

# Estado actual de la evacuación de desechos radiactivos en los mares

*Están en marcha varios estudios con miras a una evaluación más completa de las consecuencias de la evacuación en el mar*

por Dominique P. Calmet

Durante cientos de años los mares se han usado para evacuar los desechos producidos por las actividades humanas. Aunque en el mar no se han evacuado desechos radiactivos de actividad alta, en más de 50 lugares de la parte norte de los Océanos Atlántico y Pacífico se han vertido diversas cantidades de desechos radiactivos de actividad baja embalados.\* En 1946 se realizó el primer vertimiento en un lugar del Océano Pacífico nororiental situado a unos 80 kilómetros de la costa de California. El último vertimiento conocido se efectuó en 1982 en un lugar ubicado en el Océano Atlántico a unos 550 kilómetros de la plataforma continental europea. (Véase el mapa.)

Se estima que, entre esas dos fechas, 63 PBq (1,7 MCi) de desechos radiactivos provenientes de investigaciones, actividades médicas y de la industria nuclear se han embalado, generalmente en tambores de metal forrados con una matriz de hormigón y betún, y éstos se han vertido al mar.\*\* Este recuento comprende cierta cantidad de desechos no embalados y desechos líquidos que se evacuaron de 1950 a 1960. Los emisores beta-gamma representaron más del 99% de la radiactividad total de los desechos. Se trataba de productos de fisión y activación como estroncio 90m, cesio 137, hierro 55, cobalto 58, cobalto 60, yodo 125, carbono 14 y tritio. Estos productos equivalen a un tercio de la radiactividad total vertida en los lugares del Atlántico nororiental. Los desechos evacuados también contenían cantidades pequeñas de nucleidos emisores alfa de los cuales el plutonio y el americio representaban un 96%.

El Sr. Calmet es funcionario de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Gestión de Desechos del OIEA.

\* Los desechos de actividad baja se definen como desechos que, debido a su bajo contenido de radionucleidos, no requieren blindaje durante su manipulación y transporte normales.

\*\* PBq =  $10^{15}$  bequerelios. MCi =  $10^6$  curios.



Los programas nacionales e internacionales han permitido mejorar los conocimientos sobre las posibles consecuencias de la evacuación de desechos radiactivos. En la foto se ve, antes de sumergirse, un "explorador de sedimentos" de nuevo tipo que ha de tomar muestras de los 30 metros superiores del sedimento del fondo del mar (Foto: CEA/DPT).

Las operaciones de vertimiento se realizaron bajo el control de las autoridades nacionales del Mecanismo multilateral de consulta y vigilancia de los países miembros de la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE). La AEN también creó en 1977 un programa coordinado de investigación y vigilancia ambiental para el lugar de vertimiento de la AEN. Desde entonces, el lugar de vertimiento del Atlántico nororiental ha sido anualmente objeto de vigilancia. Cada cierto tiempo se realiza un estudio radiológico de los lugares de vertimiento del Pacífico y del Atlántico nororiental. Hasta ahora, las muestras de agua marina, sedimentos y organismos de las aguas profundas que se han tomado en los diversos lugares de vertimiento no han revelado exceso alguno en los niveles de los radionucleidos con respecto a los originados por las precipitaciones debidas a las armas nucleares, con excepción de algunas ocasiones en que se detectaron cesio y plutonio de actividades más altas en las muestras tomadas cerca de los bultos en los sitios de vertimiento.

Estas observaciones están en armonía con los principales objetivos de la evacuación de desechos radiactivos en el mar profundo. El objetivo consiste en aislar los desechos radiactivos del medio ambiente humano durante un período suficientemente largo para que cualquier liberación ulterior de radionucleidos del lugar de

Distribución mundial de los lugares de vertimiento en el mar utilizados para la evacuación de desechos de bajo nivel radiactivo



vertimiento no origine riesgos radiológicos inaceptables, aun a largo plazo. Sin embargo, la eventual dispersión de radionucleidos en los océanos —que según se creía originalmente podían aprovecharse como una vasta cloaca de disolución originando bajas tasas de concentración en el medio ambiente marino— ha dado lugar a interrogantes sobre el posible daño a los recursos marinos. Estas preocupaciones han sido planteadas principalmente por países que no reciben beneficios de la energía nuclear. El 29 de abril de 1958 se expresaron en el Artículo 25 de la Convención sobre la alta mar de Ginebra que indicaba que “todo Estado está obligado a tomar medidas para evitar la contaminación del mar debida a la inmersión de desperdicios radiactivos, teniendo en cuenta cualesquiera normas y reglamentos que puedan dictar los organismos internacionales competentes”.

Como resultado de lo anterior, desde 1957, fecha de su primera reunión para elaborar metodologías a fin de evaluar la seguridad de “la evacuación de desechos radiactivos en el mar”, el OIEA ha venido entregando orientación y recomendaciones para garantizar que la evacuación de desechos radiactivos en el mar no se traduzca en peligros inaceptables para la salud humana y los organismos marinos, perjuicios para las actividades de esparcimiento o interferencia con respecto a otros usos legítimos del mar.

#### Recomendaciones del OIEA para proteger el medio ambiente humano y marino

Aunque el vertimiento en el mar es fundamentalmente una forma de dispersión/disolución más que de contención, el OIEA ha recomendado que los bultos de

desechos se diseñen de manera que se garantice la contención del desecho durante su descenso al fondo marino y en el momento del impacto contra ese fondo y para minimizar, en la medida de lo razonablemente posible, las liberaciones ulteriores de radionucleidos en el mar. Se estudiaron los escenarios posibles de estas liberaciones de radionucleidos de la matriz y contenedor de los desechos, su dispersión en los ecosistemas marinos y su transferencia al medio ambiente humano circundante. Debido a la baja concentración de radionucleidos prevista en los diversos componentes marinos, resultaba imposible determinar mediante un método de vigilancia la transferencia de radionucleidos de vuelta al hombre desde las aguas profundas, por lo que esta transferencia se evaluó con aplicación de modelos matemáticos, lo que se sigue haciendo en la actualidad. La ulterior elaboración de nuevos modelos matemáticos, la obtención de datos más acuciosos con respecto a los procesos oceanográficos, geoquímicos y biológicos relacionados con el comportamiento de los radionucleidos en el medio ambiente marino han permitido seguir afinando la evaluación de los efectos del vertimiento de desechos radiactivos en el mar para las poblaciones humanas y el medio ambiente marino.

#### El Convenio de Londres sobre Vertimiento

Desde que en 1975 entró en vigor el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (conocido como Convenio de Londres sobre Vertimiento o CLV), el vertimiento de desechos ha estado reglamentado a escala mundial. El CLV prohíbe, entre otras cosas, el verti-

miento 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.

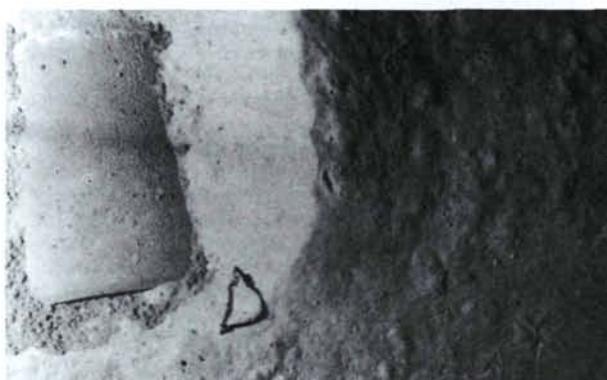
En la séptima reunión consultiva (1983) de las partes contratantes en el CLV se propuso una enmienda de esos anexos para prohibir el vertimiento en el mar de todos los desechos radiactivos. En la reunión se aprobó una resolución que llamaba a suspender todo vertimiento mientras estuviera pendiente una revisión de la base científica para el vertimiento de desechos radiactivos en el mar. En 1984, un grupo independiente de expertos examinó los criterios científicos y técnicos relativos a la enmienda propuesta. Su conclusión, presentada a la octava reunión consultiva del CLV (1985), expresaba que no fue posible encontrar bases científicas ni técnicas para que la opción del vertimiento en el mar se tratara de manera diferente a la forma en que se trataban otras opciones disponibles al aplicar a la evacuación de desechos radiactivos los principios de protección radiológica internacionalmente aceptados.

En 1986, como resultado del continuo mejoramiento de la metodología de evaluación de las consecuencias del vertimiento, el OIEA presentó su tercera versión de la definición de desechos u otras materias de alto nivel radiactivo inapropiados para su vertimiento en el mar y sus recomendaciones para el control de las operaciones de vertimiento de desechos de bajo nivel embalados.\* A pesar de esta nueva información, la décima reunión consultiva del CLV (1986) acordó establecer un grupo intergubernamental de expertos encargado de examinar los aspectos políticos, jurídicos, económicos y sociales más amplios del vertimiento de desechos de bajo nivel radiactivo. La moratoria se amplió a la espera de los resultados de esos nuevos estudios. A la vez, se pidió al OIEA que prestara asesoramiento a las partes contratantes específicamente con respecto a las cuestiones científicas y técnicas pendientes. A continuación se describen dos de los estudios solicitados al OIEA en este contexto.

### Estudios comparativos de riesgos

Muchos productos químicos, algunos de los cuales según ha podido determinarse tienen propiedades carcinógenas para el hombre están presentes en el medio ambiente marino como resultado de la evacuación de desechos provenientes de diversas actividades industriales. En contraste con los vastos conocimientos relativos a la exposición del hombre a las radiaciones ionizantes provenientes de todos los tipos de fuentes marinas, las consecuencias que para las poblaciones humanas tienen los productos químicos no radiactivos presentes en los océanos no se conocen adecuadamente. A fin de colmar este vacío, bajo los auspicios del OIEA se convocó un grupo de expertos encargado de comparar los riesgos estimados que se derivarían del vertimiento de desechos radiactivos en el mar con los provenientes de otras utilidades, aplicaciones, evacuaciones y diseminaciones de sustancias potencialmente peligrosas.

\* *Definición y Recomendaciones a los Efectos del Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias*, Vol. N° 78 de la Colección Seguridad del OIEA (Edición de 1986).



En un lugar del Atlántico nororiental se utilizaron tambores de metal y hormigón para evacuar desechos de bajo nivel radiactivo en profundidades de 4700 metros. La elevada densidad del tambor de hormigón (abajo) determinó que quedara semihundido en el sedimento. Cerca del tambor pueden verse rastros de actividad biológica.

En 1986, el OIEA ofreció orientación sobre un enfoque para comparar las opciones de evacuación en tierra con el vertimiento en el mar y los costos y riesgos relacionados con esas opciones. La optimización del sistema de gestión de desechos requiere la revisión de una serie de parámetros relativos a las características de los desechos, al medio ambiente del lugar y a los recursos disponibles, combinados con los factores nacionales, sociales y políticos. En la actualidad, el OIEA, en representación del CLV, está examinando los trabajos publicados acerca de los estudios comparados de los aspectos medioambientales y de seguridad de diversas opciones de evacuación para diferentes tipos de desechos sólidos de bajo nivel radiactivo.

### Hacia un inventario de los desechos radiactivos vertidos y liberados en el mar

En varias ocasiones, el CLV ha solicitado al Organismo que realice un inventario de los desechos radiactivos que entran al medio ambiente marino provenientes de diversas fuentes. Hasta el momento, se ha establecido una base de datos computadorizados provisional con informaciones sobre fecha, ubicación, profundidad, cantidad, peso y tipo de contenedor, y sobre las cantidades de radionucleidos vertidos. Se examina actualmente la posibilidad de incluir en el inventario informaciones sobre las liberaciones controladas y autorizadas de líquidos provenientes de las instalaciones nucleares en las aguas costeras.

**Responsabilidades del OIEA en el contexto del Convenio de Londres sobre Vertimiento**

El océano, fuente de muchos recursos, es un territorio internacional en el que los movimientos de las aguas no conocen fronteras nacionales. Estos hechos significan que la colaboración internacional tiene la finalidad esencial de evitar y combatir la contaminación marina global. En 1958, la 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".

Como resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano realizada en Estocolmo en 1972, el concepto de prevención de la contaminación comenzó a regir en 1975, cuando entró en vigor el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres sobre Vertimiento). El Convenio de Londres sobre Vertimiento encomienda al OIEA responsabilidades específicas para la definición de los desechos de alto nivel radiactivo inapropiados para ser vertidos en el mar y para que formule recomendaciones a las autoridades nacionales en cuanto a la expedición de permisos especiales para el vertimiento en el océano de desechos de bajo nivel radiactivo. El OIEA recibió el mandato de examinar constantemente las definiciones y recomendaciones a fin de limitar las consecuencias de las actividades de vertimiento.

El objetivo de este inventario es establecer una base informativa que pueda facilitar datos más exactos para evaluar las consecuencias de las actividades de vertimiento de desechos radiactivos en el mar. Ese inventario también cumplirá una función disuasiva contra la evacuación en una cuenca oceánica de desechos provenientes de diversos países en cantidad mayor que la recomendada.

**Evacuación en el fondo marino**

El fondo marino profundo es una de las formaciones geológicas más estables y predecibles en la tierra, por lo que se le ha considerado como una posible solución alternativa frente a la evacuación geológica profunda en la tierra de desechos de alto nivel radiactivo. Si se optara por la posibilidad de la evacuación en el fondo marino, los desechos de alto nivel radiactivo embalados podrían hundirse en el lecho marino con utilización de penetradores o técnicas de perforación. Los bultos contendrían los desechos durante 500 a 1000 años con posterioridad a su colocación. Las propiedades de barrera que presenta el sedimento ofrecerían una contención de largo plazo durante decenas de miles de años.

En 1984, las partes contratantes acordaron que la reunión consultiva del CLV era el foro apropiado para examinar las cuestiones científicas y jurídicas sobre la evacuación de desechos de alto nivel radiactivo en el fondo marino. También se acordó que no debían evacuarse desechos de alto nivel radiactivo en el fondo

marino hasta que se hubiera demostrado la aceptabilidad de este procedimiento desde el punto de vista técnico y del medio ambiente, incluida una demostración de que es efectivamente posible aislar esos desechos con respecto al hombre y al medio ambiente marino.

En 1988, el Grupo de trabajo de la AEN/OCDE sobre los fondos marinos llegó a la conclusión de que el entierro de desechos de alto nivel radiactivo en el fondo marino era técnicamente viable, pero agregaba que la evaluación de su seguridad a largo plazo requería nuevas investigaciones a fin de reducir las incertidumbres antes de utilizar esta opción.

**El futuro**

Después de establecida la moratoria voluntaria no se han realizado desde 1982 actividades de vertimiento. Sin embargo, esta opción de evacuación sigue abierta a la espera de una decisión final por las partes contratantes en el CLV y constituye un concepto que, en principio, puede considerarse una alternativa frente a la evacuación en tierra.

Gracias a las actividades del Grupo de trabajo sobre el fondo marino y el programa coordinado de investigación y vigilancia medioambiental de la AEN/OCDE, siguen acumulándose datos científicos sobre geoquímica, oceanografía física y biología marina de las aguas profundas en relación con los procesos que rigen el transporte y la dispersión de radionucleidos en los océanos Atlántico nororiental y Pacífico noroccidental. Estos datos, además de las actividades de investigación que se realizan en el campo de la elaboración de modelos matemáticos de los procesos de transporte de radionucleidos a los organismos marinos y al hombre, han aumentado la capacidad de evaluar el impacto de los radionucleidos vertidos en el mar. El año próximo, el Comité de Protección Radiológica y Salud Pública de la AEN realizará un estudio de las aptitudes del lugar de vertimiento de la AEN en el Océano Atlántico nororiental para la evacuación de desechos de bajo nivel radiactivo embalados.\* La finalidad de este estudio es verificar si los nuevos datos científicos contradicen las conclusiones de los estudios anteriores sobre ese lugar.

En 1988, un Grupo de expertos OIEA/AEN alcanzó consenso en torno a los criterios para determinar los tipos de fuentes de radiaciones y los procedimientos que podían eximirse del control reglamentario debido a que presentan un riesgo radiológico insignificante. Estos criterios deben ahora aplicarse explícitamente a la evacuación de desechos en el medio ambiente marino para establecer normas y directrices que permitan determinar los tipos de desechos de bajo nivel radiactivo que puedan tratarse como desechos no radiactivos para los fines de su evacuación en el mar.

Los estudios que se realizan actualmente en torno a los riesgos del vertimiento en el mar y con la finalidad de compararlos con los que se derivan de la evacuación en tierra y los que provienen de la evacuación en el mar de otros tipos de desechos peligrosos pueden ofrecer una visión más equilibrada de las consecuencias reales del vertimiento en el mar.

\* Conforme a lo solicitado por el Mecanismo multilateral de consulta y vigilancia de 1977 de la OCDE, este examen ha de realizarse cada cinco años.