

Investigación radioecológica del Mar Negro: Informe de Rumania

Especialistas en ciencias del mar de Rumania participan en diversos proyectos nacionales e internacionales de vigilancia del medio marino

por Alexandru
Bologa

El Mar Negro, una cuenca semicerrada y sin mareas que está bordeada por seis países, se considera un "unicum hydrobiologicum" debido a sus peculiaridades físicas, químicas y biológicas. A diferencia de cualquier otro mar, el Mar Negro se mantiene permanentemente anóxico, o sea, con deficiencia de oxígeno, por debajo de los 150 a 200 metros de profundidad.

Los niveles de radiactividad del Mar Negro han sido objeto de rigurosas investigaciones en los países ribereños y entre organizaciones que han participado en diversos cruceros oceanográficos internacionales. Tras el accidente ocurrido en Chernobil en 1986, en Rumania, al igual que en varios otros países, aumentó el interés por las investigaciones radioecológicas del Mar Negro. Se han realizado estudios sobre la radiactividad de los compuestos abióticos y bióticos, así como experimentos sobre la biocinética de los radionucleidos en el medio marino.

Esta labor ha revestido particular importancia en Rumania. La necesidad de vigilar los niveles de radiactividad obedece fundamentalmente a las precipitaciones radiactivas permanentes, la presencia del río Danubio y las perspectivas de empleo de la energía nuclear para generar electricidad. El Danubio es el principal depósito de desechos radiactivos procedentes de siete países ribereños, que van a parar a sus aguas antes de que éstas desemboquen en el Mar Negro; este importante caudal de aguas fluviales (el 80% de toda el agua dulce que desemboca en ese Mar) podría contribuir también a la radiocontaminación del ecosistema marino. El uso de la energía nuclear en el futuro, una vez terminada la central

nuclear de Cernavoda en Rumania, será otra fuente de desechos radiactivos que podría repercutir sobre el medio ambiente, pese a todas las garantías ofrecidas en contrario.

En el presente artículo se destacan las investigaciones sobre el medio marino realizadas por Rumania en el Mar Negro y la participación del país en proyectos regionales e internacionales conexos.

Actividades de investigación a nivel nacional

Desde 1962 se han realizado esporádicamente en diversos laboratorios estudios de radiactividad con algunos componentes ambientales del sector rumano del Mar Negro. A partir de 1978, el Instituto de Investigaciones Marinas de Rumania (IIMR) comenzó a estudiar sistemáticamente la radiactividad marina empleando una red de estaciones permanentes ubicadas entre las desembocaduras del Danubio, en el extremo meridional del litoral rumano y, en ocasiones, en alta mar a una distancia de hasta 90 millas náuticas. Hasta 1983 el Instituto trabajó con el Laboratorio de Radiobiología del Hospital Fundeni y, posteriormente, en estrecha colaboración con el Laboratorio de Investigaciones de Radiactividad Ambiental del Instituto de Meteorología e Hidrología. El programa de vigilancia ha permitido obtener una base de datos bastante amplia que abarca más de 10 años.

La labor de vigilancia obedece a diversas razones. Uno de los objetivos es definir los niveles de radiactividad en el medio marino como elemento de referencia antes de que la nueva central nuclear comience a funcionar. Otro objetivo es determinar los bioindicadores que se emplearán para estudiar la radiocontaminación del ecosistema marino y determinar, a título experimental, los niveles de acumulación que podrían alcanzar los radionucleidos críticos

El Sr. Bologa es biólogo y Subdirector Científico del Instituto de Investigaciones Marinas de Rumania, B-dul Mamaia, Nr. 300, Constantza 3, Rumania RO-8700.

en la biota marina y en los sistemas biológicos, y que influirían directa o indirectamente en el medio ambiente y en la salud humana.

Entre las principales actividades de investigación cabe mencionar la terminación de la base de datos sobre los niveles de radiactividad marina. Los datos se emplearán en un estudio sistemático de los coeficientes de distribución de los sedimentos marinos y el agua de mar, y de los factores de concentración de las especies locales pertinentes. También se están evaluando las dosis individuales y colectivas, externas e internas, procedentes de la radiactividad marina y recibidas mediante la inmersión en el agua de mar, el consumo de alimentos o ambas cosas.

Se ha venido recogiendo de modo sistemático, mensual, trimestral y semestralmente, muestras de sedimentos, agua de mar y biota (macrofitos, moluscos y peces bentónicos y pelágicos). En el caso de las muestras de agua de mar también se han medido algunos parámetros físico-químicos como la temperatura, la salinidad, el pH y la concentración de O₂. Este trabajo ha permitido a los investigadores determinar la actividad beta bruta; la radiactividad gamma de los sedimentos, el agua de mar y la biota; los coeficientes de distribución de algunos radionucleidos entre el agua de mar y los sedimentos; y los factores de concentración en la biota marina.

Los estudios revelaron elevados factores de concentración de radionucleidos de las series de uranio-radio y torio en algunas algas. También se observaron concentraciones de productos de fisión (originadas por anteriores ensayos nucleares en la atmósfera y por la contaminación ambiental tras el accidente de Chernobil) en diferentes componentes marinos vivos y no vivos.

Dada su importancia, se prestó especial atención al cesio 134 y al cesio 137, elementos para los que las organizaciones internacionales establecieron límites máximos permisibles en los productos alimenticios tras el accidente de Chernobil de 1986. Por consiguiente, los estudios rumanos se concentraron particularmente en calcular las concentraciones de cesio 137 en los sedimentos y el agua de mar en el sector predanúbico del Mar Negro.

Asimismo, se estimaron los factores de concentración ambiental del cesio 137 en diferentes biotas del Mar Negro. En el sector rumano, los valores máximos de cesio 137 en el agua de mar y en los peces se observaron en 1987, en macrofitos y moluscos en 1988, y en sedimentos en 1990 y 1991.

Los valores de razón isotópica del cesio 137 y el cesio 134 en los sedimentos y el agua de mar demostraron que el accidente de Chernobil fue una fuente de contaminación radiactiva a lo largo de la costa rumana. Además, en ese sector el contenido de radionucleidos gamma artificiales disminuyó continuamente en todos los componentes (sedimentos, agua de mar y biota) en comparación con 1986. Esta disminución fue más gradual durante 1990-1991 que en el año anterior. La disminución relativamente lenta de las concentraciones de cesio 137 en los sedimentos en comparación con el agua de mar confirmó la capacidad de los sedimentos para concentrar radionucleidos.

La concentración más alta de cesio 134 y cesio 137 observada en la biota marina comestible (peces y moluscos) de este sector fue inferior al nivel

máximo permisible en los alimentos establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en 1987 y años siguientes.

Del análisis de los datos que se siguen registrando sobre la radiactividad gamma en el sector marino rumano se desprende que es necesario seguir estudiando y vigilando los radionucleidos críticos en el Mar Negro, labor que ayudará a comprender el ciclo biogeoquímico de esos elementos y su importancia radiológica para la salud humana.

A título experimental, se derivaron los factores de concentración del hierro 54, el cobalto 60, el zinc 65, el estroncio 85 y el estroncio 89, el yodo 131 y/o el cesio 134 en relación con la biota del ecosistema del litoral rumano del Mar Negro. Esta biota proporcionó bioindicadores potenciales de contaminación marina ocasionada por uno o varios radionucleidos, a saber, la *Enteromorpha linza* para el hierro 59 y el zinc 65; la *Cystoseira barbata* para el estroncio 89 y el yodo 131; y la *Mytilus galloprovincialis* y la *Mya arenaria* para el hierro 59 y el zinc 65. En las tres especies de bivalvos se observan típicamente factores bajos de concentración de la contaminación por cobalto 60.

Participación internacional

Pese a las enormes dificultades que ha tenido Rumania para mantener contactos internacionales, en especial durante el pasado decenio, el IIMR ha conservado estrechos vínculos con el OIEA en esferas de las ciencias marinas. Entre 1987 y 1992, conforme a un contrato de investigación del OIEA, el Instituto trabajó en la vigilancia de la radiactividad del agua de mar, los sedimentos y la biota en muestras tomadas en el sector rumano del Mar Negro, utilizando la espectrometría gamma. Este contrato permitió la difusión internacional de los resultados de las investigaciones sobre la concentración de algunos radionucleidos naturales y artificiales en componentes abióticos (sedimentos y agua de mar) y bióticos (algas, moluscos y peces) del sector occidental del Mar Negro.

En todas las muestras recogidas, desde 1987 hasta 1992 se mantuvo la presencia de cesio 137 y, en la mayoría de ellas, de cesio 134, lo que permitió,

Concentraciones de cesio 137 en muestras ambientales tomadas en el sector rumano del Mar Negro

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Sedimento emergido	18,9	11,5	15,5	13,3	21,5	10,7
Sedimento sumergido	247,0	25,2	-	55,0	24,2	-
Agua de mar	0,13	0,10	0,09	0,07	0,08	0,06
Macrofitos	4,6	7,1	5,2	3,4	1,9	1,4
Moluscos	3,2	3,3	2,8	1,3	1,5	1,2
Peces	11,0	4,3	5,1	4,0	3,9	3,5

Notas: Los valores de los sedimentos están expresados en bequerelios por kilogramo, en estado seco; los valores del agua de mar, en bequerelios por litro; y los valores de los macrofitos, moluscos y peces, en bequerelios por kilogramo de peso al momento de la captura.

por ejemplo, conocer los cambios temporales en las concentraciones de cesio 137. (Véase el cuadro.)

Algunos resultados de este trabajo también coadyuvaron a que Rumania participara en un programa coordinado de investigación del Laboratorio del OIEA para el Medio Ambiente Marino (IAEA-MEL), ubicado en Mónaco. Este programa se concentró en las fuentes de radiactividad presentes en el medio marino y en su relativa contribución a la evolución general de la dosis ocasionada por la radiactividad marina. Se emplearon en el programa los datos recopilados por Rumania en su labor de vigilancia de las concentraciones anuales de radionucleidos emisores de rayos gamma en el agua de mar y en la biota marina comestible, para evaluar la dosis individual y colectiva, externa e interna, provocada por la inmersión en el agua de mar y/o el consumo de pescado en el Mar Negro. En 1986 se obtuvieron dosis externas totales no mayores de 2,5 microsievert por año (cuerpo entero) y de 93,6 microsievert por año (piel) por inmersión en el agua de mar (durante 100 horas). En 1987 y 1988, los valores correspondientes fueron inferiores en un orden de magnitud. Las dosis internas se estimaron por métodos directos e indirectos; todas las dosis internas fueron inferiores a los límites recomendados por el OIEA.

Rumania también está participando en varios programas regionales e internacionales, como por ejemplo, el Inventario Mundial de Radiactividad en el Mar Mediterráneo (GIRMED) de la Comisión Internacional para la Exploración Científica del Mar Mediterráneo (ICSEM). Este Inventario se inició en 1988 e incluye investigaciones sobre el Mar Negro. Además, Rumania está trabajando conjuntamente con el Programa de Cooperación en Ciencias Marinas para el Mar Negro (CoMSBlack), creado en 1991 como organización no gubernamental. Como todos los países ribereños del Mar Negro tienen un programa nacional de cierta magnitud, uno de los objetivos fundamentales del CoMSBlack es coordinar estos proyectos, según se requiera, a fin de aprovechar al máximo los limitados recursos y establecer normas comunes para la investigación. Desde esta perspectiva regional, el CoMSBlack podrá diseñar dispositivos de vigilancia más eficaces con la participación de todos los países que bordean el Mar Negro sin preocuparse de restricciones en cuanto a las fronteras marítimas.

En el marco de este programa, en agosto de 1992 especialistas rumanos en ciencias del mar del IIMR participaron en un crucero de investigaciones a bordo del buque *Professor Vodyanitsky*. El Instituto de Biología de los Mares del Sur, de Sebastopol, Ucrania; el Instituto Oceanográfico Woods Hole, de los Estados Unidos; y el Organismo para la Protección del Medio Ambiente, de los Estados Unidos, organizaron el crucero por el sector noroccidental del Mar Negro, cuyo principal objetivo fue realizar estudios oceanográficos y radioecológicos en las aguas noroccidentales del Mar Negro cerca de las desembocaduras del Dniéper y el Danubio. Los investigadores analizaron las escurrientías de estos ríos, la migración vertical de los radionucleidos y la acumulación de radionucleidos de período largo (fundamentalmente el estroncio 90 y el cesio 137) en los sedimentos y la biota. Se prestó especial atención

a los ejercicios de intercalibración entre los laboratorios participantes en cuanto a las mediciones de estos radionucleidos en las muestras de sedimentos y de agua. También se proporcionó asistencia técnica y capacitación.

Técnicas de trazadores en los estudios del Mar Negro

El IIMR también está trabajando con el IAEA-MEL en un programa de investigaciones sobre la aplicación de técnicas de trazadores en el estudio de los procesos y la contaminación en el Mar Negro. El objetivo científico del programa es lograr una mayor comprensión general de las modalidades de circulación en el Mar Negro, y de los diversos procesos físicos, químicos y biológicos que influyen en el transporte y destino de los contaminantes. También se investigará la forma en que pueden emplearse las mediciones de isótopos ambientales para evaluar las fuentes, las tendencias y los efectos de la contaminación marina en el medio ambiente del Mar Negro.

Las técnicas nucleares ofrecen un método excepcional para estudiar la circulación física de las masas de agua, brindar información sobre la dinámica del transporte y vigilar el cambio ambiental. Se están incorporando a esta labor diversos trazadores radiactivos con diferentes períodos de semidesintegración, reactividad química y funciones de fuente. Se medirán varios tipos diferentes de trazadores químicos, según se disponga de la instrumentación y los conocimientos idóneos. Ejemplos típicos de trazadores químicos que podrían emplearse en el Mar Negro son los radionucleidos derivados de Chernobil, los radionucleidos de origen natural de las series de desintegración del torio y el uranio, los isótopos estables de carbono, hidrógeno y oxígeno, los análogos químicos de elementos transuránicos (por ejemplo, elementos de tierras raras) y otros trazadores químicos nuevos. Los datos obtenidos proporcionarán un marco cronológico para evaluar y predecir el efecto de la contaminación marina en el Mar Negro y elaborar modelos al respecto, por lo que sentarán las bases para mejorar la ordenación ambiental a nivel regional.

Esos resultados también podrían emplearse en el marco del programa internacional previsto sobre Ordenación y Protección del Medio Ambiente del Mar Negro. El programa cuenta con el auspicio del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, establecido en 1992 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial durante un simposio celebrado en Constantza, Rumania. Su objetivo es respaldar análisis y actividades relacionados con la ordenación integral de la zona costera, y en ese contexto prestar una atención directa a la conservación de la naturaleza, la protección de la salud humana, la agricultura, la pesca y el turismo.

Para Rumania y otros países ribereños de la región, el proyecto constituirá una importante contribución a las investigaciones marinas del Mar Negro.