

Inventario del material radiactivo que entra al medio ambiente marino

Se está estableciendo una base informativa que contribuya a evaluar la repercusión de las prácticas anteriores y actuales de gestión de desechos

por Dominique Calmet y Kirsti-Liisa Sjöblom

El desarrollo de la energía nuclear y su aplicación en las esferas de la generación de energía eléctrica, la medicina y las investigaciones mediante el uso de radionúcleos, ha redundado en la producción de desechos radiactivos. Algunos de estos desechos han entrado al medio ambiente marino. Pueden establecerse cinco categorías principales de actividades humanas que contribuyen a la contaminación del medio ambiente marino:

- la explosión de armas nucleares, ya sea en la atmósfera o durante los ensayos debajo del agua;
- la liberación controlada de efluentes líquidos radiactivos de actividad baja procedentes de centrales nucleares, plantas de reelaboración, industrias, hospitales, centros de investigación científica e instalaciones de armas nucleares;
- la evacuación en los fondos oceánicos de desechos radiactivos de actividad baja, generalmente embalados, que se originan en cualquiera de las instalaciones mencionadas;
- el accidente de Chernobyl, que provocó el depósito directo de radionúcleos en los mares de la región o en sus zonas de captación; y
- los accidentes marítimos en que intervienen materiales radiactivos, por ejemplo, la pérdida de embarcaciones como los submarinos de propulsión nuclear o los barcos que transportan combustible nuclear, la pérdida de un avión cargado de armas nucleares o el reingreso en la atmósfera de un satélite que contiene materiales nucleares.

La preocupación de muchas naciones por impedir la contaminación radiactiva en el medio ambiente marino se expresa en numerosas convenciones internacionales, tales como la Convención sobre el Derecho del Mar, el Convenio de Londres sobre Vertimiento de Desechos (CLVD) y el Código de Seguridad para Buques Mercantes Nucleares. (Véase

el recuadro de la página 26.) Estas convenciones han confiado al OIEA responsabilidades específicas en cuanto a realizar estudios y formular definiciones y recomendaciones relacionadas con la prevención de la contaminación radiactiva del mar.

Recientemente, en el marco del CLVD se solicitó al OIEA que realizara un inventario de los desechos radiactivos que entran al medio ambiente marino provenientes de diversas fuentes. El objetivo de crear este inventario es establecer una base informativa que pueda usarse para proporcionar datos exactos destinados a evaluar las consecuencias de cualquier práctica de gestión de desechos que libere desechos radiactivos en el mar. Ese inventario también cumpliría una función disuasiva contra la evacuación en una cuenca oceánica de desechos en cantidad mayor que la recomendada.

Base de datos del inventario

El OIEA ha iniciado un programa para elaborar ese inventario. El sistema ha sido concebido de tal manera que tiene capacidad para:

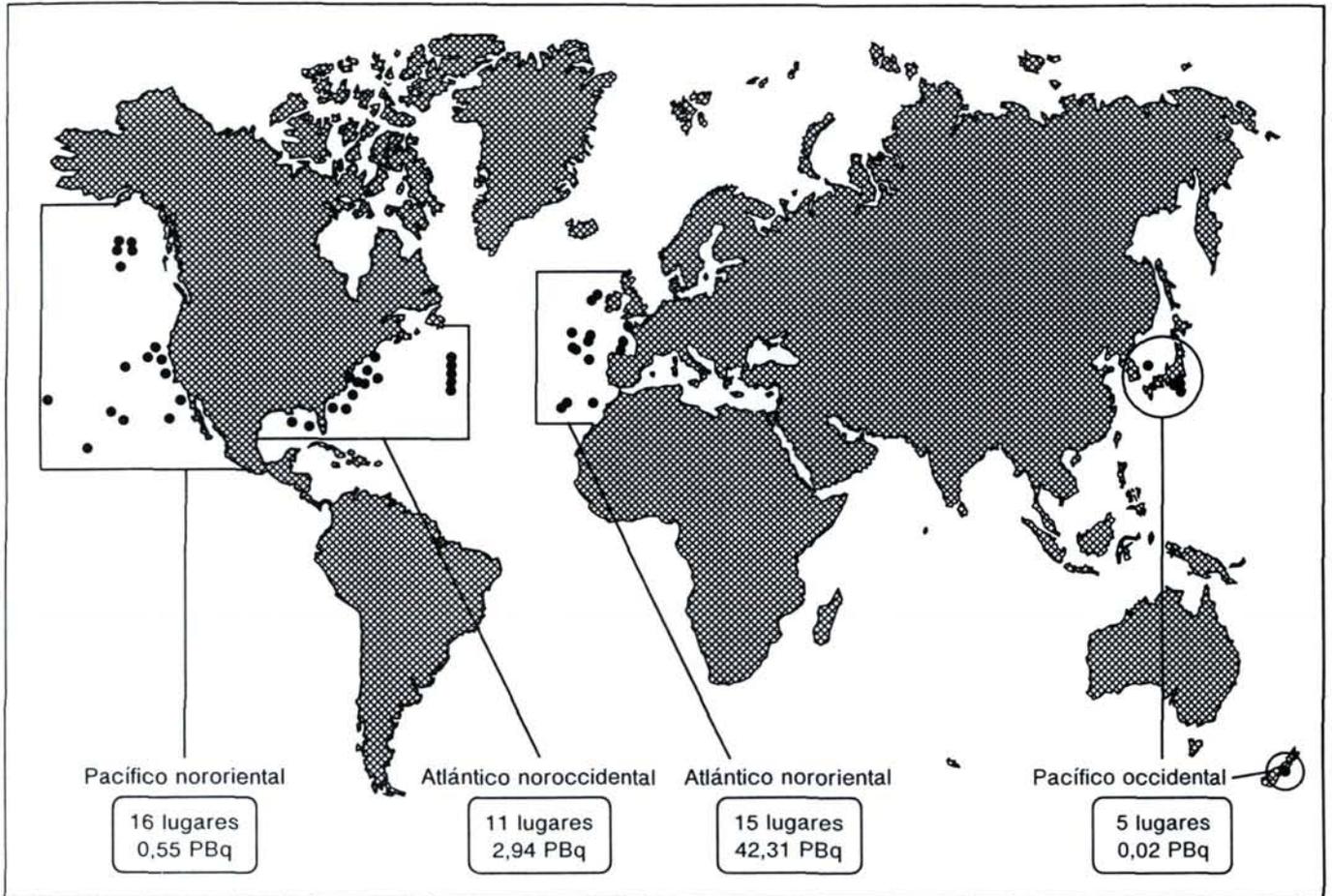
- almacenar información sobre las prácticas anteriores y los accidentes ocurridos, incluir información futura; y
- tener acceso a la información necesaria para evaluaciones, cálculos y comparaciones de las consecuencias.

Se ha establecido una base de datos computarizada con tres módulos.

- operaciones de evacuación en el mar de desechos radiactivos de actividad baja;
- accidentes y pérdidas en el mar que puedan dar lugar a la liberación directa de radionúcleos en el mar; y
- liberación controlada de líquidos radiactivos de actividad baja en aguas costeras, procedentes de las centrales nucleares.

Cada módulo de la base de datos se ha establecido por separado para almacenar y recuperar con rapidez la información específica que se solicite de cada fuente. La base de datos cuenta con un sistema que

El Sr. Calmet es funcionario del Laboratorio 501, Métrologie de l'Environnement de Francia y la Sra. Sjöblom es funcionaria de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Gestión de Desechos del OIEA.



funciona como una memoria y corrige automáticamente los datos de la desintegración radiactiva.

La disponibilidad de información sobre los radionucleidos que aportan las diversas prácticas varía mucho. Así, la información sobre los radionucleidos provenientes de los ensayos de armas nucleares en la atmósfera y debajo del agua está limitada por la confidencialidad de los datos, mientras que las consecuencias que tienen para el medio marino son bien conocidas. La liberación controlada de efluentes líquidos radiactivos de actividad baja provenientes de las instalaciones nucleares civiles está bien documentada por las autoridades nacionales.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) examina periódicamente los datos sobre la contaminación radiactiva del medio ambiente. En sus informes se presentan datos sobre la liberación de efluentes líquidos y los resultados de la evaluación de las consecuencias radiológicas relacionadas con estas prácticas, así como de las vinculadas a los ensayos de armas nucleares, y, más recientemente, al accidente de Chernobil. Los documentos del UNSCEAR pueden emplearse directamente para fines comparativos respecto de las diversas descargas procedentes del ciclo del combustible nuclear.

Como las fuentes de contaminación marina a causa de las "operaciones de evacuación en el mar" y de los "accidentes y pérdidas en el mar" son las que más se relacionan con los objetivos del CLVD,

en la octena reunión consultiva (1988) del Convenio se dio prioridad al establecimiento por OIEA de la base de datos sobre estas fuentes. En el presente artículo se ofrece un resumen de los datos obtenidos sobre los desechos radiactivos de actividad baja evacuados en el mar y sobre los accidentes y las pérdidas en el mar que han notificado los Estados miembros del OIEA.

Evacuación de desechos de actividad baja en el mar

Como primer resultado de la base de datos del inventario, en 1991 el OIEA publicó el documento titulado *Inventory of Radioactive Material Entering the Marine Environment: Sea Disposal of Radioactive Waste**, y ese mismo año se sometió a la consideración de la décimacuarta reunión consultiva de las partes contratantes en el CLVD. Este documento proporciona información por países sobre los lugares de evacuación, así como las cantidades de radionucleidos que se evacúan anualmente en estos lugares.

Son numerosos y diversos los tipos de desechos que se han evacuado en el mar. En más de 50 lugares de la parte norte de los Océanos Atlántico y Pacífico

Distribución mundial de los lugares en el mar que, según lo informado, se han utilizado para evacuar desechos radiactivos de actividad baja

* IAEA TEC-DOC 588, Viena (1991).

Marco jurídico internacional

El marco jurídico internacional relacionado con las prácticas de evacuación de los desechos radiactivos en el mar incluye las siguientes disposiciones:

Derecho del Mar:

En 1958 la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar recomendó específicamente que "el OIEA prosiga los estudios necesarios y adopte las medidas convenientes para ayudar a los Estados a fiscalizar la evacuación o lanzamiento al mar de los desperdicios radiactivos, y a promulgar normas y elaborar reglamentaciones aceptables internacionalmente para evitar la contaminación del mar por materiales radiactivos en cantidades que perjudiquen al hombre y a los recursos marinos".

Convenio de Londres sobre Vertimiento de Desechos:

El Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres sobre Vertimiento de Desechos, CLVD) entró en vigor en 1975. El CLVD prohíbe, entre otras cosas, el vertimiento de desechos de alto nivel radiactivo y para el vertimiento de los desechos de bajo nivel radiactivo exige la expedición previa de un permiso especial. Debe llevar un registro de la naturaleza y las cantidades de las materias que se hayan vertido, así como del lugar, fecha y método del vertimiento.

El CLVD confió al OIEA funciones concretas, especialmente la de definir los desechos de alto nivel radiactivo inapropiados para su evacuación en el mar, y la de formular recomendaciones a las autoridades nacionales respecto de la concesión de permisos especiales para la evacuación en el mar, y la de formular recomendaciones a las autoridades nacionales respecto de la concesión de permisos especiales para la evacuación en el mar de los desechos de bajo nivel radiactivo. Se

asignó al OIEA el mandato de examinar constantemente sus definiciones y recomendaciones a fin de limitar las consecuencias de las actividades de evacuación.

Moratoria voluntaria sobre la evacuación:

En la séptima reunión consultiva de las partes contratantes en el CLVD, celebrada en 1983, se expresó preocupación por la posibilidad de que se ocasionaran daños a los recursos marinos como resultado del vertimiento de desechos de actividad baja, principalmente por parte de países que no se beneficiaban directamente de la energía nuclear. Se propuso introducir una enmienda a los anexos del CLVD, para prohibir la evacuación en el mar de todos los desechos radiactivos, y se aprobó una resolución que llamaba a suspender toda evacuación de desechos radiactivos. Por último, las partes contratantes convinieron en una moratoria voluntaria de carácter no obligatorio, sobre la evacuación de desechos de actividad baja en el mar, en espera de las conclusiones de un grupo intergubernamental de expertos encargado de examinar los aspectos científicos, políticos, jurídicos, económicos y sociales más amplios de la evacuación de desechos de bajo nivel radiactivo en el mar.

Código de seguridad para buques mercantes nucleares:

En 1960 se firmó en Londres la Convención Internacional relativa a la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, que contiene recomendaciones de seguridad aplicables a los buques mercantes nucleares. En 1974 los requisitos de seguridad para los buques nucleares pasaron a ser responsabilidad de la Organización Marítima Internacional (OMI). El Subcomité de proyecto y equipo del buque de la OMI desplegó una amplia y pormenorizada labor en la preparación del Código de seguridad para buques mercantes nucleares, que se publicó en 1981.

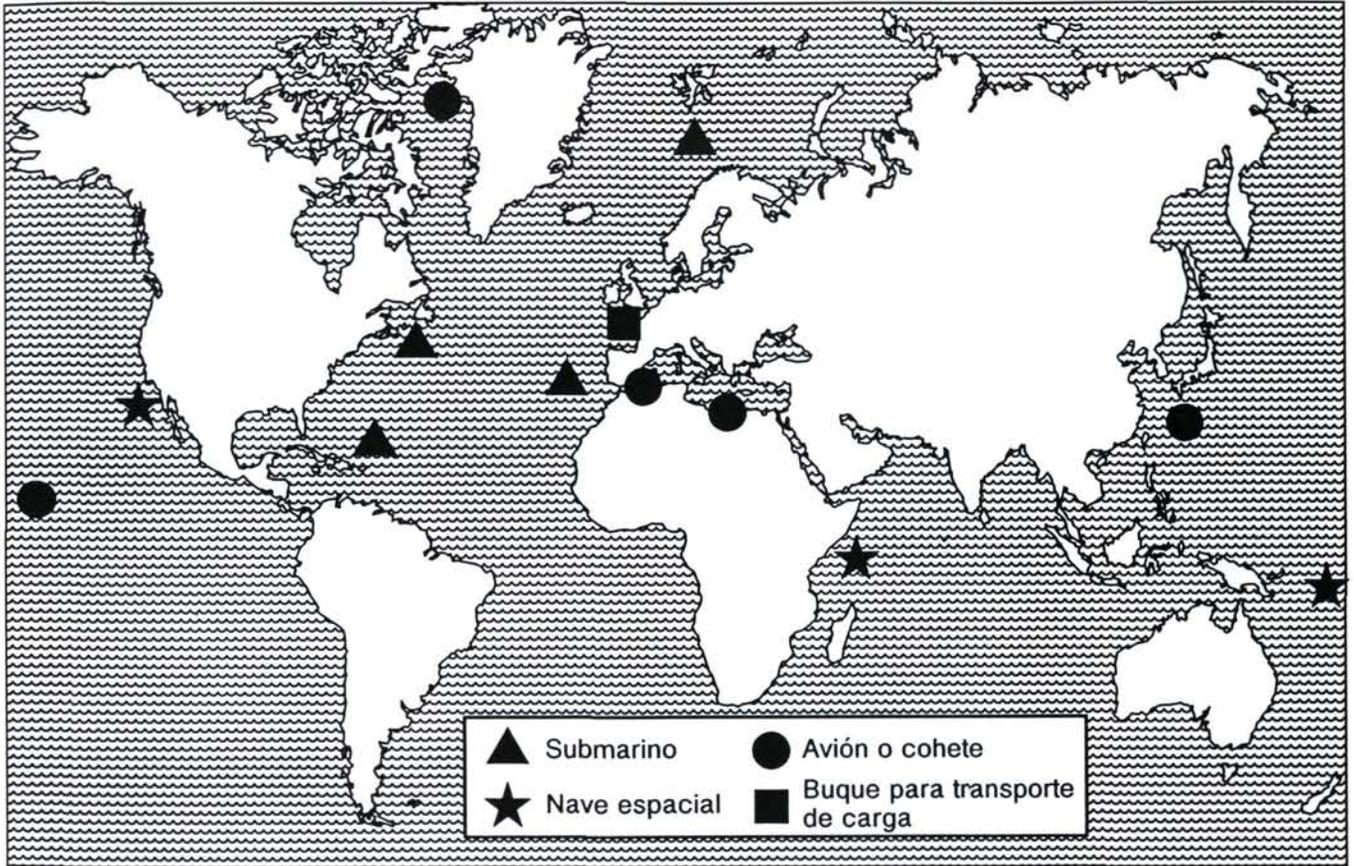
se han evacuado diversas cantidades de desechos radiactivos de actividad baja. En 1946 se realizó la primera evacuación en el mar, en un lugar del Océano Pacífico nororiental situado a unos 80 km de la costa de California. La última evacuación oficialmente conocida se efectuó en 1982 en un lugar ubicado en el Océano Atlántico a aproximadamente 550 km de la plataforma continental europea. (Véase el mapa.)

Se estima que en el curso de estos años se han embalado y vertido al mar, generalmente en tambores de metal forrados con una matriz de hormigón o betún, 46 PBq (1,24 MCi) de desechos radiactivos provenientes de investigaciones, actividades médicas, industrias nucleares y actividades militares. El inventario comprende, además, cierta cantidad de desechos no embalados y desechos líquidos que se evacuaron de 1950 a 1960. Los emisores betagamma representaron más del 98% de la radiactividad total de los desechos. Se trataba de productos de fisión y activación, como tritio, carbono 14, hierro 55, cobalto 58 y 60, estroncio 90 y cesio 137. De estos productos, sólo el tritio equivale a la tercera parte de la cantidad total de radionucleidos evacuados. Los desechos también contenían cantidades pequeñas de nucleidos emisores alfa, de los cuales el plutonio y el americio representaban el 96%.

Hasta 1977, las operaciones de evacuación en el mar se realizaron bajo el control de las autoridades nacionales. Ese año el Consejo de la Organización de

Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) comenzó a coordinar las operaciones de evacuación en el mar de sus Estados Miembros, y creó un Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia del Medio Ambiente (CRESP) para examinar constantemente la idoneidad de los lugares de evacuación. De resultados de ello, el lugar de vertimiento del Atlántico nororiental, que se utilizó hasta 1982, ha sido objeto de una vigilancia anual. Cada cierto tiempo, los organismos para la protección del medio ambiente de los Estados Unidos y del Japón realizan un estudio radiológico de los lugares de vertimiento del Pacífico y el Atlántico noroccidental. Hasta ahora, no se ha encontrado en las muestras de agua marina, sedimentos y organismos de las aguas profundas tomadas en los diversos lugares de vertimiento, niveles de los radionucleidos superiores a los originados por las precipitaciones que ocasionan los ensayos de armas nucleares, con excepción de algunas ocasiones en que se detectaron cesio y plutonio de actividad alta en las muestras tomadas cerca de los bultos en los sitios de evacuación.

Recientemente se han recibido informaciones sobre el vertimiento de desechos radiactivos en los mares del Ártico (Barentz y Kara). Supuestamente, algunos de estos desechos son de actividad alta y el vertimiento se ha efectuado en los últimos años. Se espera que la solicitud oficial del OIEA de que se le proporcione información sobre las supuestas operaciones de evacuación y un crucero científico previsto



para fines del verano de 1992, permitan conocer más detalles de esta actividad de vertimiento.

Accidentes y pérdidas en el mar

Existen diversas actividades humanas que, como consecuencia de los accidentes o las pérdidas ocurridas en el mar, pueden dar lugar a la liberación directa de radionucleidos en el medio ambiente marino. Estas fuentes y aplicaciones pueden dividirse en las siguientes categorías:

- reactores nucleares que se usan para la propulsión de buques de superficie y submarinos;
- armas nucleares transportadas a bordo de buques de superficie, submarinos, aviones y cohetes;
- generadores de radisótopos termoeléctricos usados para generar electricidad para los medios de ayuda a la navegación marítima, estaciones meteorológicas sin dotación permanente y naves espaciales;
- fuentes radiactivas selladas usadas en la ingeniería, la construcción, la prospección y extracción de petróleo y gas; y
- cargamentos de materiales radiactivos en tránsito.

En la última reunión consultiva del CLVD se presentó un proyecto de documento detallado titulado *Inventory of Radioactive Material Entering the Marine Environment: Accidents and Losses at Sea*. Este documento se basó en la literatura publicada y las partes contratantes en el CLVD han confirmado oficialmente algunos de los accidentes notificados. Se concluirá cuando se reciba la información

complementaria. El documento proporciona una descripción de los accidentes ocurridos en el mar, incluidos los lugares, las cantidades de material radiactivo involucrados y la vigilancia. (Véase el mapa.)

En el decenio de 1950 comenzó el desarrollo de la propulsión nuclear para los buques de navegación marítima, alentado por la perspectiva de la durabilidad y la independencia de la capacidad de combustible. En caso de accidente cabe esperar diversas consecuencias, por ejemplo, el escape de cantidades apreciables de radionucleidos y, en el peor de los casos, la pérdida de un buque junto con su reactor nuclear en el fondo marino.

No se han notificado pérdidas de buques civiles de propulsión nuclear ni fugas accidentales en el medio ambiente marino. Sin embargo, en cuanto a los buques militares se ha informado oficialmente la pérdida de cuatro submarinos de propulsión nuclear en diversos lugares del Atlántico desde 1963. Aún no se han podido recuperar los reactores nucleares debido a la profundidad de los lugares donde ocurrieron los accidentes, por debajo de los 1500 metros, y los problemas tecnológicos que ello plantea. El blindaje de acero estanco al aire de las vasijas de los reactores está diseñado para contener la contaminación, ya sea en condiciones de funcionamiento normal o en caso de accidente, y se espera que limite la cantidad de radionucleidos liberados en el medio ambiente marino. Además de la pérdida de cuatro submarinos de propulsión nuclear oficialmente confirmada se han notificado algunas otras pérdidas que no han sido confirmadas.

Lugares de ocurrencia de accidentes marítimos notificados en que estuvieron involucrados materiales radiactivos

La base de datos del OIEA incluirá información sobre las pérdidas ocurridas en el mar. (Cortesía: CEA)



Se desconoce el número de armas nucleares vinculadas con los accidentes antes mencionados. Sin embargo, se ha comunicado oficialmente la pérdida en el mar de materiales nucleares usados en armas nucleares e incluso de armas de este tipo como consecuencia de la pérdida de aviones y cohetes militares. De estas armas nucleares sólo se ha recuperado una; las demás se perdieron en alta mar y en lugares de los que sólo se conocen las coordenadas aproximadas.

La pérdida de naves espaciales provoca otro tipo de accidente que puede ocasionar la contaminación directa o indirecta del medio ambiente marino. Se han perdido en el mar cuatro naves espaciales de propulsión nuclear, de las cuales tres llevaban a bordo generadores de radisótopos termoeléctricos que contenían plutonio 238. Uno de los generadores se vaporizó al entrar en la atmósfera, ocasionando una contaminación generalizada de actividad baja, y dos cayeron al mar. De estos dos, uno fue recuperado sin que se produjeran descargas en el medio ambiente y el otro permanece aún en el fondo marino. El cuarto satélite, que contenía un reactor de uranio enriquecido (^{235}U), entró en la atmósfera de la Tierra por causa de un defecto en su funcionamiento. Probablemente el núcleo del reactor se desintegró en pequeños fragmentos que cayeron en el Atlántico meridional.

Las fuentes de radiación selladas se utilizan generalmente para diversos fines, en la industria de extracción de petróleo y gas mar adentro para diversos fines, tales como la radiografía y la diagrafía de sondeos, así como en calidad de ayuda a la navegación marítima. Se han perdido varias fuentes selladas a causa de accidentes de navegación durante el transporte o por desperfectos en las instalaciones de perforación. En general, debido al embalaje y a las propiedades del recinto de la contención, las descargas se producirán durante un período prolongado y las consecuencias radiológicas de cada incidente serán de una envergadura relativamente menor. En algunos casos se han recuperado las fuentes intactas,

aunque las autoridades nacionales no han considerado necesaria su recuperación.

También se ha manifestado preocupación por el transporte seguro de materiales radiactivos. Desde 1989, el OIEA ha creado un sistema computarizado de notificación de accidentes e incidentes que abarca todas las expediciones de materiales radiactivos. Dentro de la categoría de buques de superficie civiles, en 1984 un buque civil de transporte se hundió con su carga de material nuclear en aguas poco profundas, pero se pudo recuperar rápidamente el material antes de que contaminara el entorno.

Cada cierto tiempo se realizan estudios radiológicos que incluyen el muestreo del agua de mar, los sedimentos y los organismos de aguas profundas, en las proximidades de los diversos lugares donde han ocurrido accidentes, principalmente con la participación de submarinos. Hasta la fecha, los datos de control no han revelado aumento alguno de los niveles de radionucleidos con respecto a los originados por las precipitaciones provenientes de ensayos de armas nucleares, salvo en algunas muestras tomadas cerca de los restos de los naufragios.

Establecimiento de la base de datos del inventario

El OIEA hará todo lo posible por dar respuesta a la petición del CLVD de mantener un inventario de los desechos radiactivos que entran en el medio ambiente marino. En breve se completará la base de datos sobre las actividades de evacuación en el mar de desechos radiactivos de actividad baja, si se confirman las supuestas actividades de vertimiento en los mares del Ártico. Es necesario que los Estados Miembros del OIEA hagan una contribución formal al establecimiento de la base de datos sobre accidentes y pérdidas en el mar. En estos momentos el inventario contiene una gran cantidad de datos sobre accidentes que se han notificado públicamente, pero no han sido confirmados oficialmente.