

La fosa atlántica

Evaluación del estado de los residuos radiactivos en el océano

Entre los años cincuenta y noventa del siglo XX, varios países europeos depositaron en torno a doscientos mil bidones de residuos nucleares en la fosa atlántica, a unos 750 km de la costa gallega. En la actualidad, entidades de varios países llevan a cabo una campaña científica de investigación de localización, para el análisis de su estado y el estudio del comportamiento de los radionúclidos en el ecosistema del océano profundo.

■ Texto: Isabel Robles

La industria nuclear ha generado residuos desde sus inicios, que es necesario regular y gestionar para que no supongan un peligro para la población o el medioambiente. Ante esta necesidad, diversos lugares, como minas abandonadas o el océano profundo, fueron considerados como los más apropiados para depositar material radiactivo.

A partir de la década iniciada en 1940, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Bélgica, Italia, Suiza, Alemania y Suecia utilizaron la fosa atlántica en el Atlántico Noreste para depositar sus residuos. «Las planicies abisales, que se creían yermas, se consideraron como una posible solución. Situadas a cientos de kilómetros de la costa y a más de 4000 m de profundidad, estaban lejos del ser humano», explica

Patrick Chardon, investigador en el laboratorio de física de la Universidad Clermont Auvergne¹.

Situada en pleno océano, esta depresión, como otras del Atlántico, se caracteriza por tener una topografía relativamente uniforme, temperaturas entre 2° C y 4° C y una dinámica sedimentaria muy lenta. Además, la ausencia de actividad tectónica significativa contribuyó a que fue-

¹ Véase en: <https://lejournel.cnrs.fr/articles/atlantique-sur-la-piste-des-futs-radioactifs>

ra considerada durante décadas un entorno adecuado para verter este tipo de desechos.

Así, más de doscientos mil bidones metálicos con capacidad de hasta doscientos litros cada uno se arrojaron al mar entre 1946 y 1982. En su interior, compactados en hormigón o asfalto, se introdujeron residuos radiactivos de muy baja y media actividad, en su mayoría de vida corta.

No obstante, en 1975, la Convención para la prevención de la contaminación marina por el vertido de residuos y otras sustancias –o Convención de Londres– prohibió los vertidos de alto nivel radiactivo y consideró necesario obtener una autorización especial para el resto. Este enfoque fue revisado en 1983, cuando se acordó entre los Estados miembros suspender cualquier tipo de vertido al mar a la espera de contar con mayores evidencias científicas sobre los posibles daños que causaban a los ecosistemas.

En los años sucesivos, la comunidad científica, preocupada por los procesos de transferencia de radionu-

cleidos antropogénicos a distintos organismos marinos –que potencialmente podían acabar afectando también al ser humano– comenzó a estudiar sus efectos. Por ello, en junio de 1984, IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) organizó la campaña oceanográfica EPICEA, que tomó fotografías del fondo marino de la fosa atlántica gracias al sumergible no tripulado Épaulard. En ellas aparecían los bidones arrojados que, aunque tenían algunas deformaciones y signos localizados de corrosión, se encontraban globalmente en buenas condiciones. También se apreció actividad biológica significativa en los sedimentos circundantes, lo que demostró la existencia de un ecosistema a esa profundidad y llevó a que, en 1993 se prohibiera totalmente la descarga de bidones con desechos radiactivos en el medio marino. En 1998, entró en vigor el convenio OSPAR (Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste), por el cual los países firmantes, entre ellos Es-

paña, se comprometen a prevenir y combatir la contaminación marina en esta zona mediante la reducción de las descargas de sustancias peligrosas.

Sin embargo, para entonces, el Reino Unido ya había depositado en la fosa atlántica 140 000 bidones; Bélgica, 55 000, y Francia, 46 000, lo que suponía una actividad radiactiva de en torno a 36 TBq. Con el paso del tiempo, algunos elementos ya han decaído, como el cesio 134, y otros están en proceso, por lo que ha disminuido la actividad radiactiva total en la zona.

Tras la campaña de IFREMER en 1984, no ha habido seguimiento del estado de los bidones –aunque sí del nivel de radiactividad ambiental en la costa y el mar territorial– ni de su localización exacta por parte de los países europeos hasta 2025, cuando un equipo mayoritariamente francés (con la colaboración de diferentes organismos e instituciones internacionales, como la Universidad de Girona, que se encargará de analizar parte de las muestras recogidas) cartografió la zona.



Robot Ulyx utilizado por la misión NODSSUM para cartografiar la fosa atlántica

NODSSUM: misión en la fosa atlántica

Entre junio y julio, el buque oceanográfico L'Atalante partió de Brest y surcó las aguas del Atlántico en la primera fase del proyecto NODSSUM (Nuclear Ocean Dump Site Survey Monitoring), liderado por Patrick Chardon (Laboratorio de Física de la Universidad de Clermont-Ferrand) y Javier Escartin (Laboratorio de geología del ENS). Esta misión, llevada a cabo por el CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) en colaboración con un equipo de

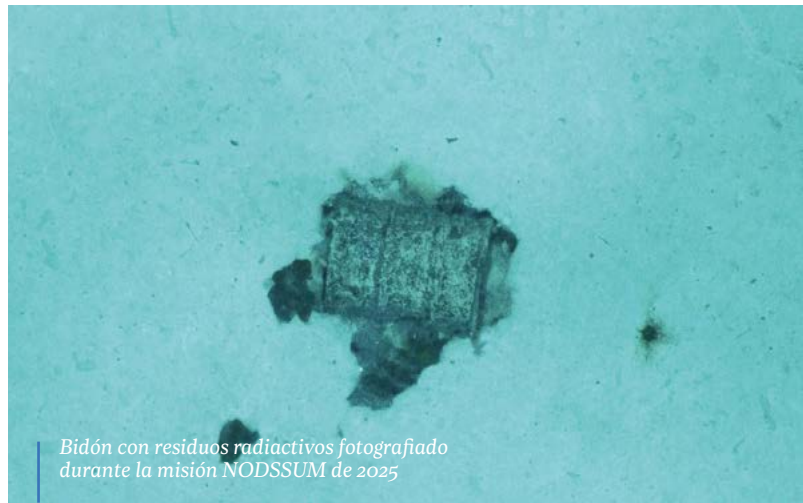
IFREMER, tiene como objetivo principal identificar y cartografiar la distribución de los bido- nes, así como evaluar su estado. Del mismo modo, pretende medir la presencia de radionuclei- dos en el agua, los sedimentos y los organismos de la zona, estu- diar su interacción con el ecosis- tema y caracterizar su transporte en el océano profundo.

Para ello, contaron con UlyX, ro- bot autónomo de la flota oceanog- ráfica francesa con capacidad para sumergirse hasta los 6000 m y que está dotado de un sonar de muy alta resolución y un batíme-

tro que permite crear un plano en 3D del relieve del fondo marino. Además, una vez localizaron al- gunos de los barriles, se tomaron muestras de forma remota tanto del agua como de los sedimentos hallados a su alrededor e, incluso, se capturaron peces abisales con el fin de estudiar los efectos que pudiese tener la radiactividad en su organismo.

El equipo contó con un dispositi- vo de radioprotección a bordo para evitar riesgos radiológicos una vez recibían las muestras, tanto a la hora de analizarlas como de almacenarlas, lo que in-

Residuos nucleares en el mar



Bidón con residuos radiactivos fotografiado durante la misión NODSSUM de 2025

Existen diferentes tipos de materiales radiactivos que, a lo largo de los años, han llegado al mar. Según el OIEA, se trata fundamentalmente de vertidos sólidos –compactados con hormigón e introducidos en bidones metálicos, aunque también componentes de instalaciones nucleares–, depositados tanto de manera intencional como a causa de diversos accidentes.

En conjunto, se estima que existen $8,5 \times 10^4$ TBq de desechos radiactivos en más de ochenta puntos submarinos del planeta. El 53 % de la radiación producida por estos desechos se encuentra en el océano Atlántico, donde destacan los bidones depositados frente al continente europeo, pero también los existentes frente a la costa norteamericana. A ellos se suman los recipientes del reactor de submarinos como el Seawolf, depositado en el lecho marino en 1959 por Estados Unidos.

Por su parte, el Ártico posee el 45 % del total de la actividad radiactiva de estos residuos, especialmente debido a los reactores nucleares navales que depositó la URSS entre 1965 y 1988, seis de los cuales todavía contenían combustible gastado. Asimismo, también se vertieron más de seis mil contenedores.

Por último, la URSS depositó reactores y otros desechos radiactivos en el Pacífico, en las proximidades de Japón, y Estados Unidos vertió bidones en las proximidades de Hawaii y de la costa oeste norteamericana, cuya actividad corresponde al 2 % restante.

Como señala el OIEA, «en el Atlántico Norte, el tritio representaba alrededor de un tercio de la actividad radiactiva. Junto con otros emisores beta y beta-gamma –como ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs o ^{55}Fe –, constituía más del 98 % de la actividad total de los residuos. Además, estos desechos contenían también pequeñas cantidades (menos del 2 %) de radionucleidos emisores alfa, mayoritariamente isótopos de plutonio y americio». Las muestras de agua tomadas desde 1977 no han encontrado radiactividad relacionada con los vertidos de desechos, aunque en 1992 se detectaron concentraciones de ^{238}Pu en las zonas alrededor de los residuos, lo que indica que se han producido fugas en los contenedores. La radiación se dispersará paulatinamente en el agua circundante y, sumada al decaimiento de los isótopos, conducirá a una reducción progresiva de la concentración radiactiva en el entorno marino. ■

cluía contenedores de plomo y otros equipos de protección.

Durante el mes que duró la expedición, el sumergible autónomo recorrió la zona de descarga a 70 m del fondo, lo que ha permitido documentar más de tres mil bidones en un área de 163 km² y detectar deformaciones, corrosión y fugas en algunos de ellos, aunque los niveles de radiación medidos no difieren de los valores de fondo ambiental. Ya en tierra, durante 2026, se analizarán las muestras –más de trescientas– y el agua –5000 l– recogidas y se preparará la siguiente



PATRICK CHARDON,
INVESTIGADOR EN EL
LABORATORIO DE FÍSICA DE
LA UNIVERSIDAD CLERMONT
AUVERGNE

«Las planicies abisales, que se creían yermas, se consideraron como una posible solución. Situadas a cientos de kilómetros de la costa y a más de 4000 m de profundidad, estaban lejos del ser humano»

parte de la campaña, prevista para el verano de 2026 o 2027. En esta ocasión, el objetivo será tomar muestras tanto de las inmediaciones de los bidones como de los propios residuos y analizar su composición –pueden contener desde lodos de procesos industriales hasta componentes metálicos contaminados, resinas de intercambio iónico o material de laboratorio– y su impacto medioambiental, ya que algunos radionucleidos se fijan a los sedimentos y pueden permanecer en la fosa atlántica hasta su decaimiento, pero otros son arrastrados por las corrientes marinas. En todo caso, la misión pretende aportar datos precisos que permitan actualizar los inventarios globales, mejorar los modelos de dispersión en aguas profundas y aportar evidencias

sólidas para que autoridades nacionales y organismos como el OIEA puedan definir mejores estrategias.

España y el control de la radiactividad

En 1981, el pequeño pesquero vigués Xurelo, equipado con un radar de apenas doce millas y una velocidad media de nueve nudos, se hizo a la mar desde Ribeira para protestar contra dos navíos holandeses que se encontraban en plena descarga de bidones con residuos radiactivos en la fosa atlántica. Las fotografías recorrieron Europa y, al año siguiente, la pequeña flota que se desplazó hasta allí estaba compuesta por el Pleamar, el Arosa I y el Sirius, un buque fletado por Greenpeace. Estas acciones



El pequeño pesquero vigués Xurelo, 1981.



La tripulación del «Xurelo» observando a los buques contaminantes.



El Consejo de Seguridad Nuclear, desde su creación en 1980, controla el nivel de radiación de la costa gallega y cantábrica

llevaron al Gobierno holandés a interrumpir el vertido de residuos nucleares en el océano y la organización ecologista abrió sus puertas en España.

No obstante, no fueron los únicos preocupados por estas actividades. El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), desde su creación en 1980, controla el nivel de radiación de la costa gallega y cantábrica. Mediante estaciones de vigilancia que toman muestras del agua del mar, el CSN, en colaboración con CEDEX (Centro de Estudios y Expe-

rimentación de Obras Públicas), la Universidad de Cantabria y la Universidad de Santiago de Compostela, busca elementos como tritio, cesio, bario o cobalto, entre otros radionucleidos artificiales, en muestras de agua, sedimentos, mariscos y peces de puntos del litoral que van desde el cabo Silleiro, en Pontevedra, hasta el cabo de Ajo, en Cantabria, pasando por el cabo Villano y el cabo Ortegal.

Cada cuatrimestre, SASEMAR (Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima) toma mues-

tras superficiales de diez litros de agua que se envían al CEDEX para su análisis. Del mismo modo, cada trimestre se recogen muestras de cinco litros de agua en el cabo de Ajo en recipientes sellados y refrigerados para garantizar su conservación y analizarlas en busca de actividad alfa y beta total, actividad beta residual, tritio y radionucleidos artificiales mediante espectrometría gamma. Además, se realizan análisis radiométricos específicos de ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{224}Ra , ^{226}Ra y los isótopos de plutonio ^{238}Pu y $^{239/240}\text{Pu}$.

El sistema español de vigilancia del CSN incluye controles periódicos sobre el ecosistema. Cada tres años también se toman muestras de flora y fauna del Cantábrico –algas, moluscos, peces– para verificar la exposición alimentaria de la población, se



Recibimiento a la tripulación del «Xurelo» en Ribeira.

analizan trimestralmente muestras de «dieta mixta» en Bilbao, Santander, Oviedo y A Coruña, elaboradas a partir de alimentos representativos de la dieta semanal, incluyendo productos de origen marino.

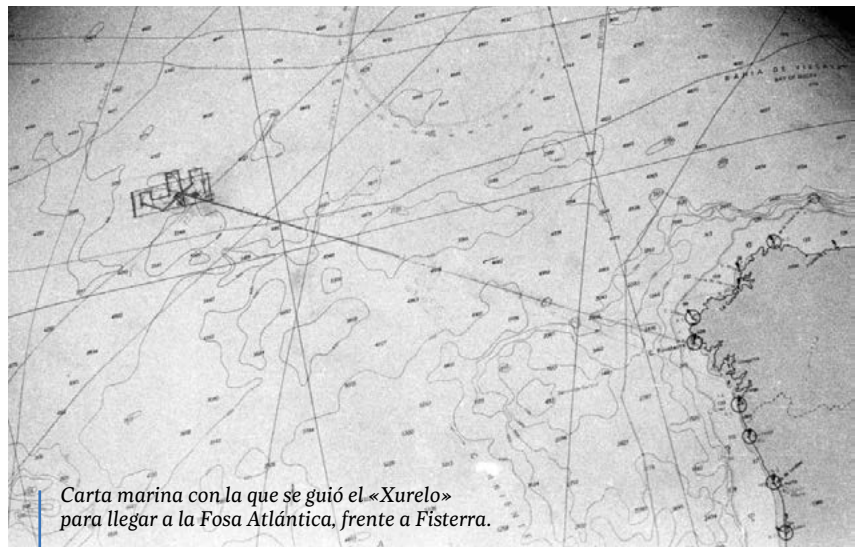
En todos los puntos, las mediciones indican que no existen niveles de radiactividad significativos y

que todos los valores son inferiores a los límites establecidos tanto por la normativa española como por la europea. En concreto, la Unión Europea, en aplicación de lo establecido en el artículo 35 del tratado EURATOM –por el que cada país miembro de la UE debe crear las instalaciones nece-

sarias para el control permanente del índice de radiactividad de la atmósfera, las aguas y el suelo–, llevó a cabo una misión de verificación durante 2021 para comprobar el funcionamiento real de las instalaciones destinadas a vigilar de forma permanente los niveles de radiactividad.



Las mediciones indican que no existen niveles de radiactividad significativos y que todos los valores son inferiores a los límites establecidos tanto por la normativa española como por la europea



Carta marina con la que se guió el «Xurelo» para llegar a la Fosa Atlántica, frente a Fisterra.



Durante la inspección, los expertos europeos examinaron sobre el terreno los sistemas que sustentan la vigilancia española: visitaron el laboratorio del CEDEX encargado de analizar las aguas costeras y continentales, revisaron los procedimientos de muestreo, las cadenas de custodia, la calibración de los equipos y la trazabilidad de los datos, y evaluaron el modo en que el CSN coordina la supervisión radiológica con otros organismos. También contrastaron la información que España remite periódicamente a la Comisión Europea.

Las conclusiones a las que llegaron indican que los controles existentes son adecuados para detectar cualquier anomalía y que las instalaciones inspeccionadas funcionan de manera eficaz para garantizar la seguridad de la población y del medioambiente.

Por su parte, el CSN, a través de su página web, pone a dis-

posición del público los datos obtenidos en cada medición. En el caso concreto de la Red de Estaciones de Muestreo (REM), los datos pueden consultarse desde 2006, si bien la base histórica disponible abarca resultados desde 1990. La página se actualiza anualmente, una vez que el CSN recibe los análisis procedentes de los diferentes organismos implicados, normalmente durante el primer trimestre del año siguiente.

Además, anualmente elabora un informe público de vigilancia de la radiactividad ambiental en el que se recopila, analiza y presenta la evolución temporal de los valores registrados. También se remite a las Cortes un resumen detallado de los resultados obtenidos en las distintas redes de vigilancia junto con las respuestas que los diferentes grupos parlamentarios plantean al CSN como responsable de la supervisión de la calidad radiológica medioambiental. ■

Bibliografía recomendada

Cailloce, Laura (2025). Atlantique: sur la piste des fûts radioactifs. *CNRS Le Journal*. Disponible en: <https://lejournal.cnrs.fr/articles/atlantique-sur-la-piste-des-futs-radioactifs>

CNRS (2025). Déchets radioactifs: une mission scientifique part cartographier les fûts immergés de l'Atlantique. *CNRS*. Disponible en: <https://www.cnrs.fr/fr/presse/dechets-radioactifs-une-mission-scientifique-part-cartographier-les-futs-immerses-de>

CNRS (2025). NODSSUM. Disponible en: <https://miti.cnrs.fr/radiocean/>

Comisión Europea (2021). *Verification under the terms of Article 35 of the Euratom Treaty. Technical Report. SPAIN. Galicia and Cantabrian coastal marine environment*. Disponible en: 808d5e51-8866-15e2-d743-70c91ae3d3eb

CSN (2025). El CSN informa de la calidad radiológica de las aguas costeras españolas. *CSN*. Disponible en: <https://www.csn.es/-/el-csn-informa-de-la-calidad-radiologica-de-las-aguas-costeras-espanolas>

IAEA (2015). *Inventory of Radioactive Material Resulting from Historical Dumping, Accidents and Losses at Sea*. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1776_web.pdf.