

1 2 p

Una revisión de la crisis creada por el accidente del *Prestige* en la costa del País Vasco: lecciones para el futuro



azti

Manuel González Adolfo Uriarte Andrea del Campo Nerea Egía Victoriano Valencia Eduardo Alzola Rogelio Pozo González, M., A. Uriarte, A. del Campo, N. Egia, V. Valencia, E. Alzola y R. Pozo, 2009. Una revisión de la crisis creada por el accidente del Prestige en la costa del País Vasco: lecciones para el futuro. 'Revista de Investigación Marina' . 12: 43 pp.

La serie 'Revista de Investigación Marina', editada por la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

**Editor:** Dr. Ángel Borja

Adjunta al Editor: Dña. Mercedes Fernández Monge e Irantzu Zubiaur (coordinación de las

publicaciones)

Comité Editorial: Dr. Lorenzo Motos

> Dr. Adolfo Uriarte Dr. Michael Collins Dr. Javier Franco D. Julien Mader Dña. Marina Santurtun D. Victoriano Valencia Dr. Xabier Irigoien

Dra. Arantza Murillas

La 'Revista de Investigación Marina' de Tecnalia edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico aborja@azti.es. Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.ª Junio 2009 © AZTI-Tecnalia ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: www.azti.es

Edita: Unidad de Investigación Marina de Tecnalia

Herrera Kaia, Portualdea

20010 Pasaia

Foto portada: © Pedro J. Pacheco

© AZTI-Tecnalia 2009. Distribución gratuita en formato PDF a través de la web: www.azti.es/RIM

# Una revisión de la crisis creada por el accidente del *Prestige* en la costa del País Vasco: lecciones para el futuro

Manuel González\*a, Adolfo Uriartea, Andrea del Campoa, Nerea Egíaa, Victoriano Valenciaa, Eduardo Alzolab y Rogelio Pozoa

### Resumen

Los vertidos de fuel derivados del accidente del Prestige han sido el evento de contaminación marina más importante que ha sufrido la costa cantábrica. Éste puede considerarse también entre los más notables en la historia de los accidentes petroleros en el mundo, tanto por las cantidades vertidas como por la extensión afectada (desde Galicia hasta el Canal de la Mancha). A pesar de la distancia entre la zona del vertido, al oeste de Galicia, la mayor parte de la cornisa cantábrica se vio afectada en la primera fase de la crisis en, aproximadamente, un mes (desde el 13 de noviembre hasta finales de diciembre de 2002), en que la contaminación llegó a la costa vasca. Durante esta primera fase, una parte importante del vertido recorrió más de 600 km desde la zona del naufragio. La siguiente fase de la crisis, la más significativa en cuanto a arribadas de fuel al País Vasco y a la fachada sur-atlántica francesa, se produjo principalmente en los meses de febrero y marzo de 2003. En este período, el dispositivo de lucha contra la contaminación organizado por el Gobierno Vasco y formado por buques pesqueros, recogió en el mar más de 21.000 toneladas de residuos de fuel, frente a algo más de 3.200 toneladas de residuos contaminados en la costa. Posteriormente, durante el verano de 2003 se produjo un recrudecimiento de la crisis, no tanto por las cantidades de fuel arribadas a la costa, si no por su impacto sobre la ocupación estival de las playas. El éxito del operativo de lucha contra la contaminación, que logró la mejor proporción entre recogidas en mar frente a recogida en la costa, jamás logrado en casos de vertidos de este tipo, se debió en buena parte a un adecuado seguimiento de la deriva del vertido. Consecuentemente, esta respuesta resultó en un menor impacto del fuel en la costa vasca, el menor de todas las comunidades costeras del golfo de Vizcaya.

# Abstract

The most serious event of marine pollution in the Cantabrian coast has been the oil spill occurred when the tanker *Prestige* sunk. This can also be considered as one of the world's worst oil spills in history, because of both; the amount of heavy fuel spilled and the extent of the affected area (from the Norwest of Spain to the English Chanel). During the first phase of the Prestige crisis (from November the 13th to the end of December 2002, when the pollution reached the Basque coast) a major part of the Cantabrian coast was affected, despite the large distance to the spillage point (to the West of the Galician coast). During this first phase of the crisis an important amount of the spill travelled more than 600 km from the wreckage point. The next phase of the crisis, the most significant in terms of amount of fuel residue reaching the Basque and South Atlantic French coasts, extended over February and March 2003. In this period, the oil spill cleanup operations at sea were organized by the Basque Government and carried out by the fishing fleet. These vessels recovered more than 21,000 tonnes of fuel residue from the sea, in contrast with approximately 3,200 tonnes of residue cleaned up along the coastline. Later, during the summer of 2003 the crisis continued, notdue to the amount of residue reaching the coast but related to its impact on the summer beach activity. The adequate tracking of the spill contributed to the success of the response in the Basque Country. Therefore, the best proportion of 'wastes recovered at sea against recovered at coast', ever reported before in a spill event of this nature, could be achieved. Consequently, this response resulted in a minor impact of the oil spill on the Basque coast, the lowest of all the coasts around the Bay of Biscay.

a\* AZTI-Tecnalia, Itsas Ikerketa Saila - Unidad de Investigación Marina. Herrera Kaia s/n. 20110 Pasaia. Tel: +34 943004800: Fax: +34 946572555; Correo electrónico:mgonzalez@azti.es

<sup>&</sup>lt;sup>b</sup> Limia&Martin, Muelle Tomás Olabarri 3, 2ª planta, 48930 - Las Arenas

<sup>Getxo, Bizkaia</sup> 

### Introducción

Cuando se habla del naufragio y de la crisis desencadenada por el hundimiento del Prestige (con 77.000 t de fuel en sus depósitos) resulta inevitable recordar otros accidentes de petroleros con gran repercusión ambiental y mediática como el Amoco Cadiz que derramó 220.000 t en 1989 o el Exxon Valdez que vertió 37.000 t en 1989, así como otros más próximos en el espacio y en el tiempo como el Mar Egeo que en 1992 produjo un derrame de 40.000 t, o el Erika que en 1999 en el golfo de Vizcaya vertió 30.000 t.

En las proximidades de la península Ibérica se han producido desde 1950, al menos, 53 episodios con vertidos accidentales al mar de productos de distinto tipo: 32 en España y 21 en Portugal. Las cantidades vertidas oscilan entre unas cuantas toneladas a más de 100.000 (Figura 1). Además de los productos petroleros, que constituyen la mayor parte de los recientes accidentes y vertidos contaminantes, podemos encontrar también productos químicos, minerales, productos alimenticios y radiactivos.



Figura 1. Inventario de vertidos accidentales al mar en las costas de la península Ibérica, (www.le-cedre.fr).

De todos modos, en comparación con otros accidentes próximos y recientes, el caso del Prestige presenta bastantes especificidades. Por citar algunos otros accidentes relevantes, el Mar Egeo se hundió en las proximidades de A Coruña, tras sufrir un importante incendio; el Erika se hundió frente a las costas de Bretaña a una profundidad inferior a 200 metros. El Prestige, en cambio, tuvo una historia de naufragio muy diferente y acabó hundiéndose en mar abierto, quedando los dos fragmentos del barco en profundidades prácticamente abisales, a más de 3.000 metros.

Las inspecciones realizadas al pecio, para poder analizar las posibles causas del naufragio, establecieron que el daño inicial se produjo por la torsión, total o parcial, del paramento transversal lateral del barco debido a distintos factores. Aún así, a día de hoy, aún no se conoce la causa determinante de este daño inicial. En este sentido, se barajan las siguientes causas:

- Una posible deficiencia, a largo plazo, en el diseño del paramento transversal del buque.
- Un daño inicial, resultado de cualquiera de estos factores: objetos flotantes, fragilidad del casco lateral, condiciones de mar muy fuerte, o una combinación de todos ellos. Más aún, tomando en cuenta que se trataba de una zona frágil, donde se habían realizado sucesivas reparaciones en los últimos años.
- El hecho de sufrir tal daño pudo acentuar la escasa efectividad de las reparaciones en un buque tan viejo y/o la dificultad de llevar a cabo extensas reparaciones de forma repetida sobre una zona sujeta a una gran corrosión. En este sentido, los tanques de carga que fueron destinados al lastre, en aplicación de la convención de Marpol, pudieron ser más susceptibles a la corrosión.
- La circunstancia de que el barco soportara grandes impactos debido a la mala mar, pudo acentuar las debilidades de un barco tan vieio.
- La tensión soportada por la estructura del barco sobrepasó los límites aceptables, dando como resultado un momento de flexión excesivo, que pudo derivar en la inundación de los tanques o depósitos.

El hecho de mantener el barco en el mar durante seis días después de sufrir el daño inicial, a pesar de las condiciones extremas desde el punto de vista estructural que presentaba, pudo ser decisivo en la rotura definitiva y hundimiento del buque Prestige y en la extensión del vertido en la costa oeste gallega y todo el golfo de Vizcaya.

La historia del naufragio del Prestige presenta una serie de diferencias respecto a otros naufragios y accidentes, desde su paso, ya con problemas, por la ruta de Fisterra el 13 de noviembre de 2002 hasta su hundimiento definitivo el 19 de noviembre (Figura 2). Posteriormente, se ha constatado que estas peculiaridades han acabado condicionando las dimensiones de la crisis y la gestión de la misma.

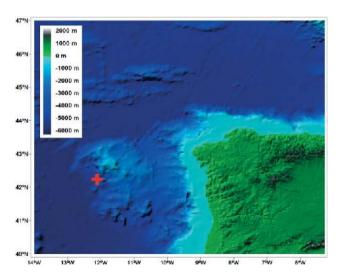


Figura 2. Lugar del hundimiento del Prestige el 19 de noviembre de 2002 al oeste de la costa de Galicia.

Por el contrario, también se dan en este caso aspectos comunes con otros naufragios; el estado de la mar reinante en la zona aparece como un factor decisivo: en la avería inicial, en la rotura parcial y total y en el hundimiento final del Prestige. Las dificultades asociadas al estado de la mar condicionaron, al menos en parte, las primeras fases de las intervenciones para atajar la contaminación producida, de forma análoga al accidente del Erika, cuya posición puede verse en la Figura 3. Debido a este accidente se han documentado importantes efectos en la distribución de aves marinas (Castege et al., 2004), sobre peces (Cilliers et al., 2006) y sobre las comunidades de sustrato rocoso (Le Hir y Hily, 2002).

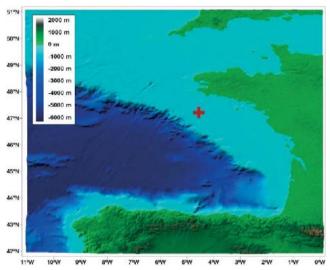


Figura 3. Lugar del hundimiento del Erika el 12 de diciembre de 1999.

Por otro lado, además del estado de la mar de los primeros días de la crisis, el régimen climático general de la transición de otoño a invierno y su influencia en la circulación de las aguas superficiales, aparece como otro factor fundamental en la distribución de la contaminación desde las costas de Galicia hasta la costa norte de Francia, a través de la práctica totalidad del golfo de Vizcaya.

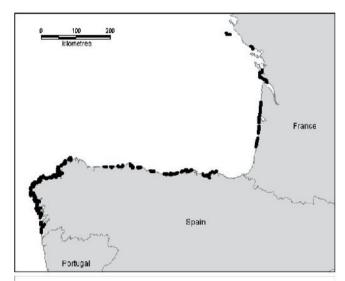
La imagen superior de la Figura 4 muestra, de manera visual y en una primera aproximación, la magnitud de las arribadas de fuel derivadas del vertido del Prestige, ya que, en comparación con el resto de comunidades, podría parecer que el País Vasco no sufrió prácticamente arribadas de fuel. No obstante, una revisión en detalle de lo ocurrido muestra que prácticamente todas las playas de la costa vasca se vieron afectadas en algún momento por los restos de fuel (imágenes central e inferior de la Figura 4). De cualquier modo atendiendo a los datos absolutos, las llegadas de fuel a la costa del País Vasco fueron considerables, aunque sí notablemente inferiores que en el resto de las áreas afectadas.

El sistema de oceanografía operacional, prácticamente improvisado, que se organizó en aquella ocasión contribuyó, desde diciembre de 2002, de modo decisivo a hacer frente a la contaminación en el mar, logrando reducir sustancialmente el impacto sobre las costas del País Vasco y de todo el sudeste del golfo de Vizcaya. En total se consiguieron recuperar más de 21.000 toneladas de residuos en el mar, frente a unas arribadas a las costas del País Vasco de, aproximadamente 3.200 t.

Existe abundante información sobre gran parte de las actividades que, instituciones, gestores, científicos y sociedad llevaron a cabo durante la crisis y postcrisis Prestige (e.g. http://www.cedre.fr/fr/ publication/cd/prestige.php).

La información sobre esta crisis se centra, en gran medida, en su fase inicial y, de modo muy particular, en el escenario de la costa gallega, en la cual sus dimensiones fueron catastróficas. Sin embargo, la información sobre las actividades que se llevaron a cabo en otras comunidades afectadas, como la del País Vasco, es escasa.

Este artículo ofrece una recapitulación de los principales acontecimientos ocurridos durante la crisis del Prestige desde la perspectiva geográfica y temporal del País Vasco, con el fin de afrontar más eficazmente eventualidades de este tipo.



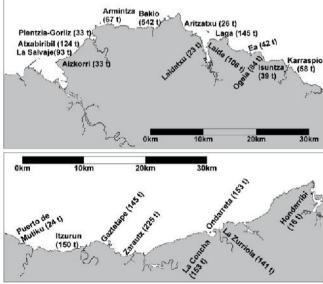


Figura 4. En la imagen superior: litoral afectado por el fuel del Prestige. Fuente: Oficina Técnica de Vertidos Marinos (www.otvm.uvigo. es). En la imagen central datos del inventario de impactos entre el 03/01/2003 y el 13/08/2003 realizado por AZTI-Tecnalia en la playas de Bizkaia y, en la imagen inferior los impactos en las playas de Gipuzkoa.

#### 1. Fases del vertido

El vertido del Prestige puede considerarse en cuatro episodios:

- El primer vertido se produjo entre el 13 y el 19 de noviembre de 2002 (es decir, desde el accidente hasta el hundimiento) impactando de forma casi inmediata en Galicia y, en menor medida, en el Cantábrico en las semanas siguientes. El vertido fue de tales dimensiones que quedó claramente reflejado en las imágenes de satélite (Figura 5).
- El segundo gran vertido se produjo en el momento del hundimiento, formando lo que se denominó en aquel momento la "gran mancha", que inicialmente impactó en parte en Galicia y, en las dos últimas semanas de diciembre de 2002, derivó entrando en el golfo de Vizcaya, retirándose una gran parte en el mar (unas 25.000 t) durante los meses de enero y febrero del 2003.
- El tercer episodio se produjo a través de las grietas del pecio desde el momento del hundimiento hasta el mes de febrero, cuando el batiscafo francés Nautile selló la mayor parte de las mismas, de tal manera que las estimaciones del caudal variaron de las 125 t.día-1 en las primeras semanas (CCA, 10/12/2002) hasta 2 t.día-1 después del cierre de las grietas (CCA, 29/01/2003). La estimación global de este episodio del vertido fue de 4.000 a 6.000 toneladas. La deriva del vertido producido en este tercer episodio tuvo como resultado el impacto de parte del fuel en Galicia y la entrada de otra parte del vertido en el golfo de Vizcaya.
- El último episodio corresponde al periodo comprendido desde febrero de 2003 hasta el verano de 2004, donde la estimación del vertido fue de 0,7 m<sup>3</sup>.día<sup>-1</sup>, tras finalizar las actuaciones de sellado de las grietas por parte del batiscafo Nautile.

# 2. Cronología

### Noviembre de 2002

Miércoles, 13 noviembre de 2002. A las 15:15 horas, el Prestige, un petrolero monocasco de 26 años cargado con 77.000 t de fuel, según las estimaciones oficiales, lanza un SOS a pocas millas al oeste de cabo Fisterra (Galicia). El Prestige permanece escorado entre 25 y 45 grados a estribor, con una vía de agua y vertiendo una cantidad indeterminada de fuel, a 28 millas al oeste del cabo Fisterra. Los helicópteros de SASEMAR rescatan a 24 de los 27 tripulantes; quedando a bordo el capitán y dos técnicos. El buque y los remolcadores encargados del intento de salvamento inician la ruta de alejamiento de las costas de Galicia.

Jueves, 14 de noviembre de 2002. Se logra el remolque, evitando el varamiento del petrolero, pero el fuel vertido desde el buque forma un rosario de manchas que se extienden a lo largo de 20 millas náuticas.

Viernes, 15 de noviembre de 2002. El buque presenta una grieta de 35 m de largo a estribor. Las observaciones aéreas sitúan las manchas más cercanas a una distancia de 13 a 28 km de la costa, al oeste del cabo Fisterra.

Sábado, 16 de noviembre de 2002. Primeras llegadas del fuel a las costas gallegas, entre A Coruña y el cabo Fisterra.

Martes, 19 noviembre de 2002. El Prestige se parte en dos en la zona de rescate de Portugal, a 133 millas de Fisterra, y a 140 millas de las islas Cíes (Figura 2 y 5); estimándose, inicialmente, que vierte durante su hundimiento, al menos, 11.000 t de fuel. En esta fecha, las declaraciones más optimistas confían en que el combustible que resta dentro de los tanques se solidifique en el fondo del mar.

La primera marea negra, producida por el vertido del buque (tras el incidente que le originó la vía de agua y durante su periplo por las aguas gallegas hasta su hundimiento), alcanza ya a más de 170 km de costa se dirige hacia las Rías Baixas por el sur y, por el norte, hacia el Golfo de Vizcaya.

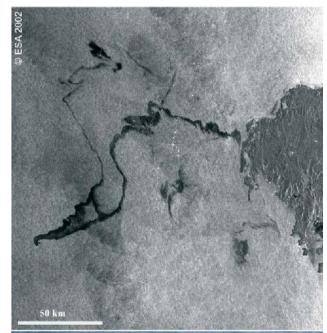




Figura 5. Imagen del satélite ENVISAT del 17 de noviembre de 2002 (imagen superior). Instante del hundimiento del Prestige (imagen inferior).

Martes, 26 noviembre de 2002. Se crea la Comisión Interdepartamental e Interinstitucional de Seguimiento de la

# MESA INTERINSTITUCIONAL (Dpto. Vicepresidencia) SOS DEIAK Dpto. Ordenación del Territorio y Medio Aviones: BKS, Cuco 63, Cuco 26 **Ambiente** Helicópteros: Ertzaintza Doto. Comercio Voluntarios Doto. Interior Cofradías de Pescadores Dpto. Pesca Llamadas anónimas Dpto. Sanidad Vigilancia y limpieza: Argi, Garbi, Dpto. Transporte y Obras Públicas Itsaszain, Zumaia III, etc. Diputación Foral de Bizkaia Diputación Foral de Gipuzkoa Ayto, de Donostia-San Sebastián AZTI: ASESOR CIENTÍFICO DE LA MESA INTERINSTITUCIONAL

Figura 6. Estructura de la Mesa Interinstitucional de seguimiento de la crisis del Prestige en el País Vasco.

crisis del *Prestige* en el País Vasco (Figura 6) con presencia de 7 departamentos del Gobierno Vasco, las diputaciones forales de Bizkaia y Gipuzkoa y el Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián.

#### Diciembre de 2002

Jueves, 5 de diciembre de 2002. Restos del fuel vertido, muy probablemente, antes del hundimiento del buque llegan a playas de Bizkaia (Aizkorri en Getxo, La Salvaje y Atxabiribil en Sopelana, La Arena en Muskiz y la playa de Bakio). Se comprueba la existencia de una "gran mancha" a cien millas al noroeste de la costa vasca, frente a Asturias y Cantabria. El batiscafo Nautile informa que hay escapes importantes de fuel en los restos del Prestige. Se confirma que el fuel no se solidifica en los tanques del petrolero hundido.

Viernes, 6 de diciembre de 2002. En diversos vuelos del helicóptero del 112 del Principado de Asturias se observan numerosas manchas de fuel próximas a la costa asturiana (Figura 7 y Figura 8). Con la colaboración de la Mesa de Crisis de Asturias, AZTI-Tecnalia, coloca dos boyas de deriva frente a Llanes sobre estas manchas para su seguimiento, poniendo a disposición pública la información mediante su página Web (Figura 36). Hasta 10.000 voluntarios trabajan en Galicia aprovechando los días festivos del 6 al 8 de diciembre.

Sábado, 7 de diciembre de 2002. Se inician las labores de lucha contra la contaminación en el mar por parte de pesqueros vascos y cántabros (28 barcos inicialmente y más de 150 en los meses de enero y febrero de 2003).

Miércoles, 11 de diciembre de 2002. Se informa que el petrolero pierde 125 toneladas de fuel al día: 80 desde la zona de proa y 45 desde popa. El Nautile detecta 14 grietas en el casco del buque. Las manchas principales que amenazan a las costas españolas son las que permanecen a unas 50 millas de cabo Silleiro, en Galicia, y otra gran agrupación situada entre Gijón y Santander, aproximadamente, a la altura de Comillas.



Figura 7. Arribada de residuos de fuel a la playa de Llanes (Asturias). Primera semana de diciembre de 2002.



Figura 8. Mancha de fuel en el mar frente a la costa asturiana, primera semana de diciembre de 2002.

Viernes, 20 de diciembre de 2002. La mayor concentración de manchas de fuel que amenaza Galicia, tan grande como la isla de Menorca, se sitúa ya a 13 millas al norte de Fisterra y avanza hacia el golfo de Vizcaya. Asimismo, se observan regueros de manchas entre Bilbao y cabo Matxitxako.

Lunes, 23 de diciembre de 2002. 518 playas de las 1064 que tienen Galicia, Asturias, Cantabria y el País Vasco están afectadas directamente por manchas del vertido.

Jueves, 29 de diciembre de 2002. El helicóptero de SASEMAR, con presencia de técnicos de AZTI-Tecnalia, vuela desde Gijón para la colocación de dos boyas PTR (facilitadas por el Cedre) al norte de Estaca de Bares, con el fin de disponer de más datos sobre la trayectoria de la contaminación que entra en el golfo de Vizcaya (Figura 9 y Figura 14).

#### Enero de 2003

Jueves, 2 de enero de 2003. Con los datos de avistamientos, se confirma la estimación inicial de la presencia de 2.000 a 4.000 t de fuel al norte de Asturias.

Miércoles, 8 de enero de 2003. Se advierte de la detección de nuevas manchas al norte de cabo Ortegal (A Coruña); lo que significa nuevas entradas en el golfo de Vizcaya.

Viernes, 10 de enero de 2003. Aparecen pequeñas manchas de fuel en las playas guipuzcoanas de Zumaia y en la de Ondarreta en San Sebastián. Son los primeros arenales guipuzcoanos afectados por la marea negra del Prestige. El fuel alcanza el extremo este del golfo de Vizcaya.

Sábado 11 de enero de 2003. El informe divulgado por el Instituto Francés para la Explotación del Mar (Ifremer) confirma el carácter temporal del sellado de las grietas de la popa y la proa del Prestige, garantizando la eficacia del taponamiento únicamente para unos meses.

Miércoles 15 de enero de 2003. El Gobierno Central estima en, al menos, 1.000 millones de euros, el coste previsto para hacer frente a los daños producidos por el buque Prestige, durante los años 2002 y 2003.

24, 25 y 26 de enero de 2003. Experiencia positiva de recogida de contaminación al oeste de la Gironde por parte de los pesqueros vascos y cántabros, en colaboración con una flota europea de buques anticontaminación coordinada por las autoridades francesas. En tres días se recogen más de 2.000 t de emulsión de fuel en el mar (Figuras 10 y 11).





Figura 9. Fotografías de la experiencia de las boyas PTR lanzadas en Asturias por técnicos de AZTI-Tecnalia desde un helicóptero de Sasemar.

### Febrero de 2003

5 y 6 de febrero de 2003. Se producen los mayores impactos de fuel en la costa vasca. Se recogen 528 t de residuos durante los dos días. La situación en estas fechas refleja una afección prácticamente generalizada en el litoral del golfo de Vizcaya, zonas costeras afectadas por la contaminación que abarcan desde las Rías Baixas en Galicia hasta las costas próximas a la desembocadura del Loira.

Jueves, 6 de febrero de 2003. El litoral vasco padece su peor jornada desde que se inició la crisis del Prestige. El mar arrastra 250 t de fuel hasta las playas y acantilados. Los 93 barcos pesqueros movilizados por el Gobierno Vasco retiran 700 toneladas de fuel, a las que hay que sumar las 250 recogidas en tierra. Se confirman los peores pronósticos y se esperan nuevas llegadas de crudo.

Entre el 6 y el 21 de febrero de 2003. El dispositivo de lucha contra la contaminación del Gobierno Vasco recogió 16.395 toneladas de restos con fuel (Figura 12). Durante el mes de febrero se recogieron en el mar una media de casi 600 t.día<sup>-1</sup> y 55 t.día-1 en la costa, lo cual corresponde a una recuperación de 9,5 t en el mar por cada tonelada de residuo en tierra.

Jueves, 13 de febrero de 2003. El Gobierno Vasco, a través de IHOBE, publica el protocolo de actuación en tierra. Este informe establece los protocolos de logística y de seguridad, tanto para personas como para los ecosistemas, y las técnicas de limpieza a emplear en los diferentes escenarios susceptibles de recibir impactos, atendiendo a las vulnerabilidades que presentan cada uno de estos ambientes:

- Marismas y zonas estuáricas
- Costas rocosas y acantilados
- Plataforma de abrasión o rasa mareal
- Infraestructuras artificiales
- Playas de gravas, cantos y bolos
- Escolleras



Figura 10. Fotografías del dispositivo de limpieza que trabajó frente al estuario de Gironde la última semana de enero de 2003.



Figura 11. Uno de los pesqueros vascos que participó en el dispositivo de lucha contra la contaminación, 25 de enero de 2003.

Sábado, 15 de febrero de 2003. En los medios de comunicación de aquel día se presentan las posibles alternativas para la solución definitiva del problema del pecio propuestas por la Comisión Científica del Gobierno Central. El Gobierno Central adelanta que la cantidad de fuel que permanece en el pecio es posiblemente de 37.500 t (CCA, 2003), lo cual confirmaría que el vertido, hasta esta fecha, era de al menos 40.000 t.



Figura 12. Fotografías de la experiencia de los pesqueros en la recogida de fuel en el mar, 7 de febrero de 2003.

### Marzo de 2003

Sábado, 1 de marzo de 2003. AZTI-Tecnalia estima que aún permanecen a la deriva entre 6.000 y 10.000 t de fuel entre el lugar del hundimiento y la costa atlántica francesa.

Domingo, 2 de marzo de 2003. El Comité Científico Asesor del Gobierno Central en la crisis del Prestige modifica sustancialmente las estimaciones iniciales del volumen del vertido, cifrando en 37.500 t lo que aún resta en el interior de las dos partes del pecio. El Ministerio de Fomento estima entre 1 y 2 t.día-1 el fuel que fluye por las grietas del *Prestige*. Se observa una progresiva disminución de las arribadas a las costas del País Vasco; son menos frecuentes los restos de fuel en el golfo (Figura 13).

Lunes, 17 de marzo de 2003. La flota pesquera se hace a la mar por la apertura de la veda del anzuelo.

Sábado, 22 de marzo de 2003. La estadística de material recogido indica que la cantidad total de residuo retirado desde el accidente hasta el 22 de marzo es de 125.764 t, de las que 72.400 t se recogieron en costa y 53.364 t en mar (33.827 t por los barcos pesqueros y 19.537 t por los buques europeos anticontaminación).

Miércoles, 26 de marzo de 2003. En el País Vasco se mantiene un dispositivo de barcos pesqueros (10 buques de pequeño porte próximos a la costa y 2 de mayor tamaño para actuar en alta mar) encargados de realizar labores de vigilancia y recogida de la contaminación, con el fin de evitar nuevos impactos en las costas.

Durante el mes de marzo, por efecto de los vientos del sur y las labores preventivas del dispositivo de lucha en el mar, el nivel de impactos de fuel en la costa vasca disminuye apreciablemente pasando de 55 t.día-1 en febrero a unas 5 t.día-1 durante marzo. En la Figura 14 se observa la deriva hacia el noroeste de la boya por el cambio de viento.

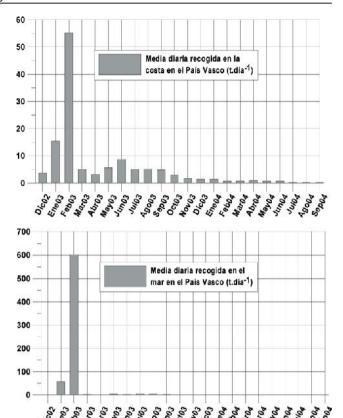


Figura 13. Recogidas medias diarias, en toneladas, en la costa del País Vasco y en el mar por el operativo de lucha contra la contaminación durante la crisis del Prestige.

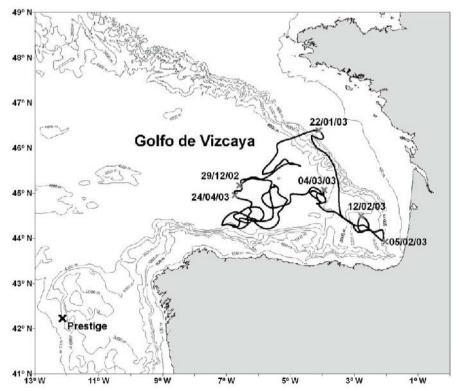


Figura 14. Trayectoria de la boya de deriva lanzada por AZTI en colaboración con Cedre y Sasemar el 29 de diciembre de 2002.

#### Abril de 2003

Martes, 1 de abril de 2003. La flota vasca inicia la costera de la anchoa tras la apertura de la veda con cerco.

Sábado, 5 de abril de 2003. El batiscafo francés Nautile finaliza la fase de cerrado de las principales fugas del Prestige. Repsol YPF presenta un plan de vaciado de los tanques del petrolero. El Gobierno Central mantiene que aún permanecen unas 37.000 t de fuel dentro del buque Prestige y que se iniciará su extracción a finales de verano de 2003.

Miércoles, 9 de abril de 2003. En las últimas jornadas se comprueba el efecto del viento norte en la deriva de las manchas que, aunque no se pueden avistar, probablemente por estar muy dispersas, aún permanecen en aguas próximas a la costa vasca y pueden arribar a playas y calas.

Miércoles, 16 de abril de 2003. La Comisión Interdepartamental del Gobierno Vasco para el seguimiento de la crisis del Prestige renueva la recomendación de no bañarse en las playas vascas de cara al inicio de la Semana Santa para evitar contactos e ingesta accidental de fuel.

Las condiciones meteorológicas, con dominancia de vientos de componente sur, desplazan los restos de fuel hacia el norte del golfo de Vizcava diminuyendo notablemente los impactos en el País Vasco. El Gobierno Vasco mantiene un dispositivo de lucha contra la contaminación en el mar.

#### Mavo de 2003

Domingo, 4 de mayo de 2003. Según el Ministerio de Medio Ambiente y la Xunta de Galicia 48 playas de Galicia presentan restos de fuel en capas de arena profundas. (http://www.xunta.es/ periodico/prestige/prestige800.pdf).

Miércoles, 14 de mayo de 2003. La cantidad total retirada de fuel y de residuos impregnados en el mar, transcurridos 6 meses desde el accidente asciende a 134.130 t, de las cuales 80.578 t corresponden a residuos retirados en la costa y 53.552 t a fuel retirado en el mar.

Viernes, 16 de mayo de 2003. Se retiran 30,8 t de restos con fuel en Euskadi: 23 t en el mar y 7,8 t en la costa.

Martes, 20 de mayo de 2003. En las catas realizadas en 10 playas del País Vasco no se ha observado la presencia de fuel enterrado. No se detectan concentraciones significativas de hidrocarburos en los análisis de las muestras de agua. Se plantea revocar la recomendación de la limitación del baño en las playas del País Vasco antes de la apertura oficial de la temporada de playas.

En el mes de mayo se retiraron una media de 5,6 t.día-1 de restos con fuel en la costa vasca mientras que, el dispositivo de limpieza en el mar recogió 3,7 t.día-1.

### Junio de 2003

Lunes, 9 de junio de 2003. Según Ifremer la inspección del Nautile ha permitido estimar en unos 700 kg.día-1 las fugas residuales de fuel del Prestige.

**Domingo, 15 de junio de 2003**. Apertura de las playas del País Vasco a los bañistas.

Lunes, 16 de junio de 2003. Los vientos del nordeste desplazan restos de fuel situados al norte del golfo de Vizcaya hacia la costa vasca, observándose un incremento significativo en las cantidades

recogidas durante la primera mitad de junio, sobre todo en el caso de las playas de Gipuzkoa, donde la media diaria de la primera mitad de junio (2 t.día-1) ha sido casi el doble de la media diaria de retiradas desde el 24 de marzo (1,2 t.día-1).

Viernes, 20 de junio de 2003. AZTI-Tecnalia estima que aún restan 6.000 t de fuel en el golfo de Vizcaya; se advierte que pueden producirse nuevos impactos en la costa cantábrica durante el verano por efecto de los vientos del norte y nordeste, habituales en esta época del año.

Martes, 24 junio de 2003. Se producen arribadas considerables de restos de fuel a algunas playas de Gipuzkoa a causa de los vientos del nordeste. El Gobierno Vasco se plantea cerrar algunas playas en situaciones puntuales con el fin de permitir las tareas de limpieza y proteger a los usuarios.

Jueves, 26 de junio de 2003. El Cedre informa que la costa atlántica francesa sigue viéndose afectada por arribadas difusas de restos de fuel. Se observa un aumento apreciable de los impactos en las playas y calas del litoral vasco alcanzándose una media por día de 8 toneladas de restos impregnados de fuel.

#### Julio de 2003

Viernes, 4 de julio de 2003. El buque Polar Prince con 4 robots de trabajo submarino se instala en la zona del hundimiento del Prestige para efectuar operaciones de instalación y revisión con vistas a la evaluación de la cantidad de fuel que aún queda en el buque, así como para cerrar las fugas que aún persisten.(www. lavozdegalicia.es/hemeroteca/2003/07/05/1810485.shml)

Miércoles, 16 de julio de 2003. AZTI-Tecnalia prevé que pueda producirse un incremento sustancial del nivel de arribadas a las costas del País Vasco en las próximas jornadas.

Entre el 17 y el 20 de julio se limpian en el litoral vasco 96 t de restos con fuel.

Domingo, 20 de julio de 2003. Se producen avistamientos dispersos pero, frecuentes, de restos de fuel entre el 44º N y el 45º N por pesqueros que se encuentran faenando en la zona.

Martes, 29 de julio de 2003. Se prohibe el baño en 8 playas vascas por presencia de fuel. Las labores del dispositivo de limpieza en el mar permiten retirar más de 180 t de restos de material diverso con presencia de fuel.

### Agosto de 2003

Miércoles, 13 de agosto de 2003. AZTI-Tecnalia informa que pueden producirse impactos significativos en las playas del País Vasco, especialmente en las playas de Bizkaia entre Getxo y Ogoño y en las playas guipuzcoanas de Zarautz y Donostia. En una de las mayores olas de calor registradas hasta la fecha (Figura 15) se observa una ligera disminución de los impactos en la costa vasca. Aún así, el 16 de agosto se retiran más de 16 t de restos con fuel en las playas del País Vasco y el 17 de agosto se recogen 21,4 t de fuel en el mar.

Lunes, 25 de agosto de 2003. Según Repsol YPF las fugas del buque Prestige se estiman en menos de 20 kg.día-1 (http://www.elmundo.es/ elmundo/2003/08/25/ciencia/1061821680.html). Se declara que, en la popa del pecio, permanecen unas 700 t de fuel, mientras que, en la proa se considera que aún restan 13.100 t en los tanques extremos de la nave, de forma que las 37.000 t que permanecían en el pecio quedaron súbitamente reducidas a algo menos de 14.000 t.

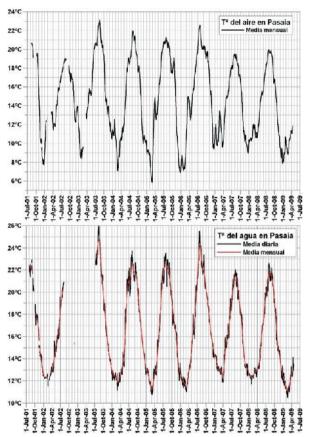


Figura 15. Evolución de la temperatura de la superficie del mar (imagen superior) y del aire (imagen inferior) en la estación océano-meteorológica de Pasaia desde su instalación en el verano de 2001.

Tabla 1. Desglose de las cantidades de materiales impregnados con fuel recogidos durante el mes de agosto de 2003 en las playas de Gipuzkoa.

Municipio	Playa	Total (t)	Días con	% de
			recogidas	días
Mutriku	Saturraran	0,701	20	65
	Burumendi	0,074	7	23
	Ondarbeltz	0,525	13	42
	Puerto	0,306	10	32
	Puerto (rocas)	0	0	0
Deba	Lapari	3,803	23	74
Dena	Santiago	2,829	19	61
	Itzurun	8,836	31	100
Zumaia	Itzurun (rocas)	0	0	0
	Santiago	1,318	16	52
	Malkorbe	0,868	20	65
Getaria	Gaztetape	10.362	30	97
	Gastetape(rocas)	0	0	0
Zarautz	Zarautz	33,194	31	100
Orio	Antilla	0,921	22	71
	Ondarreta	1,36	27	87
Donostia	Ondarreta (rocas)	0	0	0
	La Concha	4,978	30	97
	Concha (rocas)	0	0	0
	La Zurriola	7,765	30	97
	Zurriola (rocas)	0	0	0
Hondarribia	Hondarribia	0,101	3	10

Miércoles, 28 de agosto de 2003. AZTI-Tecnalia estima que. desde el hundimiento del Prestige hasta entonces, se han retirado 164.631 t de residuo: 109.815 t en la costa y 54.816 t en el mar; lo cual implica que se habrían recuperado entre 42.000 y 51.000 t de fuel neto desde el inicio de la crisis hasta el 25 de agosto de 2003.

Tabla 2. Desglose de las cantidades de materiales impregnados con fuel recogidos durante el mes de agosto de 2003 en las playas de Bizkaia.

	os durante el mes de ag		Días con	% de	
Municipio	Playa	Total (t)	recogidas	días	
Muskiz	La Arena	1,095	28	90	
Zierbena	Puerto	0	0	0	
	Las Arenas	0,026	3	10	
Getxo	Ereaga	1,49	17	55	
Geixo	Arrigunaga	1,499	18	58	
	Azkorri	3,07	27	87	
Sopelana	La Salvaje	3,245	29	94	
Sopelana	Arrietara- Atxabiribil	2,755	29	94	
	Meñakoz	0	2,755 29 0 0 0 0 8,441 16 0 0 0,155 3 0 0 11,93 21	0	
Barrika	Barrika			0	
Plentzia	Dailika			52	
Gorliz	- Plentzia-Gorliz			0	
GOITIZ	Armintza			10	
Lemoiz				0	
Bakio	Armintza(puerto)  Bakio			68	
Bermeo	Aritxatxu	3,58	31	100	
Mundaka	Laidatxu	0,79	9	29	
	Toña	0,029	7	23	
Sukarrieta	San Antonio	0,309	4	13	
Sukurreta	Kanala	0,085	11	35	
	Kanalape	0	0	0	
Busturia	San Cristobal	0	0	0	
Thomson colu	Laida	9	31	100	
Ibarrangelu	Laga	7,1	31	100	
Ea	Ea	4,035	23	74	
T	Ogeia	13,05	31	100	
Ispaster	Piscifactoría	0	0	0	
Lekeitio	Isuntza	0,938	12	39	
Mendexa	Karraspio	2,007	19	61	
Ondarroa	Arrigorri	0,866	12	39	

### Septiembre de 2003

Del 9 al 13 de septiembre. Se producen considerables arribazones de algas con restos de fuel a las playas del País Vasco provocados por un fuerte temporal de viento y oleaje: 89 t de residuos en 4 días. En el mar se retiran 46 t de residuo contaminado de fuel (Figura 16).

A partir de mediados de septiembre se observa una considerable disminución del nivel de impactos y de avistamientos de restos de fuel en el litoral vasco. A pesar de algunos augurios poco fundados, no se produjo ningún repunte apreciable en las arribadas a las costas atlánticas con motivo de las mareas vivas del equinoccio. En septiembre se retiran de media 4,9 t.día-1 en la costa vasca y 2,7 t.día-1 en el mar.



Figura 16. Fotografías de los arribazones de algas impregnadas de fuel en las playas de Donostia, septiembre de 2003.

# Octubre de 2003

7 de octubre de 2003. El Gobierno Vasco prohibe la recogida de algas por el riesgo de que estén impregnadas.

20 de octubre de 2003. Oficialmente se reconoce que se han producido impactos de fuel del Prestige en Gran Bretaña en las islas de Wight y del Canal, así como en el Condado de Kent en el sur de Inglaterra.

22 de octubre de 2003. Entra en vigor el reglamento que impide la navegación de buques monocasco en aguas comunitarias. Durante el mes de octubre se ha producido una disminución de un 50% en los impactos en el litoral vasco respecto a septiembre.

### Noviembre y diciembre 2003

En noviembre en el País Vasco se retiran 48 t de restos impregnados por fuel (1,6 t.día-1 de media).

En diciembre en el País Vasco se limpian 43 t de residuos con presencia de fuel: el 80% de los cuales se recogieron en las playas de Bizkaia, 12% en las calas de Bizkaia y el 7% en las calas de Gipuzkoa.

Como ejemplo de estos dispositivos de limpieza se cuenta con la experiencia para la limpieza de fuel que impactó en la zona de San Juan de Gaztelugatxe (Figura 17 y Figura 18). Su costa rocosa, unido a la dificultad de acceso a muchos de los lugares contaminados propició el uso de diversas técnicas de limpieza, como son:

La recuperación natural. En algunas zonas, la limpieza se consiguió de forma natural por la acción de las mareas, la lluvia y del viento, que limpiaron las zonas contaminadas, desagregando las manchas de petróleo en partículas cada vez más pequeñas, que fueron degradadas de forma natural. Las áreas rocosas más expuestas al efecto del oleaje no fueron tratadas. El efecto del oleaje, unido al del viento y la lluvia acelera el proceso de degradación mediante la disgregación de las manchas presentes en las rocas en residuos o bolas de menor entidad: de esta manera aumenta la relación de la superficie/volumen de las manchas, facilitando su degradación natural.





Figura 17. Imágenes de San Juan de Gaztelugatxe impregnado de fuel procedente del Prestige.





Figura 18. Barreras absorbentes empleadas en San Juan de Gaztelugatxe.

- La limpieza manual. Recogida de residuos manchados con las manos o con herramientas manuales (palas, rasquetas, espátulas, Figura 19), para su deposición en recipientes y su eliminación de la costa. No se utilizaron equipos mecánicos.
- El lavado con agua a presión. La zona a limpiar se chorreó con agua caliente o fría a una presión entre 50 y 100 bares con mangueras manuales (Figura 20), para separar el fuel desde el sustrato y dirigirlo hacia la línea de control, en la que se recogió con rasquetas, aspiradores, absorbentes, etc. En ocasiones, se utilizó combinado con un sistema de inundación para evitar que el hidrocarburo se volviera adherir al sustrato aguas abajo en el área de tratamiento.





Figura 19. Imágenes de la limpieza manual en San Juan de Gaztelugatxe.





Figura 20. Lavado mediante agua a presión en San Juan de Gaztelugatxe.

#### 3. Características del vertido

#### 3.1. Características del barco

El Prestige (Figura 21) puede clasificarse entre los petroleros de tamaño medio-grande (243,5 m de eslora, 34,4 m de manga y 14 m de calado en plena carga y capacidad de carga próxima a las 100.000 t). No obstante, el Prestige no llega a la categoría de superpetroleros, los cuales comenzaron a construirse y utilizarse a finales de la década de 1960 para paliar las consecuencias del cierre del canal de Suez y dieron lugar a algunos de los accidentes de derrame de petróleo más masivos que se conocen (220.000 t en el accidente del Amoco Cádiz en 1978 en Bretaña). En el momento del naufragio, la carga estimada del Prestige era de unas 77.000 t.



Figura 21. Imagen del buque Prestige.

Además, el Prestige era un petrolero relativamente antiguo, 26 años, y monocasco. Se denominan monocasco a los buques que no poseen una doble barrera de separación a lo largo de toda la eslora de carga entre los tanques de carga (p.e. tanques de crudo) y el mar, a diferencia de los más modernos diseños de doble casco. El hecho de ser monocasco, obviamente, hace más fácil el vertido del crudo al exterior.

### 3.2. Tipo de crudo

La gama de productos que transportan los buques petroleros es muy amplia, ya que van desde petróleo crudo hasta productos de refinería de muy distinto tipo y propiedades:

Refinados ligeros (gasolinas y gasóleos),

- Refinados medios (fuel)
- Refinados pesados y subproductos de refinería (fuel pesado, alquitranes, etc., con mayor o menor cantidad de aditivos para su manejo y transporte).

En el caso del fuel transportado por el Prestige, se trataba de un fuel pesado procedente de las colas o residuos casi finales del proceso de refino que, frecuentemente, se transporta en caliente y al que se le añade una fracción más ligera para facilitar su manipulación en bombeos y trasvases, ya que el producto original presenta una alta viscosidad que se incrementa al disminuir la temperatura.

#### 3.3. Características físico-químicas del crudo

Los efectos de los vertidos petroleros en el medio marino dependen de las propiedades físico-químicas asociadas al tipo de producto. En este sentido, además del grado de impacto derivado de la cantidad de producto vertido, los efectos dependen de la distancia al punto de vertido, en la medida en que el tiempo de contacto con el agua y con la atmósfera modifican las propiedades físicas y químicas del producto.

En general, con el paso del tiempo disminuye la proporción de las fracciones más ligeras y los productos residuales se hacen más densos y más insolubles en agua. Esto depende de las condiciones meteorológicas, desde la temperatura (procesos más lentos en invierno) hasta la agitación en el mar, que condiciona el grado de mezcla y emulsión con el agua y parte de las propiedades físicas (viscosidad, adherencia, etc.).

En el caso del fuel procedente del vertido del Prestige, se partió de un fuel muy pesado, denso y de alta viscosidad, ya que la fracción ligera añadida para facilitar su manipulación en bombeos y trasvases se pierde muy rápidamente al verterse. Esto aumenta su persistencia en formas aglomeradas y reduce su solubilidad en agua.

Además de la mayor persistencia de estos hidrocarburos de alto peso molecular, una fracción importante del fuel procedente del Prestige está constituida por hidrocarburos aromáticos policíclicos (también conocidos por el acrónimo de la denominación en inglés PAHs). Según los distintos análisis realizados, aproximadamente entre el 45% y 50% del fuel está constituido por PAHs, aunque este porcentaje disminuye muy notablemente cuando se consideran los compuestos de este tipo con cuatro o más anillos aromáticos (Alzaga et al., 2004).

De los componentes del fuel, los PAHs se encuentran entre los compuestos más persistentes en el medio marino, presentan alta probabilidad de acumulación en las cadenas tróficas y, especialmente para algunos PAHs de alto peso molecular, se han descrito propiedades tóxicas importantes (Navas et al. 2006; Saco-Álvarez et al., 2008). Además, son muy poco solubles en agua, por lo que en el medio marino, especialmente en las primeras etapas, permanecen ligados, sobre todo al fuel original, formando agregados de distinto tamaño. Tanto las fracciones dispersas del vertido como los PAHs procedentes de fuentes naturales y contaminación general se asocian a partículas, con preferencia a aquellas que presentan un mayor porcentaje de materia orgánica, debido a su carácter lipófilo. El plancton se encuentra entre las partículas a las que los PAHs se asocian, de

manera que constituye una de las vías de incorporación de estos compuestos a las redes tróficas, acumulándose principalmente en los tejidos más grasos. Finalmente, por deposición de las partículas y materiales en los que previamente se han concentrado, los PAHs se acumulan en los sedimentos.

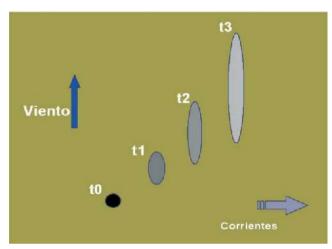


Figura 22. Esquema simplificado del tipo de deformación de manchas de hidrocarburo sobre la superficie del mar bajo efecto de las corrientes y el viento.

#### 3.4. Vías de afección del vertido

Las vías de afección de los vertidos de origen petrolífero en el medio marino son múltiples y están claramente asociadas, además de a sus características fisico-químicas, al efecto de las condiciones océano-meteorológicas (Figura 22). A corto y medio plazo, las vías de afección más importantes pueden considerarse concentradas en dos de las interfases del océano:

- Aguas superficiales en mar abierto; que constituyen la interfase atmósfera-océano.
- Las zonas costeras; que constituyen la interfase tierraocéano, especialmente entre el límite emergido y sumergido, y que se encuentran más directamente afectadas por el oleaje y la dinámica de las mareas.

En cada uno de los casos se pueden considerar dos grados de impacto físico del fuel: un impacto agudo y directo y; un impacto más difuso. En las zonas costeras, un grado de impacto difuso correspondería a áreas no tocadas por el fuel o levemente afectadas por su proximidad a zonas tocadas. En las aguas superficiales, este grado difuso de impacto, correspondería a zonas adyacentes a las manchas y a aquellas por las que las manchas se han trasladado.

De modo general se pueden considerar los siguientes aspectos:

# En las zonas costeras:

El impacto directo y agudo (Figuras 23 y 24) se traduce en el ensuciamiento producido por las masas compactas de fuel en las rocas y fondos costeros que afectan principalmente a la fauna y flora intermareal (moluscos, crustáceos, otros invertebrados, aves y algas) y provocan la mortandad al impedir físicamente la respiración, movilidad y alimentación de los organismos afectados. También puede considerarse aquí la eliminación física de los organismos vivos que han sido retirados o se han visto afectados gravemente en las operaciones de limpieza.

El impacto moderado corresponde a las zonas no afectadas directamente pero, a las que se trasladan, de forma difusa, los efectos de las zonas adyacentes. En este sentido resulta importante la difusión de los efectos, aunque sea en niveles subletales, a través del agua, que limpia progresivamente las zonas masivamente afectadas y transfiere los efectos a otras zonas.

### En las aguas superficiales:

El impacto directo y agudo se asocia a la presencia física de las manchas de fuel a la deriva (Figura 25). Además de los posibles episodios de mortalidad directa en aves, cetáceos, peces, etc., cada elemento de fuel en el agua se convierte en un foco de contaminación en sentido amplio y en un punto de afección al plancton. La mayor parte del plancton en contacto directo con las manchas queda adsorbido en ellas y el resto queda afectado. Cuando la agregación de manchas es importante también aparecen comprometidos los usos generales del mar (navegación, pesca por imposibilidad de faenar o por inutilización del producto de la pesca o de las artes, etc.).



Figura 23. Afección del fuel del Prestige a la costa gallega.



Figura 24. Afección del fuel del Prestige en arenales de la costa gallega.

Aunque de forma más moderada y difusa, las zonas adyacentes a las manchas y, aquellas por las que las manchas se han trasladado, también aparecen afectadas. A pesar de que el fuel es prácticamente insoluble en agua, siempre deja una estela o película superficial (a veces visible en forma de irisaciones) a partir de la cual se dan la mayoría de los procesos de asociación a partículas y plancton señalados anteriormente. Así pues, de modo similar a lo indicado para la zona costera, resulta importante la difusión de los efectos a través del agua y su transferencia a otras zonas y compartimentos del sistema marino.



Figura 25. Ejemplos de manchas de fuel en la superficie del mar.

Recíprocamente, la duración de los efectos, que es otro factor a tener en cuenta a la hora de evaluar el grado de impacto, puede ser menor en los impactos agudos, para los que hay mayor capacidad de aplicar medidas correctoras, que en los difusos, para los que la capacidad de actuación es muy limitada y, prácticamente, es el paso del tiempo el que corrige y aminora los efectos.

En este sentido, la recogida del fuel en alta mar elimina la posibilidad de un posterior impacto en la zona costera, reduce el impacto directo en la zona de recogida y evita la multiplicación de los efectos difusos que produciría hasta su disgregación. Algo similar puede decirse de la retirada del fuel de los arenales y, en la medida de lo posible, de las cantidades masivas en los acantilados y zonas de sustrato duro ya que, en general, la reducción del tamaño de la fuente de impacto y del tiempo de actuación es la forma más directa de reducir el grado de impacto.

#### Emplazamiento geográfico 3.5. características climáticas de la zona del hundimiento

Ya se ha esbozado en la introducción la importancia del clima marítimo como factor determinante en la circulación de las aguas superficiales y, por tanto, en la distribución del fuel flotante.

A corto plazo, la deriva del fuel en un punto determinado depende de los vientos locales más recientes pero, a medio y largo plazo, la deriva general depende del régimen climático

general de la época que, finalmente, da lugar al balance integrado del transporte de las aguas en los niveles superficiales.

En el caso del hundimiento del *Prestige*, el periplo realizado por la nave desde el inicio de su crisis hasta su hundimiento, los vertidos progresivos que tuvieron lugar en esos días y la lejanía respecto a la costa de la zona del hundimiento originaron un escenario de crisis que se ha alargado meses en el tiempo, por lo que su extensión espacial ha quedado más relacionada con las condiciones medias de la zona que con el escenario océanometeorológico particular acaecido durante el naufragio.

Las zonas en las que se produjeron los principales derrames de fuel del Prestige (rotura parcial a causa de un accidente y la rotura final que dio lugar al hundimiento) se sitúan, desde el punto de vista geográfico y oceanográfico amplio, en el noroeste de la península Ibérica. Dentro de la baja definición e intensidad de las corrientes en las márgenes orientales de los océanos, las aguas próximas a la costa de Galicia y al oeste de la península Ibérica presentan un patrón estacional de circulación relativamente bien definido, especialmente si se consideran balances de transporte a medio plazo (asociados a los regímenes climáticos estacionales) y no solamente eventos a corto plazo. Este régimen de circulación está relacionado con las fluctuaciones, en posición e intensidad, del anticición de las Azores.

En la zona del hundimiento, predomina la circulación atmosférica del norte y del nordeste alrededor de la época estival, lo que se traduce en una divergencia en el vértice noroeste de la península y en una circulación de las aguas superficiales hacia el sur y hacia el oeste. Este es el mecanismo que produce el afloramiento en las costas gallegas que se traduce en las bajas temperaturas estivales de las aguas de dicha zona, así como en una fertilización costera con la que también se relaciona la riqueza de las rías gallegas. Recíprocamente, alrededor de la época invernal se establece el predominio de la circulación atmosférica del sur y del oeste que se traduce en una convergencia de las aguas superficiales hacia la costa de Galicia y hacia el golfo de Vizcaya (Figura 26 y Figura 27).

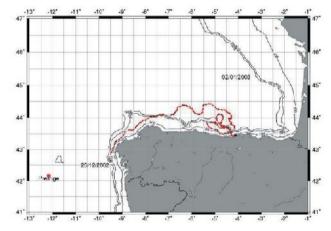


Figura 26. Deriva hacia el este de las manchas presentes frente a la costa de Galicia en la época del hundimiento con predominio de regímenes de viento del sur y oeste. http://www.cmima.csic. es/Prestige/.

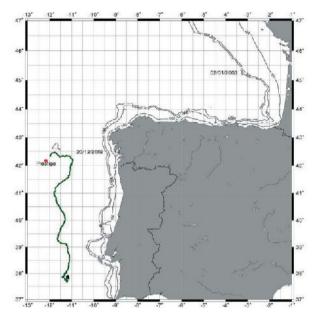


Figura 27. Deriva hacia el sur de las boyas situadas en la zona del hundimiento a partir de la primavera de 2003 por efecto del viento del norte. http://www.cmima.csic.es/Prestige/.

Estos regímenes no son fijos ni inequívocos y, en ambos casos, se producen alternancias importantes en función de la posición relativa de las altas y bajas presiones, de su intensidad y de su persistencia.

Los efectos de este régimen de vientos se trasladan a la circulación de las aguas marinas y afectan a espesores diferentes de la columna de agua, dependiendo de su fuerza y duración.

La respuestas en las capas superficiales y, por tanto, en los materiales flotantes es más directa e inmediata. De ahí la irregularidad de las trayectorias de la manchas y de las boyas utilizadas para su seguimiento que puede observarse en los siguientes apartados.

No obstante, considerando las condiciones más frecuentes en cada época, cuando el predominio del régimen era del norte, alguna de las boyas de seguimiento se desplazó hasta la zona de las islas Canarias, mientras que en la época del hundimiento, cuando se establece el predominio del régimen del sur y del oeste, la deriva de parte del fuel vertido hacia el interior del golfo de Vizcaya resultaba prácticamente inevitable por mucho que la información facilitada no siempre fuese fiable.

Cabe señalar también que buena parte de las dificultades en el seguimiento y observación de las manchas se debió,

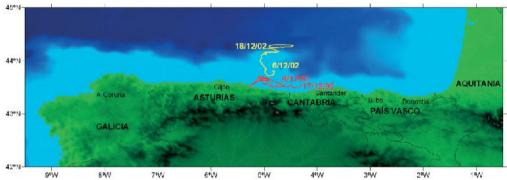


Figura 28. Trayectoria de las boyas de deriva lanzadas por AZTI-Tecnalia sobre manchas observadas frente a la costa oriental de Asturias durante diciembre de 2002.

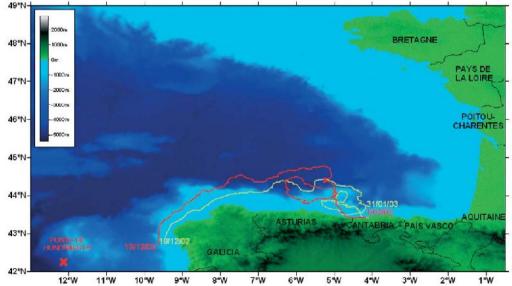


Figura 29. Trayectoria de dos de las boyas de deriva lanzadas en las cercanías de la costa gallega el 19 de diciembre de 2002. Fuente: http://www.cmima.csic.es/Prestige/

tanto a las malas condiciones atmosféricas de la zona como a que una parte del vertido se produjo en las fechas posteriores al hundimiento del buque y desde los dos pecios (en los que quedó partido el buque). Estos hechos se traducen en que la dispersión horizontal de las manchas, en su trayecto desde el lugar en donde reposan los restos del Prestige a más de 3.000 metros de profundidad hasta llegar a superficie, ha sido invisible y prácticamente imprevisible.

ciencia cierta es que el buque comenzó a perder su carga desde el comienzo de la llamada de socorro, dejando un reguero de contaminación a lo largo de toda la trayectoria inicial de alejamiento por sus propios medios del buque y posterior recorrido a remolque de los buques de salvamento desplazados en su ayuda (Figura 32).

En los seis días que transcurrieron desde el aviso de socorro, hasta el día del hundimiento, en la zona predominaron

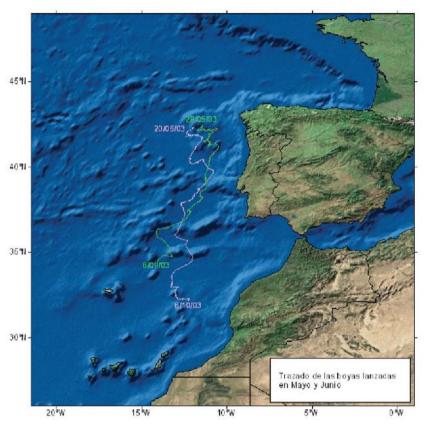


Figura 30. Trayectoria de boyas de deriva lanzadas sobre el lugar del hundimiento del Prestige durante los meses de mayo y junio de 2003. Fuente: Sasemar, Cedre y AZTI-Tecnalia.

Las trayectorias de las boyas de deriva (Figuras 28, 29, 30 y 31) que fueron lanzadas en el Cantábrico y la costa atlántica de Galicia revelan esa dualidad entre el comportamiento del clima de corrientes superficiales en la época inmediatamente posterior al inicio de la crisis y el cambio de régimen a partir de la primavera de 2003. (www.cmima.csic.es/Prestige, www. cedre.fr/fr/accident/prestige).

#### 4. Deriva del vertido del Prestige hacia el golfo de Vizcaya

Desde el momento del "May Day", lanzado por el capitán del barco el 13 de noviembre de 2002, hasta el hundimiento del buque, el día 19 de noviembre, se estima que el buque derramó cerca de 30.000 toneladas de fuel al mar. Estas cifras sin embargo, no dejan de ser meras conjeturas, pues sigue existiendo poca información disponible sobre lo que verdaderamente ocurrió en aquellos primeros días de la catástrofe. Lo que sí se sabe a

vientos del 3<sup>er</sup> y 4º cuadrantes, soplando con fuerte intensidad y alcanzando medias por encima de los 16 m.s<sup>-1</sup> (60 km.h<sup>-1</sup>) y máximas por encima de los 120 km.h-1 (Figura 33). El oleaje en la zona durante el incidente fue principalmente del NW y del WSW con alturas de ola significante que llegaron a rebasar los 9 metros.

Estas condiciones oceanográficas hicieron que el fuel derramado por el buque derivase hacia el norte, llegando a A Costa da Morte, principalmente. Sin embargo, una parte importante del fuel -la derramada más al norte- llegó a rebasar inicialmente el paralelo 44° N impulsada por los vientos del suroeste, colocándose a la altura de Estaca de Bares, poco después del 20 de noviembre de 2002, lo que definitivamente supuso la primera "oleada" de fuel para el Cantábrico (Figura 34 y Figura 35).

A pesar de los continuos intentos por parte de técnicos de AZTI-Tecnalia por establecer un sistema de seguimiento y

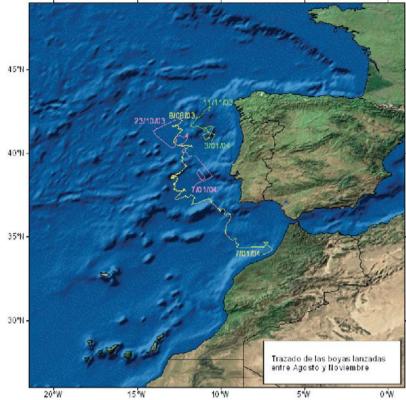


Figura 31. Trayectoria de boyas de deriva lanzadas sobre el lugar del hundimiento del Prestige entre agosto y noviembre de 2003. Fuente: Sasemar, CEDRE y AZTI-Tecnalia.

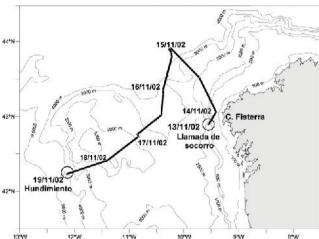


Figura 32. Posiciones del Prestige desde el accidente hasta hundimiento.

control de posibles entradas de fuel al golfo de Vizcaya, las autoridades competentes, no creyeron prioritario ese control, ya que los recursos necesarios para el mismo debían utilizarse en otras zonas de mayor urgencia.

Ello motivó que técnicos de AZTI-Tecnalia se desplazaran el 4 de diciembre de 2002 hacia Asturias con la intención de contactar con las autoridades locales y contribuir a minimizar las posibles consecuencias de la deriva de las manchas que ya habían penetrado en el golfo. Para ello se dispuso de dos boyas de deriva, que fueron lanzadas desde helicópteros del Gobierno del Principado de Asturias sobre manchas de fuel de gran entidad, localizadas frente a Llanes en las costas del este de Asturias (Figura 36).

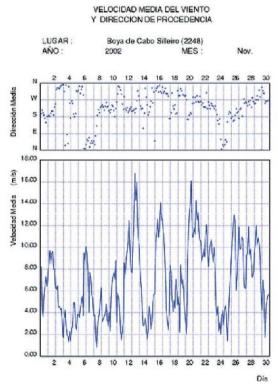


Figura 33. Datos de la boya océano-meteorológica de cabo Sillero durante el mes de noviembre de 2002. Fuente: Puertos del Estado.

Las boyas fueron seguidas desde tierra durante cerca de dos semanas, y su deriva se comunicaba a través de la página Web de AZTI-Tecnalia a todos los interesados, sirviendo como referencia para los buques de recogida de fuel en la zona, pero también para realizar las primeras calibraciones de los modelos de deriva que AZTI-Tecnalia había venido desarrollando en los últimos años.

A mediados del diciembre de 2002, A Costa da Morte seguía recibiendo las diferentes oleadas de fuel provenientes de los derrames durante la deriva del buque siniestrado, del vertido ocurrido en el momento del hundimiento y del continuo fluir desde el pecio de centenares de toneladas de fuel a través de grandes grietas en la estructura, originados en el casco por la presión del agua y el impacto contra el fondo.

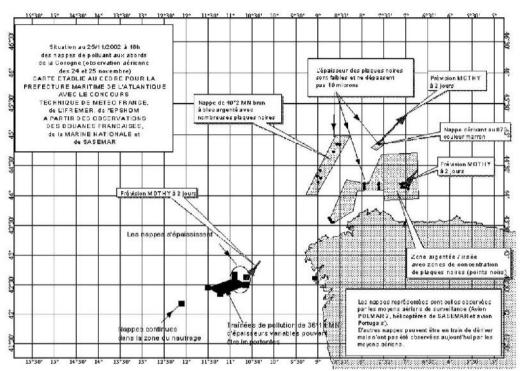


Figura 34. Carta resumen de situación realizada por el CEDRE el 25 de noviembre de 2002.

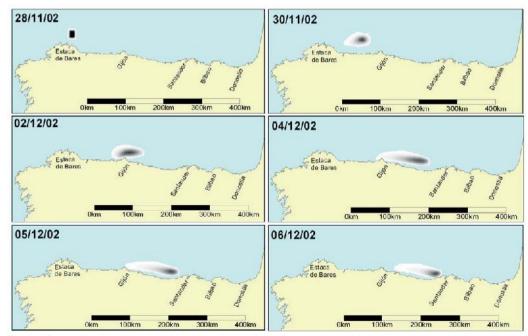


Figura 35. Modelización de la dispersión de los restos de fuel avistados el 28/11/2002 al norte de Estaca de Bares. Realizada por AZTI ese mismo día con un horizonte de 10 días empleando como entrada previsiones meteorológicas del Ministerio de Medio Ambiente y del Servicio Vasco de Meteorología.

Por otra parte, el área de las Rías Baixas se veía amenazada por importantes manchas de fuel. La situación en el golfo era preocupante en estas fechas, ya que la presencia de fuel en el Cantábrico era cada vez mayor (Figura 37).

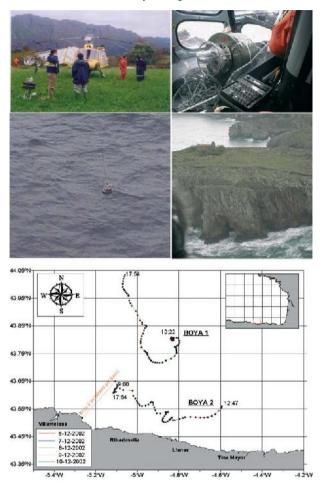


Figura 36. Helicóptero de Atención de Emergencias del Principado de Asturias y trayectoria de las boyas de deriva utilizadas por AZTI-Tecnalia para el seguimiento de manchas de fuel situadas al norte de la costa oriental de Asturias durante la primera parte del mes de diciembre de 2002.



Figura 37. Resumen de la situación de manchas observadas en el Cantábrico. Fuente: boletín de AZTI-Tecnalia del 16 de diciembre de 2002.

Las previsiones meteorológicas para los siguientes días y la situación estacional propia de la época hacían temer que la deriva del fuel que fluía de los dos pecios del Prestige, así como de las manchas situadas entre el área del hundimiento y la costa atlántica de Galicia, fuera hacia el norte, aproximándose al golfo de Vizcaya (Figura 38).

Ayudado por los vientos del suroeste que predominaron en la zona, como es habitual, durante los meses de diciembre y enero, una parte importante del fuel derramado comenzó a derivar hacia el golfo de Vizcaya. Se trataría de la segunda "oleada" de fuel para el Cantábrico, y la cantidad de fuel que penetró bien pudo sobrepasar las 25.000 toneladas, de manera que se llegó a dimensionar la mancha (o agrupación de manchas), comparándola con la superficie de la isla de Menorca (unos 800 km²). En cualquier caso, es imposible cifrar de una manera precisa la cantidad de fuel que entró, esta estima está hecha a posteriori en base a los avistamientos y las cantidades totales recogidas, tanto en costa como en el mar.

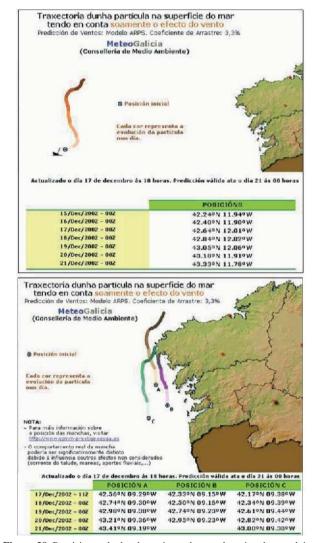


Figura 38. Previsiones de desplazamiento de manchas situadas en el área del hundimiento del Prestige y cercanos a la costa atlántica de Galicia realizadas el 17 de diciembre de 2002 con un horizonte de previsión de 72 horas. Fuente: MeteoGalicia.

El uso de boyas de deriva sobre las manchas observadas en el oeste del golfo y el empleo de modelos numéricos de simulación de la deriva de este tipo de sustancias sobre el mar permitió efectuar un seguimiento intensivo de la evolución

de la crisis y adoptar en cada momento las decisiones más adecuadas con el fin de reducir el impacto del vertido (Figura 39 y Figura 40) (González et al., 2005, Ferrer et al., 2007, Caballero et al., 2008).

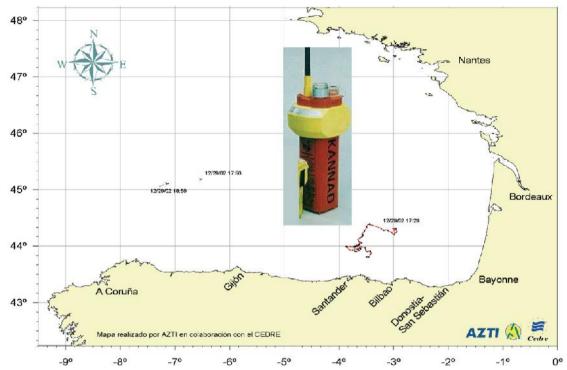


Figura 39. Mapa de posición de las boyas de deriva realizado por AZTI en colaboración con el Cedre y Sasemar el 29 de diciembre de 2002. Puede verse también una imagen del tipo de boyas de deriva usadas para el seguimiento de las manchas y que tenían un volumen aproximado de 2 litros.

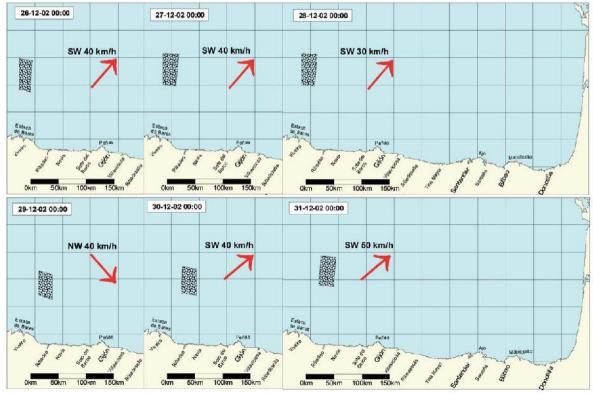


Figura 40. Desplazamiento previsto de las manchas observadas al norte de Estaca de Bares realizado por AZTI el 25 de diciembre de 2002.

A pesar de los esfuerzos de seguimiento, a medida que las manchas avanzaban por el golfo, la dispersión era mayor, debido a que las manchas más pequeñas viajaban a mayor velocidad y las mayores iban quedando retrasadas. Éstas últimas se disgregaban rápidamente, debido a la fuerte agitación del mar en esos meses. Así, las manchas de fuel a mediados de enero eran ya regueros que presentaban orientaciones adaptadas a frentes de agua de diferente densidad y una viscosidad más alta, lo que significaba que las bombas de succión ya no eran apropiadas para la recogida de fuel, haciéndose necesarios otros métodos de recogida (Figura 41 y Figura 42).







Figura 41. Recogida manual de fuel del Prestige en el golfo de Bizkaia por los pesqueros vascos durante enero y febrero de 2003.





Figura 42. Imágenes de la playa de La Concha en Donostia bajo los efectos de las arribadas de fuel del Prestige a principios de febrero.

# 4.1. Resumen de los avistamientos realizados durante la crisis del Prestige

En el curso de la crisis fueron de vital importancia los vuelos realizados por distintos organismos para el avistamiento de manchas de fuel en el mar (Figura 43), así como otras observaciones realizadas desde buques y desde la costa. El propósito de estos avistamientos fue facilitar la recogida en el mar, evitando así el impacto en costa.

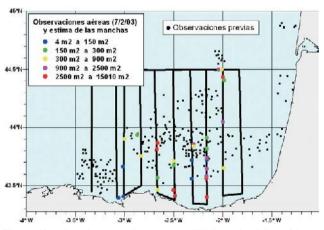


Figura 43. Avistamientos realizados por AZTI-Tecnalia el 7 de febrero de 2003 desde el avión contratado por el Gobierno Vasco y avistamientos previos de distintas fuentes.

A continuación se muestra la evolución que tuvieron estos avistamientos durante los meses en los que la crisis fue de mayor intensidad en el golfo de Vizcaya. Las primeras manchas de fuel entraron en el Cantábrico a principios de diciembre de 2002; esta llegada fue continua durante todo el mes (Figura 44 y Figura 45).



Figura 44. Resumen realizado por AZTI-Tecnalia el 3 de diciembre de 2002 de los avistamientos de restos de fuel en el Cantábrico.

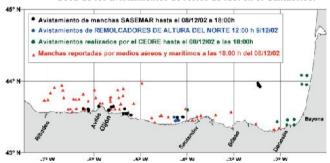


Figura 45. Resumen realizado por AZTI el 9 de diciembre de 2002 de los avistamientos de restos de fuel en el Cantábrico

La situación durante enero de 2003 (Figura 46 y Figura 47) fue agravándose debido al aumento de manchas en el Cantábrico, constituyendo una gran amenaza para la costa francesa, especialmente en la zona próxima al estuario de La Gironde.

A pesar de las dificultades para la observación directa de las manchas de fuel, debidas a las malas condiciones meteorológicas y de la mar, las trayectorias de las boyas de deriva, junto con observaciones parciales de restos de fuel en las proximidades de la costa vasca, permitieron organizar el dispositivo que llevó a recoger más de 20.000 toneladas de fuel en el mar en los meses de enero, febrero y marzo de 2003.

Las condiciones de viento y oleaje reinantes en febrero de 2003 impulsaron la deriva de las manchas contra las costas del Cantábrico (de hecho una de las boyas de deriva impactó contra la costa en las proximidades de cabo Matxitxako el 4 de febrero de 2003. Figura 48), de manera que tanto la presencia de manchas en el mar como la llegada de fuel a la costa del País Vasco fueron notables.

En el mes de enero de 2003 en las playas y calas de la costa vasca se retiraron 480 t de residuos con fuel, mientras que, en el mismo período se recogieron 1.100 t en el mar (imagen superior de la Figura 49).

En febrero en la costa del País Vasco se alcanzaron las 1.550 t, mientras que, en el mar el dispositivo de lucha contra la contaminación llegó a recoger casi 17.000 t (imagen inferior de la Figura 49).

Las observaciones de fuel en el Cantábrico fueron disminuyendo progresivamente a partir de finales de febrero de 2003. Estos avistamientos fueron menos numerosos, en general, a medida que la boya de deriva se iba alejando de la costa vasca (Figura 50 y Figura 51).

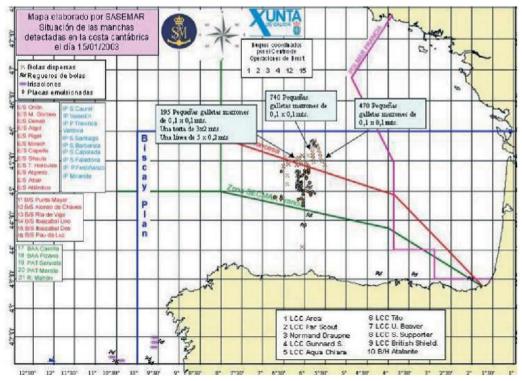


Figura 46. Mapa elaborado por SASEMAR el 15 de enero de 2003, donde se observa la gran concentración de manchas presentes en el centro del golfo de Vizcaya.

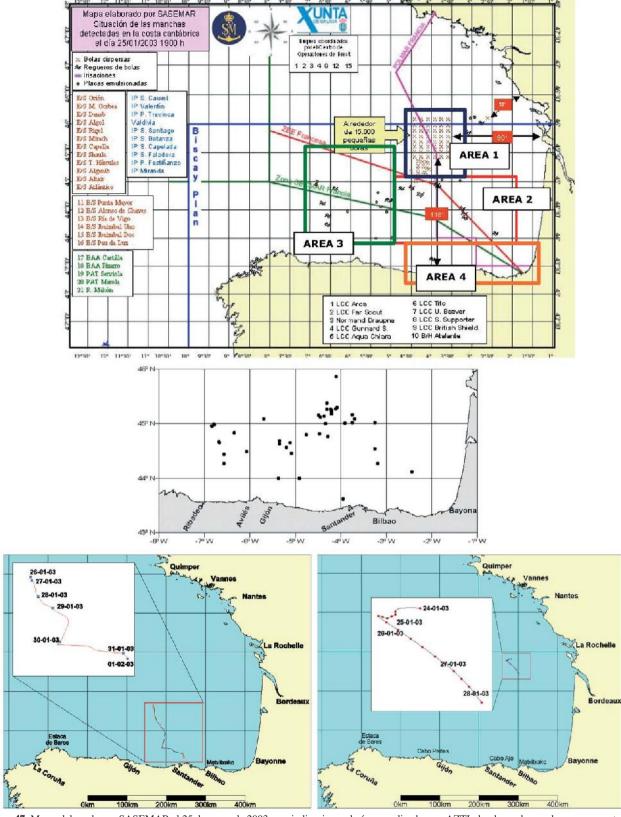


Figura 47. Mapa elaborado por SASEMAR el 25 de enero de 2003, con indicaciones de áreas realizadas por AZTI, donde se observa la gran concentración de manchas presentes en el centro del golfo de Vizcaya (imagen superior). En la imagen del centro puede verse el detalle de la situación de las manchas más cercanas a la costa cantábrica el 25 de enero de 2003 (Área 4). En la imagen inferior izquierda se presenta la previsión realizada por AZTI sobre la deriva de las manchas más próximas a la costa cantábrica (Área 4) y en la imagen inferior de la derecha la previsión para la agrupación de manchas situadas en el centro del Golfo (Área 1).

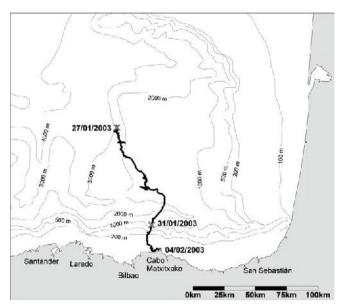


Figura 48. Trayectoria de una de las boyas de deriva empleadas para el seguimiento de la crisis del Prestige que fue recogida por los pesqueros de lucha contra la contaminación en las proximidades de Cabo Matxitxako el 4 de febrero de 2003.

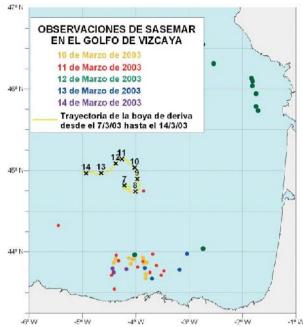


Figura 50. Observaciones de manchas de fuel entre el 10 y el 14 marzo de 2003 y trayectoria de la boya de deriva en ese mismo período.

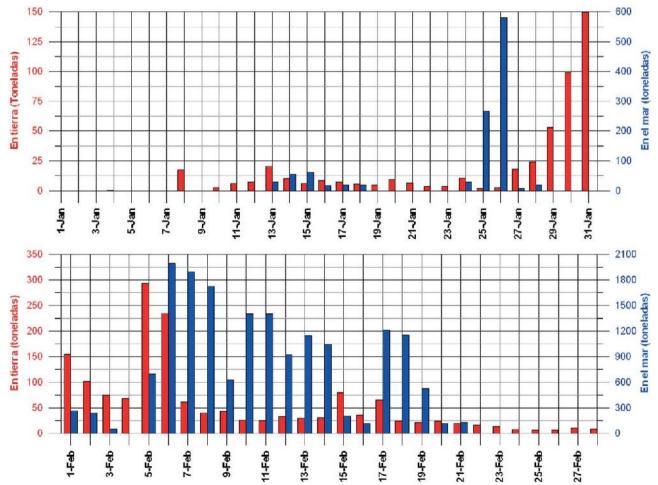


Figura 49. Residuos impregnados de fuel retirados en la costa del País Vasco y en el mar por el operativo de lucha contra la contaminación. En la imagen superior las recogidas durante el mes de enero de 2003 y en la imagen inferior las recogidas durante febrero de 2003.

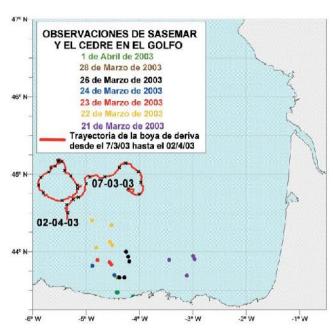


Figura 51. Observaciones de manchas de fuel entre el 21 de marzo y el 1 de abril de 2003 y trayectoria de la boya de deriva en el mismo período.

### 5. Seguimiento, vigilancia y previsión de la deriva de las manchas de fuel en el golfo de Vizcaya

Una de las principales funciones de AZTI-Tecnalia durante la crisis fue asesorar a la Mesa Interinstitucional del País Vasco, a través de:

- la realización de un seguimiento, vigilancia y predicción del desplazamiento de las manchas de fuel en el mar;
- inventariar y estimar de las cantidades del fuel presentes en el mar y recogidas hasta aquel momento;
- diseñar e implantar artes de pesca para la recogida de fuel
- apoyar logísticamente al dispositivo de lucha contra la contaminación en el mar;
- realizar análisis químicos de los impactos en las playas y acantilados para determinar si el residuo era del *Prestige*;
- investigar el impacto en el medio marino y en los recursos naturales.

Tanto el centro francés encargado del seguimiento de la crisis, Cedre, como la Universidad de Cantabria y AZTI-Tecnalia, realizaban diariamente previsiones de deriva de las manchas con objeto de preparar los dispositivos de defensa en costa, y si era posible, coordinar las labores de limpieza en el mar.

Todos los grupos utilizaron la mejor de las predicciones meteorológicas posibles, ya que a pesar de la recurrentemente citada corriente de Navidad, la deriva ejercida por ésta sobre las manchas era despreciable en comparación con la acción del viento, incluso menor que la del oleaje.

Con el fin de modelizar la deriva de las manchas, el operativo dispuesto se dotaba de toda la información relevante

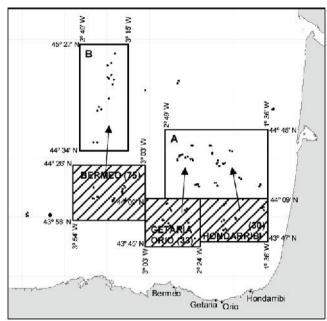


Figura 52. Resumen de la distribución espacial del dispositivo de limpieza el 1 de marzo de 2003 organizada en función de los avistamientos de la contaminación y la previsión de su deriva. Se representan las áreas de recogida y los barcos destinados en cada una de ellas.

(avistamientos - tanto aéreos como de embarcaciones - y predicción meteorológica). La información sobre avistamientos era suministrada por SASEMAR, Cedre y operativos de avistamiento aéreos de las comunidades autónomas, (en el caso del País Vaso: helicópteros de la Ertzaintza y una avioneta contratada ex profeso por el Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco para la información directa a la flota).

La información meteorológica, en las primeras etapas, se obtenía de centros europeos (Meteofrance, ECMWF, WAAS, etc.) hasta que el centro tecnológico EUVE dispuso de una información más local, más detallada y ajustada a la escala del fondo del golfo de Vizcaya y la costa vasca y, por tanto, más útil para la toma de decisiones en dicha zona.

Asimismo, AZTI-Tecnalia, en colaboración con Cedre y SASEMAR, posicionó diversas boyas de deriva sobre grandes manchas situadas frente a las costas asturianas y cántabras, con el fin de controlar su deriva y calibrar los modelos.

Por último, durante toda la crisis fue muy importante la información procedente de las estaciones de medida en continuo que existían tanto en costa como en mar abierto. Entre otras, caben destacar las boyas de Puertos del Estado de cabo Sillero y cabo Peñas, la boya océano-meteorológica del Metoffice, Reino Unido (localizada al norte de cabo Peñas en el 45° 12' N y el 5° W), así como la boya de la estación Océano-Meteorológica de Pasaia.

Toda esta información era tratada por AZTI-Tecnalia en la mesa de crisis del País Vasco, participando en las decisiones sobre zonas a cubrir por los vuelos (Figura 52) y; dirigiendo a la flota pesquera, mediante comunicación por radio, hacia las zonas que presentaban una mayor contaminación o riesgo para las costas.

Desde el comienzo de la crisis. AZTI-Tecnalia emitía boletines informativos diarios, que incluían datos sobre las predicciones meteorológicas, oceánicas y de deriva de las manchas avistadas conforme a los modelos, disponibles en aquel momento, y calibrados mediante las boyas de deriva dispuestas a tal efecto. Los boletines se enviaban a todos los interesados desde el 29 de noviembre de 2002 hasta el 12 de enero de 2004, si bien, a partir de abril de 2003 ya no fueron diarios. En total se elaboraron 230 boletines.

### 5.1. Boletines diarios de AZTI-Tecnalia a la Mesa de Crisis

La realización de informes diarios por parte de AZTI-Tecnalia a la Mesa de Crisis fue de gran ayuda, ya que recopilaba información sobre la situación general de la crisis en sus distintas áreas (Portugal, oeste de Galicia, Canatábrico y Francia) así como la previsión meteorológica y de deriva de las manchas para los días siguientes. A continuación se presenta un resumen por cuatrimestres de la información proporcionada por los boletines diarios de AZTI-Tecnalia:

#### Noviembre 2002- febrero 2003

Los informes de AZTI-Tecnalia comenzaron el 29 de noviembre de 2002, 15 días después del accidente. En esas fechas el problema se concentraba frente a las costas gallegas, ya que la mancha principal, que se estimaba que contenía unas 11.000 t del vertido, se encontraba a escasos kilómetros de cabo Fisterra. La extensión de dicha mancha era de unas 15.000 hectáreas, constituyendo una clara amenaza para las costas gallegas. (Figura 53).

Las fugas de fuel continuaron durante días, de forma que a principios de diciembre se confirmaba la aparición de nuevas manchas de tamaño importante en el lugar del hundimiento, con un tamaño de entre 3 km x 300 m y 12x4 km2 según las fuentes, lo cual indicaba que seguían produciéndose fugas del barco. En estas mismas fechas, diversas manchas de fuel alcanzaron la cornisa cantábrica como resultado de la deriva que sufrieron debido a las condiciones de viento v oleaje reinantes, observándose así, una cantidad importante de fuel desde cabo de Peñas (Asturias) hasta cabo Mayor (Cantabria) tal y como se muestra en la Figura 54.



Figura 54. Manchas observadas el 6 de diciembre de 2002 Cantábrico

Parece que los primeros impactos sobre las costas de Euskadi se produjeron a finales de noviembre de 2002 sobre la playa de Aizkorri (Bizkaia). Aunque existía la posibilidad de que pequeños restos de crudo alcanzasen inmediatamente la costa vasca, la información en aquellas fechas era muy confusa, ya

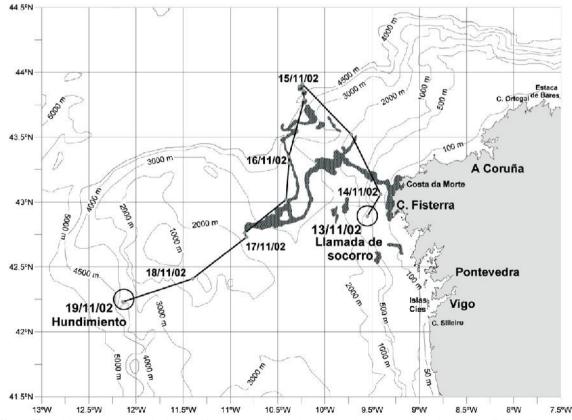


Figura 53. Posiciones del Prestige desde el accidente hasta su hundimiento y manchas observadas desde el satélite ENVISAT.

que las observaciones se vieron dificultadas tanto por las malas condiciones meteorológicas, como por la cantidad de desechos flotantes que habían sido arrastrados por las últimas avenidas de los ríos.

Exceptuando el impacto aislado sobre la playa de Aizkorri a finales de noviembre de 2002, no fue hasta cinco semanas después del accidente (sobre el 20 de diciembre de 2002), cuando se informó de los primeros avistamientos de regueros de manchas entre Bilbao y cabo Matxitxako, a una distancia de la costa de entre 9 y 20 millas (Figura 55). Las manchas aparecieron muy dispersas, de forma que el pequeño tamaño de los restos de crudo supuso una gran dificultad para su recogida.

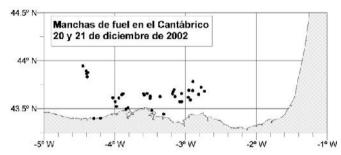


Figura 55. Manchas observadas el 20 y el 21 de diciembre de 2002 en el Cantábrico. Elaborado por AZTI-Tecnalia a partir de la información de Sasemar, Cedre, Cantabria y País Vasco.

La entrada de manchas al Cantábrico fue aumentando en los días posteriores, de forma que, a 23 de diciembre de 2002, podían distinguirse tres áreas (Figura 56) con presencia significativa de manchas e irisaciones en el Cantábrico:

- Área 1, al este de cabo Ajo (Cantabria) y al norte de la costa vasca: la cantidad de manchas era baja y se encontraban muy fraccionadas en pequeños regueros muy dispersos.
- Área 2, al oeste de Tina Mayor hasta cabo Peñas: la cantidad de manchas en esta zona era mayor y las estimas indicaban una cantidad próxima a 300 t.
- Área 3, al norte de Estaca de Bares: esta zona era la de mayor concentración de manchas (las estimaciones de AZTI-Tecnalia indicaban que podrían ser entre 3.000 y 4.000 t). Esta agrupación de manchas es la que suponía un mayor riesgo para la costa vasca en el medio-largo plazo (entre varias semanas y un mes).

En los días posteriores a los avistamientos mencionados, se puso en marcha el dispositivo de limpieza compuesto por 12 barcos pesqueros, en un principio, que iniciaron las operaciones de limpieza en el punto donde se localizaba una agrupación alargada de manchas de fuel de pequeño tamaño, pudiendo recoger 12 toneladas en una jornada. Simultáneamente, se siguieron observando regueros de manchas entre cabo Matxitxako y Elantxobe.

Los días entre el 24 al 27 diciembre se caracterizaron por la ausencia de avistamientos. Sin embargo, el 31 de diciembre el Cedre informó de la arribada de pequeñas manchas de hidrocarburos en las playas de las Landas, de forma que la extensión del impacto del Prestige abarcó, ya desde entonces, tanto las costas gallegas como la totalidad de la cornisa cantábrica y la costa francesa.

Al mismo tiempo, al norte de Estaca de Bares, siguieron observándose manchas de fuel, tanto el día 28 como el 31 de diciembre de 2002, lo cual, junto con las previsiones meteorológicas para los días siguientes auguraban una alta probabilidad de que la contaminación del Prestige llegara, de nuevo, a las costas del País Vasco (Figura 57).



Figura 56. Distribución de la contaminación del Prestige hasta el 23 de diciembre de 2002 en el Cantábrico.

La deriva de las manchas siguió una dirección este, de forma que la flota pesquera destinada a labores de limpieza empezó a recoger los regueros de fuel avistados tanto en las costas de Bizkaia, como en las costas de Gipuzkoa.

Aunque el operativo de limpieza en el mar constituyó un dispositivo eficaz para la retirada de fuel en el mar, sobre el 9 de enero de 2003, se empezaron a producir frecuentes impactos sobre la costa vasca (Figura 58).

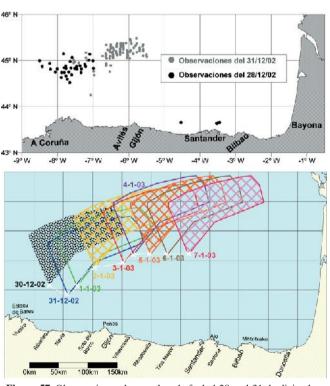


Figura 57. Observaciones de manchas de fuel el 28 y el 31 de diciembre de 2002 (imagen superior) y previsiones realizadas por AZTI-Tecnalia el día 30 de diciembre de 2002 (imagen inferior).

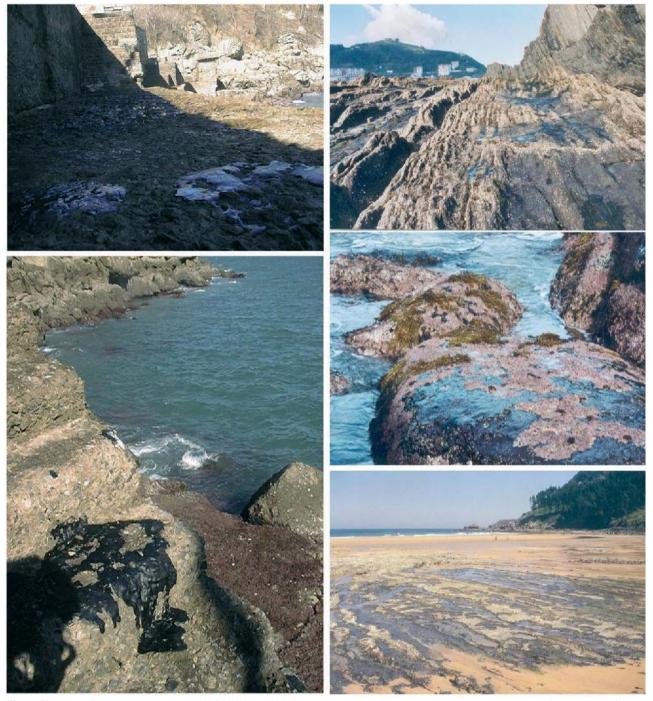


Figura 58. Fotografías de pequeñas manchas de fuel del vertido del Prestige que llegaron a la costa del País Vasco en enero y primeros días de febrero

La parte más castigada por las arribadas de fuel fue la costa de Bizkaia, viéndose afectadas, de oeste a este, las playas de Muskiz, Getxo, Sopelana, Bakio, Bermeo, Ibarrangelu, Ea e Ispaster.

La costa guipuzcoana padeció la primera llegada de fuel a sus costas a mediados de enero, en particular, a las playas de Mutriku, Deba, Zumaia, Getaria, Zarautz y Hondarribia. Las playas vizcaínas y guipuzcoanas, así como diversas calas y acantilados, siguieron recibiendo manchas de fuel.

Por la limitada accesibilidad a las calas y acantilados, las labores de limpieza en costa, se concentraron en las playas.

Los análisis químicos realizados por AZTI-Tecnalia en todas las muestras tomadas entre el 9 y el 11 de enero en las playas de la costa vasca, por los departamentos de Medio Ambiente de las Diputaciones Forales y del Gobierno Vasco confirmaron la procedencia de los hidrocarburos atribuida al vertido del Prestige.

A finales de enero, la deriva de las manchas en el Cantábrico dio lugar a una nueva zonificación de las manchas, concentrándose en las cuatro áreas que se ven en la Figura 59.

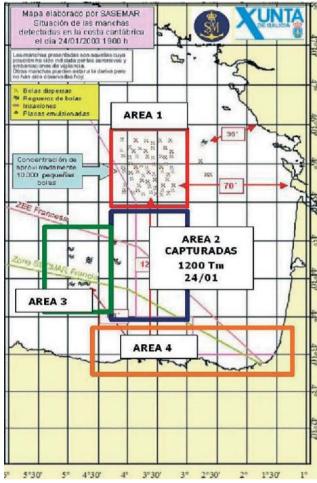


Figura 59. Mapa de avistamientos producido por SASEMAR, con las indicaciones de áreas el 24 de enero de 2003.

- **Àrea 1**: Concentración de aproximadamente 10.000 "bolas" de fuel degradado de diversos tamaños entre el 45° 30'- y 46° 20' N y desde el 3º 10' a 4º 10' W. El límite oriental de este sector se localizaba, aproximadamente a 70 millas de las costas francesas y el frente sur a 130 millas al norte de Santander. Más al este, entre 2° y 2° 30′ W y a la misma latitud también se observaron bolas, aunque en menor concentración.
- Área 2: Al sur del cuadrilátero señalado en el punto anterior, es decir, entre 44° N y 45° 10′ N y 3° 20′ W y 4° 10′ W. A pesar de que los avistamientos aéreos no confirmaban presencia importante de manchas, es destacable que en dicha zona los pesqueros recogieron 1.200 t el día 24 de enero de 2003.
- **Área 3**: Cuadrilátero al oeste del área 2, entre 44° N y 45° N y entre 4° 10′ W y 5° W donde se detectaron hasta 11 regueros de 'bolas'. El tamaño de los regueros era variable, entre 10 x 100 m2 los más pequeños de hasta 500 x 2.000 m2 (4° 09′ W y 44° 37′ N) y de 1.000 x 8.000 m2 (4°16′

- W v 44° 57′ W) los dos más grandes, donde estuvieron trabajando parte de los barcos de Cantabria y País Vasco.
- Área 4: Zonas próximas a las costas donde se detectaron también presencia de regueros y bolas de diversos tamaños.

El día 4 de febrero se informó de que las manchas que impactaban en la costa vasca eran cada vez de mayores dimensiones. Así, el 6 de febrero fue la peor de las jornadas por las abundantes arribadas de fuel degradado. A pesar del esfuerzo de limpieza de los barcos de pesca, los vientos del norte empujaron importantes cantidades de este material contra las costas (Figura 60).



Figura 60. Fotografías de la playa de la Concha en Donostia-San Sebastián en febrero de 2003.

A partir de 6 de febrero, debido a la presencia masiva de manchas de fuel frente a la costas vasca, los dispositivos de limpieza obtuvieron sucesivas capturas récord, llegando a recoger hasta 2.000 t en una jornada (Tabla 3).

Tabla 3. Inventario del material con presencia de fuel recogido entre el 5 y el 8 de febrero de 2003 en la costa del País Vasco y por el dispositivo de lucha contra la contaminación en el mar.

Fecha	Toneladas recogidas en costa	Toneladas recogidas en el mar
5 de febrero de 2003	293	700
6 de febrero de 2003	235	2.000
7 de febrero de 2003	61	1.900
8 de febrero de 2003	40	1.727
Total	629	6.327

Desde que la flota vasca comenzó a retirar fuel del mar hasta el 14 de febrero, se recuperaron 15.720 t y, sólo durante esos 10 últimos días se recogieron 13.020 t. Estas cantidades confirmaban una vez más que la realidad había superado los peores escenarios en cuanto a la cantidad de fuel presente en el mar (Figura 61).

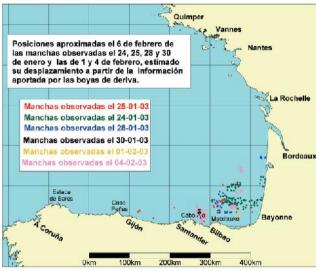




Figura 61. Predicción de la posición de las manchas observadas en días anteriores según su deriva (imagen superior). En la imagen inferior se muestra la trayectoria del avión de inspección contratado por el Gobierno Vasco para el apoyo de las labores de lucha contra la contaminación del dispositivo de pesqueros y, sus observaciones de manchas durante el vuelo. Fuente: Boletín de AZTI-Tecnalia del 6 febrero de 2003.

Debido a las limitaciones que imponía el estado de la mar y el azar en la localización de las manchas, el rendimiento del operativo desplegado para la recogida del fuel fue variable. Esta limitación en parte causó el recrudecimiento de las arribadas de fuel a la costa a finales de febrero. Por ejemplo, se vieron afectadas por el fuel del Prestige prácticamente todas las playas de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, ya que el mal tiempo redujo también la eficacia de las barreras anticontaminación colocadas a la entrada del estuario de Urdaibai.

# Marzo 2003- junio 2003

Como resumen de este período de relativa calma, podría decirse que, a consecuencia de los impactos que se produjeron en el mes de junio, la situación general en las costas del Cantábrico y de Francia, se podría calificar como grave, no tanto por el volumen de material (que en aquel periodo no fue tan grande), sino por la previsión de que la crisis se prolongaría durante todo el verano de 2003 (Figura 62 y Figura 63).

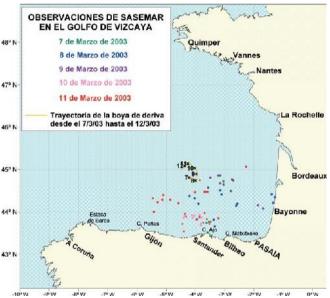


Figura 62. Síntesis de la situación de las observaciones de restos de contaminación del Prestige en el Cantábrico durante la segunda semana de marzo de 2003 y posiciones de la boya de deriva situadas por SASEMAR, CEDRE y AZTI-Tecnalia en el Golfo de Vizcaya el 29 de diciembre de 2002.

El Comité Científico Asesor del Gobierno Central estimó que la cantidad de fuel que permanecía en el pecio en febrero era de 37.500 t (lo que implicaría un vertido desde el accidente, durante y después del hundimiento, del orden de 40.000 t). Los reconocimientos del pecio realizados por el Nautile indicaban un vertido medio de 2 m3.día-1 después del cierre de las grietas en el mes de febrero, reducido a 0,7 m3.día-1 después de las inmersiones de junio. Las autoridades españolas no proporcionaron ningún margen de error, pero la experiencia de casos anteriores ha demostrado que este tipo de evaluación es considerablemente difícil y, el margen de error puede ser importante. En la casi totalidad de otros casos similares, la cantidad realmente vertida al mar demostró ser muy superior a la estimación inicial.

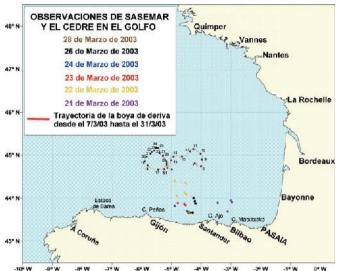


Figura 63. Resumen de los avistamientos realizados la última semana de marzo de 2003.

A pesar del éxito de la lucha en el mar desde el hundimiento hasta finales de febrero, la contaminación en el golfo de Vizcaya continuó siendo importante, superando las estimaciones más pesimistas realizadas por AZTI-Tecnalia.

Desde finales de febrero de 2003 hasta finales de junio de 2003, en las costas españolas del Cantábrico y la fachada atlántica de Francia se retiraron 27.058 t de residuos impregnados de fuel, una cantidad muy superior a la que impactó en las costas desde el momento del hundimiento (noviembre del 2002) hasta finales de febrero, 17.013 t. El 95 % de estos impactos se produjeron en Francia (19.450 t) y en la comunidad de Cantabria (6.344 t). En el País Vasco (545 t) y Asturias (712 t) sólo se recogió el 5 % restante.

A principios de marzo de 2003, los impactos totales en las playas del País Vasco siguieron siendo bajos, pero un primer análisis de los avistamientos corroboró la existencia de una mayor presencia de contaminación por fuel del Prestige que la que se deducía de las modestas cantidades recogidas por el dispositivo de limpieza organizado por el Gobierno Vasco en esos días.

Por tanto, en marzo de 2003 se mantenía una situación similar a la que se dio a principios del mes de diciembre de 2002, cuando la mayor afección se centró en la costa asturiana y cántabra pero, con un mayor desplazamiento de las manchas hacia el norte lo cual provocó un impacto notable en Francia.

La llegada de fuel a la costa del País Vasco la primera semana de marzo de 2003 fue ligera, aunque siguió siendo continuada. Durante estos días de relativa calma, los valores aportados por TRAGSA diferían de los valores reportados por los servicios de limpieza de los departamentos de medio ambiente de ambas diputaciones; produciendose así dificultades añadidas en la cuantificación realista del material contaminante retirado en costa.

A pesar de esta confusión, las cantidades retiradas en costa siguieron siendo un indicador bastante fiable de las arribadas a las playas del País Vasco; guardando, de manera más o menos precisa, una relación con las condiciones de viento y oleaje.

Teniendo en cuenta las cantidades de fuel recuperadas en mar y en costa hasta la fecha, además de una estimación del fuel que pudiera haber alcanzado el fondo marino y la cantidad de fuel en acantilados y calas aún sin retirar; se estimó, que la cantidad total vertida podría estar cerca de 45.000 t, o más. Con esta estimación, la cantidad que permanecía en el mar a finales de marzo podría moverse entre unos cientos de toneladas, en un escenario optimista, e, incluso varios miles de toneladas, en el escenario más pesimista. La ausencia de observaciones aéreas de manchas importantes en abril, reforzaba la hipótesis más optimista.

Sin embargo, la realidad demostró, desde el mes de mayo de 2003, que la situación correspondía al escenario pesimista y, que se trataba de varios miles de toneladas los que restaban en el mar. En mayo de 2003, se produjo un repunte en la llegada de fuel a las playas del País Vasco, pasando de una media de 3,03 t.día-1 durante el mes de abril a 6,82 t.día-1 en la primera quincena de mayo (Figura 64 y Figura 65).

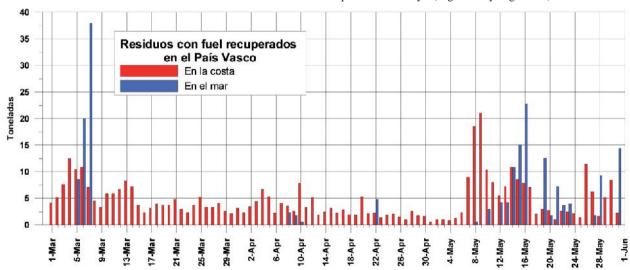


Figura 64. Recogidas en la costa del País Vasco y residuo recogido en el mar por el operativo de lucha contra la contaminación en marzo, abril y mayo de

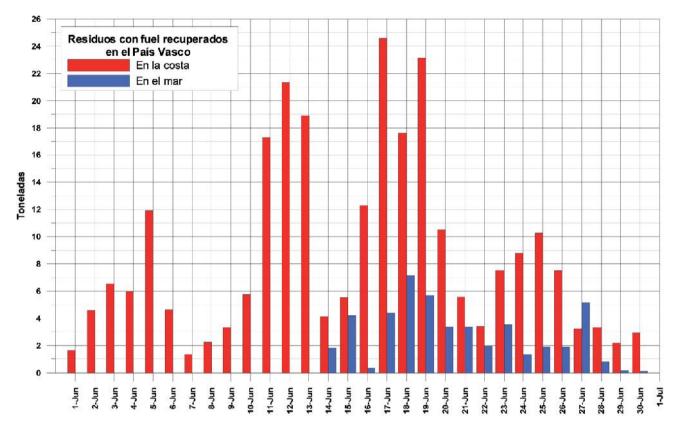


Figura 65. Recogidas en la costa del País Vasco y residuo recogido en el mar por el operativo de lucha contra la contaminación en junio de 2003.

Los avistamientos y recogidas en el mar, en cambio, no fueron muy numerosos en estos meses, por lo que el operativo de la flota pesquera del País Vasco para la recogida en el mar se suspendió el 31 de mayo, aunque se mantuvieron preparados para una posible activación en el caso de que la situación se agravase.

A su vez, se dispuso un pequeño grupo de embarcaciones de bajura de pequeño porte para intentar minimizar el efecto de la contaminación sobre las playas del País Vasco. Este dispositivo recogió 47 toneladas de residuos con presencia de fuel en el mes de junio mientras que, en la costa se alcanzaron las 258 toneladas de restos contaminados.

Este escenario de impactos, tanto en la costa vasca como en Francia, confirmó la presencia de abundantes restos de fuel del *Prestige* distribuidos por todo el golfo de Vizcaya, muy disgregados y de muy difícil localización en mar abierto. Asimismo, según nuestra hipótesis, una gran cantidad procedía de rocas y zonas acantiladas de la costa que no se habían llegado a limpiar y, otra parte, de las entradas de fuel procedente de los dos pecios que fue vertida en enero y febrero de 2003.

#### Julio 2003- octubre 2003

Desde el hundimiento hasta finales de agosto se retiraron un total de 164.631 t de residuos, 109.815 t en costa y 54.816 t en el mar.

Se estimó que a finales de agosto todavía podrían estar presentes en el golfo de Vizcaya entre 8.000 y 15.000 t de fuel,

lo cual indicaría una densidad media de 32 a 60 kg.km<sup>-2</sup> de fuel en el golfo, inferior al umbral visible desde los medios de inspección aérea.

A pesar de los vientos de componente oeste-noroeste de los primeros días de julio de 2003, se mantuvo la tendencia de disminución de las cantidades recogidas en la costa del País Vasco. Además, durante esos mismos días los residuos retirados contenían una mayor proporción de ramas, algas y basuras de origen terrígeno, lo cual parecía indicar que se trataban de restos de fuel acumulados en zonas rocosas de difícil acceso, y que fueron arrastrados por el oleaje (Figura 66 y Figura 67).

Entre los días 19 y 22 de julio, en cambio, se produjo un incremento apreciable en las cantidades recogidas en las costas del País Vasco, especialmente en las playas de Gipuzkoa, mientras que a finales del mismo mes se observó una disminución en el nivel de impactos.

Durante el mes de agosto de 2003 continuó observándose una disminución en los impactos en la costa vasca, alcanzando niveles similares a los de finales de junio y principios de julio y sustancialmente más bajos que durante el repunte de mediados de julio, cuando llegaron a recogerse diariamente más de 20 t de residuos. A pesar de ello, siguieron observándose arribadas esporádicas de restos de fuel de pequeño tamaño a la costa del País Vasco, sobre todo en Gipuzkoa.

Una vez más, entre el 18 y el 22 de agosto se produjo un repunte en la llegada de fuel a las costas del País Vasco (Figura 68).







Figura 66. Imágenes del tipo de manchas recogidas durante una jornada del mes de julio de 2003 por el operativo de lucha contra la contaminación en la zona de cabo Ogoño en las cercanías de Bermeo (Bizkaia).

En septiembre de 2003 fue cuando se recibieron las cantidades más variables en nuestras costas. En la primera mitad del mes de septiembre, en la costa del País Vasco se recogieron 111,66 t de restos impregnados de fuel, con una media de 8 t. día-1. El día 10 de septiembre se alcanzó la máxima cantidad de residuos: 32,46 t, mientras que, pocos días antes, en concreto el 5 de septiembre, se recogió la cantidad menor (2 t).







Figura 67. Imágenes del tipo de manchas recogidas durante una jornada del mes de agosto de 2003 por el operativo de lucha contra la contaminación en la zona de Agiti en las proximidades de Donostia-San Sebastián.



Figura 68. Manchas en las playas de Donostia (en las imágenes superior la playa de La Concha y en las imágenes inferiores la playa de La Zurriola) el 20 de agosto de 2003.

Durante el mes de octubre de 2003, las llegadas de fuel a la costa vasca descendieron respecto a los meses anteriores, de manera que la media de residuos impregnados con fuel recogidos durante el mes de octubre fue de 2,91 t.día-1. En cambio, el dispositivo de limpieza e inspección en el mar recogió como promedio 1,60 t.día-1 de fuel emulsionado (Figura 69).

total 48,19 t de restos impregnados por fuel, 1,6 t.día-1 de media, lo cual confirmaba que los impactos del fuel habían descendido notablemente en los últimos dos meses. Este nivel de impactos bajos se mantuvo durante el mes de diciembre de 2003.

En cuanto al mes de enero de 2004, sólo se dispone de los datos referentes a la primera mitad del mes, en los que los impactos de fuel en las costas del País Vasco siguieron siendo bajos y se limpiaron unas 20 t de residuos impregnados con fuel en todo el mes.

# 5.2. Seguimiento de la deriva de las manchas a través de las bovas

Como ya se ha comentado con anterioridad, la colocación de dos boyas de deriva frente a Llanes (Figura 36) a principios de diciembre de 2002, sirvió en el seguimiento de las manchas los días en los que las condiciones meteorológicas no permitieron avistamientos aéreos, así como para confeccionar y validar los modelos para la predicción de su deriva.

Las dos boyas de deriva fueron lanzadas desde un helicóptero del Servicio de Emergencias del Principado de Asturias sobre manchas de fuel de gran entidad localizadas frente a la costa de Llanes.

Las boyas fueron seguidas desde tierra (Figura 70) durante casi dos semanas, y su deriva se comunicaba a través de la página Web de AZTI-Tecnalia a todos los interesados, sirviendo, entre otros, como referencia para buques de recogida en la zona.

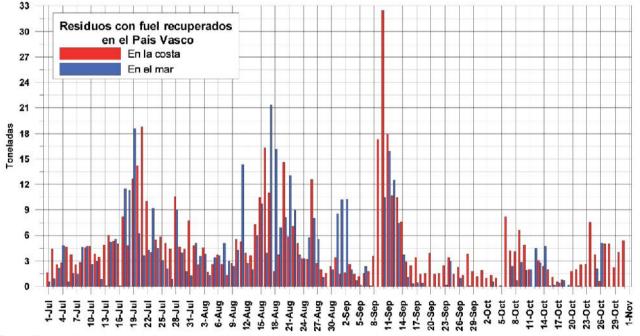


Figura 69. Recogidas en la costa del País Vasco y residuo recogido en el mar por el operativo de lucha contra la contaminación entre julio y noviembre de 2003.

#### Noviembre 2003- enero 2004

A lo largo de la primera semana de noviembre de 2003 se observó una disminución progresiva de los residuos que arribaron a la costa.

Durante el mes de noviembre en el País Vasco se retiraron en

Las boyas utilizadas tienen la ventaja que su seguimiento se realiza mediante comunicación vía radio, de tal forma que, el operador interroga a la boya cuando él lo desea para obtener su posición. Sin embargo, tienen un alcance de seguimiento limitado (algo menos de 100 km) y la necesidad de situar una estación de comunicación con las boyas en las proximidades de la línea de costa para impedir obstáculos que interfieran en la recepción (Figura 71 y Figura 72).





Figura 70. Estación en tierra de la boya de deriva situada en el paseo de Llanes (imagen superior) y boya de deriva en el helicóptero del Servicio de Emergencias del Principado de Asturias (imagen inferior).

Las Figuras 71 y 72 muestran la posición inicial y las trayectorias de las boyas en las fechas de las mayores llegadas de fuel a las costas del Cantábrico, como consecuencia de las condiciones de viento y oleaje que reinaban en aquellos momentos.

Una de las boyas fue recogida por un pesquero de Lastres cuando faenaba, pero después de algunas gestiones, la boya volvió a desplegarse en la zona de interés para su seguimiento. Puede destacarse la deriva neta hacia el este que tuvieron, a principios de diciembre, las primeras manchas que entraron en el Cantábrico, coincidiendo con arribadas moderadas de fuel a las costas asturianas y cántabras.

Posteriormente, tal y como se ha comentado anteriormente en este artículo, se situaron otras dos boyas de deriva al norte de Estaca de Bares (en la entrada suroeste del golfo de Vizcaya). Estas boyas, tipo PRT con seguimiento vía satélite (de pequeño tamaño, con un volumen de unos 2 litros), no requieren mantener personal y equipos en la costa, sin embargo, la frecuencia del posicionamiento de la boya queda supeditada al paso del satélite por la zona donde éstas se ubican. No obstante, se constató que estas boyas son las más adecuadas para el seguimiento de situaciones de este tipo. Es decir, situaciones en donde los vertidos se encuentran en zonas alejadas de la costa y, la duración de su deriva se prolonga, como fue el caso, a lo largo de semanas y meses.

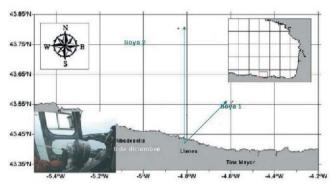


Figura 71. Ubicación inicial de las boyas lanzadas frente a la costa de Llanes por técnicos de AZTI-Tecnalia el 6 de diciembre de 2002.

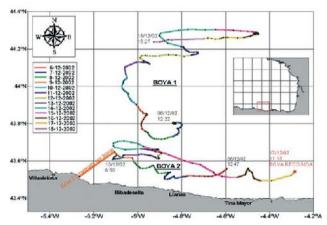


Figura 72. Trayectorias de las dos boyas de deriva colocadas por AZTI-Tecnalia frente a Llanes en diciembre de 2002.

La boya PRT, cuya trayectoria se representa en la Figura 73, se desplegó el 29 de diciembre de 2002 y se mantuvo operativa hasta finales de abril de 2003. En esta misma figura también se ha trazado un esquema hipotético de la entrada de las dos oleadas del fuel al golfo de Vizcaya que se han distinguido. La primera oleada, denotada como 'A' en la imagen, procedió, muy probablemente, del vertido del buque en su trayecto desde el inicio de la crisis, el 13 de noviembre de 2002, hasta su hundimiento el 19 de noviembre. La segunda oleada, denotada como B en la Figura 73, se produjo, probablemente, cuando el buque se quebró en dos partes y con las fugas de fuel de las semanas siguientes.

Tal y como puede observarse en la Figura 73, la trayectoria de aproximación de la boya de deriva al fondo del golfo coincidió con los mayores impactos de restos de fuel en la costa vasca (González, et al., 2005, 2006 y 2008) y constituyó sin duda una de las fuentes de información más importantes para complementar las observaciones aéreas de las manchas y prever su desplazamiento en aquellos días en los que las condiciones meteorológicas impedían los vuelos.

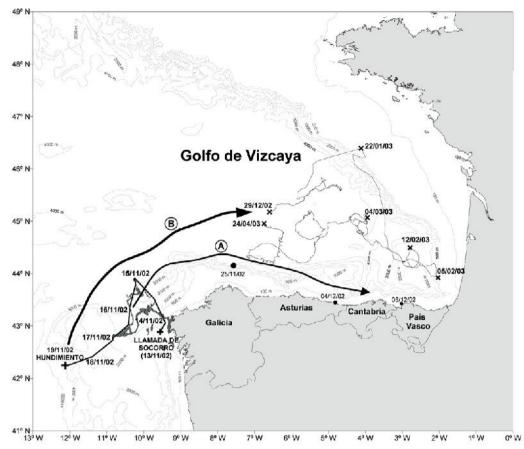


Figura 73. Imagen conjunta de: la trayectoria del accidentado Prestige al noroeste de la costa gallega (desde la llamada de socorro hasta la posición del hundimiento); esquema hipotético de la ruta de las dos oleadas de vertidos A y B al golfo y; trayectoria de la boya PRT (desde el 29/12/2002 hasta el 24/04/2003).

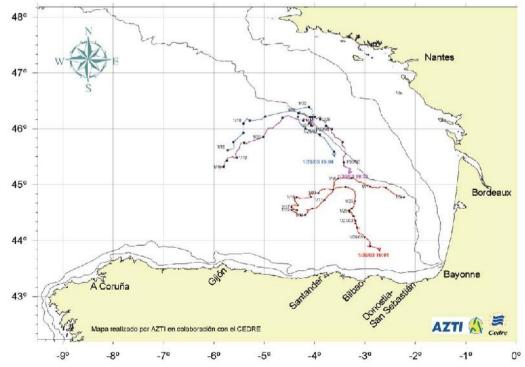


Figura 74. Trayectoria de tres boyas de deriva PRT colocadas en el golfo de Vizcaya durante el mes de enero de 2003, tal y como se mostraban en los boletines redactados por AZTI-Tecnalia durante la crisis.

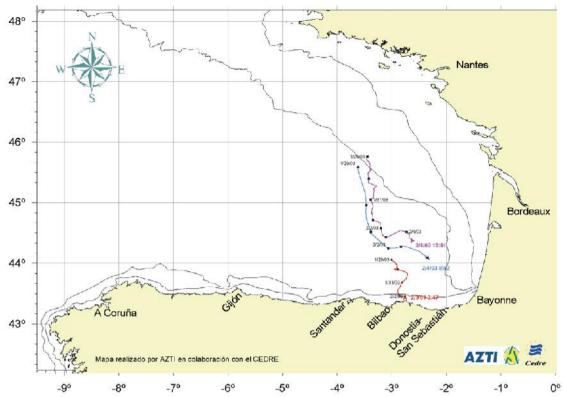


Figura 75. Trayectorias de tres boyas de deriva situadas en el golfo de Vizcaya desde el 29 de enero hasta el 4 de febrero de 2003 tal y como se mostraban en los boletines redactados por AZTI-Tecnalia durante la crisis.

En enero de 2003 se colocaron otras dos boyas PTR en el golfo para aumentar el grado de fiabilidad del comportamiento de las corrientes de deriva y seguir un mayor número de manchas. Estas trayectorias se representaban en mapas, como el de la Figura 74, y se distribuían con urgencia a través de los boletines diários redactados por técnicos de AZTI-Tecnalia.

Fue posible comprobar también, mediante observaciones esporádicas, que las boyas seguían bien la trayectoria del fuel emulsionado. Una prueba anecdótica de ello fue la recogida de una de las boyas, por los propios equipos de limpieza que en ese momento se encontraba retirando fuel del mar. Esta boya, cuya trayectoria puede verse en la Figura 75, se recogió a escasa distancia de cabo Matxitxako.

# 6. Cifras del vertido del Prestige

Pasados 9 meses desde que se produjo el accidente del Prestige, y basándose en los datos disponibles de las cantidades de fuel recogidas hasta ese momento (Xunta de Galicia, Tragsa, Gobierno Vasco, Cedre, etc.), AZTI-Tecnalia realizó una estimación de la carga de fuel que derramó el buque Prestige, a fin de conocer la cantidad de fuel sin recoger presente en el Cantábrico (Tabla 4). El 6 de septiembre de 2003, se estimó que la cantidad total de fuel y residuos impregnados recuperado ascendía a unas 174.000 t, habiéndose recogido sobre todo en costa: 68.187 t en las costas gallegas, 26.050 t en Francia y 17.132 t en Cantabria.

Hay que precisar que estas cantidades totales engloban, además del fuel procedente del Prestige, diversos tipos de residuos; desde flotantes (maderas, basuras y algas), agua (por la emulsión del fuel en el mar) hasta arena y piedras. La proporción de estos residuos era variable, y dependía tanto del lugar de su recogida como del tiempo que llevase el fuel en el mar. Esta cuestión, obviamente, dificultó la estimación del fuel recuperado por los dispositivos de limpieza. Para poder disponer de una estimación que tuviera en cuenta estas cuestiones, se aplicó un factor de conversión, teniendo en cuenta el peso de los distintos tipos de residuos que se retiraron en mar y en costa. A partir de estos cálculos se obtuvo que la proporción de fuel era de entre un 25 % y un 30 % del total de material retirado. Por tanto, se estimó que el fuel total retirado por los dispositivos de limpieza rondaría entre las 43.100 t y las 49.900 t (Tabla 4).

Por otro lado, se tuvo en cuenta que, en los incidentes de derrames, una parte del fuel nunca se llega a recuperar debido a su dispersión en el mar. Es por ello que se estimó que el 1% del vertido se adhirió a los fondos, el 4% en la columna de agua y, otra parte desapareció por procesos de evaporación y degradación. Además, se consideró que, según datos oficiales, entre un 2% y un 10% del fuel vertido por el Prestige se dispersó hacia el sur, entre Portugal y las Islas Canarias. Aplicando estas consideraciones, se estimó que la cantidad de fuel total derramada hasta el 6 de septiembre de 2004 rondaba entre 54.600 t y 59.300 t, lo cual implicaba que en el escenario

más pesimista aún quedaban por retirar unas 22.000 t de fuel en el golfo de Vizcaya, teniendo en cuenta que para la fecha toda la carga del Prestige se hubiese derramado, es decir unas 77.000 t de fuel.

Sin embargo, el 10 de septiembre de 2004, Repsol YPF, tras 5 meses de operaciones de extracción del fuel de los pecios, informó que el hidrocarburo remanente en los tanques del buque tras el hundimiento ascendía a unas 13.800 t, de las cuales se recuperaron 13.704 t mediante técnicas de extracción, y las aproximadamente 100 t que quedaron sin recuperar se trataron por biorremediación.

Aunque las hipótesis iniciales estimaron en unas 40.000 t el fuel remanente en los tanques tras el hundimiento del buque el 19 de noviembre de 2002, las primeras exploraciones realizadas sobre los pecios confirmaron que la cantidad aproximada de fuel presente en los tanques del Prestige se limitaba a unas 14.000 t. Recíprocamente, esto significaba que el vertido producido por el accidente del buque fue de unas 63.000 t de fuel, es decir, aproximadamente un 80% de la carga que transportaba el Prestige.

Puede señalarse que las estimaciones realizadas por AZTI-Tecnalia, en base a los datos sobre las recogidas, en agosto de 2003 no se desviaron mucho de la realidad, ya que el vertido se cifró oficialmente en 63.500 t. La diferencia entre las estimas y el vertido oficial es lo que se consideró como cantidad de fuel en el golfo de Vizcaya por recuperar.

En base a las estadísticas de los datos sobre las recogidas en las distintas comunidades, existen varios hechos claramente diferenciables:

- Por un lado, puede destacarse el alto impacto en costa sufrido tanto en Francia como en Galicia (Figura 76). En esta última comunidad este efecto es lógico, debido a su cercanía al lugar del hundimiento; pero los impactos sufridos en la costa francesa son más llamativos, teniendo en cuenta la distancia que tuvieron que salvar las manchas durante su deriva, sin que ningún dispositivo de limpieza fuese capaz de interceptarlos por el camino, si bien las condiciones de viento y oleaje favorecieron, con gran rapidez, la deriva de gran cantidad de fuel hacia la costa francesa. En este sentido, la efectividad de los dispositivos de recogida de fuel en el mar en Francia y en Galicia no fue muy grande, siendo la proporción de toneladas recogidas en el mar por cada tonelada recogida en tierra muy baja, 0,10 v 0,35, respectivamente.
- Por otro lado, es destacable la elevada cantidad de fuel recogida en el mar por los barcos de la flota vasca, y, en consecuencia, el relativamente menor nivel de arribadas que sufrió la costa vasca durante la crisis. En este sentido, el dispositivo de limpieza del Gobierno Vasco, en el cual AZTI-Tecnalia colaboró, demostró ser la herramienta más eficaz para evitar la arribada de fuel a la costa del fondo del golfo de Vizcaya, convirtiéndose en el mejor mecanismo para hacer frente a la contaminación producida por el accidente del buque petrolero (Figura 77).
- También cabe destacar que un alto porcentaje del fuel recogido en el mar se debió a la intervención de los barcos pesqueros, mientras que el fuel recogido por los buques

anti-contaminación europeos presentes en las costas gallegas y del golfo de Vizcaya tan sólo supuso el 37% de la cantidad total de hidrocarburos recogida en el mar. De esta manera, en el País Vasco se consiguió una proporción superior a 6,5 t de residuos impregnados recogidos en el mar por cada tonelada de residuos recogida en tierra, notablemente superior al resto de las comunidades, lo cual supuso un impacto considerablemente menor en el litoral vasco y muy probablemente en todo el sudeste del golfo de Vizcaya (Figura 78).

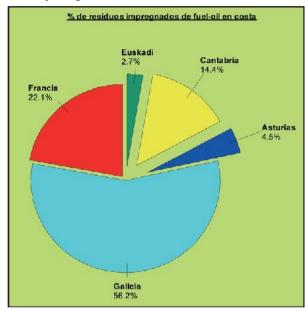


Figura 76. Porcentaje de impactos de fuel recibidos en costa por cada comunidad afectada por el vertido del Prestige y en Francia.

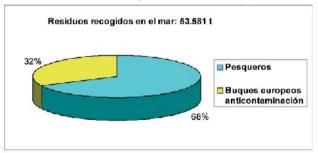




Figura 77. Porcentajes de retirada de fuel relativos a la limpieza de fuel en el mar por comunidades autónomas y en Francia (imagen superior) y el total retirado desglosado en lo recogido por los barcos anticontaminación y los pesqueros (imagen inferior).

En el período comprendido entre el 5 y el 19 de febrero de 2003 la flota de pesqueros del dispositivo de lucha contra la contaminación del Prestige del País Vasco, formado por unos 175 barcos, retiró 16.000 t de residuos en la mar, aproximadamente 3/4 partes del total (Tabla 5). En ese período se movilizaron de media más de 130 embarcaciones con una media de más de 900 personas por día. Es de destacar que por persona y día, en término medio se recogieron 1,43 t de residuos alcanzándose en algunas jornadas valores superiores a 2,5 t. Cada embarcación del dispositivo retiró en promedio durante esta fase de la crisis más de 7,5 t.dia-1, superando las 11 t los días de mayor presencia de fuel, 6 y 7 de febrero de 2003.

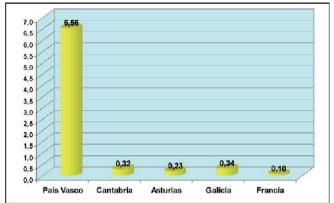


Figura 78. Ratio entre toneladas de residuos con fuel retirados en el mar (incluye lo recogido por buques anticontaminación y pesqueros) y toneladas de residuos retirados en costa durante la crisis del Prestige.

Tabla 4. Inventario de residuos impregnados por fuel del Prestige recogidos desde el inicio de la crisis hasta el 6 de septiembre de 2004.

INVENTARIO RESIDUOS DEL "PRESTIGE"	PAÍS					TOTALES	Equivalente Fuel	Equivalente Fuel
Desde el accidente al 06/09/04	VASCO	CANTABRIA	ASTURIAS	GALICIA	FRANCIA	(t)	Mínimo (t)	Máximo (t)
T retiradas en tierra	3.216	17.132	5.313	68.187	26.050	119.898	22.500	24.000
T retiradas por Buques Europeos		150	470	15.500	1.325	17.445	7.900	9.500
t retiradas en mar (pesqueros)	21.095	5.362	741	7.825	1.383	36.406	12.700	16.400
% fuel retirado en el mar por los pesqueros	57,9	14,7	2,0	21,5	3,8			
% fuel retirado por pesqueros en el golfo de Bizkaia	73,8	18,8	2,6		4,8			
Fuel retirado en Mar/t retiradas en costa	6,56	0,32	0,23	0,34	0,10			
TOTAL RECUPERADO	24.311	22.644	6.524	91.512	28.758	173.749	43.100	49.900
Estimación Fuel en los Fondos (1% del vertido)							600	600
Fuel sin recuperar (10% - 2% del vertido según datos oficiales 63.500 t) 6.400 1.300								
Fuel en la columna de agua (4%)						2.500	2.500	
Evaporación – degradación (5% - 10%)					2.000	2.500		
ESTIMACIÓN TOTAL DEL VERTIDO						54.600	59.300	
TOTAL DEL VERTIDO (datos oficiales tras las extracción de fuel del pecio)						63.500	63.500	
FUEL EN EL MAR SIN RECUPERAR						8.900	4.200	
Estimación del vertido desde el 14 de marzo (cierre grietas Nautile, deriva al Sur -5 <sup>-1</sup> 5 t.día <sup>-1</sup> )					1.800	1.800		
FUEL EN EL MAR SIN RECUPERAR EN EL GOLFO DE VIZCAYA 7.1					7.100	2.400		

PESIMISTA OPTIMISTA

# Resumen y Conclusiones

Un esquema de actuación, basado en la aplicación de métodos y herramientas de Oceanografía Operacional, permitió la puesta en práctica de la idea de que la mejor forma de reducir la probabilidad de impacto de un vertido es la de diminuir el tamaño de su fuente.

Este esquema se basó en la conjunción de la observación y seguimiento directo de las manchas de fuel y el modelado de sus trayectorias más probables, con objeto de mejorar la capacidad de actuación y el rendimiento del operativo de limpieza desplegado para la recogida de fuel en el mar.

Este plan de actuación, basado en una correcta evaluación

del escenario, con amplia coordinación, colaboración científica y difusión de la información, supuso un trabajo intensivo durante las épocas más críticas del vertido del Prestige para la costa vasca y, recíprocamente, permitió una importante mejora del rendimiento de todas las operaciones de recogida de fuel.

Así, el País Vasco fue la única comunidad en la que el tonelaje de fuel recogido en el mar superó ampliamente al recogido en tierra. El ratio conseguido, superior a 6 toneladas de fuel recogidas en el mar por cada tonelada de residuos recogidos en tierra es un hecho nunca logrado en la historia de la lucha contra las mareas negras.

La lucha contra la contaminación en el mar presenta claras ventajas frente a la recogida en tierra en términos de residuos

conta	immacion del l'als vasco.				
Fecha	toneladas recogidas en el mar	Nº de tripulantes	Nº de embarcaciones	toneladas por tripulante	toneladas por embarcación
05/02/2003	700	628	125	1,11	5,60
06/02/2003	2000	792	175	2,53	11,43
07/02/2003	1900	779	164	2,44	11,59
08/02/2003	1727	828	173	2,09	9,98
09/02/2003	628	966	115	0,65	5,46
10/02/2003	1400	1360	153	1,03	9,15
11/02/2003	1400	966	167	1,45	8,38
12/02/2003	925	1355	130	0,68	7,12
13/02/2003	1150	1353	150	0,85	7,67
14/02/2003	1045	1379	170	0,76	6,15
15/02/2003	200	80	26	2,50	7,69
16/02/2003	115	58	18	1,98	6,39
17/02/2003	1210	1379	161	0,88	7,52
18/02/2003	1154	1396	165	0,83	7,00
19/02/2003	522	314	165	1,66	3,17
Promedio	1072	909	137	1,43	7,62

Tabla 5. Resumen de las recogidas en el mar durante el período entre el 5 y el 19 de febrero de 2003 por el dispositivo de lucha contra la contaminación del País Vasco.

totales generados por unidad de peso de fuel recogido, tanto para las etapas de gestión inicial de los residuos (transporte y almacenamiento) como para las posteriores acciones de tratamiento y gestión, incluyendo una potencial revalorización industrial de los residuos.

El papel de apoyo de la Oceanografía Operacional (considerada, en sentido amplio, como toda actividad que comprenda las medidas y modelado hechos en los océanos, mares y atmósfera) a la gestión de la crisis del Prestige en el País Vasco y, en general, en el resto de comunidades afectadas, fue muy representativo, tanto por los métodos aplicados como por los resultados obtenidos.

En este sentido, se ha manejado información meteorológica de diverso origen, combinada, a través de modelos numéricos predictivos, con observaciones directas y mediciones de boyas y estaciones océano-meteorológicas permanentes.

Esto pone de manifiesto la necesidad de mantener estas redes de medida océano-meteorológicas reuniendo datos climatológicos y oceanográficos que permitan la aplicación creciente y contrastada de modelos numéricos predictivos de resolución espacial y temporal adecuadas.

En el caso particular de vertidos similares al vertido del Prestige (hidrocarburos pesados de alta viscosidad) la conjunción de datos de viento (medición y predicción de vientos a nivel del mar) y datos de deriva de boyas se ha mostrado como una de las herramientas más útiles y eficaces para su seguimiento y predicción.

Teniendo en cuenta los éxitos logrados y la experiencia adquirida en esta crisis, se plantean las siguientes recomendaciones y mejoras para el futuro:

- Si bien ha quedado demostrada la capacidad para contribuir a hacer frente a este tipo de vertidos por parte de la comunidad oceanográfica española, especialmente en un marco de colaboración científica, es necesario un mejor entendimiento de necesidades, capacidades y requerimientos entre científicos y gestores, lo cual únicamente puede llevarse a cabo aprovechando los períodos entre crisis.
- Se mantiene un alto grado de provisionalidad y voluntarismo para poder hacer frente a una crisis de las dimensiones de la del Prestige. A pesar de los intentos de los últimos años, aún no se cuenta con un organismo adaptado a la realidad territoral estatal, con capacidad para, al menos, inventariar personal, instituciones, equipamientos, conocimiento y capacidades que en un futuro puedan contribuir a hacer frente a otra eventualidad semejante y para realizar documentación, recapitulación y análisis de las crisis y las acciones realizadas en ellas.
- Deberían introducirse criterios científicos en los diferentes niveles de acción de los planes de contigencias frente a vertidos al mar que permitan, por ejemplo, la toma de datos oceanográficos y meteorológicos específicos en situaciones de emergencia (Salat et al., 2007).
- Es imprescidible y urgente que una parte relevante del conocimiento oceanográfico existente se plasme en herramientas, sistemas y medios adecuados para las necesidades del sector productivo asociado al medio marino (seguridad, vigilancia, salvamento, lucha contra la contaminación, transporte marítimo, autoridades portuarias, sector extractivo, etc.).

- Los modelos numéricos permitieron en gran medida, no sólo realizar previsiones bastante acertadas de la deriva de los vertidos, incluso del escenario esperable a una semana vista; si no también, facilitar la comunicación entre las mesas de crisis y los asesores científicos mediante un soporte visual.
- Gran parte del éxito cosechado en la lucha contra la contaminación del Prestige se debió a la gran mejora del conocimiento y capacidad operativa de los sistemas de predicción meteorológica logrado en las últimas dos décadas. Siguiendo ese ejemplo, se debe avanzar de forma notable en el ámbito de la oceanografía física en España, tanto en la formación de personal, extensión de las redes de medida y observación, desarrollo de sistemas de predicción oceanográficos mediante modelado numérico, etc., que permitan proveer de servicios y beneficios al sector portuario y marítimo.
- La crisis del Prestige pudo tener unas dimensiones notablemente más importantes si no hubiera sido por el éxito de la recogida del vertido en el mar. Tanto en la fase inicial de un vertido fluido muy extenso (en la costa gallega), como en la fase de pequeñas manchas fragmentadas y con el crudo fuertemente envejecido (en el golfo de Vizcaya), la acción de los buques anticontaminación y los pesqueros fue determinante para paliar los efectos sobre el litoral. No obstante, cabe remarcar la importancia y novedad de disponer de un recurso como los pesqueros para hacer frente a este tipo de eventualidades, especialmente por su conocimiento del medio, rapidez y adaptibilidad. Son muy necesarias acciones de formación del personal, adecuación de equipos de recogida de contaminación a las embarcaciones de pesca, desarrollo de medidas de seguridad a bordo, avanzar en la logística de los puertos, etc., para que este recurso pueda estar integrado en los planes de contingencia estatales y autonómicos; especialmente cuando la disponibilidad y cercanía de grandes buques de lucha contra la contaminación no es precisamente muy elevada.
- Aunque el comportamiento de un vertido como el del Prestige en el mar es complejo, la situación en el golfo de Vizcaya fue relativamente sencilla de prever mediante modelado numérico en los meses de diciembre de 2002 y enero y febrero de 2003 ya que, las dimensiones del vertido y sobre todo su fragmentación y amplia extensión permitieron emplear modelos numéricos de dispersión muy sencillos, alimentados casi exclusivamente con datos meteorológicos o a partir de datos de modelos oceanográficos de mesoescala. No obstante, situaciones futuras de menor escala espacial y, con necesidades de resupuesta más exigentes en cuanto a la precisión temporal de las predicciones (similares a la situación de la crisis durante el verano de 2003) exigirán disponer de modelos numéricos de mucho mayor detalle, complejidad y con capacidad para la asimilación de datos oceanográficos, meteorológicos y de observación del vertido en tiempo real.

# **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo muestran su gratitud hacia el equipo editor de la Revista de Investigación Marina y a los revisores del documento el Dr. Xabier Irigoien y D. Julien Mader.

Los trabajos descritos han contado con el apoyo económico de la Mesa Interinstitucional del Gobierno Vasco a través de de distintos instrumentos de financiación, como el Convenio Marco con el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Programa de Investigación Estratégica ETORTEK del Departamento de Industria, Comercio y Turismo, impulsado desde el Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Asimismo, las labores de limpieza desarrolladas en la costa vasca y que se recogen en este trabajo fueron financiadas por Ihobe.

Agradecemos a todas las entidades que colaboraron con AZTI-Tecnalia en las acciones de apoyo a la gestión de la crisis del Prestige y al grupo ESEOO (Establecimiento de un Sistema Español de Oceanografía Operacional). Las actividades en este grupo fueron cofinanciadas por el Programa de Acciones Urgentes del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Cabe mencionar de forma especial nuestra gratitud a SASEMAR y Cedre por la puesta a disposición de AZTI-Tecnalia de medios e información en la crisis del *Prestige*.

Finalmente, el agradecimiento a toda la plantilla de AZTI-Tecnalia, que dejaron tareas en marcha para aprestarse a ayudar en las distintas acciones emprendidas tras el naufragio del Prestige.

Esta es la contribución 457 de la Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia

### Referencias

- Alzaga R., Montuori P., Ortíz L., Bayona J.M., Albaigés J., 2004. Fast solid-phase extraction-gas chromatography-mass spectrometry procedure for oil fingerprinting. Application to the *Prestige* oil spill. Journal of Chromatography A, 1025: 133-138.
- Caballero A., Espino M., Sagarminaga Y., Ferrer L., Uriarte A., González M, 2008. Simulating the migration of drifters deployed in the Bay of Biscay, during the *Prestige* crisis. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 56: 475-482.
- Castege, I., Hemery G., Roux N., D'Elbee J., Lalanne Y., D'Amico F., Mouches C., 2004. Changes in abundance and at-sea distribution of seabirds in the Bay of Biscay prior to, and following the "Erika" oil spill. Aquatic Living Resources, 17: 361-367,.
- CCA (Comité Científico Asesor de la Comisión Interministerial para el seguimiento de los daños ocasionados por el buque Prestige). Informe 1. 10 de diciembre de 2002. CCABP101202. 2 pp. http://otvm.uvigo. es/investigacion/informes/documentos/CSIC/pecio/Informe1.pdf
- CCA (Comité Científico Asesor de la Comisión Interministerial para el seguimiento de los daños ocasionados por el buque Prestige). Informe 7. 29 de enero de 2003. CCA290103. 1 pp. http://otvm.uvigo.es/ investigacion/informes/documentos/CSIC/pecio/Informe7.pdf
- CCA (Comité Científico Asesor de la Comisión Interministerial para el seguimiento de los daños ocasionados por el buque Prestige). Informe sobre neutralización del pecio - Resumen.2003. 11 pp. http://otvm. uvigo.es/investigacion/informes/documentos/CSIC/pecio/Informe8.pdf
- Ferrer L., González M., Grifoll M., Valencia V., Uriarte A. Oceanographic forecast in the basque country region. Vertimar 2007: Symposium on Marine Accidental Oil Spills (Vigo, 5-8 junio 2007).

- González M., Uriarte A., Pozo R., Collins M., 2006. The Prestige crisis: Operational oceanography applied to oil recovery, by the Basque fishing fleet. Marine Pollution Bulletin, vol.53: 369-374.
- González M., Uriarte Ad., Pozo R., Colllins M., Ferrer L., 2005. The Prestige Crisis: operational oceanography applied to oil recovery by the basque fishing fleet and the study of the long-term environmental impacts Oil spills in Marine Ecosystems: Impacts and remediation, ICES CM2005/S:20.
- González M., Ferrer L., Uriarte A., Urtizberea A., Caballero A., 2008. Operational Oceanography System applied to the Prestige oil-spillage event. Journal of Marine Systems, vol.72: 178-188.
- Gilliers C., Le Pape O., Désaunay Y., Bergeron J.P., Schreiber N., Guerault D., Amara R.. 2006. Growth and condition of juvenile sole (Solea solea L.) as indicators of habitat quality in coastal and estuarine nurseries in the Bay of Biscay with a focus on sites exposed to the Erika oil spill. Scientia Marina, 70S1: 183-192.
- Le Hir M. & Hily C., 2002. First observations in a high rocky-shore community after the Erika oil spill (December 1999, Brittany, France). Marine Pollution Bulletin, 44: 1243-1252.
- Salat J., González M., García-Ladona E., Uriarte A. Protocol for oceanographic data acquisition to manage oil spills. Vertimar 2007: Symposium on Marine Accidental Oil Spills (Vigo, 5-8 junio 2007).
- Saco-Álvarez L., Bellas J., Nieto O., Bayona J.M., Albaiges J., Beiras R., 2008. Toxicity and phototoxicity of water-accommodated fraction obtained from Prestige fuel oil and Marine fuel oil evaluated by marine bioassays. Science of The Total Environment, 394: 275-282.
- Navas J.M., Babín M., Casado S., Fernández C., Tarazona J.V., 2006. The Prestige oil spill: A laboratory study about the toxicity of the watersoluble fraction of the fuel oil. Marine Environmental Research 62:





Txatxarramendi ugartea z/g 48395 Sukarrieta (Bizkaia) Tel.: +34 94 602 94 00 Fax: +34 94 657 25 55 Herrera Kaia, Portualdea z/g 20110 Pasaia (Gipuzkoa) Tel.: +34 943 00 48 00 Fax: +34 94 657 25 55 Parque Tecnológico de Bizkaia Astondo bidea. Edificio 609. 48160 Derio (Bizkaia) Tel.: +34 94 657 40 00 Fax: +34 94 657 25 55