

# radionúclidos en el mar

Las aguas cubren más de las dos terceras partes de la superficie terrestre. Lo que se arroja al mar desde un barco puede ser arrastrado a una costa situada a miles de millas de distancia;

los desechos evacuados en los mares, o en los ríos que en ellos desembocan, pueden afectar a la vida marina y posiblemente también a la salud humana.

Por tanto, reviste interés general el estudio, prevención y control de la contaminación de los mares y los océanos por los residuos radiactivos resultantes del empleo de la energía nuclear por el hombre.

En estos últimos tiempos ha sido motivo de preocupación mundial el descubrimiento en el pescado y productos derivados, de mercurio en cantidades que exceden de los límites establecidos por algunas autoridades sanitarias para el consumo humano. El agua de mar siempre ha contenido grandes cantidades de mercurio en forma de compuestos en solución, a partir de los cuales este metal puede haberse concentrado en los peces por conducto de la cadena alimentaria marina, o bien las elevadas concentraciones que se han observado en algunos casos pueden ser debidas a la descarga en el medio marino, en determinadas zonas, de desechos industriales que contengan mercurio. Del mismo modo, se ha sabido que, en algunos lugares, se han capturado arenques que no eran comestibles por contener una cantidad excesiva de DDT. Cada vez son más los métodos que se idean y aplican para controlar la composición de los desechos industriales a fin de impedir la contaminación innecesaria de los alimentos.

Un aspecto de esta labor, que forma parte de las rigurosas medidas de seguridad y protección de la salud relacionadas con el empleo pacífico de la energía nuclear, se refiere a los radionúclidos presentes en el mar, cuestión por la que, como es lógico, el Organismo Internacional de Energía Atómica se interesa. Prueba de este interés fué la reunión de un grupo de expertos en la Sede del Organismo, a fines de 1970, convocada con objeto de examinar los procedimientos encaminados a establecer límites de seguridad referentes a los radionúclidos en el mar. La especie humana, los océanos y la fauna y flora marinas deben protegerse contra las concentraciones excesivas de sustancias radiactivas en el medio marino, al que pueden pasar especialmente en forma de desechos vertidos por las instalaciones nucleares.

La contaminación radiactiva del mar no representa un problema inmediato. Las autoridades nacionales establecen y aplican límites referentes a la evacuación de desechos radiactivos, que es uno de los orígenes de los radionúclidos presentes en el mar; otros proceden de los ensayos de armas nucleares, pero la parte con mucho más importante corresponde a los radionúclidos de origen natural, presentes en los océanos desde que éstos se formaron.

Desde 1962, el Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina del OIEA, en Mónaco, viene estudiando los efectos de la radiactividad en el mar. Actualmente este laboratorio ejecuta un programa coordinado de investigaciones en cooperación con muchos Estados Miembros, programa que tiene por fin conocer mejor los efectos de los radionúclidos en el mar. Por otra parte, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (Comité de Radiaciones) recopila sistemáticamente datos sobre la concentración y distribución de los radionúclidos aportados por las precipitaciones radiactivas, y el OIEA efectúa un trabajo similar con el fin de determinar la distribución del tritio, deuterio y oxígeno-18 en todo el mundo.

Estos programas revisten importancia para el estudio del movimiento y distribución de los radionúclidos en general. Por añadidura, los organismos de las Naciones Unidas a los que concierne directamente la prevención y control de la contaminación del medio marino — el OIEA, la OCMI, la FAO, la UNESCO, la OMM y la OMS — han constituido un Grupo mixto de Expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación de las aguas del mar para que actúe como órgano asesor; este Grupo ha pedido que se establezca un registro de los diversos tipos de contaminantes vertidos en el mar. Aunque la evacuación de radionúclidos representa sólo una reducidísima parte del total de desechos industriales que se lanzan al mar, interesa al Grupo en una perspectiva más amplia.

El Director General del OIEA, Dr. Sigvard Eklund, se refirió a esta labor en su declaración a la Asamblea General de las Naciones Unidas en diciembre del pasado año. «Por espacio de varios años», dijo, «he invitado a los Gobiernos a que faciliten al Organismo, voluntariamente, información sobre sus operaciones de evacuación de desechos radiactivos en el mar.» «El Grupo de expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación de las aguas del mar ha recomendado ya que se lleve un registro internacional único de todos esos materiales de desecho.» Otro grupo de expertos (el citado inicialmente) ... «reafirmó la importancia de crear un registro internacional de las evacuaciones de desechos en el mar».

«Merece subrayarse», continuó el Dr. Eklund, «el hecho de que no existe ninguna prueba científica de que los desechos nucleares evacuados hasta ahora en el mar hayan ocasionado perjuicios al hombre o hayan tenido alguna influencia importante sobre su medio ambiente. No puede decirse lo mismo de otros desechos industriales. No obstante, no deja por ello de ser esencial que se lleve un registro completo de las evacuaciones de desechos en el mar, como primer paso hacia la reglamentación y control de esas operaciones.»

El Director del Laboratorio de Mónaco, Profesor Joachim Joseph, ha expuesto en forma simplificada las líneas generales a seguir en esta labor. A su juicio, lo primero que hay que decidir en la lucha contra la contaminación, tanto si ésta se debe a los radionúclidos que pasan al mar como resultado de la actividad humana, como si se debe a otras sustancias, es lo que se desea proteger. «Algunos», dice, «desean pro-

teger los océanos para que sigan siendo como hace millones de años, otros se preocupan por la salud humana, otros piensan en la natación y el recreo en las playas, otros, en fin, piensan en la fauna y flora marinas». Tan variadas metas requieren medidas diferentes de protección, de modo que, en la lucha contra la contaminación, lo primero que hay que hacer es adoptar una decisión de principio.

Si se considera sólo la contaminación de los mares por sustancias radiactivas, lo probable es que esta decisión sea que, a la larga lo que verdaderamente importa es la salud humana. Por el momento no existe peligro y, como dice el Profesor Joseph, «ello hace suponer que lo que se espera de nosotros es una predicción: si hago esto o lo otro ¿cuáles serán las consecuencias en una semana, un mes, un año o un plazo más largo? Nos hacen falta datos exactos y leyes científicas a fin de poder efectuar una extrapolación que nos permita juzgar el peligro futuro expresado en cifras, y de este modo establecer los límites admisibles». Gran parte de los trabajos que se llevan a cabo en el laboratorio de Mónaco tienen por meta definir esos criterios fundamentales para juzgar el comportamiento de los radionúclidos en el mar.

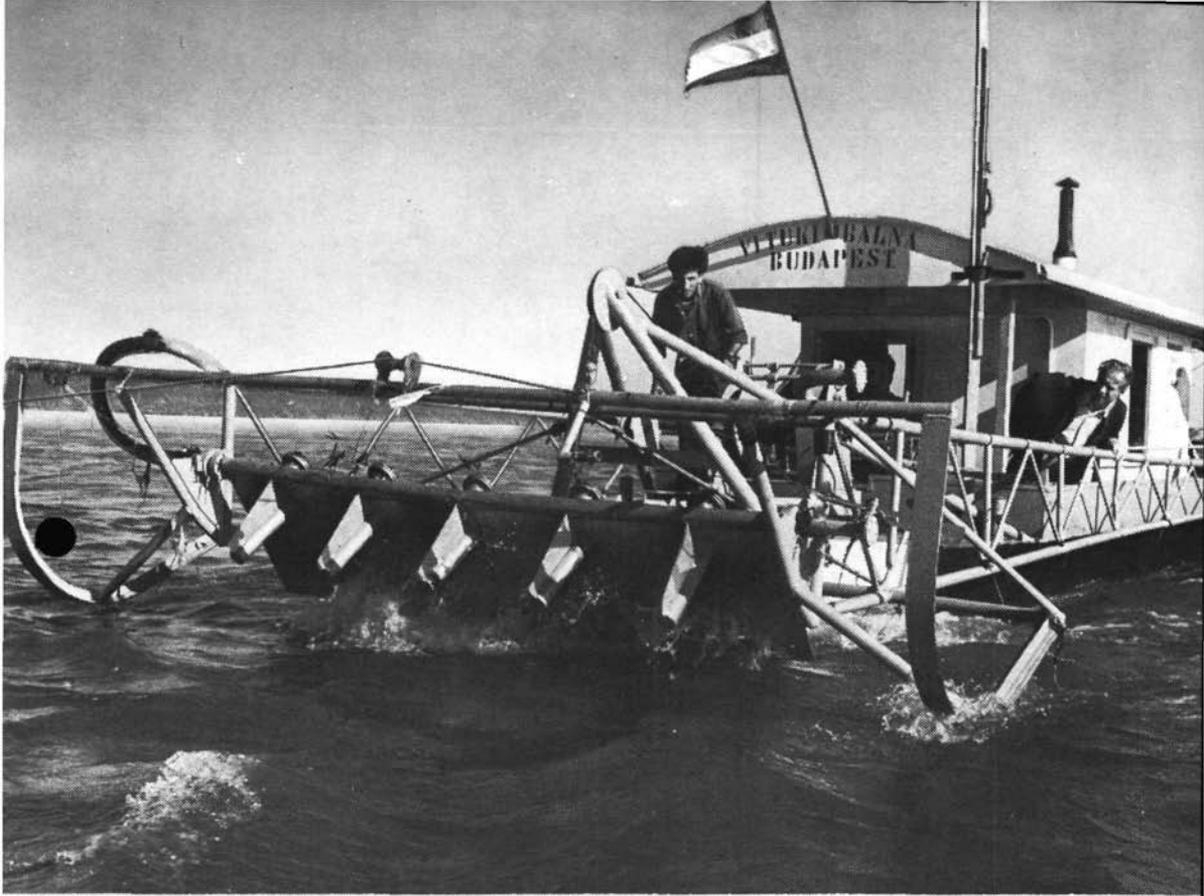
El océano puede considerarse como un sistema constituido por tres componentes: el agua, la materia sedimentaria inorgánica, tanto en suspensión como depositada en los fondos marinos, y los componentes orgánicos en forma de fauna y flora marinas y de detritos. La abundancia relativa de un radionúclido en cada compartimiento de este sistema viene determinada por el estado químico y físico en que se encuentra y por la forma en que ha pasado al sistema. Un compuesto que contenga un radionúclido en forma insoluble puede llegar muy rápidamente al sedimento de fondo, con lo que en realidad queda fuera del sistema. Un compuesto más soluble tenderá a permanecer en estado de solución; algunos radionúclidos, como el manganeso-54 y el cobalto-60, pueden concentrarse a su paso por la cadena alimentaria en el mar, terminando, en algunos casos, con su consumo por el hombre.

Como ejemplo de la complejidad de esta cuestión cabe citar la memoria presentada, en la reunión del grupo, por Charles L. Osterberg y Victor E. Noshkin, de la División de Biología y Medicina de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. Estos autores señalaron que los organismos acuáticos necesitan manganeso, y que se ha detectado la presencia de  $^{54}\text{Mn}$  en las precipitaciones radiactivas, en todo el mundo, y en lugares determinados, en los desechos procedentes de las centrales nucleares. El período de semidesintegración del  $^{54}\text{Mn}$  es de 284 días.

Este radionúclido, afirmaron los autores, es concentrado por muchas especies marinas y se distribuye de diferentes formas por los órganos y tejidos. Se han observado, por ejemplo, elevadas concentraciones en el hígado de la ballena de aleta dorsal y del albacora; asimismo, se ha

Los radioisótopos se pueden introducir en aguas fluviales y portuarias para estudiar las corrientes y la sedimentación. El Instituto de Investigaciones para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, de Budapest (Hungría), ha realizado trabajos de este tipo a lo largo de un tramo del Danubio en el que son frecuentes las inundaciones. Se depositaron en el lecho del río cantos rodados marcados con radioisótopos, y se siguió su movimiento mediante detectores instalados en la popa de la lancha hidrográfica «Bálna» (Ballena). La foto recoge el momento en que van a sumergirse los detectores en las aguas del río. Foto: Instituto de Investigaciones para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos

Una de las etapas iniciales en los estudios sobre el comportamiento de los radionúclidos en el medio ambiente marino: acuarios del Laboratorio de Radioecología Marina de la Hague (Francia), en los que se crían peces en agua que contiene cantidades conocidas de radionúclidos. Foto: Commissariat à l'Énergie Atomique





comprobado que en el cangrejo dungeness (*Cancer magister*) la concentración se produce principalmente en el tejido calcificado. También se ha descubierto esta concentración en determinadas plantas marinas tales como el sargazo y la gramínea espartina. En las esponjas recogidas en la costa occidental de Puerto Rico se acumuló una vez y media más de  $^{55}\text{Mn}$  (isótopo estable) y tres veces más de  $^{54}\text{Mn}$  que en especies semejantes de la costa meridional, como resultado del desagüe, en la costa occidental de ríos cuyas aguas contienen manganeso en formas diferentes y fácilmente asimilables. Se han observado concentraciones de  $^{54}\text{Mn}$  en las vísceras del salmón del Pacífico; el arenque, las anchoas, los enfásidos, las larvas de cangrejo y el pez roquero extraídos del estómago del salmón contenían cantidades mensurables de  $^{54}\text{Mn}$ .

Considerando otro elemento cualquiera, por ejemplo el cobalto, se han descubierto tres radioisótopos del mismo en agua de mar y en una gran variedad de organismos marinos. Se trata del  $^{60}\text{Co}$  (período de semidesintegración 5,24 años), el  $^{58}\text{Co}$  (id. 71 días), y el  $^{57}\text{Co}$  (id. 272 días). El Sr. Osterberg y el Sr. Noshkin señalaron en su memoria conjunta que en el océano y en las aguas costeras son extremadamente variables las concentraciones de cobalto estable, incluso en zonas muy próximas entre sí. En algunas regiones esta variación puede ser de uno a cien. Por lo demás, el cobalto presenta «quizás la más amplia gama de factores de concentración de un solo elemento entre las diferentes especies marinas. Estos factores van, por ejemplo, desde 60 en una salpa a más de  $10^4$  en individuos de los géneros *Sagitta* y *Limacina* ... Son muchos, pues, los aspectos que influyen en la difusión del cobalto y en la capacidad de los organismos para concentrarlo, en el medio marino».

Estos autores, al igual que otros, afirmaron que «a juzgar por la mayor parte de los datos disponibles, no es posible establecer con fundamento conclusiones generales sobre las vías de absorción y acumulación de elementos radiactivos ...». A continuación, los autores señalaron que se deben considerar también las concentraciones de elementos estables, en los estudios como el reseñado, «dado que sirven de orientación para conocer la distribución de equilibrio de cualquier radioisótopo cuya evacuación pueda causar preocupación. El contenido de radionúclidos y de elementos estables en el medio, exceptuada la fauna y flora, ha de determinarse para juzgar adecuadamente las vías de acceso y los factores de acumulación de los elementos radiactivos en los organismos».

Estos estudios pueden resultar valiosos desde luego para conocer el comportamiento de otros contaminantes que se introduzcan en el medio marino.

Queda mucho por hacer. En el momento presente sólo cabe repetir, como recalcó el Director General en su declaración ante la Asamblea General, que no existe ninguna prueba científica de que los desechos nucleares evacuados hasta ahora en el mar hayan ocasionado perjuicios al hombre, ni en los sitios en los que tiene lugar la evacuación ni en el mar en su conjunto. Los desechos procedentes de las instalaciones nucleares son objeto de control y se toman muestras a intervalos regulares con objeto de que no se produzca un peligro inmediato o a largo plazo para la salud, lo mismo que se hace todo lo posible, para garantizar la seguridad de las propias instalaciones nucleares.