Evacuación de desechos en las profundidades del mar: Bases científicas para el control de la contaminación

Informe sobre la situación de los trabajos técnicos que llevan a cabo el OIEA y la AEN

Por Amelia Hagen y B. Ruegger

Tanto el OIEA como la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE/AEN) tienen importantes funciones que desempeñar en lo que respecta a la evacuación de desechos radiactivos en el mar.

Incumben al OIEA responsabilidades concretas en virtud del Convenio de 1972 sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (conocido como Convenio de Londres sobre vertimientos). La AEN, conforme a su Mecanismo multilateral de consulta y vigilancia, supervisa el vertimiento de desechos en el Atlántico nordoriental.*

De conformidad con el Convenio de Londres, las responsabilidades del OIEA son las siguientes:

- Definir los desechos radiactivos de alta actividad de vertimiento prohibido
- Formular recomendaciones para el vertimiento de otros desechos radiactivos.

Recientemente el OIEA ultimó la revisión de su definición y recomendaciones, que aprobó la Junta de Gobernadores del Organismo en septiembre de 1985. La AEN también concluyó un examen (que es preciso efectuar cada cinco años conforme al Mecanismo) del lugar de vertimiento, y halló que, desde el punto de vista radiológico, el emplazamiento es apropiado para verter los desechos en los próximos cinco años, conforme a tasas especificadas.

Ambos ejercicios exigieron una considerable actividad científica para que su completamiento se llevara a cabo sobre una base sólida, y a menudo se apreció que se estaban planificando ejercicios complementarios y ampliando los recursos para lograr sus objetivos. Con anterioridad, el OIEA había organizado varias reuniones científicas, y también había solicitado al grupo científico GESAMP que le asesorara sobre los modelos adecuados para calcular los límites de concentración de radionucleidos por encima de los cuales se prohibiría el vertimiento de desechos en el mar.* En abril de 1981 la AEN había establecido un Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia del Medio Ambiente (CRESP) relacionado con la evacuación en el mar, por un período inicial de 4 años.

Mejora de la base científica

- *Perfeccionamiento de los modelos.* En 1978, inmediatamente después de efectuarse una revisión de la definición y las recomendaciones, el OIEA inició un plan de programa para garantizar que la próxima revisión tuviera una base científica más sólida. Uno de los componentes más importantes de esta actividad fue el perfeccionamiento de los modelos utilizados para calcular las concentraciones de radionucleidos inapropiadas para su vertimiento en el mar.

A petición del OIEA, en la 11ª reunión del GESAMP se acordó establecer un grupo de trabajo sobre un modelo oceanográfico para estudiar la dispersión de desechos evacuados en las profundidades del mar. El GESAMP recomendó modelos para su uso en el campo próximo (la región cercana al lugar de liberación, donde la concentración es mucho mayor que la media oceánica) y en el campo lejano (el resto del océano).** (Véase el cuadro anexo.)

Al examinar el informe, el Organismo empleó dos modelos del GESAMP: uno (Apéndice VII) para calcular las concentraciones en el campo próximo, y otro (Apéndice VI) para las del campo lejano.*** Se reconoció

La Sra. Hagen es funcionaria de la División del Ciclo del Combustible Nuclear del Organismo, y el Sr. Ruegger es funcionario de la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (París).

* En la actualidad está en vigor una moratoria sobre el vertimiento de desechos radiactivos en el mar, hasta tanto se realicen nuevos estudios.

* El GESAMP es el Grupo de expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación del mar de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización Mundial de la Salud (OMS), las Naciones Unidas (NU), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el OIEA.

** An *Oceanographic Model for the Dispersion of Wastes Disposed of in the Deep Sea,* IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution – GESAMP, Reports and Studies No. 19, IAEA (1983).

*** Véase *The Oceanographic and Radiological Basis for the Definition of High-Level Wastes Unsuitable for Dumping at Sea,* IAEA Safety Series No. 66 (1984).

Modelos recomendados en el informe del GESAMP

Campo próximo:
- Modelo sencillo de difusión finita en el océano (Apéndice IV)
- Modelo modificado para determinar el tamaño de la fuente finita y el barrido (Apéndice VII)
- Disolución de la columna de agua si el tamaño del campo próximo excede la escala K_H/U en que predomina la difusión (Apéndice IV).

Campo lejano:
- Simulador bien elaborado (para contaminantes con un tiempo de residencia prolongado)
- Modelos de barrido unidimensional de los Apéndices VI y IX
- Modelo sencillo de difusión tridimensional con barrido (Apéndice VII)
- Modelo de cuadrícula de resolución media
- Modelos de diferencia finita bidimensional o tridimensional.

que podría haber casos en que el modelo del Apéndice VII pronosticara concentraciones en el agua inferiores a las previstas en el modelo del Apéndice VI. Por tanto, se decidió que para calcular el límite de tasa de emisión se utilizara el modelo que pronosticara la concentración más elevada para cada nucleido.

Cabe destacar que el Organismo emplea modelos genéricos. Ni los modelos ni los valores de los parámetros utilizados son forzosamente aplicables a lugares de vertimiento determinados.

- *Concentración de sedimentos/agua/biota.* Ambos modelos requirieron el uso de parámetros que entrañaban acciones recíprocas entre los sedimentos y el agua. En los modelos anteriores, los procesos geoquímicos no se representaban de manera adecuada, y en los cálculos sólo se empleaban parámetros aproximados. Se suministraba poca información sobre los valores seleccionados; los coeficientes de distribución sedimentos/agua; o los factores de concentración en los sedimentos costeros y las materias biológicas. En un informe publicado recientemente por el OIEA, se describe un método para calcular los factores de concentración basándose en los valores de abundancia de algunos elementos estables, y se examina la literatura pertinente con miras a seleccionar los factores de concentración de radionucleidos más apropiados en las materias biológicas marinas, los cuales se basan, siempre que sea posible, en datos obtenidos in situ.* (El informe se elaboró con la ayuda de la AEN. Los datos utilizados en el modelo para analizar la conveniencia del emplazamiento se describen más adelante).

Evaluaciones del medio ambiente. El Organismo ha publicado también un informe que proporciona orientación adicional respecto de la elaboración y valoración de las evaluaciones del medio ambiente relacionadas con la concesión de licencias especiales para el vertimiento de desechos radiactivos no prohibidos en virtud del Anexo I del Convenio.** En el informe se describe el contenido de evaluaciones preparadas por las autoridades nacionales, para ayudarlas a determinar en el proceso de adopción de decisiones cómo comparar la opción de la evacuación en el mar con otras opciones de evacuación desde el punto de vista ambiental, técnico, social y económico; y si es aceptable el efecto de una opción propuesta de evacuación en el mar.

Resumen de las cuestiones principales

Durante la preparación de la revisión por el OIEA de la definición y las recomendaciones, en virtud del Convenio de Londres, se abordaron varias cuestiones importantes:

- *Dosis límite.* Se celebró un amplio debate sobre la dosis límite que se utilizaría para derivar la definición cuantitativa (si debería ser de 5 o de 1 milisievert anual). También se debatió intensamente la cuestión de si, para la práctica, la definición debería basarse en un confín superior (es decir, algún valor inferior a 1 ó 5 milisieverts anuales). Se llegó al consenso de que procedía mantener el concepto de confín superior en las recomendaciones, ya que la definición se refería a un límite por encima del cual no se permitía verter material, pero no proporcionaba orientación en cuanto a lo que podía verterse. (El valor de 1 milisievert anual se seleccionó como la dosis límite compatible con las últimas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.)
- *Período de vertimiento.* La cuestión del período de vertimiento que debía suponerse para derivar la definición cuantitativa también fue un tema polémico. Se realizaron cálculos para períodos de vertimiento de 40 000 años y 1000 años. El período de 40 000 años se utilizó porque había sido la base de cálculos anteriores,* y el de 1000 años se seleccionó porque se aviene más a los períodos en que cabe inferir que se seguirá utilizando la energía nuclear; por ejemplo, en el último informe del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) se supone un período de 500 años. El tiempo también es lo suficientemente prolongado para que el vertimiento de los desechos, a la tasa dada en la definición, durante incluso unos cientos de años, no absorba una fracción importante de la capacidad del océano para asimilar las materias radiactivas. Los modelos empleados no son válidos para los períodos más cortos (100 a 300 años) que sugieren algunos expertos como base para la definición.
- *Las tasas de liberación o la concentración.* Los modelos se usan para calcular los límites de tasas de liberación correspondientes a una dosis límite y luego convertirlos a un límite de concentración de radionucleidos en los desechos suponiendo una tasa de vertimiento en masa (10^8 kg anuales). Durante todo el tiempo que duró la preparación de la revisión, se debatió si debían incluirse en la definición tanto los límites de tasas de liberación como los límites de concentración. Se formularon diversas recomendaciones en cuanto a cómo incluir las tasas límite de liberación. Puesto que es mucho más difícil demostrar que se cumplen los límites de tasas de liberación que los límites de concentración, se convino en que la definición cuantitativa debería formularse en función de los límites de concentración. Estos límites de concentración, juntamente con el límite de la tasa de vertimiento en masa, ponen un tope en cuanto a la

* Véase *Sediment K_ds and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment,* IAEA Technical Reports Series, No. 247 (1985).

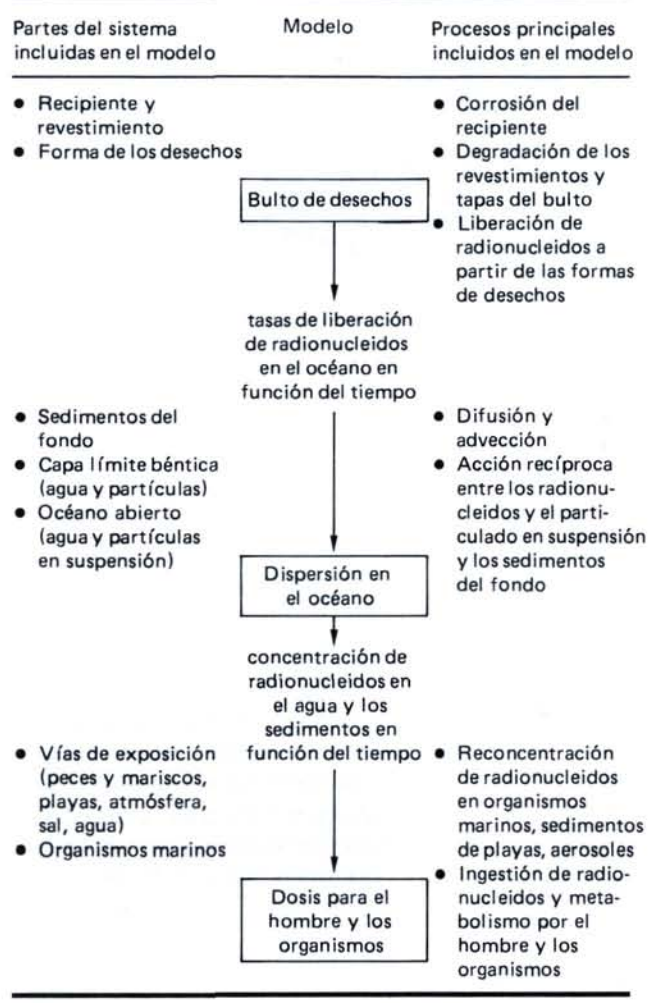
** *Environmental Assessment Methodologies for Sea Dumping of Radioactive Wastes,* IAEA Safety Series, No. 65 (1984).

* INFCIRC/205/Add. 1/Rev. 1 (1978).

cantidad total de actividad que podría llegar a verterse anualmente en una sola cuenca oceánica.

- *Masa sobre la cual promediar.* En 1978 se indicó que las concentraciones habrían de promediarse sobre una masa bruta no superior a 1000 toneladas. En los debates se recomendaron valores inferiores, que oscilaron entre promediar sobre la masa de un bulto de desechos típico y sobre una masa de 100 toneladas. También se indicaron valores más altos, que fluctuaban entre el tamaño de una remesa típica de desechos para verter en el mar (unos cuantos miles de toneladas) y 100 000 toneladas. Tras la adición de una definición cualitativa —que prohíbe la evacuación de lo que se considera normalmente como desecho de alta actividad (combustible irradiado y desechos del primer ciclo de reelaboración)— se llegó al consenso de que no había razones imperiosas para modificar el valor de 1000 toneladas indicado a esos efectos.
- *Confín superior de la fuente.* En las recomendaciones se formularon diversas sugerencias en cuanto al nivel del confín superior de dosis que se debería utilizar.* No se seleccionó ningún valor específico para dicho confín, fundamentalmente debido a que no se ha celebrado ningún debate internacional ni se ha concertado acuerdo alguno sobre los principios que han de utilizarse para establecer o aplicar confines superiores para cualquier fuente que ocasione dosis para la población mundial. Entre los tipos de fuentes que se deben considerar figuran las descargas ordinarias de los establecimientos de investigación y las instalaciones del ciclo de combustible nuclear, especialmente las descargas en el mar y en la atmósfera de radionucleidos de período largo y dispersión global, tales como el carbono 14 y el yodo 129. Se consideró que, antes de fijar un confín superior global para el vertimiento en el mar, se debían acordar los principios que habrían de utilizarse para establecer y aplicar confines superiores globales en general.

Marco para la creación de modelos en la evaluación radiológica



El CRESP y la revisión efectuada por la AEN

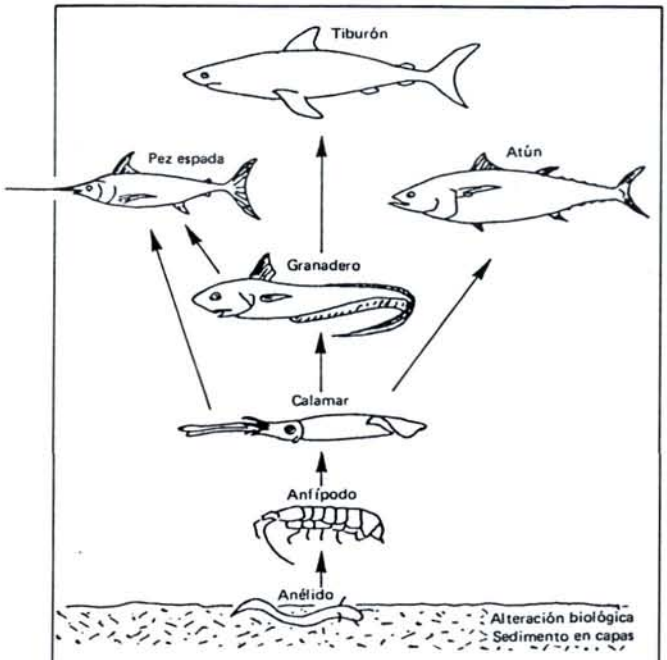
La revisión que efectuó recientemente la AEN sobre la conveniencia de los emplazamientos se derivó en gran parte del Programa Coordinado de Investigación y Vigilancia del Medio Ambiente (CRESP), iniciado en 1981 bajo la orientación de un grupo ejecutivo integrado por representantes de los países participantes y el OIEA. El trabajo abarcó cinco temas: creación de modelos, oceanografía física, geoquímica, biología y vigilancia radiológica.

- *Creación de modelos.* El grupo especial sobre modelos tuvo por finalidad la elaboración de modelos de emplazamientos concretos para calcular la dispersión de la radiactividad desde el lugar de vertimiento. Se crearon varios modelos diferentes en el ámbito del CRESP y se tomó en cuenta la forma en que éstos se deberían utilizar para la evaluación radiológica. (Véase la figura anexa para el marco de creación de modelos.) El informe del GESAMP influyó en la labor del grupo, en especial respecto de los procesos de sedimentación. Se elaboraron varios cálculos de referencia para comparar dos modelos de compartimientos con un modelo sencillo representativo del "promedio de la cuenca oceánica" tomado del informe del GESAMP. Los cálculos demostraron que ningún modelo proporcionaría uniformemente valores más altos o bajos durante todo el tiempo y para todos los radionucleidos.
- *Oceanografía física/geoquímica.* Los grupos especiales de oceanografía física y geoquímica se unificaron, dado que sus intereses eran complementarios. La AEN ha publicado gran parte del nuevo trabajo.*

Actualmente se han hecho mediciones en el emplazamiento y en todo el Atlántico oriental; asimismo, se ha comenzado un experimento a profundidad con una boya de flotación neutra. Se ha recogido agua para medir la concentración de trazadores naturales y artificiales y las concentraciones de partículas en la capa nefeloide béntica.

* El valor más bajo indicado fue 0,01 $mSv \cdot a^{-1}$, y el más alto 0,5 $mSv \cdot a^{-1}$. Este intervalo quizás no sea tan grande como parece porque algunos niveles de dosis se sugirieron como confines para las prácticas de vertimiento a escala mundial, mientras que otros se referían al vertimiento en un solo lugar o en una sola cuenca oceánica.

* Véase *Interim Oceanographic Description of the Northeast Atlantic Site for the Disposal of Low-Level Radioactive Waste*, Vol. 2, OECD/NEA (1985), y *Review of the Continued Suitability of the Dumping Site for Radioactive Waste in the Northeast Atlantic*, OECD/NEA (1985).



Cadena alimentaria teórica estudiada por un grupo de la AEN para examinar la transferencia potencial de radiactividad.

Se recogieron núcleos de sedimentos para examinar la composición de los sedimentos, las interacciones partícula-agua y los procesos de alteración biológica.

• *Biología.* El principal objetivo del grupo especial de biología fue identificar las vías biológicas que retornan al ser humano y a los organismos marinos. Se ha obtenido un gran cúmulo de conocimientos sobre la biología de los fondos marinos del emplazamiento, lo que confirma que ésta se asemeja a la de otras partes del Atlántico Norte. El estudio experimental por colonización con bidones simulados (no radiactivos) y la inspección de los bidones recuperados por las embarcaciones utilizadas para la investigación no han dado muestras de actividad hasta el momento. El grupo analizó también la transferencia potencial de radiactividad a lo largo de una cadena alimentaria teórica. (Véase el diagrama adjunto.)

• *Vigilancia radiológica.* El grupo especial de vigilancia radiológica recogió materiales indicadores, en especial sedimentos y biota; participó en los ejercicios de intercalibración entre laboratorios que realizaron análisis de muestras de baja actividad; suministró estadísticas de captura en relación con la pesca costera; y examinó la pesca del pez cinto negro (con capturas a una profundidad de hasta 1500 metros).

• *Examen de la conveniencia del emplazamiento.* El trabajo realizado mediante el programa coordinado de investigación reportó una base de datos muy mejorada, una mayor comprensión de la dinámica y el transporte de radionucleidos en los fondos marinos, y modelos de emplazamientos concretos y más amplios para calcular las dosis que llegan al hombre y a la biota marina. Este esfuerzo ha conformado la base científica para examinar la conveniencia de los emplazamientos. En el examen se llegó a la conclusión de que, desde el punto de vista de la protección radiológica, el emplazamiento actual es apropiado para continuar vertiendo material radiactivo durante los próximos 5 años a tasas no mayores al promedio de 1978–1982 multiplicado por diez.

Normas y funciones internacionales

El Convenio de Londres sobre vertimientos de 1972 establece normas rigurosas para la evacuación en el mar de todo tipo de contaminantes, tanto químicos como radiactivos, y prohíbe el vertimiento de toda una gama de sustancias, incluidos los desechos de alta actividad. Se permite vertimiento de otras sustancias con sujeción a la concesión previa de licencias especiales o generales por parte de las autoridades nacionales responsables, que deben responder a los criterios y las condiciones del Convenio. Es preciso obtener una licencia especial para verter desechos radiactivos no sujetos a prohibición.

Para emitir las licencias, las autoridades deben tomar en cuenta las recomendaciones del OIEA, que, en virtud del Convenio, está encargado de definir los desechos de alta actividad que han de considerarse inapropiados para su vertimiento en el mar, y de formular las recomendaciones relativas a las condiciones en que se debe llevar a cabo el vertimiento de otros desechos radiactivos. (La definición y las recomendaciones se elaboraron en 1974 y se han revisado periódicamente. La última revisión fue aprobada por la Junta de Gobernadores del OIEA en septiembre de 1985.)

Las recomendaciones estipulan la realización de evaluaciones ecológicas y ambientales minuciosas antes del vertimiento, y establecen requisitos para la selección de los lugares de vertimiento, el acondicionamiento y embalaje de desechos, y para los propios buques. También disponen la supervisión de las operaciones por los oficiales de escolta que se encuentren a bordo.

Para promover los objetivos del Convenio, aunque de manera independiente, el Mecanismo multilateral de consulta y vigilancia sobre inmersión en el mar de desechos radiactivos de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que se constituyó en 1977, dispone lo siguiente: 1) establecimiento de normas, directrices y recomendaciones con relación a los aspectos científicos, técnicos, ambientales y operacionales de las actividades de vertimiento en el mar; 2) previa consulta entre los países participantes sobre las condiciones detalladas propuestas por las autoridades nacionales para determinada operación de vertimiento, verificar si ésta se aviene a las normas establecidas; 3) la vigilancia internacional de las operaciones de vertimiento por representantes de la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) específicamente designados, que cumplen sus obligaciones en cooperación con el oficial nacional de escolta; 4) el examen internacional de los detalles de la ejecución de las operaciones y la realización de las mejoras recomendadas según proceda.

En los últimos años, los Estados partes en el Convenio han aprobado resoluciones no vinculantes que exhortan a la suspensión del vertimiento en el mar de desechos radiactivos hasta tanto se realicen estudios científicos más profundos.

— Información proveniente del *NEA Newsletter* (otoño de 1985).