

# La exposición a las mareas negras y sus efectos en la salud

Gema Rodríguez-Trigo<sup>a,b</sup>, Jan Paul Zock<sup>b</sup> e Isabel Isidro Montes<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Neumología. Complejo Hospitalario Universitario Juan Canalejo. A Coruña. España.

<sup>b</sup>Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental (CREAL). IMIM. Barcelona. España.

<sup>c</sup>Servicio de Neumología Ocupacional. Instituto Nacional de Silicosis-Hospital Central de Asturias. Oviedo. Asturias. España.

El naufragio del petrolero *Prestige* frente a las costas gallegas no sólo supuso el mayor desastre ecológico en la historia de nuestro país, sino que también propició la exposición de miles de personas que participaron en la limpieza de las zonas contaminadas a compuestos potencialmente tóxicos para la salud. Teniendo en cuenta que la vía respiratoria es una de las principales puertas de entrada de estos compuestos en el organismo, los posibles efectos de estos vertidos preocupan especialmente a los profesionales que nos dedicamos a las enfermedades respiratorias. Sin embargo, la información clínica que tenemos es manifiestamente insuficiente. Por tal motivo se ha elaborado esta revisión. En ella se analizan los estudios científicos realizados a propósito de otros naufragios de petroleros. Finalmente se exponen los datos clínicos y epidemiológicos de las investigaciones publicadas hasta la fecha con ocasión del hundimiento del buque *Prestige*.

**Palabras clave:** Vertidos de fuel. Exposición. Salud.

## Introducción

El 13 de noviembre de 2002, el petrolero monocasco de 30 años de antigüedad *Prestige* lanzó un SOS frente a la costa de Finisterre. Navegaba bajo bandera de conveniencia de Bahamas transportando fuel desde San Petersburgo (Rusia) y Ventspils (Letonia) a Singapur. El 16 de noviembre se observó la llegada de los primeros restos de fuel a la costa gallega. El 19 de noviembre se produjo el hundimiento del barco a 130 millas al sudoeste de Finisterre, y el subsiguiente vertido de parte de las 77.000 toneladas de fuel contenidas en sus depósitos<sup>1</sup>. El petróleo derramado alcanzó de lleno las costas de Galicia y también afectó a las de Asturias, Cantabria y País Vasco, dando lugar a la mayor catástrofe ecológica en nuestro país. La contaminación por fuel afectó a las playas, las zonas rocosas y los fondos marinos. En Galicia tal hecho se produjo de un modo extenso pero heterogéneo, debido a las especiales características geográficas de su costa y a las condiciones climáticas y de las corrientes marinas (fig. 1).

El Fondo de Investigación Sanitaria (Instituto de Salud Carlos III) concedió a G. Rodríguez Trigo la beca de ampliación de estudios 06/90018.

Correspondencia: Dra. G. Rodríguez Trigo.  
San Vicente, 57, 3.º A. 15007 A Coruña. España.  
Correo electrónico: GemaRodriguez@canalejo.org.

Recibido: 12-3-2007; aceptado para su publicación: 20-3-2007.

## Health Effects of Exposure to Oil Spills

The sinking of the oil tanker *Prestige* off the coast of Galicia was not only the worst ecological disaster ever to affect Spain, it also led to thousands of people who participated in the cleanup of the contaminated areas being exposed to potentially dangerous toxic substances.

As the airway is one of the principal routes of entry into the body of these toxic compounds, the possible effects of exposure to such spills is of particular interest and concern to respiratory specialists. The paucity of clinical information available on the subject was the motive for this paper, which reviews the scientific studies undertaken in the aftermath of other accidents involving oil tankers and concludes with a summary of the clinical and epidemiological data published to date on the *Prestige* oil spill.

**Key words:** Oil spills. Exposure. Health.

La limpieza del fuel ha sido una ardua tarea, en la que han participado ampliamente los vecinos de las localidades gallegas afectadas, pero también gentes del resto de la comunidad autónoma, de otras comunidades e incluso de otros países, en una de las mayores muestras de solidaridad colectiva vividas en nuestra historia reciente. Las repercusiones sociales han sido muy importantes, de tal manera que una gran parte de los tripulantes de la flota que faena habitualmente en aguas territoriales gallegas (aproximadamente 28.000) no pudieron pescar y tuvieron que dedicarse a diario durante meses –en algunos casos más de un año– a las tareas de limpieza.

El petróleo es un compuesto de origen orgánico que se extrae de la superficie terrestre y se distribuye a las diferentes partes del mundo por medio de oleoductos o a través de barcos petroleros. El petróleo sin refinar también se denomina “crudo”. En las refinerías el crudo se separa en fracciones ligeras (gas de refinería, gasolina), fracciones medias (queroseno, gasoil) y fracciones pesadas (fuel-oil ligero, fuel-oil pesado, asfalto). El buque *Prestige* transportaba un fuel-oil pesado denominado, en función de su alto contenido en azufre (4%), M100 según la clasificación rusa, número 6 según la clasificación anglosajona y número 2 según la clasificación francesa. Este fuel se caracteriza por su elevada densidad (992,1 kg/m<sup>3</sup> a 15 °C) y viscosidad (615 centistokes a 50 °C y 30.000 centistokes a 15 °C), tiene una

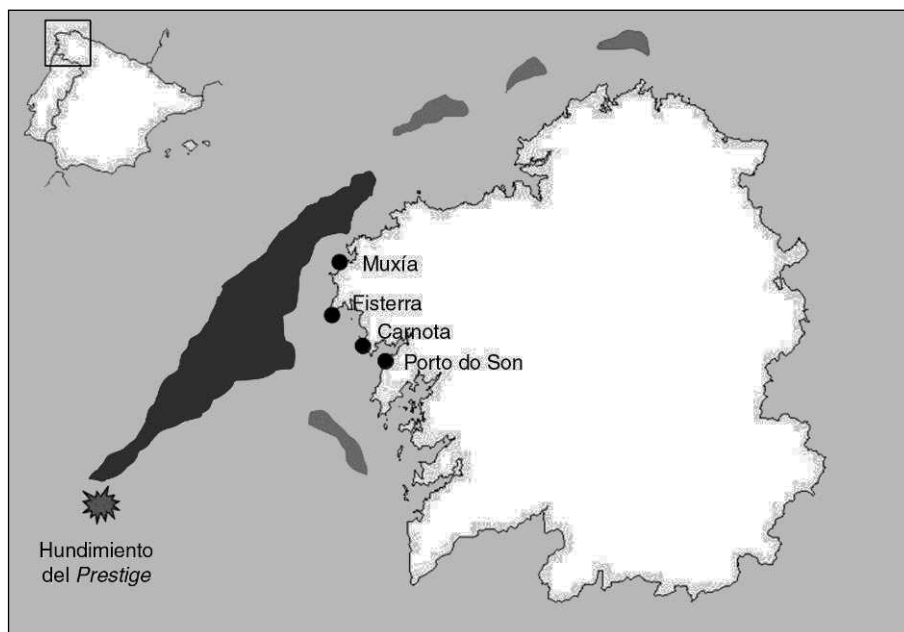


Fig. 1. Mapa de contaminación del vertido de fuel del *Prestige* y localidades incluidas en el estudio de Gestal Otero et al<sup>2</sup>.

baja tendencia a evaporarse y dispersarse, y forma emulsiones estables con el agua. Su capacidad de biodegradación es desconocida (en los primeros meses, probablemente inferior al 10%). Su composición es una mezcla compleja de hidrocarburos, resinas, asfaltos y heteromoléculas, tal como se detalla en la tabla I<sup>3,4</sup>.

Las tareas de limpieza del fuel vertido ocasionaron la exposición a estos compuestos potencialmente tóxicos, que pueden acceder al organismo por 2 vías fundamentales: la cutaneomucosa y la inhalada. También hay que considerar, aunque tiene menor relevancia, la vía digestiva. La cinética posterior es poco conocida. Estudios en animales muestran que los hidrocarburos se distribuyen sobre todo en órganos ricos en grasa y en el pulmón. Su detoxificación da lugar a la formación de metabolitos y conjugados que se eliminan por vía urinaria y fecal, de manera que en general no permanecen en el organismo. Durante el proceso de metabolización se pueden generar moléculas reactivas que se unen al ADN formando aductos.

La exposición aguda a compuestos orgánicos volátiles (COV) puede ocasionar alteraciones neurológicas como cefalea, náuseas, mareos o somnolencia. También puede producir dificultad respiratoria, náuseas, vómitos y dolor abdominal<sup>5,6</sup>. Según la clasificación de la International Agency for Research on Cancer (IARC)<sup>7</sup>, algunos COV presentes en el fuel del *Prestige* (p. ej., el benceno) pertenecen al grupo de carcinógenos humanos probados –grupo 1, muy relacionado con neoplasias hematológicas–. Otros, como el tolueno, etilbenceno o estireno, pertenecen al grupo de posibles carcinógenos humanos –grupo 2B, definido por la evidencia de su actividad carcinógena en animales–. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos pueden dañar piel y mucosas, y tienen capacidad tóxica sobre el sistema endocrino<sup>8</sup>. Estos compuestos se han implicado en la génesis de tumores, sobre todo cutáneos. De los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el fuel del *Prestige* se consideran, según la clasificación de la IARC, probables carcinógenos en humanos (grupo 2A) el benzo-

TABLA I  
Composición del fuel del *Prestige* y toxicidad descrita de sus componentes

	Composición	Toxicidad
Hidrocarburos aromáticos (50%) Resinas y asfaltos (28%) Heteromoléculas con átomos de azufre, oxígeno, nitrógeno, metales pesados (cadmio, plomo, níquel)	Volátiles: benceno, tolueno, xileno  Policíclicos: naftaleno, fenantreno, dibenzotiofeno, fluoranteno, criseno y alquil-derivados  De elevado peso molecular: benzofluorantenos, perileno, benz[a]antraceno, benzo[e]pireno, benzo[a]pireno, etc.	Síntomas agudos (respiratorios, neurovegetativos). Carcinógenos Posibles carcinógenos. Alteraciones endocrinas. Irritantes de piel y mucosas  Probables carcinógenos. Irritantes cutáneos
		Alteraciones endocrinas. Carcinógenos

TABLA II  
Resumen de los principales estudios realizados a lo largo de la historia de los vertidos de fuel

Vertido	Diseño	N	Sujetos	Tiempo transcurrido	Medida de exposición	Hallazgos principales
<i>Exxon Valdez</i> <sup>9</sup>	Transversal	599	Residentes	1 año	No	Ansiedad, estrés postraumático
<i>Braer</i> <sup>10</sup>	Transversal	512	Residentes	8 días	Sí	Cefalea, odinofagia, picor de ojos
<i>Sea Empress</i> <sup>11</sup>	ECR	1.089	Residentes	7 semanas	No	Cefalea, odinofagia, picor de ojos
<i>Nakhodka</i> <sup>12</sup>	Transversal	282	Participantes limpieza	20 días	Sí	Cefalea, odinofagia, picor de ojos
<i>Erika</i> <sup>13</sup>	Transversal	1.465	Participantes limpieza	1 mes	No	Cefalea, dermatitis, irritación ocular, problemas respiratorios, náuseas

ECR: estudio de cohortes retrospectivo.

[a]antraceno, el benzo[a]pireno y el dibenzo[a,h]antraceno, y posibles carcinógenos en humanos (grupo 2B) el naftaleno, el benzo[b]fluoranteno, el benzo[j]fluoranteno y el benzo[k]fluoranteno. Los metales pesados también tienen propiedades carcinógenas y pueden afectar al sistema endocrino. No hay estudios que hayan explorado los efectos a largo plazo de la exposición a esta mezcla de sustancias tóxicas, con la posibilidad de interacciones entre ellas y de mayor o menor susceptibilidad genética según los individuos.

Diversas sociedades científicas y asociaciones ecologistas valoraron el impacto de esta catástrofe como un problema sanitario y de salud pública, además de ecológico y económico.

### Información obtenida en mareas negras anteriores

En las últimas décadas se han producido numerosos accidentes de grandes petroleros frente a las costas de diferentes países. Con el fin de evaluar las consecuencias que la exposición a los vertidos tiene en la salud de las poblaciones afectadas, se realizaron diversos estudios epidemiológicos, cuyos métodos y hallazgos principales se resumen en la tabla II<sup>9-13</sup>.

#### Exxon Valdez (*Alaska*, 24 de marzo de 1989)

Éste es el primer naufragio del que se tiene cierta información científica. Se derramaron más de 40.000 toneladas de fuel y en su limpieza participaron más de 11.000 personas. Un informe del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) aporta datos sobre las peticiones de indemnización que realizaron los trabajadores: 1.811, de las cuales 800 (44%) fueron por problemas traumáticos (cortes, esguinces, contusiones), 264 (15%) por problemas respiratorios y 44 (2%) por dermatitis<sup>14</sup>. Las investigaciones en torno a este vertido se centraron en las repercusiones sobre la salud mental. Éste es el caso del estudio epidemiológico transversal de Palinkas et al<sup>9</sup>. Mediante la utilización de cuestionarios, en una muestra de 599 varones y mujeres estudiados un año después del vertido, observaron en los expuestos una probabilidad 3,6 veces mayor de presentar un trastorno de ansiedad generalizado; 2,9 veces mayor de presentar síndrome de estrés postraumático, y 2,1 veces mayor de tener una puntuación elevada en la escala de depresión.

#### Braer (*Escocia*, 5 de enero de 1993)

Este buque naufragó en el sudoeste de las islas Shetland y contenía 85.000 toneladas de fuel. Una fuerte racha de vientos en la zona durante los días siguientes al naufragio produjo una importante contaminación de la costa. Tres días después del vertido se midió el flujo espiratorio máximo (FEM) a los niños de 5 a 12 años residentes en un radio de 5 km. La medición se repitió una segunda vez entre 9 y 12 días después del vertido, junto con la realización de una espirometría forzada. Participaron 44 niños en la primera medición (79%) y 56 (92%) en la segunda. Los valores obtenidos inicialmente estaban dentro del rango de referencia, incluso en los niños asmáticos, y no se observó deterioro posterior de la función pulmonar<sup>15</sup>. Campbell et al<sup>10</sup> realizaron un estudio transversal de 420 expuestos (residentes en un radio de 5 km del accidente) y 92 no expuestos (residentes de Hillswick, 95 km al norte de la zona afectada) 1-2 semanas después del naufragio. Emplearon un cuestionario sobre síntomas antes (2 semanas) y después del accidente, medición del FEM, determinación de hemograma, perfil renal y hepático en sangre, medición de glucosa, proteínas, hematíes y marcadores de exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos en orina. La tasa de respuesta fue del 66% y se realizó seguimiento telefónico de los que no respondieron. En comparación con los síntomas referidos 2 semanas antes del naufragio, en los expuestos se observó una mayor prevalencia de cefalea, dolor de garganta, dermatitis y picor de ojos después del accidente. Las diferencias para síntomas como diarrea, náuseas, sibilancias, tos y dolor torácico fueron mucho más sutiles. Al compararlos con los controles, en las personas expuestas se observó una mayor prevalencia de cefalea, dolor de garganta y picor de ojos. Los síntomas se iniciaron mayoritariamente al día siguiente del naufragio y en el 97% de los casos se habían resuelto al cabo de una semana. No se encontraron diferencias en el FEM ni en las determinaciones en sangre y orina. Únicamente se detectó más ácido hipúrico urinario en los expuestos, lo que podría reflejar exposición a tolueno. Los mismos autores<sup>16</sup> volvieron a evaluar las 2 cohortes (344 de los 420 expuestos y 77 de los 92 controles) al cabo de 6 meses mediante un cuestionario amplio y repitieron las mediciones de FEM y de marcadores en sangre y orina. Los expuestos mostraron una peor percepción de su salud y una mayor prevalencia de irritación de garganta y

disnea que los controles. No se encontraron diferencias en las mediciones de función pulmonar ni en las determinaciones analíticas.

Respecto a esta catástrofe cabe destacar la rapidez en la realización del estudio tras el vertido y la buena tasa de respuesta. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los resultados pudieron verse afectados por sesgos de memoria y notificación. Por otro lado, las mediciones funcionales y de marcadores biológicos fueron probablemente poco sutiles para detectar efectos.

En relación con el vertido del buque *Braer* también se realizó un estudio dirigido a evaluar el daño genético primario que pudo derivarse de la exposición, mediante la cuantificación de aductos de ADN, así como la frecuencia de eventos genéticos inducidos por ese daño primario (daño citogénico o mutaciones genéticas)<sup>17</sup>. Para ello se analizaron muestras de 20 expuestos extraídas en el momento agudo, a las 10 semanas y a los 10 meses de la máxima exposición, que se compararon con 7 controles. La cantidad de aductos de ADN y los eventos genéticos fueron similares en los diferentes momentos de exposición. Tampoco se encontraron diferencias entre expuestos y controles.

#### Sea Empress (*Gales, 15 de febrero de 1996*)

Este petrolero contenía más de 130.000 toneladas de crudo, de las cuales se derramaron unas 72.000, que contaminaron 200 km de costa. Lyons et al<sup>11</sup> efectuaron un estudio de cohortes retrospectivo para evaluar el impacto agudo sobre la salud física y psicológica de los afectados. Para ello repartieron un cuestionario por correo 7 semanas después del accidente. Esta encuesta contenía un diario de salud retrospectivo referido a las 4 semanas posteriores al accidente y una lista de síntomas utilizada en el estudio del *Braer*. Se distribuyó entre 539 sujetos residentes en la zona costera afectada (expuestos) y 550 residentes de una zona de la costa no afectada (no expuestos). La tasa de respuesta fue elevada (69%) y similar en las zonas afectadas (68%) y no afectadas (70%). Después de ajustar por edad, sexo, tabaquismo, ansiedad y preocupación por los efectos, se demostró una asociación entre la exposición al vertido y cefalea (*odds ratio* [OR] = 2,35; intervalo de confianza [IC] del 95%, 1,56-3,55), dolor ocular (OR = 1,96; IC del 95%, 1,06-3,62) y dolor de garganta (OR = 1,70; IC del 95%, 1,12-2,60). En este estudio no se realizó seguimiento posterior ni determinación de marcadores biológicos.

#### Nakhodka (*Japón, 2 de enero de 1997*)

Este petrolero ruso, que contenía 19.000 toneladas de fuel número 6, naufragó en el nordeste de las islas Oki, en el mar de Japón, y derramó más de 6.000 toneladas, que contaminaron fundamentalmente la costa oeste del país nipón. El vertido afectó a una zona poco accesible y la limpieza se realizó de modo manual con la ayuda de cubos y palas. Morita et al<sup>12</sup> realizaron un estudio epidemiológico para valorar los efectos agudos de la exposición en los participantes en la limpieza. Los autores

señalan que las mediciones ambientales de hidrocarburos y sus componentes (máxima el día 15 de enero; 1,51 ppm), de partículas suspendidas (máxima el 18 de enero; 0,088 mg/m<sup>3</sup>) y de azufre (< 0,001 ppm) no superaron en ningún momento los límites aceptados para exposiciones ocupacionales. Cuatro sujetos portaron medidores personales de carbón activado durante 2 h de trabajo en la limpieza del fuel el 31 de enero. Las concentraciones de benceno, tolueno y xileno estuvieron muy por debajo de las consideradas tóxicas. Enfermeras de salud pública entrevistaron, 20 días después del vertido, a 282 residentes del área contaminada, utilizando como instrumento un cuestionario que incluía detalles sobre la participación diaria en las actividades de limpieza, exposición directa al fuel, estado de salud y síntomas tras la exposición. Además, en 95 participantes se recogieron muestras de orina al terminar la jornada de trabajo para la determinación de metabolitos derivados de la exposición a hidrocarburos (ácido hipúrico para el tolueno; ácido metilhipúrico para el xileno, y ácido transtrasmucónico para el benceno). La mayoría de los participantes superaban los 40 años. Los varones trabajaron en las actividades de limpieza una media de 4,7 días, y las mujeres, 4,4 días. Más del 40% de los sujetos limpiaron sólo uno o 2 días, y únicamente un 17% más de 10 días. Se produjo contacto directo con el fuel, sobre todo en la cara y los brazos. En cuanto a las medidas de protección, todos utilizaron guantes, y menos de un 30%, gafas. El uso de mascarilla fue muy superior en las mujeres (87%). Los varones sólo la emplearon en un 35% de los casos. Los síntomas más frecuentes fueron dolor de espalda y piernas (un 34% en varones y un 38% en mujeres), cefalea (un 9% en varones y un 28% en mujeres), picor de ojos (el 21% de los varones y el 36% de las mujeres) y picor de garganta (el 13% de los varones y el 21% de las mujeres). La prevalencia, el número y la duración de los síntomas se relacionaron con el número de días de trabajo. Los principales factores de riesgo para desarrollar síntomas fueron ser mujer, el número de días de trabajo y el contacto directo con el fuel. De las determinaciones de metabolitos de hidrocarburos en orina, sólo 3 participantes presentaron concentraciones ligeramente elevadas de ácido hipúrico, que se habían normalizado en una segunda determinación 4 meses después.

Como se ha descrito, este estudio también se centra en síntomas en fase aguda. En él se midió exhaustivamente la exposición, pero tiene el inconveniente de que no se utilizó un grupo control.

#### Erika (*Francia, 12 de diciembre de 1999*)

El petrolero naufragó a 55 km de la punta de Penmarch, en la costa sur de la Bretaña francesa. Contenía 28.000 toneladas de fuel pesado número 6, que llegó a la costa el 24 de diciembre. Schvoerer et al<sup>13</sup> efectuaron un estudio epidemiológico transversal mediante cuestionario autoadministrado, que se envió por correo a 3.669 personas –voluntarios y trabajadores contratados– que participaron en las tareas de limpieza antes del 17 de enero de 2000. La selección de la población de estudio

se basó en listas parciales de participantes en la limpieza que proporcionaron algunos ayuntamientos afectados. La tasa de respuesta fue baja (43%), con datos de 1.465 personas. El 7,5% refirió haber presentado heridas y el 53% algún problema de salud. Los más frecuentes fueron: dolor lumbar (30%), cefalea (22%) y dermatitis (16%). En menor medida se detectaron irritación ocular (9%), problemas respiratorios (7%) y náuseas (6%). La duración de las actividades de limpieza se identificó como factor de riesgo para todos los problemas de salud.

Como limitaciones a esta investigación cabe señalar la ausencia de grupo control y el uso de listas parciales, que impiden definir correctamente la población de estudio, lo cual, unido a la baja tasa de respuesta, dificulta la generalización de los resultados. También hay que considerar posibles sesgos de notificación y de memoria.

En este vertido se llevaron a cabo estimaciones del riesgo teratogénico o cancerígeno a largo plazo, que se consideraron despreciables, excepto en el caso de los limpiadores de aves, en quienes se observó un ligero aumento del riesgo de desarrollar cáncer cutáneo<sup>18</sup>.

Para concluir este apartado, es preciso decir que los estudios realizados para valorar la repercusión sobre la salud de la exposición a vertidos de fuel se han centrado en efectos agudos o a corto plazo, en términos de síntomas y con diversas limitaciones metodológicas. En pocos casos se ha cuantificado la exposición. Sólo un estudio evaluó de forma muy rudimentaria la función pulmonar y otros marcadores biológicos. De manera uniforme, en todas las investigaciones se describe una asociación entre la exposición aguda al vertido y la presencia de síntomas neurovegetativos e irritativos de la piel, los ojos y la garganta.

### **El caso del *Prestige*.** **Datos científicos iniciales**

Los primeros datos sobre los efectos derivados de la exposición al fuel del *Prestige* pueden obtenerse del registro de consultas atendidas por el Plan Sanitario Combinado del Servicio Galego de Saúde<sup>19</sup>. Entre el 29 de noviembre de 2002 y el 27 de enero de 2003 se atendieron 955 consultas. La mayoría (66%) correspondía a varones y en el 85% de los casos se movían en una franja de edad entre los 16 y 45 años. Los problemas de salud más frecuentes fueron irritación de ojos (14%), cefalea (13,5%), irritación faríngea (13%), traumatismos (8%), náuseas y vómitos (9%), dificultad respiratoria (10%), dermatitis (7%), dolor de espalda (7%), deterioro del nivel de conciencia (4%), dolor abdominal (4%) y herida por corte (4%).

Gestal Otero et al<sup>2</sup> llevaron a cabo un estudio epidemiológico longitudinal con seguimiento de 5 días en trabajadores contratados y voluntarios. El trabajo de campo se desarrolló entre el 25 de marzo y el 31 de mayo de 2003 (4 a 6 meses tras el vertido). La muestra estudiada (858 sujetos) en zonas de alta contaminación –Porto do Son, Carnota, Fisterra y Muxía– (fig. 1) incluía a 244 voluntarios de un día, 322 voluntarios de una semana, 186 trabajadores contratados para la lim-

pieza de playas (4 meses; 6,5 h/día) y 106 trabajadores de limpiadoras con agua a presión (HL) (3 meses; 6,5 h/día). A continuación se comentan los aspectos fundamentales del estudio.

### *Caracterización de la exposición*

*Exposición percibida.* Se evaluó mediante cuestionario y reveló que, aunque la mayoría de los participantes refirió haber usado equipos de protección individual (guantes, botas, traje de cobertura, traje impermeable y mascarilla), también la mayoría comió, bebió y fumó en la zona contaminada.

*Exposición ambiental.* Se utilizaron dosímetros individuales para COV. Las mediciones mostraron, en el peor de los casos (voluntarios a finales de abril), concentraciones equivalentes a las de ciudades muy contaminadas como Atenas o México DF, con predominio de hidrocarburos ligeros como benceno, n-heptano, tolueno y n-octano. Las concentraciones de benceno fueron elevadas (voluntarios: 388  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; trabajadores: 115  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) teniendo en cuenta que el valor medio anual recomendado no debe exceder los 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (directiva 2000/69/CE).

*Exposición interna.* Se determinaron metabolitos de hidrocarburos en orina (1-hidroxipireno y  $\epsilon$ -hidroxifenantrenos) y metales pesados en sangre. En el grupo de voluntarios, que no tenían antecedentes previos de exposición, se observó un incremento del 40% en las concentraciones de 1-hidroxipireno y del 55% en las de  $\epsilon$ -hidroxifenantrenos en orina entre el primer y quinto días de trabajo. Como reflejo de la exposición previa acumulada, los trabajadores tenían concentraciones basales más elevadas y no mostraban cambios significativos entre las 2 determinaciones. En este grupo se observaron valores significativamente superiores de aluminio y níquel en relación con el grupo control (voluntarios antes de iniciar los trabajos)<sup>20</sup>.

### *Evaluación de los síntomas agudos*

Mediante un cuestionario de autopercepción de daños se observó que los problemas de salud más frecuentes en los voluntarios, sin tener en cuenta los traumatismos, fueron cefalea (19%), dolor lumbar (15%) y mareos (11%); con menos frecuencia dermatitis (4%) y problemas respiratorios (4%). Los trabajadores referían molestias de espalda (30%), cefalea (12%), irritación de ojos (10%), molestias de garganta (9%) y problemas respiratorios (4%). Según notificaron de modo retrospectivo, la frecuencia de estos síntomas era la misma que en los meses previos al estudio. El contacto directo con el fuel en el primer día de trabajo se relacionó con un mayor número de accidentes, problemas respiratorios, musculares y de piel y mucosas.

### *Toxicidad genética*

Los estudios de toxicidad genética se efectuaron en 60 voluntarios que limpiaron playas tras 5 días de trabajo, 60 trabajadores de playa y 60 trabajadores de HL,

comparándolos con 60 sujetos controles externos. Se utilizó la prueba del cometa, que evalúa roturas de cadena sencilla en el ADN. En esta prueba se tienen en cuenta 3 variables: el porcentaje de ADN en la cola del cometa (en inglés, *DNA tail*), que es proporcional a la frecuencia del daño ocasionado; la longitud de la cola, que se relaciona con el tamaño de los fragmentos y es proporcional a la cantidad de roturas y sitios álcálicos, y por último, el momento de la cola del cometa, que es producto de las 2 anteriores. En este estudio se observó un aumento significativo del daño en el ADN en los 3 grupos expuestos para las 3 variables (porcentaje de ADN en la cola del cometa, longitud de la cola y momento de la cola), si bien fue más importante en los voluntarios de playa, coincidiendo con el grado de exposición a COV. Según los autores, el tipo de daño detectado es fácilmente reparable.

En un subgrupo de 25 voluntarios de playa tras 5 días de trabajo a razón de 4 h/día, 20 trabajadores de playas (4 meses; 6,5 h/día), 23 trabajadores de HL (3 meses; 6,5 h/día) y 42 controles externos<sup>21</sup>, se realizó también la determinación de micronúcleos y la prueba de intercambio de cromátidas hermanas como medidas de toxicidad genética. Al interpretar los resultados hay que tener en cuenta que el porcentaje de fumadores en los controles era significativamente menor (24%) que en los expuestos (42%), y que tampoco son equiparables los grupos en cuanto a edad y sexo. No se observaron diferencias en la determinación de micronúcleos y, aunque los trabajadores de HL presentaban mayor frecuencia de intercambio de cromátidas hermanas, esta diferencia no se mantenía al analizar sólo a los no fumadores. No se apreció una clara reducción del efecto en los sujetos que utilizaron mascarilla durante las tareas de limpieza.

Cabe comentar aquí el trabajo de Laffon et al<sup>22</sup> sobre el posible daño genotóxico agudo en voluntarios de la Universidad de A Coruña que limpiaron y realizaron autopsias de aves contaminadas por el fuel. Utilizaron la prueba del cometa y el análisis de micronúcleos en 34 de ellos y los compararon con 35 sujetos control. Para cuantificar la exposición se midieron los COV en el aire de la estancia donde se llevó a cabo el trabajo y se contabilizó el número de horas de trabajo (el 35% de los sujetos trabajó menos de 150 h; el 29% entre 150 y 500 h, y el 35% más de 500 h). Las concentraciones de COV no excedieron los 200 µg/m<sup>3</sup>, valores equivalentes a los de ciudades poco contaminadas, con cifras de benceno de 1,6 mg/m<sup>3</sup>. La longitud de la cola fue superior en los expuestos y se relacionó con el tiempo de exposición. No se encontraron diferencias en el análisis de micronúcleos. Los autores también analizaron el genotipo de los individuos y observaron que los portadores de los polimorfismos de reparación del ADN XRCC1 399G/I o APE1 148Glu tenían mayor riesgo de presentar daño secundario a la exposición al fuel.

#### *Toxicidad endocrina e inmunológica*

En estos estudios se utilizaron como control las muestras de sangre de un grupo de voluntarios antes de

iniciar los trabajos de limpieza. Se cuantificaron los valores en sangre de interleucinas-2, 4, 6 y 10, factor de necrosis tumoral alfa e interferón gamma. Los trabajadores presentaron un descenso de linfocitos CD4 y aumento de linfocitos CD8, así como de interleucinas-2, 4 y 10 e interferón gamma. De manera poco uniforme en los grupos estudiados, se detectaron algunas alteraciones en el sistema endocrino en mujeres trabajadoras (aumento de las concentraciones de prolactina) y en trabajadores de HL (descenso de los títulos de cortisol plasmático)<sup>20</sup>.

#### *Problemas agudos de salud*

Para finalizar este recorrido por las investigaciones sobre el *Prestige* publicadas hasta la fecha, se abordará a continuación el estudio transversal realizado por Suárez et al<sup>23</sup>, cuyo objetivo era evaluar los problemas agudos de salud ocasionados por el vertido. Se utilizó un registro aproximado, abierto por las autoridades de Salud Pública, de las personas que participaron en la limpieza en Cantabria y Asturias. Incluía a voluntarios, marineros, trabajadores contratados y limpiadores de pájaros (4.117 en Asturias y 3.621 en Cantabria). Los autores realizaron un muestreo aleatorio, estratificado por tipo de trabajo y número de días de trabajo, y la muestra final fue de 799 sujetos (135 limpiadores de pájaros, 266 voluntarios, 265 trabajadores contratados y 133 marineros). A través de un cuestionario telefónico, realizado 7 meses después del naufragio, evaluaron las características de la exposición, los problemas agudos de salud y el uso de medidas de protección. Los trabajadores contratados y los marineros fueron los colectivos que realizaron actividades de limpieza durante períodos más prolongados. Casi la mitad de los sujetos declaró haber percibido olores desagradables (en proporción más elevada los marineros). La prevalencia global de síntomas no fue muy elevada: lesiones (7%), dolor de espalda (5%), cefaleas (8%), síntomas oculares (8%), síntomas neurovegetativos (11%), problemas de garganta y respiratorios (8%). A diferencia de otros estudios<sup>11</sup>, los problemas cutáneos fueron excepcionales. Un elevado porcentaje de marineros (49%) comió en contacto con el fuel. Este grupo fue el que presentó una mayor prevalencia de síntomas, sobre todo picor de garganta y problemas respiratorios (el 30% de los marineros entrevistados) y cefaleas (28%). El síntoma más frecuente en los trabajadores contratados fueron las cefaleas (16%); en los limpiadores de pájaros, las lesiones como cortes o ampollas (19%), y en los voluntarios, los síntomas neurovegetativos como náuseas y vómitos (11%). En los limpiadores de pájaros, las lesiones se asociaron con la duración del período de trabajo (OR = 27,69 para períodos mayores de 20 días) y con la rotura de guantes (OR = 11,10). Los factores de riesgo para presentar efectos tóxicos (cefaleas, irritación ocular, síntomas neurovegetativos, picor de garganta y problemas respiratorios) fueron: trabajar más de 20 días en zonas de alta contaminación, realizar 3 o más actividades de limpieza, haber tenido contacto cutáneo con el fuel y percibir olores desagradables.

TABLA III  
Resultados principales de los estudios publicados sobre el vertido del *Prestige*

Estudio	Diseño	N	Tiempo transcurrido (meses)	Síntomas agudos	Otros hallazgos
Gestal Otero et al <sup>2</sup>	Longitudinal	858 (PL)	4-6	Cefalea, irritación ocular y garganta, respiratorios	↑daño ADN ↓CD4, ↑CD8 ↓IL-2, IL-4, IL-10, INF- $\gamma$
Suárez et al <sup>23</sup>	Transversal	799 (PL)	7	Cefalea, irritación ocular y garganta, respiratorios	

IL: interleucina; INF: interferón; PL: participantes en la limpieza.

En un artículo posterior<sup>24</sup>, los autores aportan más datos de este estudio en relación con la información sanitaria recibida antes de la participación en la limpieza, el uso de medidas de protección y los problemas agudos de salud. El colectivo que recibió mayoritariamente información sanitaria fue el de los trabajadores contratados (94%), mientras que los menos informados fueron los marineros (68%). La información sanitaria se asoció con el uso de medidas de protección. Las personas que no habían recibido esa información presentaron un exceso de riesgo para todos los síntomas, sobre todo picor de ojos (OR = 2,67; IC del 95%, 1,13-6,28), síntomas neurovegetativos (OR = 2,09; IC del 95%, 1,07-4,08) y problemas respiratorios y de garganta (OR = 2,08; IC del 95%, 1,02-4,24). Los marineros, que constituyen el grupo más expuesto al fuel, fueron los menos informados y los que presentaron una frecuencia más elevada de problemas agudos de salud.

## Conclusiones

Al igual que en el caso de otras mareas negras, los estudios que valoraron efectos sobre la salud de la exposición al fuel del *Prestige* se realizaron en la fase aguda y muestran fundamentalmente síntomas neurovegetativos, irritativos de piel y mucosas y respiratorios (tabla III). En la evaluación de síntomas, las 2 investigaciones recién comentadas se centraron en una población seleccionada expuesta, sin incluir un grupo control, lo que limita la fortaleza de los resultados. Aunque en el estudio de Suárez et al<sup>23,24</sup> parece observarse una relación entre el grado de exposición y los síntomas, esto no ocurre en el estudio de Gestal Otero et al<sup>2</sup>, en el cual se realizó cuantificación ambiental individual e interna de la exposición. Es importante destacar que el colectivo de marineros pudo haber estado especialmente afectado. En cuanto a las determinaciones biológicas, los resultados en los diferentes grupos de sujetos estudiados no son uniformes, lo que aconseja una interpretación cautelosa. Lo más destacable es el aumento de daño en el ADN. La repercusión de este hallazgo está por aclarar, para lo que se requiere un seguimiento longitudinal de los sujetos expuestos que permita determinar si ese daño ha sido reparado o ha dado lugar a la generación continua de nuevas anomalías cromosómicas en el tiempo (inestabilidad cromosómica), lo que supondría un aumento de riesgo de cáncer. Lo mismo sucede con las alteraciones inmunológicas observadas, que podrían indicar una reacción inflamatoria sistémica que también habría que valorar longitudinalmente.

Ante el naufragio del buque *Prestige*, en diciembre de 2002 la Junta Directiva de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) promovió la creación de un equipo investigador, multidisciplinario y multicéntrico, que está llevando a cabo el "Estudio epidemiológico de las repercusiones clínicas, biológicas y funcionales del vertido de fuel del buque *Prestige* sobre la salud respiratoria en marineros de la costa de Galicia" (estudio SEPAR-*Prestige*). Esta investigación es la primera que ha analizado el impacto respiratorio a largo plazo de la exposición a vertidos de fuel. La población de estudio está formada por unos 10.000 marineros de bajura y mariscadores gallegos. El diseño es transversal en 2 etapas consecutivas. En la primera etapa se define la población diana mediante cuestionario. En la segunda se estudian 2 grupos diferenciados por la exposición al fuel (expuestos y no expuestos) mediante cuestionario de síntomas, estudio funcional respiratorio (espirometría forzada y prueba de broncoprovocación con metacolina), determinación de sensibilidad mediada por inmunoglobulina E, análisis de marcadores de estrés oxidativo y de citocinas en el condensado del aire exhalado, y estudios de inestabilidad cromosómica (técnicas de citogenética convencional y molecular). Los resultados permitirán conocer con detalle cuáles son los efectos respiratorios y genéticos a largo plazo derivados de la exposición a los vertidos de fuel.

## Agradecimientos

A Joan Albert Barberà por la revisión crítica del manuscrito y a Jesús M. Díaz Álvarez por las oportunas correcciones de estilo. A los miembros del Comité Científico del estudio SEPAR-*Prestige* (J.M. Antó, J.A. Barberà, L. Bouso, F. Burgos, C. Fuster, F.P. Gómez, G. Monyarch, F. Pozo, Y. Torralba, H. Vereá y J.P. Zock) por su constante estímulo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Universidade de Vigo. A marea negra do Prestige. Ficha do suceso-A marea negra do Prestige. Disponible en: <http://webs.uvigo.es/c04/webc04/prestige/prod01.htm>
2. Gestal Otero JJ, Smyth Chamosa E, Figueiras Guzmán A, Montes Martínez A. Recollida e limpeza do fuel do Prestige. Avaliación da exposición e danos a saúde en voluntarios e traballadores. Santiago de Compostela: Área de Medicina Preventiva e Saúde Pública da Universidade de Santiago de Compostela; 2004.
3. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Informe técnico CSIC "*Prestige*". Caracterización del vertido y evolución preliminar en el medio. Disponible en: <http://csicprestige.iim.csic.es/desarro/informcsic/1/index.htm>
4. Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux. June 2003. Accidents: *Prestige*. Disponible en: <http://www.lecedre.fr/>

5. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Informe técnico CSIC "Prestige". Sobre la toxicidad de los residuos de petróleo del Prestige. Disponible en: <http://csicprestige.iim.csic.es/desarro/informscic/11/info11.htm>
6. Bosch X. Exposure to oil spill has detrimental effect on clean-up workers' health. *Lancet*. 2003;361:147.
7. IARC. Overall evaluations of carcinogenicity—an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. International Agency for Research on Cancer, Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Suppl. 7. Lyon: IARC; 1987.
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. US Toxicological Profile for Fuel-oils. June 1995. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Disponible en: [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp75-c2.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp75-c2.pdf)
9. Palinkas LA, Petterson JS, Russell J, Downs MA. Community patterns of psychiatric disorders after the Exxon Valdez oil spill. *Am J Psychiatry*. 1993;150:1517-23.
10. Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Christie P, Brewster D. Initial effects of the grounding of the tanker Braer on health in Shetland. The Shetland Health Study Group. *BMJ*. 1993;307: 1251-5.
11. Lyons RA, Temple JM, Evans D, Fone DL, Palmer SR. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. *J Epidemiol Community Health*. 1999;53:306-10.
12. Morita A, Kusaka Y, Deguchi Y, Moriuchi A, Nakanaga Y, Iki M, et al. Acute health problems among the people engaged in the clean-up of the Nakhodka oil spill. *Environ Res*. 1999;81:185-94.
13. Schvoerer C, Gourier-Frery C, Ledrans M, Germonneau P, Derrien J, Prat M, et al. Etude épidémiologique des troubles de santé survenus à court terme chez les personnes ayant participé au nettoyage des sites pollués par le fioul de l'Erika. 2000. Disponible en: [http://www.invs.sante.fr/publications/erika3/rapmaree\\_dist.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/erika3/rapmaree_dist.pdf)
14. Gorman RW, Berardinelli SP, Bender TR. Health hazard evaluation report. HETA 89-200 and 89-273-2111, Exxon/Valdez Alaska oil spill. Cincinnati: Hazard Evaluation and Technical Assistance Branch, NIOSH, US Department of Health and Human Services; 1991.
15. Crum J. Peak expiratory flow rate in schoolchildren living close to Braer oil spill. *BMJ*. 1993;307:23-4.
16. Campbell D, Cox D, Crum J, Foster K, Riley A. Later effects of grounding of tanker Braer on health in Shetland. *BMJ*. 1994;309: 773-4.
17. Cole J, Beare DM, Waugh AP, Capulas E, Aldridge KE, Arlett CF, et al. Biomonitoring of possible human exposure to environmental genotoxic chemicals: lessons from a study following the wreck of the oil tanker Braer. *Environ Mol Mutagen*. 1997;30:97-111.
18. Baars BJ. The wreckage of the oil tanker "Erika"—human health risk assessment of beach cleaning, sunbathing and swimming. *Toxicol Lett*. 2002;128:55-68.
19. Consellería de Sanidade. Servicio Galego de Saúde. Consultas atendidas polo plan sanitario combinado. Disponible en: <http://www.sergas.es/>
20. Pérez-Cadahía B, Lafuente A, Cabaleiro T, Pásaro E, Méndez J, Laffon B. Initial study on the effects of Prestige oil on human health. *Environ Int*. 2007;33:176-85.
21. Pérez-Cadahía B, Laffon B, Pásaro E, Méndez J. Genetic damage induced by accidental environmental pollutants. *Scientific World-Journal*. 2006;6:1221-37.
22. Laffon B, Fraga-Iriso R, Pérez-Cadahía B, Méndez J. Genotoxicity associated to exposure to Prestige oil during autopsies and cleaning of oil-contaminated birds. *Food Chem Toxicol*. 2006;44: 1714-23.
23. Suárez B, Lope V, Pérez-Gómez B, Aragonés N, Rodríguez-Artalejo F, Marqués F, et al. Acute health problems among subjects involved in the cleanup operation following the Prestige oil spill in Asturias and Cantabria (Spain). *Environ Res*. 2005;99: 413-24.
24. Carrasco JM, Lope V, Pérez-Gómez B, Aragonés N, Suárez B, López-Abente G, et al. Association between health information, use of protective devices and occurrence of acute health problems in the Prestige oil spill clean-up in Asturias and Cantabria (Spain): a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2006;6:1-9.