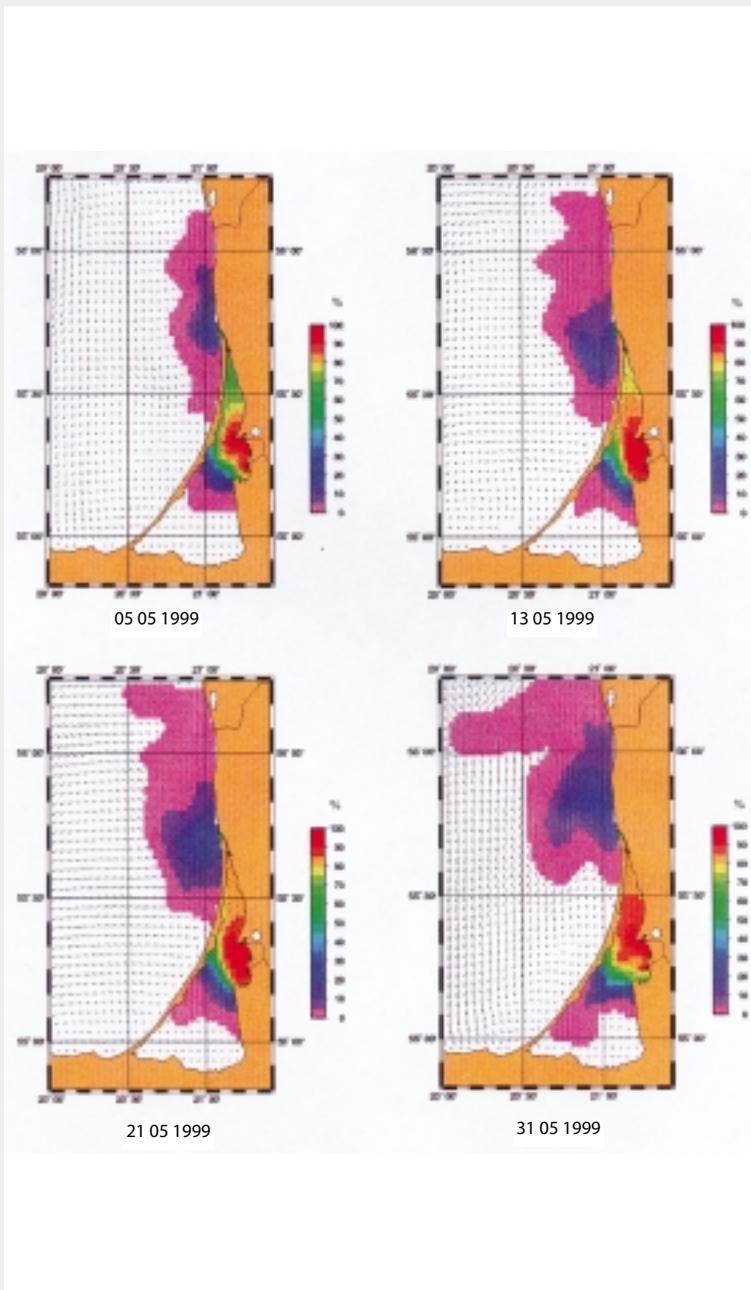
En 1999, se diseñó un proyecto de cooperación técnica con un presupuesto de 360 000 dólares de los Estados Unidos que tenía por objeto elaborar, sobre la base de la vigilancia *in situ*, un modelo destinado a evaluar la dispersión de radionucleidos en la parte lituana del Mar Báltico, las aguas tributarias del Río Nemunas y la Laguna Curronian. El proyecto cuenta con el firme compromiso del Gobierno y ha sido declarado prioridad nacional para la asistencia del

Foto: Vista del Estrecho de Klaipėda, que conecta la Laguna Curronian con el Mar Báltico.

(Cortesía: Valkunas/Lituania)

SEGUIMIENTO DE LAS CORRIENTES FLUVIALES QUE ENTRAN AL MAR BÁLTICO

La secuencia de gráficos ilustra la evolución cronológica, simulada en modelos de las concentraciones de un trazador conservador liberado de forma continua y a una tasa constante en las desembocaduras del Río Nemunas, que reviste especial interés en los estudios de la contaminación transfronteriza que afecta al Mar Báltico. El experimento numérico abarcó el período comprendido entre el 1º de abril y el 1º de junio de 1999. Las "instantáneas" fechadas muestran la trayectoria del trazador e indican la dirección y la velocidad de la corriente. (Cortesía: L. Davulienė)



OIEA en el marco del programa de cooperación técnica correspondiente a 2001-2002.

Se ha establecido una buena coordinación entre el proyecto y otros programas nacionales e internacionales sobre el Mar Báltico. Se está trabajando en colaboración con cuatro instituciones lituanas: el Instituto de Física, la Universidad Técnica Vilnius Gediminas, los laboratorios del Ministerio del Medio Ambiente y el Instituto de Geografía. Además, en el proyecto trabaja personal del Centro de Protección Radiológica del Ministerio de Salud de Lituania.

Las contrapartes colaboraron con el Organismo para diseñar el proyecto y definir el plan de trabajo. Desde que comenzó su ejecución, se ha prestado asesoramiento por conducto de misiones de expertos integradas por especialistas del Laboratorio Nacional de Risø (Dinamarca) y el Organismo Federal Marítimo e Hidrográfico (FMHA) (Alemania). Esos institutos, que tienen una participación de larga data en los estudios de radiactividad del Báltico y en el programa del Grupo de expertos sobre vigilancia de sustancias radiactivas en el Mar Báltico, también han acogido ocho becas y visitas científicas de científicos lituanos. La capacitación se dirigió fundamentalmente al aumento de la capacidad radioanalítica y de elaboración de modelos. También se abordó el tema de la gestión orientada a la garantía de calidad en las

aplicaciones ambientales de las técnicas analíticas nucleares por conducto de un curso de capacitación del OIEA, ofrecido en el Centro de Capacitación Tecnológica y Ambiental Avanzada de Karlsruhe (Alemania). La ejecución del proyecto ha sido respaldada además con el suministro de muestras y equipo radiométrico y la prestación de asistencia en la organización de cruceros científicos.

Durante la primera fase del proyecto se inició un estudio detallado del efecto del Río Nemunas sobre la parte lituana del Mar Báltico. El Nemunas, que es el tercero de los tributarios por orden de extensión, desemboca en el Mar Báltico después de atravesar la Laguna Curronian y el Estrecho de Klaipeda. (*Véase la foto de la pág. 13*)

Este río es de particular interés para Lituania en el contexto de la evaluación de la contaminación transfronteriza, porque sus cursos superiores y casi el 60% de su zona colectora están fuera del territorio lituano. También reviste un interés más general para los países bálticos, porque más del 45% de la cuenca colectora del río, queda fuera de la zona de la Comisión de Helsinki y, por consiguiente, no está sujeta a la política ambiental de ésta.

En la cuenca se desarrollaron muchas industrias contaminantes (procesamiento de alimentos, textiles y curtiduría, refinerías de petróleo, plantas de productos químicos, fábricas de pasta de madera y papel) y las preocupaciones conciernen a las instalaciones de tratamiento de aguas de desechos y a las descargas de los residuos industriales hacia los alcantarillados municipales.

Puesto que el río desagua la escorrentía procedente de Belarús, también ha despertado interés la entrada de radionucleidos de las

precipitaciones causadas por el accidente de Chernóbil. En la parte de la zona de la Laguna Curronian donde se mezclan el agua potable y el agua salina, ocurren diversas transformaciones de los contaminantes que entran al Mar Báltico. Conjuntamente con las mediciones hidrológicas, hidroquímicas y geoquímicas, los datos sobre radionucleidos ambientales se pueden utilizar para seguir la evolución de esos procesos y para verificar o validar los modelos de transporte y transferencia.

En las regiones costeras y en la Laguna Curronian se llevaron a cabo dos cruceros para la recogida de muestras y varias campañas sobre el terreno mediante una labor de colaboración entre los institutos lituanos que participaban en el proyecto modelo. Se recogieron muestras de agua y sedimentos y se enviaron a los laboratorios para ser analizadas. Los métodos de muestreo, de procesamiento de muestras y radioanalíticos fueron sometidos a evaluación y armonización. Se realizaron intercomparaciones entre los institutos para garantizar la comparabilidad de los datos finales.

Partiendo del modelo de circulación operacional a escala de cuenca, del Organismo Federal Marítimo e Hidrográfico (FMHA), se elaboró un modelo de alta resolución (una milla náutica por cuadrícula) para la parte lituana del Mar Báltico y la Laguna Curronian. El modelo se sometió a estudios de sensibilidad, se ensayó en la modalidad de diagnóstico con datos de entrada reales y se verificó utilizando resultados de mediciones correspondientes a los períodos respectivos. Se simuló varios escenarios para la entrada de un trazador conservador por el Río Nemunas y se estudió su dispersión por períodos de varios meses. (*Véanse los gráficos de la página 14.*)

Los planes y resultados del proyecto se presentaron en las reuniones del Grupo de expertos sobre vigilancia de sustancias radiactivas en el Mar Báltico (MORS) y el Grupo a cargo del modelo operacional de alta resolución para el Mar Báltico (HIROMB). También despiertan un gran interés entre las autoridades de Lituania, habida cuenta de las posibles aplicaciones múltiples de un modelo de predicción de la dispersión de contaminantes.

Se sigue trabajando en el desarrollo ulterior del modelo de circulación y en la ampliación de la zona de estudio para incluir otra importante desembocadura de río (el Daugava) y la aportación atmosférica. La segunda fase del proyecto del OIEA aborda temas interrelacionados como la investigación de las desembocaduras del Río Nemunas, el cono aluvial formado frente a la costa en el Estrecho de Klaipeda, las aguas someras de la Laguna Curronian, el desarrollo de capacidades para analizar radionucleidos adicionales, la elaboración de un modelo de dispersión, simulaciones de la dispersión de cesio 137 y estroncio 90 y la evaluación de dosis.

Se espera que, mediante la evaluación de la dispersión y transferencia de radionucleidos y la elaboración de modelos de pronósticos para condiciones normales y de accidente, este proyecto contribuya a lograr una evaluación integral del medio ambiente del Mar Báltico. Se espera además que, en virtud de su apoyo a programas nacionales e internacionales en marcha, el proyecto aporte datos e información fiables que ayuden a crear una base sólida para las decisiones en materia de gestión del medio ambiente del Mar Báltico en Lituania, promoviendo así la calidad, la salud y la seguridad desde el punto de vista ambiental en la región. □