



# Limpieza de fueles pesados en las costas del Norte de España

*Recomendaciones sobre los métodos a utilizar*



**Recopilado por:** Jorge Bartolomé  
**Foto portada:** Elena Delgado  
**Fotos interior:** WWF/Jorge Bartolomé, WWF/Elena Delgado  
y WWF/Raúl García

**Edición:** Isaac Vega y Jorge Bartolomé  
**Diseño:** Amalia Maroto  
**Impresión:** Cuarta Línea

Este documento contiene información de las siguientes publicaciones:  
NOAA, 1992. *An Introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Response*. Report HMRAD 92-4. Seattle: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA);  
NOAA, 1992. *Shoreline Countermeasures Manual. Temperate Coastal Environments*. Seattle: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration, (NOAA); NOAA. 2000. *Characteristic Coastal Habitats*. Seattle: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration; (NOAA  
NOAA. 2000. *Shoreline Assesment Manual. Third Edition. HAZMAT Report 2000-1*. Seattle: Office of Response and Restoration, National Oceanic and Atmospheric Administration; (NOAA); SEEC, 1998. *The Environmental Impact of the Sea Empress Oil Spill SEEEC Report Summary*. Sea Empress Environmental Evaluation Committee; UK Government; Informes temáticos y fichas prácticas de Le Cedre (Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des Eaux) en [www.le-cedre.fr](http://www.le-cedre.fr); Protocolos e informes del AMOSC (Australian Marine Oil Spill Centre) en [www.aip.com.au/amosc/](http://www.aip.com.au/amosc/); Fincham, A. A. (1987). *Biología marina básica*. Ed. Omega, Barcelona; VV.AA., 2002. *El litoral de Galicia. Rías Baixas. De Finisterre al río Miño*. Ed. Geoplaneta, Barcelona; VV.AA., 1998. *Aerogüías del Litoral. Cantabria y Asturias*. Ed. Geoplaneta, Barcelona; VV.AA., 2002. *El litoral de Galicia. Rías Altas. De Ribadeo a Finisterre*. Ed. Geoplaneta, Barcelona.

Agradecemos a Juan Junoy (Biólogo Marino, Departamento de Biología Animal, Universidad de Alcalá de Henares) y Gary Shigenaka (Biólogo Marino, NOAA) sus comentarios.

*Impreso en papel 100% reciclado.*

Enero 2003.



# Limpieza de fueles pesados en las costas del Norte de España

*Recomendaciones sobre los métodos a utilizar*



# Índice

<b>Presentación</b> .....	3
<b>1. Pasos previos a la limpieza</b> .....	4
<b>2. Características y comportamiento del fuel vertido</b> .....	4
2.1. Comportamiento en el mar .....	4
2.2. Comportamiento en la costa .....	4
2.3. Efectos biológicos .....	4
<b>3. Consideraciones para la limpieza del petróleo en la costa</b> .....	4
3.1. Condiciones generales .....	4
3.2. Consideraciones especiales .....	5
3.3. Protección en la limpieza .....	6
<b>4. Métodos de limpieza</b> .....	6
4.1. Limpieza natural .....	6
4.2. Limpieza manual .....	6
4.3. Barreras .....	6
4.4. Recogida mecánica .....	6
4.5. Absorbentes .....	6
4.6. Aspiración .....	7
4.7. Cribado de sedimentos con maquinaria .....	7
4.8. Talas y cortas de vegetación .....	7
4.9. Lavado con mangueras .....	7
4.10. Agua a baja presión y temperatura ambiente .....	7
4.11. Agua a alta presión y temperatura ambiente .....	7
4.12. Agua a baja presión y caliente .....	7
4.13. Agua a alta presión y caliente .....	8
4.14. Vapor a presión .....	8
4.15. Chorreo con arena .....	8
4.16. Dispersantes .....	8
4.17. Agentes de limpieza de costas .....	8
4.18. Bioestimulación .....	8
4.19. Biorremediación .....	9
4.20. Incineración <i>in situ</i> .....	9
4.21. Concentración y reconducción de crudo .....	9
4.22. Barreras absorbentes .....	9
<b>5. Comportamiento del petróleo y recomendaciones de limpieza por hábitats</b> .....	9
5.1. Sustratos duros .....	9
5.2. Sustratos blandos .....	12
<b>Anexo I</b> .....	17
<b>Anexo II</b> .....	29

## Introducción

Desde el primer momento, WWF/Adena ha ofrecido su ayuda, su experiencia en mareas negras y todos los materiales y procedimientos de su Operativo ERGOS (grupo de respuesta ambiental para mareas negras). En esa misma línea, hemos recopilado en el presente informe la información más relevante con relación al comportamiento de los fueles pesados (como el vertido por el Prestige) en una marea negra y los métodos de limpieza más adecuados para cada tipo de hábitat costero de los que se pueden encontrar en las costas del Norte de España.

Las tareas de limpieza de una marea negra requieren una coordinación y una minuciosidad exquisitas, términos muy poco utilizados en la catástrofe del Prestige. Los pasos a seguir son muy claros:

1. Designación de un **gabinete de coordinación y seguimiento** de la limpieza.

2. **Mapeo detallado** de los tramos de costa, atendiendo al tipo de hábitat, exposición al oleaje y a las corrientes, diversidad y productividad biológicas, facilidad de acceso para la limpieza y extensión y tipo de contaminación.

3. Estudio detallado de las **corrientes marinas** costeras.

4. Teniendo en cuenta el tipo de petróleo vertido, la extensión de la contaminación y las características físicas y biológicas, **adjudicar los distintos métodos de limpieza a cada uno de los tramos de costa**, atendiendo a las características generales y especiales para la limpieza.

5. **Priorización de los tramos** costeros a limpiar.

6. **Evaluación continuada de la limpieza** para certificar su efectividad y su finalización.

7. Realización de **estudios a medio y largo plazo** sobre los efectos del vertido y la efectividad e impacto de cada método de limpieza.

Para ello es esencial conocer los métodos existentes, su aplicabilidad, su impacto ecológico y tener en cuenta varias consideraciones generales que pueden hacer variar el tipo de tratamiento a utilizar. En líneas generales, se debe tender siempre a la limpieza natural por parte del mar; pues es la más inocua y la que permite una más rápida y segura recuperación de las comunidades biológicas costeras. Sin embargo, no siempre es posible pues en los sitios más abrigados de la costa la fuerza de oleajes y corrientes no es suficiente para llevarse el petróleo. En estos casos se



*La limpieza natural es la más indicada en costas expuestas.*

deberían ir considerando métodos de limpieza empezando por los más inocuos, la limpieza manual, e ir probando siempre medios de menor a mayor impacto y pararnos en el que consiga quitar el chapapote con la menor abrasión posible. Otra de las consideraciones generales a tener en cuenta es la mezcla del petróleo con los sedimentos; se debe evitar en la mayor medida posible.

Estas condiciones generales pueden quedar modificadas por una serie de condiciones especiales que pueden hacer prevalecer los métodos más rápidos y abrasivos, como por ejemplo:

- Turismo.
- Presencia de lugares de nidificación, invernada y paso migratorio de aves.
- Cuando el petróleo acumulado pueda contaminar áreas muy sensibles por su biodiversidad, pesca comercial o marisqueo.
- Cuando exista riesgo de contaminación recurrente.

Los datos contenidos en este informe provienen de los protocolos de actuación de la NOAA (Agencia Norteamericana de Oceanografía y Meteorología), Le Cedre (Centro de Documentación, Investigación y Experimentación sobre la Contaminación Accidental de las Aguas; Francia), SEEC (Comité de Evaluación Ambiental del Sea Empress; Reino Unido), AMOSC (Centro Australiano para Vertidos de Petróleo en el Mar) y el Operativo ERGOS de WWF/Adena.

# 1. Pasos previos a la limpieza

Lo primero que hay que hacer es designar un equipo coordinado (debería contar al menos con un geólogo y un biólogo marino con experiencia en mareas negras y un biólogo terrestre) que se encargue de dividir la costa en tramos según el tipo de costa, exposición a mareas y oleaje, productividad biológica y facilidad de limpieza; y hacer un estudio de corrientes costeras. Una vez dividida la costa en tramos homogéneos, este equipo recogerá las características y la afección de cada uno de ellos en estadillos (incluyendo fotografías) para determinar las prioridades y métodos a emplear en la limpieza. Toda la información se pasará a mapas detallados. Posteriormente se realizará un seguimiento detallado de las distintas labores de limpieza, con el objetivo de evaluar su idoneidad y obtener datos que permitan la realización de estudios científicos que sirvan para paliar de manera más efectiva los efectos de una futura marea negra.

## 2. Características y comportamiento del fuel vertido

### 2.1. Comportamiento en el mar

El fuel vertido por el *Prestige* se trata de un fuel pesado denominado n.º 6 o Bunker C, que al verterse en el agua forma gruesas y amplias manchas. Sólo una pequeña parte de este viscoso fuel se mezcla en la columna de aguas sometido a fuertes vientos, se rompe en pequeñas manchas o bolas de alquitrán (las famosas galletas). Sólo entre un 5 y un 10 % se evapora en las primeras horas del vertido, por lo que puede ser llevado durante cientos de kilómetros —como lamentablemente hemos podido comprobar—. Su peso específico es muy variable (desde 0,95 a más de 1,03), lo cual hace que las manchas puedan viajar flotando y/o semihundidas. Puede decantarse en los fondos una vez que ha alcanzado la costa, se haya mezclado con el sedimento y se haya erosionado por el oleaje.

### 2.2. Comportamiento en la costa

La gran viscosidad del chapapote dificulta su mezcla con los sedimentos; una de las principales complicaciones a evitar en una marea negra. La limpieza en la costa puede ser muy efectiva, particularmente poco después del vertido y antes de que el fuel permanezca mucho tiempo a la intemperie, pues se

vuelve más sólido y viscoso. La retirada del fuel es muy importante, ya que la tasa de degradación de los fueles pesados de este tipo es extremadamente baja y puede llevar desde varios meses a varios años.

### 2.3. Efectos biológicos

El fuel n.º 6 asfixia a buena parte de los organismos que viven en la superficie del agua, asfixia a la flora y fauna de la zona intermareal y si penetra en el sedimento produce una contaminación a largo plazo. En principio no es tan tóxico para los organismos que viven en la columna de agua como los fueles ligeros. Las tasas de mortalidad directa pueden ser muy altas para las aves marinas y acuáticas (láridos, ácidos, cormoranes, alcatraces, limícolas, ardeidas, etc.) y mamíferos marinos, sobre todo cuando existen poblaciones muy concentradas en áreas pequeñas (lugares de nidificación y cría, alimentación, concentraciones y pasos migratorios). Por último, los factores más importantes que determinan el impacto sobre las marismas son la extensión de la contaminación sobre la vegetación marismosa y la mezcla del chapapote con los sedimentos.

## 3. Consideraciones para la limpieza del petróleo en la costa

### 3.1. Condiciones generales

Existe una determinada serie de consideraciones que son fruto de los estudios detallados sobre los numerosos vertidos que se han producido hasta la fecha.

- Prioridades de limpieza: zonas con mayor cantidad de fuel y más estancado; zonas de mayor biodiversidad; playas de guijarros y piedras sueltas; los lugares y hábitats menos expuestos al oleaje, y la zona más baja de la marea.
- Trabajar en las zonas altas de la costa mientras las zonas bajas estén cubiertas por la marea.
- Asegurarse de que todos los signos de actividad de la cuadrillas de limpieza sean recogidos diariamente.
- Si se han colocado barreras absorbentes, el petróleo retenido en ellas debe retirarse antes del siguiente ciclo de mareas.
- Retirar cuanto antes los cadáveres de animales muertos para evitar que otros se coman sus restos

y queden contaminados. Avisar al organismo encargado de la recogida de aves.

- Restringir al máximo el impacto en la zona mesolitoral inferior (*ver figura 1*).
- En muchos hábitats, sobre todo los más expuestos a la acción del oleaje y las corrientes marinas, se ha demostrado que la limpieza natural es mucho menos dañina que cualquier tipo de limpieza artificial, pues la abrasión de determinados métodos de limpieza acaba con las comunidades biológicas adheridas a las rocas.
- Los bancos marisqueros, ensenadas mareales, comunidades de algas y praderas de fanerógamas marinas han de ser protegidas con barreras, debido a que son medios de extraordinaria riqueza biológica y pesquera.
- Se debe reducir a la mínima expresión la mezcla del petróleo con los sedimentos, ya que la contaminación sería crónica.
- El trasiego excesivo de personas y maquinaria, sobre todo en los medios con sedimentos menos compactados, puede producir la mezcla del chapapote con los sedimentos. Las zonas de tránsito deben estar minuciosamente señaladas y protegidas para no extender la contaminación a otros medios.
- Se debe restringir el acceso a humedales costeros y bajíos mareales.

### 3.2. Consideraciones especiales

Existen circunstancias especiales que hay que tener en cuenta y que pueden hacer variar los métodos de limpieza recomendados para cada tipo de hábitat:

- La presencia de lugares de nidificación, invernada y concentración migratoria de aves deben ser limpiados rápidamente, aunque sea con métodos más agresivos, pues el petróleo adherido a los sustratos donde se posan las aves puede acabar impregnando su plumaje y contaminarlas.
- La presencia de lugares de reproducción o descanso o paso de mamíferos marinos hace necesario evitar todo tipo de molestias en sus cercanías. No estaría de más prohibir los vuelos por debajo de los 300 metros de altura en estas zonas. Si se observan animales moribundos avisar a las autoridades medioambientales competentes.
- En el caso de encontrarse con fuecos contaminados (*Fucus spp.*), hay que valorar concienzudamente si la eliminación de las algas contaminadas puede suponer más daño que beneficio, pues los fuecos proveen de cobijo, sustrato y alimentación (sus esporas) a numerosas especies de peces, animales que viven adheridos al sustrato, etc. Para su reproducción necesitan que los pies de planta no estén separados más de 3 metros unos de otros, por lo que si se decide la retirada de fuecos hay que dejar manchas que no superen esta separación. En cuanto a los que estén adheridos a rocas es mejor usar lavados con agua a presión a temperatura ambiente antes que arrancarlos.
- En lugares muy turísticos (playas frecuentadas, puertos deportivos, lugares habituales de buceo y pesca) las labores de limpieza deben hacerse del modo más rápido posible.
- En los espacios naturales protegidos la limpieza ha de estar sujeta a los condicionantes definidos por las autoridades competentes.
- Hay que tener especial cuidado con especies de plantas amenazadas o en peligro de extinción que crezcan cerca de las zonas afectadas.
- Las áreas de pesca comercial y marisqueo, tomas de agua y cultivos marinos deben protegerse especialmente, así como las zonas de desove (estuarios, comunidades de algas y praderas de fanerógamas marinas, etc.) y engorde de peces y todo tipo de mariscos.



Acumulación de fuel en la Isla de Ons.

### 3.3. Protección en la limpieza

En cuanto a la protección del personal de limpieza nos remitimos a lo ya dicho por las autoridades y los protocolos de actuación ([www.mma.es](http://www.mma.es) y [www.xunta.es](http://www.xunta.es)).

**Figura 1. Zonación del litoral en función del nivel de las mareas**

Nivel de las Mareas:		ZONA SUPRALITORAL	
Marea alta máxima			
Marea alta mínima		Mesolitoral Superior	
			ZONA MESOLITORAL (INTERMAREAL)
Marea baja máxima			
Marea baja mínima		Mesolitoral Inferior	
			ZONA SUBLITORAL (INFRALITORAL)



Barreras de contención.

### 4.2. Limpieza manual

Retirar el chapapote manualmente con la ayuda de palas, espátulas, etc. Puede usarse en todo tipo de hábitats (en vertidos pequeños a moderados), sobre todo cuando se forman masas sólidas o semisólidas. Hay que guardar especial cuidado en las zonas de trasiego: se deben restringir y proteger para evitar que la contaminación se extienda. Produce gran cantidad de residuos que hay que almacenar y tratar adecuadamente. El material usado se debe descontaminar minuciosamente (*ver anexo II*).

## 4. Métodos de limpieza

En este capítulo vamos a hacer una somera descripción de algunos de los métodos de limpieza testados hasta la fecha en varias mareas negras y que han demostrado probada eficacia si se usan en los términos y hábitats adecuados. WWF/Adena ha contactado con una empresa asturiana (Ferjovi, S.A.) que fabrica algunas de las máquinas necesarias (chorreadoras de arena, aparatos de limpieza a presión de agua caliente y fría, aspiradores industriales de pequeño y gran tamaño, etc.), con las que ha realizado una demostración en O Grove; ofrecen también mantenimiento (ellos mismos fabrican los repuestos). Además, existen otros fabricantes en el País Vasco y distribuidores de productos procedentes de Alemania, Holanda, etc., en muchos puntos de nuestra geografía. Por ejemplo, el AMOSC cuenta con barreras, *skimmers*, dragas, barreras y mantas absorbentes, contenedores de almacenamiento temporal, aspiradores de crudo, limpiadores de vapor y agua a presión, etc., en previsión de un posible accidente.

#### 4.1. Limpieza natural

Dejar al oleaje y las corrientes marinas la limpieza. Recomendado en costas inaccesibles muy batidas por el mar o donde la limpieza artificial puede hacer más daño que beneficio. No se recomienda en zonas intermareales muy usadas por aves, crustáceos, mamíferos marinos, etc. No produce residuos.

#### 4.3. Barreras

Colocación de barreras para evitar que el petróleo afecte un hábitat determinado o para hacer confluir en ese lugar los productos derivados de la limpieza de una zona contaminada. Se utilizan para proteger hábitats sensibles cuando se limpian las zonas adyacentes. Las barreras se convierten en residuos contaminados que hay que retirar.

#### 4.4. Recogida mecánica

Recogida mecánica del fuel con excavadoras, dragas, cintas transportadoras, etc. Se puede utilizar en tierra siempre que los lugares sean muy accesibles y soporten la maquinaria pesada; también para limpiar fondos en los que se acumule el chapapote. Se usa cuando hay mucho petróleo y no es un hábitat sensible (no se debe dragar en zonas con praderas de fanerógamas). La generación de residuos es considerable y debe de estar bien planificada.

#### 4.5. Absorbentes

Son materiales oleofílicos que absorben el petróleo en el agua o en las orillas. Pueden ser usados

en cualquier tipo de hábitats, sobre todo cuando pequeñas manchas flotan cerca de la orilla. Se utilizan de manera vigilada y de modo que ningún animal pueda quedar atrapado en ellas. Con fueles pesados se requiere gran cantidad de ellos.

#### 4.6. Aspiración

Aspiradores desde pequeños aparatos portátiles hasta aspiradores industriales montados en camiones. WWF/Adena hizo una prueba con un modelo especial para succión de granalla, fuel, fango, etc., con excelente resultado. Puede ser usado en cualquier tipo de hábitats (acuático o terrestre) y sólo hay que poner especial cuidado para no llevarse demasiada cantidad de sedimentos, pues luego habría que reponerlos. Están especialmente indicados para sacar el fuel de pequeñas piscinas.

#### 4.7. Cribado de sedimentos con maquinaria

Los sedimentos petroleados se aran para exponerlos a la degradación y se colocan en la zona de influencia de la marea para que se limpien de modo natural. Se usa en sustratos donde se pueda llevar la maquinaria y que admitan trasiego de gente, en playas de todo tipo, sobre todo en las que ya se utilizaba para limpiar la arena, cuando el petróleo se halle bajo el sedimento y no sea factible la remoción natural.

#### 4.8. Talas y cortas de vegetación

Se utiliza cuando la vegetación está muy petroleada o hay petróleo acumulado entre la vegetación (en humedales, praderas submarinas y formaciones de fucos). Sólo cuando el riesgo de contaminar fauna sea muy elevado (*ver consideraciones especiales en el apartado 3.2.*). Las plantas deben de ser depositadas en bolsas y llevadas a lugares de almacenaje de materiales contaminados.

#### 4.9. Lavado con mangueras

Se hace fluir agua para diluir el petróleo. Sólo en áreas muy petroleadas y cuando el crudo está fluido (normalmente combinado con limpieza por agua a presión) o donde se haya introducido dentro de pedreros. Nunca en sustratos fangosos y donde se pueda recoger los residuos sin afectar las zonas más productivas (no en zonas intermareales).



Prueba con máquinas de agua a presión.

#### 4.10. Agua a baja presión y temperatura ambiente

La presión será menor de  $0,69 \text{ k/cm}^2$  y se utiliza para llevar el crudo hacia el borde del agua y después recogerlo con aspiradoras, *skimmers* o absorbentes. En estructuras artificiales, escolleras, cuando esté fluido. No sirve para hábitats sensibles que alberguen alta biodiversidad y cuando el efluente no alcance a las ricas comunidades infralitorales.

#### 4.11. Agua a alta presión y temperatura ambiente

La presión de salida será entre  $6,90$  y  $68,49 \text{ k/cm}^2$ . Es más efectiva para remover fueles pesados y viscosos (como es el caso). En lechos de rocas, sustratos con gravas y estructuras artificiales. Se usa cuando la anterior no es efectiva y sólo para prevenir una contaminación continuada y por razones estéticas; pues toda vida adherida al sustrato muere. Su recuperación es mucho más lenta que si no se hace nada, por eso es necesario valorar su idoneidad en cada caso. WWF/Adena estuvo probando un modelo que sirve para este método y el anterior, además se puede invertir su funcionamiento para aspirar y puede usarse con agua de mar.

#### 4.12. Agua a baja presión y caliente

A menos de  $0,69 \text{ k/cm}^2$  y entre  $32$  y  $77 \text{ }^\circ\text{C}$ , rociada para licuar el crudo y llevarlo al borde del agua

para recogerlo con aspiradoras, *skimmers* o absorbentes. En lechos de piedras, estructuras artificiales y playas de arena y de guijarros o bolos. Se usa para limpiar fueles pesados, pero relativamente frescos, y es menos efectivo con fueles viscosos. El agua caliente puede matar a los animales y plantas fijados al sustrato, y hay que tener muy bien preparados los métodos de contención y recogida. Hay que evitar usarlo en humedales y en la zona mesolitoral inferior.

#### 4.13. Agua a alta presión y caliente

A más de 6,90 k/cm<sup>2</sup> y entre 32 y 77 °C, rociada para licuar el crudo y llevarlo al borde del agua para recogerlo con aspiradoras, *skimmers* o absorbentes. Si el agua no está cerca hay que recogerlo enseguida. En lechos de piedras, playas de guijarros o bolos y estructuras artificiales. Se usa cuando el agua caliente a baja presión no remueve el petróleo. El agua caliente matará a los animales y plantas fijados al sustrato, y hay que evitar que el sedimento petrolado alcance aguas someras, pues asfixiará a los organismos bentónicos. Hay que evitar usarlo en humedales y en comunidades intermareales.

#### 4.14. Vapor a presión

Vapor de agua o agua muy caliente (entre 77 y 100 °C) a alta presión (139,99 k/cm<sup>2</sup>) rociado con mangueras. Tiene la ventaja de que expulsa menor cantidad de agua y sólo se puede usar en estructuras artificiales como rompeolas o escolleras. Destruye completamente todos los organismos vivos. Los residuos son difíciles de recuperar.

#### 4.15. Chorreo con arena

Se utiliza para retirar petróleo pesado de sustratos sólidos y estructuras artificiales. WWF/Adena probó el equipo de chorreo de arena. También puede utilizarse para descontaminar el material de limpieza y pueden usarse otros materiales para chorrear como cáscara de nuez u otros. Destruye completamente todos los organismos en la zona de chorreo.

#### 4.16. Dispersantes

Hacen que el petróleo se diluya en la columna de agua. Sólo deben usarse en aguas profundas para que el petróleo se vaya diluyendo y mezclando con el agua; su uso en aguas someras puede afectar a todos los organismos bentónicos y debe evitarse el contac-



La protección es esencial en las tareas de limpieza.

to directo con aves y mamíferos marinos. Aunque esté muy diluido afectará gravemente a todos los organismos de los primeros 10 metros de la columna de agua. Para los fueles pesados como el vertido por el *Prestige* no son efectivos. Su uso tras la marea negra provocada por el *Sea Empress* en Escocia (1996) hizo incrementar la exposición al petróleo de multitud de especies bentónicas e hizo descender apreciablemente las poblaciones de anfípodos que vivían en la columna de agua.

#### 4.17. Agentes de limpieza de costas

Para incrementar la eficiencia de la retirada de petróleo de sustratos contaminados. Se utilizan para favorecer los posteriores tratamientos con agua a presión y cuando el petróleo envejece. Se pueden usar en todos los hábitats en los que se puede utilizar agua a presión, pero sólo si ésta no es efectiva. Cuando el producto no dispersa el petróleo en la columna de agua hay que recogerlo de la superficie del agua, principalmente con absorbentes. Nunca debe usarse en lugares donde las concentraciones de sedimentos suspendidos son altas, cerca de humedales y de recursos biológicos sensibles. La toxicidad y sus efectos varían según los productos.

#### 4.18. Bioestimulación

Añadir nutrientes al medio para favorecer el crecimiento de bacterias que degradan el petróleo. Sólo debe usarse cuando los nutrientes sean limitantes y sólo cuando otros métodos hayan fallado; además no suelen ser efectivos en petróleos pesados como es el caso (los asfaltenos, 28% entre resinas y

asfaltenos en el fuel vertido por el *Prestige*, tienden a inhibir una rápida biodegradación). No deben usarse los basados en amonio a grandes concentraciones, pues acaba siendo tóxico para la vida acuática. Los nitratos son una buena fuente de nitrógeno y menos tóxico. El trifosfato de sodio es mejor fuente de fosfatos que los ortofosfatos, pues es soluble en agua. Los nutrientes deben haber mostrado su inocuidad tanto en el laboratorio como en el mar y si son aplicados con un adecuado seguimiento la eutrofización puede no ser un problema. Sin embargo, debido a los afloramientos veraniegos en las rías, pensamos que no es necesario y que podría producir un crecimiento excesivo de lechugas de mar (*Ulva lactuca*) produciendo lo que se conoce como marea verde, como ocurrió en 1997 un año después del vertido del *Sea Empress* en Escocia.

#### 4.19. Biorremediación

Añadir microorganismos degradadores de petróleo porque los nativos están presentes en bajas densidades. Los microorganismos transgénicos han demostrado muy poca efectividad. En general, la bioestimulación es preferible a la biorremediación por diversos motivos. Todavía no existe información suficiente para evaluar ni los impactos ni la efectividad en la mayoría de los casos. Un equipo de investigación cubano ha ofrecido bacterias que han demostrado su eficacia en varios vertidos pero, en cualquier caso, es necesaria su comprobación con el fuel vertido por el *Prestige* tanto en laboratorio como *in situ*, de forma controlada.

#### 4.20. Incineración *in situ*

El crudo flotante es recogido en manchas de 2-3 mm de grosor e incinerado. El crudo puede ser retenido con barreras resistentes al fuego o barreras naturales como el hielo o la costa. En tierra el petróleo puede ser quemado cuando está sobre un sustrato inflamable (vegetación, restos, etc.). Los fueles pesados son extremadamente difíciles de quemar y los residuos producidos en la combustión pueden suponer un riesgo para la salud humana y la vida salvaje, por lo que en este caso, la incineración no está indicada.

#### 4.21. Concentración y reconducción de crudo

Se utiliza para liberar crudo atrapado en restos flotantes o vegetación o para redirigir el petróleo flotante hacia lugares donde la recogida sea más fácil. Se realiza con máquinas que expulsan agua o aire a

presión desde pequeñas embarcaciones. Sobre todo en hábitats infralitorales con poca o nula corriente para evitar que el crudo llegue a las zonas más sensibles y para recogerlo mejor. Hay que extremar las precauciones en las zonas más someras para no remover el sedimento del fondo.

#### 4.22. Barreras absorbentes

Se utilizan para retener el crudo en determinados lugares para acumularlo y absorberlo, principalmente para evitar que los residuos producidos por otros métodos de limpieza vuelvan al mar o afecten a zonas sensibles. Sólo pueden utilizarse en sustratos blandos, deben colocarse lo más cerca posible de la interfase mar-tierra y de modo que no dejen pasar nada de petróleo. Hay que retirarlas cuando alcancen su capacidad máxima de absorción.

## 5. Comportamiento del petróleo y recomendaciones de limpieza por hábitats

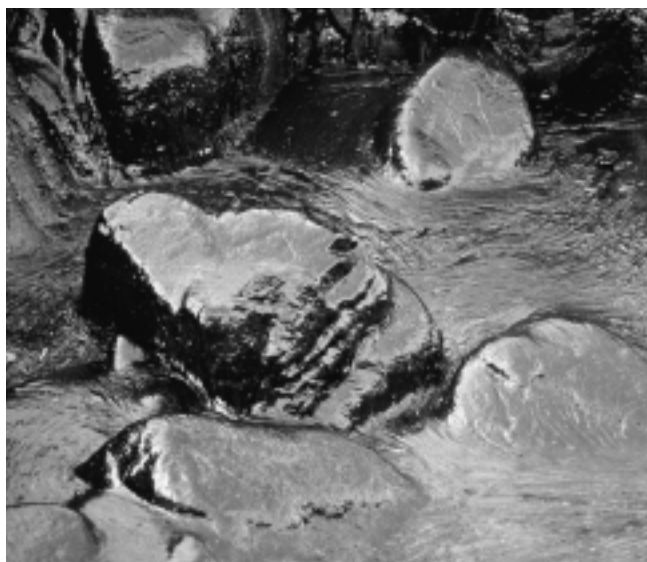
En este capítulo se abordan para los principales hábitats costeros que podemos encontrar en el Norte de España (separados según el tipo de sustrato y clasificados según el tipo de costa, su productividad biológica, el acceso y las características a tener en cuenta para su limpieza), su descripción, el comportamiento del crudo en ellos y las consideraciones generales para su limpieza efectiva y con el menor impacto ecológico posible.

### 5.1. Sustratos duros

#### 5.1.1. Acantilados rocosos expuestos al oleaje

##### Descripción

- La zona intermareal es muy estrecha y pendiente (más de 30°).
- La acumulación de sedimentos es rara y efímera, porque la energía del oleaje los desplaza de la costa.
- Existe una fuerte zonación vertical de comunidades intermareales.
- La densidad y la diversidad varían en gran medida, abundando especies de animales sésiles como mejillones, cirrípedos (percebes y balanos), lapas y anémonas.
- El piso supralitoral presenta una amplia franja oscura debido al liquen *Verrucaria*; **¡ojo, no confundir con petróleo, pues forma una banda negra!**



Aspecto del chapapote en los primeros días (Camelle).

#### Comportamiento del petróleo

- El petróleo es normalmente devuelto al mar por el embate de las olas.
- Todo el petróleo depositado en las zonas más expuestas es rápidamente lavado.
- El petróleo más resistente puede permanecer como una banda en o sobre la línea de la pleamar (marea alta). No confundir con *Verrucaria*.
- Los impactos sobre las comunidades biológicas intermareales suelen ser a corto plazo.

#### Consideraciones para la limpieza

- No se requiere, normalmente, ningún tipo de limpieza.
- El acceso suele ser difícil y peligroso.

#### 5.1.2. Costas rocosas abrigadas

##### Descripción

- Son lechos de rocas de pendiente variable (desde acantilados verticales a amplias mesetas rocosas) que están abrigadas del oleaje y las mareas.
- Amplias zonas de litoral pueden tener sedimentos sobre la superficie, pero el lecho de roca es el sustrato dominante.
- La densidad y la diversidad de especies es muy variable, pero en general son muy importantes.

#### Comportamiento del petróleo

- El petróleo se adhiere rápidamente a la rugosa superficie rocosa, particularmente a lo largo de la línea de marea alta, formando una distintiva banda petroleada.

- Hasta en las más amplias plataformas, la zona mesolitoral inferior permanece normalmente mojada (principalmente cuando está cubierta de algas), previniendo la adherencia del petróleo al lecho rocoso.
- El petróleo viejo y pesado puede cubrir las zonas más altas y producir poco impacto en las ricas comunidades biológicas de las zonas más bajas.
- Donde son abundantes los sedimentos, el petróleo puede penetrar en las rendijas de los fragmentos de roca formando pavimentos persistentes.
- Donde los fragmentos de roca estén muy compactados entre sí, el petróleo puede penetrar a gran profundidad, causando contaminación a largo plazo en los sedimentos más profundos.

#### Consideraciones para la limpieza

- El lavado con agua a baja presión a temperatura ambiente es más efectivo cuando el petróleo está fresco.
- Deben extremarse las precauciones para no utilizar el lavado mecánico sobre las ricas comunidades biológicas de la parte baja de la zona mesolitoral inferior o cuando la marea cubra dicha zona.
- Cortar las algas petroleadas no está recomendado: la marea las limpiará y hará que el petróleo acabe flotando; los residuos se podrán recoger posteriormente con barreras absorbentes.

#### 5.1.3. Playas de guijarros o bolos

##### Descripción

- Están compuestas por sedimentos que varían en tamaño desde guijarros a cantos rodados (entre 4 y 256 mm de diámetro). Pueden contener también fragmentos de conchas.
- Pueden ser muy empinadas y con múltiples cornisas formadas por las olas en la parte alta de la playa.

#### Comportamiento del petróleo

- La penetración profunda y el rápido enterramiento del chapapote que llega a la playa es típico de las playas más expuestas.
- En playas expuestas, el petróleo puede ser enviado más allá de la línea de la marea alta y las cornisas, acumulándose en piscinas y persistiendo sobre la zona que suele ser lavada por las olas.
- La permanencia del petróleo puede ser controlada vigilando la profundidad de penetración del crudo y la profundidad a la que el lavado de las olas puede llegar.
- En las zonas más abrigadas de la playa la formación de pavimentos es bastante habitual si el vertido es considerable.

*Consideraciones para la limpieza*

- Las grandes acumulaciones deben de ser retiradas rápidamente de las partes altas de la playa.
- Todos los restos petroleados deben de ser retirados.
- La retirada de sedimentos debe limitarse a lo mínimo.
- Los lavados a baja y alta presión se deben usar para retirar el petróleo de los sedimentos y luego recogerlo con aspiradores o absorbentes.
- La recolocación de sedimentos contaminados de las zonas más altas de influencia de la marea hacia zonas más expuestas a la marea puede ser efectiva en áreas regularmente expuestas al oleaje. De todas maneras, los sedimentos petroleados no se deben tocar por debajo de la mitad de la zona intermareal.
- El arado de sedimentos puede ser usado para llegar a las capas enterradas con petróleo en la zona media de las playas más expuestas.

**5.1.4. Plataformas intermareales expuestas***Descripción*

- La zona intermareal consiste en una plataforma rocosa de anchura variable.
- La línea de costa puede tener detrás acantilados.
- Pueden tener pequeñas playas de arena o guijarros en la base del acantilado.
- La superficie de la plataforma es irregular y las charcas mareales son frecuentes.
- Estos hábitats albergan nutridas poblaciones de animales y plantas incrustantes, con ricas comunidades en las charcas mareales.

*Comportamiento del petróleo*

- El crudo no se adherirá a la plataforma rocosa, pero será transportado a través de ella y se acumulará a lo largo de la línea de marea alta.
- El petróleo puede penetrar en los sedimentos de la playa, si existen.
- La permanencia de los sedimentos petroleados no suele durar mucho, excepto en las zonas menos batidas por las olas o donde el petróleo se ha depositado por encima de la línea de la marea alta máxima.

*Consideraciones para la limpieza*

- No se requiere, normalmente, ningún tipo de limpieza.
- Donde la zona supramareal sea accesible, sería aconsejable retirar las grandes acumulaciones de crudo y los restos petroleados.

**5.1.5. Fondos duros y mixtos***Descripción*

- Estos hábitats consisten en sustratos infralitorales compuestos de rocas, cantos rodados o guijarros, aunque pueden existir manchas de arena cubriendo fondos duros.
- Puede haber ricas y diversas comunidades de algas y animales adheridos al sustrato y a menudo existe poco espacio libre.
- Algunos de estos hábitats forman arrecifes o bancos de varios metros de alto, que atraen una gran diversidad de peces.

*Comportamiento del petróleo*

- Los fondos duros y mixtos normalmente son considerados como poco sensibles a las mareas negras.
- El petróleo en la columna de agua rara vez alcanza niveles tóxicos y los organismos bentónicos no suelen quedar afectados.
- Existe un bajo riesgo de deposición del petróleo o de sedimentos contaminados en estos hábitats.
- Puede existir una corta exposición a medida que los sedimentos petroleados son transportados a través de estos hábitats hacia áreas más profundas.
- La preocupación acerca de la contaminación del marisco a partir del petróleo dispersado y decantado se debe tener en cuenta. Contaminaciones reales, potenciales o sospechadas deben producir una veda en la recogida de marisco.

*Consideraciones para la limpieza*

- La limpieza natural se realizará rápidamente, especialmente en las zonas más batidas por el oleaje y las corrientes.
- Se debe evitar la colocación de barreras ancladas, sobre todo en fondos ricos en biodiversidad.

**5.1.6. Escolleras***Descripción*

- Las escolleras están compuestas por bloques de hormigón, granito o calizas de tamaño variable.
- Se usan para proteger la línea de costa y para estabilizar canales.

*Comportamiento del petróleo*

- El petróleo se adhiere muy fácilmente a la rugosa superficie de los bloques.



Arao petroleado.

- Es esperable una profunda penetración de petróleo entre los bloques.
- El petróleo no limpiado puede causar contaminación crónica.

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Cuando el crudo está fresco y líquido, la limpieza con aparatos de agua a alta presión y/o lavado con agua puede ser efectiva, **asegurándose de que se recoja todo el petróleo liberado.**
- Los petróleos pesados y viejos son más difíciles de limpiar, requiriéndose raspado y/o limpieza con agua caliente a presión. Si no resulta efectivo, usar vapor a alta presión o chorreo de arena.
- En casos extremos, puede ser necesario retirar los bloques contaminados y reemplazarlos.

#### **5.1.7. Estructuras antropogénicas expuestas al oleaje**

##### *Descripción*

- Estas zonas consisten en estructuras sólidas de hormigón, madera o metal, construidas por el hombre, por ejemplo rompeolas.
- Están construidas para proteger la costa de la erosión de las olas y las corrientes marinas, y todas ellas están expuestas a rápidos procesos naturales de limpieza.
- Los animales y plantas adheridos a ellas están dispersos o tienen una presencia moderada.

##### *Comportamiento del petróleo*

- El petróleo se mantiene fuera de ellas al ser rebañado por las olas en las zonas más expuestas.
- El crudo se adhiere rápidamente a las superficies secas y rugosas, pero en menor medida si están mojadas.
- El petróleo más resistente puede permanecer como una banda en o sobre la línea de la pleamar (marea alta).

##### *Consideraciones para la limpieza*

- En las partes expuestas al oleaje no se requiere, normalmente, ningún tipo de limpieza.
- La limpieza con agua caliente a alta presión debe usarse para: quitar el crudo de grietas y rendijas, por razones estéticas y para reducir la lixiviación del crudo.

#### **5.1.8. Estructuras antropogénicas abrigadas**

##### *Descripción*

- Estas zonas consisten en estructuras sólidas construidas por el hombre como revestimientos, malecones, bateas, diques y puertos.
- Están construidas de hormigón, madera o metal, y su composición, diseño y condición son muy variables.
- Normalmente no tienen playas expuestas en marea baja, pero albergan un amplio rango de hábitats.
- Los animales y plantas adheridos a ellas tienen una presencia de moderada a abundante.

##### *Comportamiento del petróleo*

- El crudo se adhiere rápidamente a las superficies secas y rugosas, particularmente a lo largo de la línea de marea alta, formando una banda distintiva de petróleo.
- La zona baja intermareal (infralitoral) suele permanecer húmeda (especialmente si está cubierta por algas), lo cual impide que el petróleo se adhiera a la superficie.

##### *Consideraciones para la limpieza*

- La limpieza de estas estructuras suele estar condicionada por la estética y la prevención de una contaminación recurrente a partir de los restos acumulados en ellas.
- El lavado a baja y alta presión con agua a temperatura ambiente es más efectiva cuando el petró-

leo está fresco. El agua caliente es necesaria si el crudo es viejo y pesado.

- Desde marzo-abril a septiembre-octubre, una corriente procedente del fondo del Océano Atlántico va de oeste a este y filamentos o plumas de esa corriente entran a las rías provocando afloramientos de nutrientes y plancton, que son los responsables de su gran productividad biológica y la principal fuente de alimentación de los mejillones de las bateas y demás organismos filtradores de las rías. El riesgo de que esta corriente remueva el petróleo depositado en los fondos de la boca de las rías y lo arrastre hacia el interior dependerá de la cantidad de éste y de la temperatura: cuanto más petróleo y mayor temperatura, más probabilidades habrá de que el petróleo se disuelva en la columna de agua. Si esto sucede sería casi imposible proteger las bateas, por lo que es esencial realizar un exhaustivo seguimiento de las manchas depositadas en los fondos de la boca de las rías.

## 5.2. Sustratos blandos

### 5.2.1. Playas de arena fina o estuarinas

#### *Descripción*

- Estas playas presentan una suave pendiente y se encuentran en zonas resguardadas del oleaje, lo que permite la deposición de los sedimentos finos (entre 0,06 y 0,25 mm de diámetro).
- Son áreas que en Galicia se dedican a la producción marisquera, fundamentalmente berberecho, almeja y navaja.
- Aparecen principalmente en las rías.
- Tienen un color grisáceo debido a que se acumula la materia orgánica.

#### *Comportamiento del petróleo*

- Si la cantidad de petróleo no es muy grande, puede acumularse en forma de bandas a lo largo de la parte superior de la zona intermareal.
- Si la cantidad es considerable cubrirá toda la superficie de la playa; el crudo será retirado de las partes bajas cuando la marea se retire.
- La máxima penetración del petróleo en arenas finas está en torno a los 10 cm.
- El enterramiento de las capas petroleadas por arena limpia en la primera semana tras una marea negra será de como mucho de 30 cm en la parte alta de la playa.
- Los organismos que viven enterrados en la arena morirán por la presencia asfixiante de petróleo en el agua intersticial.



*Recogida de restos contaminados.*

- Puede haber una apreciable disminución de fauna intersticial que puede afectar a las aves que se alimentan de ella (por ejemplo los limícolas).

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Estas playas son las más fáciles de limpiar de todos los hábitats costeros.
- La limpieza debe concentrarse en retirar el petróleo y los restos contaminados empezando por la zona alta y una vez que todo el petróleo haya alcanzado la playa.
- Los trasiegos entre las zonas contaminadas y las dunas deben restringirse al mínimo, para prevenir la contaminación de zonas limpias.
- La limpieza manual (mejor que el uso de cribadoras motorizadas y excavadoras) es la más indicada para reducir el volumen de arena recogida, ya que si se recoge demasiada hay que reemplazarla. Sin embargo, los aspiradores también se pueden utilizar si no se recoge demasiada cantidad de sedimento.
- Todos los esfuerzos deben centrarse en prevenir la mezcla del crudo con la arena en profundidad, ya sea por tráfico de vehículos o de personas.
- El trasiego mecánico de arena ligeramente petroleada de la parte más alta a la zona mesolitoral superior (bañada sólo con marea alta) puede ser efectivo en las playas más expuestas.

### 5.2.2. Playas de arena de tamaño medio a grueso

#### *Descripción*

- Estas playas suelen tener una ligera inclinación y sustratos blandos. Tamaño de grano entre 0,25 y 1 mm de diámetro.



Recogida manual en Ons.

- Las de arena gruesa pueden sufrir un rápido ciclo de erosión-sedimentación, incluso dentro del tiempo que dura una marea.
- En Galicia suelen ser de tamaño mediano y están situadas fuera de las rías.

#### *Comportamiento del petróleo*

- Si la cantidad de petróleo no es muy grande puede acumularse en forma de bandas a lo largo de la parte superior de la zona intermareal.
- Si la cantidad es considerable cubrirá toda la superficie de la playa; el crudo será retirado de las partes bajas cuando la marea se retire.
- La máxima penetración del petróleo en arenas de tamaño mediano a grueso está en torno a los 20 cm.
- El enterramiento de las capas petroleadas por arena limpia en la primera semana tras una marea negra será de como mucho 50 cm en la parte alta de la playa.
- Los organismos que viven enterrados en la arena morirán por la presencia asfixiante de petróleo en el agua intersticial.
- Puede haber una apreciable disminución de fauna intersticial que puede afectar a las aves que se alimentan de ella (por ejemplo los limícolas).

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Las arenas de tamaño mediano a grueso son menos transitables, pues se incrementa mucho el

riesgo de penetración con las pisadas y el trasiego de vehículos.

- La limpieza debe concentrarse en retirar el petróleo y los restos petroleados de las partes altas y después de que todo el petróleo haya alcanzado la costa.
- Los trasiegos entre las zonas contaminadas y las dunas deben restringirse al mínimo, para prevenir la contaminación de zonas limpias.
- La limpieza manual (mejor que el uso de cribadoras motorizadas y excavadoras) es la más indicada para reducir el volumen de arena recogida, ya que si se recoge demasiada hay que reemplazarla. Sin embargo, los aspiradores también se pueden utilizar si no se recoge demasiada cantidad de sedimento.
- Todos los esfuerzos deben centrarse en prevenir la mezcla del crudo con la arena en profundidad, ya sea por tráfico de vehículos o de personas.
- El trasiego mecánico de arena ligeramente petroleada de la parte más alta a la zona supramareal (bañada con marea alta) puede ser efectivo en las playas más expuestas.

#### **5.2.3. Bajíos mareales abrigados**

##### *Descripción*

- Son amplias áreas intermareales compuestas principalmente por arena y menores concentraciones de conchas y fango.
- Están presentes en hábitats de aguas tranquilas, abrigadas de la actividad del oleaje y frecuentemente con marismas en la parte terrestre.

- Pueden existir comunidades de algas o praderas de fanerógamas marinas de modo disperso o concentrado.
- Pueden existir grandes concentraciones de fucos y laminarias a lo largo de la línea de marea alta.
- Pueden existir grandes concentraciones de crustáceos, poliquetos y moluscos. Muy importantes para el marisqueo.
- Pueden ser muy utilizadas por aves y peces para alimentarse.

#### *Comportamiento del petróleo*

- Normalmente el petróleo no se adhiere a la superficie de los bajíos mareales, pero se mueve a través de ellos y se acumula en la línea de marea alta.
- La deposición de crudo suele ocurrir cuando baja la marea si las concentraciones son grandes.
- El petróleo no penetra en el sedimento porque está saturado de agua, pero puede penetrar por cavidades construidas por animales y excavadas por raíces.
- **El daño ecológico puede ser muy severo**, principalmente sobre la fauna intersticial, reduciendo también las fuentes de alimento para las aves y otros predadores.

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Son áreas prioritarias para la conservación y las opciones de limpieza están muy limitadas.
- La limpieza es especialmente difícil por la blandura del sustrato y la mayoría de los métodos deben ser evitados.
- El uso de maquinaria pesada debe ser restringida para prevenir la mezcla del petróleo con los sedimentos.

### 5.2.4. Marismas y humedales costeros

#### *Descripción*

- Estas marismas tienen una vegetación que tolera salinidades por debajo de 5 ups (unidades prácticas de salinidad).
- La anchura de la marisma puede ser variable, desde una estrecha banda a extensas áreas.
- Los sedimentos están compuestos por fangos ricos en materia orgánica.
- Las áreas expuestas están localizadas a lo largo de anchas lenguas de agua temporales y canales inundados.
- La flora y fauna residente es abundante, incluyendo numerosas especies; son hábitats muy frecuentados por aves, peces y crustáceos.

#### *Comportamiento del petróleo*

- El crudo se adhiere rápidamente a la vegetación intermareal.
- La banda de revestimiento es muy variable, dependiendo del nivel de agua en el momento de entrada del petróleo en la vegetación. Puede haber múltiples bandas.
- Vertidos grandes persistirán durante múltiples ciclos mareales y pueden contaminar toda la zona intermareal.
- Si la vegetación es densa, la cobertura de petróleo se restringirá a las zonas más externas.
- Los crudos medios a pesados no se adhieren fácilmente ni penetran en los sedimentos más finos, pero pueden formar charcas en la superficie o penetrar en oquedades naturales.

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Los procesos naturales de limpieza deben ser evaluados antes de decidirse por cualquier tipo de limpieza.
- Grandes acumulaciones de crudo en las zonas encharcadas pueden ser retiradas por aspiradores, absorbentes o con agua a baja presión. Durante el lavado con agua se debe tener especial cuidado para no trasladar el crudo pendiente abajo o hacia la orilla.
- Las actividades de limpieza deben ser cuidadosamente supervisadas para evitar daños en la vegetación.
- Cualquier actividad de limpieza no debe mezclar el petróleo con el sedimento. Se debe evitar el pisoteo de las raíces.
- Arrancar la vegetación contaminada sólo se debe considerar cuando los otros recursos disponibles supongan un evidente riesgo de que ésta pueda quedar contaminada.

### 5.2.5. Fondos infralitorales de sustrato blando

#### *Descripción*

- Son hábitats de fondos blandos, infralitorales que contienen variados porcentajes de arenas, fangos y arcillas y que aparecen en bahías, en las rías y estuarios abrigados, y también en áreas más profundas.
- La presencia de sedimentos de grano fino indica que el sustrato no está expuesto a fuertes oleajes o corrientes.
- Los recursos biológicos asociados a este hábitat incluyen ricas comunidades bentónicas y pelágicas.

#### *Comportamiento del petróleo*

- Este hábitat no queda a menudo expuesto al crudo. El mayor riesgo de exposición se produce

cuando el crudo decanta o se dispersa en los sedimentos suspendidos que finalmente acaban en sus fondos.

- Se produce una dispersión natural de petróleo y los sedimentos petroleados en la columna de agua sólo durante largas tormentas o cuando el vertido se ha producido muy cerca de la costa.
- La limpieza de la costa puede dejar petróleo y sedimentos de grano fino en suspensión, causando la deposición de éstos en estos hábitats.
- La preocupación acerca de la contaminación del marisco a partir del petróleo dispersado y decantado se debe tener en cuenta. Contaminaciones reales, potenciales o sospechadas deben producir una veda en la recogida de marisco.

#### *Consideraciones para la limpieza*

- Se retirará el petróleo donde existan significativas acumulaciones de crudo en el fondo, así como los tapetes y galletas del mismo sobre la superficie del sedimento.
- Se tendrá especial cuidado en controlar los sedimentos suspendidos y resuspendidos durante las operaciones de limpieza.

#### **5.2.6. Praderas de fanerógamas marinas**

##### *Descripción*

- Las praderas submarinas son hábitats muy productivos de bajíos intermareales y aguas someras.
- Su distribución depende de la temperatura del agua, la penetración de la luz, el tipo de sedimento, la salinidad, el oleaje y las corrientes marinas.

- Poseen una elevada biodiversidad y son áreas de engorde de numerosas especies de peces, crustáceos y moluscos.

##### *Comportamiento del petróleo*

- El crudo normalmente pasa sobre las praderas del piso infralitoral, sin producir contaminación.
- Si es más pesado que el agua quedará atrapado en el lecho, cubriendo las hojas y los sedimentos.
- El crudo se adhiere rápidamente a la vegetación y las plantas cubiertas son rápidamente defoliadas si el lecho queda contaminado.
- El petróleo flotante que proviene de las playas adyacentes puede mezclarse con el sedimento y depositarse en los lechos de las praderas submarinas.

##### *Consideraciones para la limpieza*

- Ser extremadamente cuidadoso al colocar barreras ancladas para no producir daños a las plantas.
- Ser extremadamente cuidadoso para prevenir la suspensión de sedimentos y su mezcla con el crudo, así como las molestias a los sistemas radicales por pisoteo o tráfico de barcas.
- No cortar plantas a menos que haya aves acuáticas que se fueran a alimentar de ellas.
- El uso directo de dispersantes puede producir grandes impactos en la comunidades biológicas.
- Nunca debe incinerarse petróleo sobre las praderas o en su inmediata vecindad. Los residuos de la incineración dependerán de la composición y cantidad de petróleo quemado.

## Anexo I. Impacto de la limpieza en los distintos hábitats costeros

### Métodos de limpieza en los hábitats de sustratos duros

Métodos de limpieza	Hábitats de sustrato duro							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Recuperación natural	A	B	B	A	B	B	A	B
Barreras absorbentes	NO	NO	NO	NO	B	NO	NO	NO
<i>Skimmers</i>	NO	NO	NO	NO	A	NO	NO	NO
Concentración y reconducción	NO	NO	NO	NO	A	NO	NO	NO
Recogida manual	B	C	B	B	B	A	B	B
Barreras y filtros	NO	NO	B	NO	NO	NO	NO	NO
Recogida mecánica	NO	NO	C	NO	NO	C	NO	NO
Absorbentes	A	C	B	A	A	B	A	B
Aspiración	A	B	B	A	B	A	NO	NO
Retirada de restos contaminados	A	A	A	A	B	A	NO	A
Talas y cortes de vegetación*	NO	D	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Cribado de sedimentos	NO	NO	B	NO	NO	NO	NO	NO
Lavado con manguera	NO	B	C	B	NO	C	NO	NO
Agua a baja presión y temperatura ambiente	B	B	B	B	NO	C	B	C
Agua a alta presión y temperatura ambiente	B	B	B	B	NO	B	B	C
Agua a baja presión y temperatura caliente	C	D	B	C	NO	C	C	C
Agua a alta presión y temperatura caliente	C	D	C	C	NO	C	C	C
Vapor a presión	D	D	D	D	NO	D	D	D
Chorro con arena	D	D	NO	D	NO	D	D	D
Solidificantes*	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Agentes de limpieza de costas*	C	B	B	C	NO	B	B	B
Dispersantes*	NO	NO	NO	NO	B	NO	NO	NO
Biorremediación*	NO	I	I	I	NO	I	NO	I
Bioestimulación*	NO	C	B	NO	NO	B	NO	I

1. Acantilados expuestos
2. Costas rocosas abrigadas
3. Playas de guijarros o bolos
4. Plataformas intermareales expuestas
5. Fondos duros y mixtos
6. Escolleras
7. Estructuras antropogénicas expuestas
8. Estructuras antropogénicas abrigadas

- A:** Impacto mínimo  
**B:** Impacto leve  
**C:** Impacto significativo  
**D:** Impacto considerable  
**I:** Información insuficiente  
**NO:** No aplicable

\* Estos métodos necesitan autorización especial.

## Métodos de limpieza en los hábitats de sustratos blandos

Métodos de limpieza	Hábitats de sustrato blando					
	1	2	3	4	5	6
Recuperación natural	C	A	B	B	B	B
Barreras absorbentes	NO	NO	NO	NO	A	B
<i>Skimmers</i>	NO	NO	NO	NO	A	B
Concentración y reconducción	NO	NO	NO	NO	B	B
Recogida manual	A	A	C	C	B	B
Barreras y filtros	B	B	B	B	NO	NO
Recogida mecánica	B	C	NO	D	C	D
Absorbentes	A	A	B	A	A	A
Aspiración	A	A	B	B	B	B
Retirada de restos contaminados	A	A	B	B	NO	B
Talas y cortes de vegetación*	C	C	D	C	NO	C
Cribado de sedimentos	B	B	NO	D	NO	NO
Lavado con manguera	B	B	B	B	NO	NO
Agua a baja presión y temperatura ambiente	B	B	D	B	NO	NO
Agua a alta presión y temperatura ambiente	NO	NO	NO	D	NO	NO
Agua a baja presión y temperatura caliente	C	C	NO	D	NO	NO
Agua a alta presión y temperatura caliente	NO	NO	NO	D	NO	NO
Vapor a presión	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Chorro con arena	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Solidificantes*	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Agentes de limpieza de costas*	C	C	NO	NO	NO	NO
Dispersantes*	NO	NO	NO	NO	C	C
Biorremediación*	I	I	I	I	NO	NO
Bioestimulación*	B	B	I	B	NO	NO

1. Playas de arena fina o estuarinas.
2. Playas de arena de tamaño mediano a grueso.
3. Bajíos mareales abrigados.
4. Marismas y humedales costeros.
5. Fondos infralitorales de sustrato blando.
6. Praderas de fanerógamas marinas.

- A:** Impacto mínimo  
**B:** Impacto leve  
**C:** Impacto significativo  
**D:** Impacto considerable  
**I:** Información insuficiente  
**NO:** No aplicable

\* Estos métodos necesitan autorización especial.

## Anexo II. Descontaminación del personal según Le Cedre

### Descontaminación del personal

#### Objetivos y bases

Cuando sucede una contaminación por hidrocarburos como la del Prestige, el personal que participa en los trabajos de descontaminación en tierra, se mancha rápidamente con el contaminante. Diariamente debe ser descontaminado para:

- evitar el esparcimiento de la contaminación a las zonas limpias de los alrededores, en el momento de abandonar la zona de trabajo,
- asegurarle un bienestar mínimo después de cada sesión de trabajo (transporte, comidas...),
- mantener la eficacia de los participantes y prolongar la vida útil de los equipos.

La idea es crear una cadena de limpieza del personal que vaya desde el más sucio hasta el más limpio, sobre una plataforma impermeable que permita recoger los efluentes de ese lavado con absorbentes o aspiradoras.

#### Material y personal

##### 1. Material básico

- Plataforma plana o un poco inclinada (> 30m<sup>2</sup>), capa plástica (o tela) que cubra la plataforma, estacas, bandas fluorescentes de señalización para balizar el área de descontaminación.
- 1 cuba de 1 a 2 m<sup>3</sup>, gasóleo o producto de lavado y trapos o esponjas para el desbaste.
- 1 limpiador con agua caliente a presión (sustancia de lavado en caso necesario) para lavar y aclarar.
- Rollos de papel absorbente (de formato industrial) para el secado final, 2 toneles de 200 litros abiertos (o papeleras para residuos sólidos).

##### 2. Material adjunto

Bomba y cubeta de almacenamiento de los efluentes de lavado recuperados, caseta(s) de obra para almacenar *in situ* las herramientas y el material de protección individual en función de la duración del trabajo, refugios con calefacción y vestuarios, servicios (empleo de los recursos locales) y cafetería/zona de comidas (o acceso a comedor).

### 3. Personal

En las grandes zonas de trabajo, puede habilitarse un equipo especializado (3-4 personas más un eventual relevo). Si no, los participantes se ayudarán mutuamente cambiando de puesto sucesivamente durante el trabajo de limpieza en cadena.

#### El área de descontaminación

- Delimitar geográfica y temporalmente el perímetro de la zona de obra (usando estacas que permitan por un lado atar las bandas de señalización de obras y por otro lado fijar la capa de plástico al terreno).
- Enderezar el terreno con maquinaria (5 minutos) o a mano (1/2 - 1h según el terreno) para disponer de una superficie en ligera pendiente, con una pequeña zanja en el punto más bajo, que recoja los efluentes de lavado.
- Establecer la capa de impermeabilización (si son bandas o rollos, ponerlos con recubrimiento perpendicular o en el sentido de la pendiente, para evitar pérdidas por infiltración en el terreno).
- Reagrupar, en una caseta *in situ*, equipos y herramientas individuales (limpios) para facilitar su gestión. Prever una segunda caseta (usar los recursos locales) para comidas e instalaciones sanitarias servicios (duchas y servicios).

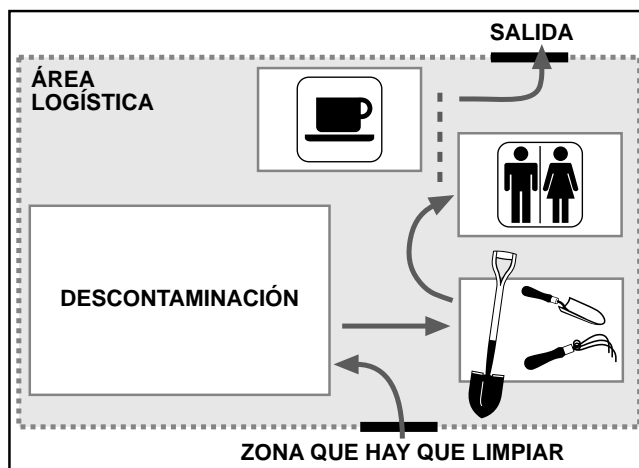
#### La descontaminación

- Para entrar en la zona de obra es necesario el uso de un equipo de protección individual, de "usar y tirar" o lavable. Todo aquél que salga de la zona de trabajo debe pasar por una zona de descontaminación para evitar ensuciar con las botas y los guantes, las ruedas o las herramientas las zonas limítrofes limpias. La descontaminación debe hacerse en varias etapas con el fin de garantizar que no se contaminen las ropas por los hidrocarburos:
  - Primera etapa (en el exterior): limpieza del impermeable de hule.
  - Segunda etapa (al abrigo): levantamiento del impermeable de hule con el mínimo de contaminación del mono.
  - Tercera etapa (al abrigo): levantamiento del mono + ducha.

En nuestro caso casi todo se tira día tras día y sería bueno intentar reciclar trajes y botas en la medida en que sea posible.

- El desbaste consiste en reblandecer y despegar el hidrocarburo fijado sobre el propio equipo frotando con un trapo embebido en producto de lavado. Ayudarse para realizar la limpieza de la espalda y de las zonas del cuerpo de difícil acceso.
- Regular el limpiador a 50-60 °C de temperatura y a 40-50 bares de presión de salida de la máquina (atención a ciertos modelos que tienen entre un 10-20 % de pérdidas en la salida y la caldera sólo funciona a partir de 30 bares).  
El lavado con limpiador necesita un cierto espacio (3-4 m), un operario fijo puede nombrarse, o sino debe procederse a una ayuda mutua (el último que se ha lavado debe lavar al siguiente).
- Reagrupar, en una caseta *in situ*, equipos y herramientas individuales (limpios) para facilitar su gestión. Prever una segunda caseta (usar los recursos locales) para comidas e instalaciones sanitarias servicios (duchas y servicios).
- La eficacia resulta mayor cuando se trabaja en serie con equipos completos (evitando el tratamiento ocasional). Puede alcanzarse un ritmo de un minuto/hombre mediante una labor simultánea en los 3 puestos de desbaste, de lavado/aclarado y de secado final.
- Limpieza de la piel:
  - No utilizar disolventes (*white-spirit*, esencias, gasoil) o productos abrasivos.
  - Eliminar un máximo de producto con papel ab-

Figura 2. Esquema de un área de descontaminación



sorbente, después agrupar los rastros residuales con productos con grasa (aceite vegetal, aceite de mesa, aceite de parafina, vaselina, mantequilla, margarina,...).

- Por último, limpiar la piel con agua tibia y jabón neutro.

### Cuidados especiales

- Precaución con la temperatura (máx. 60°C) y con la presión (máx. 50 bars) del chorro a presión (hacer un test antes de su uso en el personal).
- Precaución con las proyecciones o aerosoles generados por el lavado con chorro a presión.
- Precaución en la recuperación de los efluentes de lavado (aspiradores).



**WWF/Adena**

Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid

Tel.: 91 354 05 78 • Fax: 91 365 63 36

[www.wwf.es](http://www.wwf.es) • [jlvaras@wwf.es](mailto:jlvaras@wwf.es)