

Observación aérea de derrames de hidrocarburos en el mar

Directrices de buenas prácticas para el personal
de manejo de incidentes y respuesta a emergencias



IPIECA

La asociación de la industria global del petróleo y del gas para cuestiones ambientales y sociales

Level 14, City Tower, 40 Basinghall Street, Londres EC2V 5DE, Reino Unido
Teléfono: +44 (0)20 7633 2388 Fax: +44 (0)20 7633 2389
Correo electrónico: info@ipieca.org Sitio web: www.ipieca.org



Organización Marítima Internacional

4 Albert Embankment, Londres SE1 7SR, Reino Unido
Teléfono: +44 (0)20 7735 7611 Fax: +44 (0)20 7587 3210
Correo electrónico: info@imo.org Sitio web: www.imo.org



Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas

Oficina de Londres

Level 14, City Tower, 40 Basinghall Street, Londres EC2V 5DE, Reino Unido
Teléfono: +44 (0)20 7633 0272 Fax: +44 (0)20 7633 2350
Correo electrónico: reception@iogp.org Sitio web: www.iogp.org

Oficina de Bruselas

Boulevard du Souverain 165, 4th Floor, B-1160 Bruselas, Bélgica
Teléfono: +32 (0)2 566 9150 Fax: +32 (0)2 566 9159
Correo electrónico: reception@iogp.org Sitio web: www.iogp.org

Informe de IOGP N.º 518

Fecha de publicación: Febrero de 2015

© IPIECA-IOGP 2015 Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, almacenarse en un sistema de recuperación ni transmitirse de ninguna forma ni por ningún medio, ya sea electrónico, mecánico, de fotocopiado, grabación u otro modo, sin el consentimiento previo de IPIECA.

Descargo de responsabilidad

Si bien se han realizado todos los esfuerzos posibles para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni IPIECA, IOGP ni ninguno de sus miembros pasados, presentes o futuros garantizan su exactitud; y tampoco, independientemente de la posible negligencia de los mencionados, asumirán ninguna responsabilidad por cualquier uso previsto o imprevisto que se haga de esta publicación. Por consiguiente, dicho uso se hará bajo el riesgo propio del receptor, teniendo en cuenta que cualquier uso por parte del receptor constituye un acuerdo con los términos de este descargo de responsabilidad. La información contenida en esta publicación no pretende ser una asesoría profesional de los diversos contribuidores de contenidos y ni IPIECA, IOGP ni sus miembros aceptan ningún tipo de responsabilidad por las consecuencias del uso o mal uso de tal documentación. Este documento puede proporcionar orientación que sea complementaria a los requisitos de la legislación local. Sin embargo, nada de su contenido pretende sustituir, enmendar, anular o de algún otro modo alejarse de dichos requisitos. En el caso de que exista un conflicto o contradicción entre las estipulaciones de este documento y la legislación local, prevalecerán las leyes aplicables.

Observación aérea de derrames de hidrocarburos en el mar

Directrices de buenas prácticas para el personal
de manejo de incidentes y respuesta a emergencias

Prólogo

Esta publicación es parte de la serie Guía de buenas prácticas de IPIECA-IOGP, que resume los puntos de vista actuales sobre las buenas prácticas con relación a una variedad de temas sobre preparación y respuesta ante derrames de petróleo. La serie pretende contribuir a alinear las prácticas y actividades de la industria, informar a las partes interesadas y servir como herramienta de comunicación para fomentar la conciencia y la educación.

La serie actualiza y sustituye la consolidada "Serie de informes sobre derrames de petróleo" de IPIECA, que se publicó entre 1990 y 2008. Aborda temas que son ampliamente aplicables tanto a la exploración como a la producción, así como a las actividades de navegación y transporte.

Las revisiones se están llevando a cabo por el Proyecto conjunto del sector (JIP, por sus siglas en inglés) sobre respuesta ante derrames de petróleo de IOGP-IPIECA. El JIP se estableció en 2011 para implementar oportunidades de aprendizaje con respecto a la preparación y respuesta ante derrames de petróleo, después del incidente en abril de 2010 con el control del pozo petrolífero en el Golfo de México.

La serie original de informes de IPIECA será retirada progresivamente a medida que se vayan publicando los diversos títulos de esta nueva serie de Guía de buenas prácticas durante 2014–2015.

Nota sobre las buenas prácticas

"Buenas prácticas" en el contexto del JIP es una declaración de directrices, prácticas y procedimientos reconocidos internacionalmente que capacitarán al sector del petróleo y del gas para tener un nivel de desempeño aceptable en lo que concierne a la salud, la seguridad y el medio ambiente.

El concepto de buena práctica para un tema en particular cambiará con el tiempo a la luz de los avances tecnológicos, la experiencia práctica y la comprensión científica, así como los cambios en el entorno político y social.

Contenido

Prólogo	2	Guiado de las operaciones de respuesta	35
Propósito de esta guía	4	Guiado de un barco de respuesta a la contaminación	35
La misión	5	Informe de reconocimiento	37
El uso estratégico de la observación en la vigilancia de derrames de petróleo	5	POLREP (informe de contaminación)	37
La observación aérea, qué y por qué	6	Cartografiado de la contaminación	38
Preparación de la misión	7	Estimación de la cantidad del contaminante	41
Perfil del vuelo	8	Grado de cobertura	43
Diferentes tipos de hidrocarburos	10	Otros productos y fenómenos naturales	44
Petróleo y derivados del petróleo	10	Otros productos	44
Características físicas básicas	11	Fenómenos naturales	45
Meteorización y comportamiento del petróleo en el mar	13	Glosario	48
Los primeros días	13	Bibliografía	51
Aspecto de las manchas de hidrocarburos	15	Sitios web de utilidad	52
Visión general	15		
Casos especiales	16		
Formación de mareas negras en el mar	17		
Llegada del petróleo a la costa	18		
Deriva de las mareas negras	19		
Cálculo de la deriva	19		
Modelado de la deriva de las mareas negras	20		
Uso de boyas de deriva	21		
Información y transmisión de datos	23		
Observación de derrames de petróleo	24		
Criterios de observación	24		
Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn	25		
Aspecto en el mar	27		
Observación desde un barco, un acantilado o una plataforma	29		
Imágenes fotográficas y vídeo	30		
Otros tipos de imágenes	31		
Uso de imágenes como evidencia de descarga ilegal	33		

Propósito de esta guía

En 2008, un grupo técnico del Comité de Protección del Ambiente Marítimo (MEPC) de la Organización Marítima Internacional (IMO) recibió el encargo de desarrollar herramientas y orientación para ayudar a los estados en la implementación de la Convención Internacional para la Preparación, Respuesta y Cooperación ante Contaminación por Petróleo (OPRC 1990). El grupo acordó que se produciría una guía revisada para la "Observación aérea de contaminación por petróleo en el mar" de manera conjunta por Cedre, IMO e IPIECA-IOGP para proporcionar orientación acerca de la identificación y la observación de petróleo derramado en el mar para la industria y los gobiernos de todo el mundo.

La guía de operaciones resultante fue desarrollada a partir de la original Guía de Operaciones para la Observación Aérea de Contaminación por Petróleo en el Mar del Centro de Documentación, Investigación y Experimentación (Cedre) y representa un consenso de los puntos de vista de la industria y el gobierno, evaluados a través del proceso de revisión del grupo técnico de OPRC-HNS de IMO MEPX, Cedre y el grupo de trabajo en derrames de petróleo de IPIECA. La guía está diseñada para uso del personal involucrado en la observación aérea de la contaminación por petróleo en el mar y para aquellos que trabajan en los centros de respuestas a la contaminación, así como para servir de apoyo técnico para el personal de relaciones públicas.

Cedre, IMO e IPIECA-IOGP han publicado de manera independiente otros manuales e informes acerca de diferentes aspectos de la preparación y respuesta, y se invita al lector a revisar el manual de Observación Aérea de Contaminación por Petróleo en el Mar a la par de estas publicaciones.

La misión

El uso estratégico de la observación en la vigilancia de derrames de petróleo

En general, el propósito de la "vigilancia" es detectar, identificar y preferentemente cuantificar el petróleo derramado que puede estar presente en distintos escenarios (sobre el agua, dentro del agua y en tierra). Esto es de importancia crítica para permitir a la autoridad del incidente determinar de manera efectiva la magnitud y la naturaleza del incidente de derrame de petróleo, tomar decisiones acerca de dónde y cómo responder, controlar las diferentes operaciones de respuesta y, con el tiempo, confirmar si la respuesta resulta efectiva o no.

Esto aplica a todos los ámbitos de la situación de respuesta, en una amplia zona e incluso se extiende a través de fronteras internacionales, enfocándose en las diferentes áreas del mar y la costa potencialmente afectadas, y controlar las actividades de respuesta tácticas localizadas.

Se puede usar una cantidad de enfoques de vigilancia y de "herramientas" individuales para generar la información necesaria, del cielo al fondo del mar, y para apoyar la respuesta en curso. Estos incluyen:

- satélites (usando técnicas ópticas, infrarrojas y de radar);
- plataformas aéreas como aeronaves y helicópteros (usando técnicas que incluyen las ópticas, infrarrojas y de radar, fotografía y vídeo y el ojo humano);
- vehículos aéreos no tripulados (usando técnicas ópticas, infrarrojas y de radar);
- barcos (usando técnicas que incluyen las ópticas, infrarrojas y de radar, fotografía y vídeo y el ojo humano);
- aerostatos fijos;
- boyas, rastreadores, sistemas instalados (por ejemplo en plataformas de perforación);
- observadores en tierra; y
- vehículos submarinos autónomos y vehículos controlados de manera remota (ROV, por sus siglas en inglés).

La observación aérea por observadores capacitados es un método de vigilancia en el que a menudo se confía y se considera crítico para brindar una respuesta efectiva. Sin embargo, en función de las circunstancias del incidente de derrame de petróleo, puede ser necesaria una gama de otros enfoques y herramientas de vigilancia para complementar o aumentar esta técnica fundamental, y de esta forma producir una estrategia completa de vigilancia. Por ejemplo, cuando el área que se va a cubrir es muy amplia, las salidas de aeronaves individuales pueden representar un desafío, o simplemente no resultar viable con los recursos disponibles. Como solución, las herramientas como los satélites pueden, con frecuencia, ofrecer una cobertura de mayor área. Además, en algunos sitios donde los vuelos pueden estar restringidos, el uso de dispositivos no tripulados puede ofrecer una solución.

En función del incidente de derrame de petróleo, puede ser necesario tomar en consideración una cantidad de diferentes factores. La estrategia de vigilancia abarca el rango de necesidades de datos que surgen del incidente, y ofrece lo que se necesita para la respuesta, utilizando en potencia una selección de las herramientas y técnicas de vigilancia adecuadas a las circunstancias.

Los satélites, los vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) y otras herramientas ofrecen las opciones de teledetección para ayudar en la respuesta. La teledetección se define aquí como la adquisición y la recopilación de información acerca de un objeto o un fenómeno (un derrame de petróleo) sin tener un contacto físico real con dicho objeto. La teledetección se puede usar junto con otras técnicas de vigilancia, incluidas las boyas de rastreo, para proporcionar datos acerca de un derrame de petróleo, incluidos la ubicación, el tamaño, la dirección y la velocidad de movimiento.

La observación aérea, qué y por qué

¿Qué es una misión de observación aérea?

La observación aérea es la observación visual y la interpretación de un derrame de petróleo llevada a cabo desde una aeronave por un observador humano. Un observador capacitado puede reconocer y captar muchas características y detalles del petróleo derramado en el agua y a lo largo de la costa. El observador puede utilizar fotografía y vídeo para registrar la ubicación, la naturaleza y el aspecto del petróleo.

¿Por qué realizar una misión de observación aérea?

La observación aérea se puede usar para dos fines distintos que se describen a continuación.

En primer lugar, se puede realizar de manera rutinaria como un medio de disuasión, y puede detectar y recopilar evidencia para enjuiciamiento en casos de descarga ilícita realizada por barcos o instalaciones costa afuera. En este caso, los objetivos son:

- evaluar la contaminación (cantidad y calidad);
- ubicar y describir con precisión la contaminación;
- de ser posible, identificar al responsable de la contaminación;
- predecir la trayectoria de la contaminación; y
- enjuiciar al responsable de la contaminación por medio de un informe de observación de contaminación.

En segundo lugar, la observación aérea se usa como ayuda y para maximizar la efectividad de las operaciones de respuesta en el mar. Los objetivos de las misiones de observación son:

- ubicar todas las mareas negras;
- describir con precisión las mareas negras;
- cartografiar la contaminación;
- supervisar la contaminación;
- ajustar los modelos de la deriva;
- guiar diariamente las operaciones de respuesta; y
- preparar las operaciones de respuesta para los días posteriores.

La observación aérea es el único medio para obtener una imagen clara y real después de un incidente de derrame de petróleo. Es el primer eslabón de una cadena de decisiones importantes.

Preparación de la misión

Todas las misiones se deben preparar. El objetivo es tratar de predecir aquello que posiblemente se vaya a encontrar, incluyendo el aspecto y la ubicación de las mareas negras.

En todos los casos:

- Preparar mapas básicos del área en los cuales se pueda registrar la contaminación y anotar las observaciones durante el vuelo.
- Indicar claramente en estos mapas, la orientación, la costa, las coordenadas geográficas, la escala, la naturaleza de la costa (playa, costa rocosa, humedal, urbana, zonas industriales y muelles) y sus usos.
- Comprender los requisitos locales para el tipo específico de anotaciones que debe acompañar a la fotografía o el vídeo para asegurarse de que será aceptable como evidencia legal. En algunos casos, pueden estar disponibles plantillas, por ejemplo, el Registro estándar de observación/detección de contaminación según el Acuerdo de Bonn (ver Acuerdo de Bonn, 2004).

En el caso de un incidente de derrame de petróleo:

- Recopile toda la información posible acerca del derrame, por ejemplo:
 - la naturaleza del contaminante: crudo, refinado, petróleo ligero o pesado (su densidad, viscosidad, punto de escurrimiento, etc.). En el caso de petróleo crudo o refinado ligero, tenga cuidado del riesgo de una explosión (ver *Perfil del vuelo*, a la vuelta) y asegúrese de tener a la mano un explosímetro;
 - tipo de incidente (hundimiento, varamiento, explosión durante operaciones, etc.);
 - tipo de derrame (evento aislado, flujo continuo, en la superficie, debajo de la superficie); y
 - última observación de la mancha (fecha, aspecto, ubicación, trayectoria).
- Recopile todos los datos necesarios acerca de las condiciones locales (el clima desde la última observación, corrientes marinas, condición del mar, etc.).
- Si no se encuentran las instrucciones específicas de parte de un centro de coordinación, estime la ubicación más probable de la mancha al calcular su deriva probable (ver *Cálculo de la deriva* en la página 19), ya sea de la ubicación del derrame o de la última posición observada.
- Investigue la posibilidad de que otras áreas, no observadas hasta el momento, puedan estar contaminadas. Esto debe llevarse a cabo tomando en cuenta las circunstancias locales predominantes, por ejemplo la ruta de embarque antes del incidente, una nueva fuga del naufragio, otras contribuciones a la contaminación debidas a mareas negras que previamente habían alcanzado la costa, al desprenderse y quedar a la deriva, etc. (ver el ejemplo del derrame del *Erika* en el recuadro 1, a continuación).
- Basándose en esta información, identifique el área que la misión va a cubrir y defina un perfil de vuelo para lograr una máxima cobertura (ver *Perfil del vuelo*, a la vuelta).

Recuadro 1 *El derrame del Erika, 1999*

Antes de partirse en dos, el *Erika* había estado filtrando durante muchas horas y el combustóleo derramado llegó a la costa sin haber sido observado en el mar. Esto sucedió debido a la falta de una investigación específica con el objetivo de ubicar este petróleo derramado, ya que no había sido informado por el capitán del barco.

- Pronostique el aspecto de la mancha según las características del contaminante (estime la viscosidad a temperatura ambiente, evalúe la tendencia a formar una emulsión) o según los datos de la observación, y anticipé a cualquier problema potencial de la detección (por ejemplo, baja flotabilidad del contaminante, mareas negras fragmentadas, etc.).
- Prepare y lleve a bordo boyas de deriva para lanzarlas sobre las mareas negras y rastrearlas posteriormente por satélite.

Perfil del vuelo

- Debido a que el petróleo tiende a extenderse en franjas paralelas al viento, el área que se va a investigar se debe cubrir volando en contra del viento usando una técnica de "búsqueda escalonada", para aumentar las probabilidades de detectar cualquier mancha (ver Figura 1):
 - La niebla y el deslumbramiento causados por la superficie del mar a menudo reducen la visibilidad. En ocasiones, la posición del sol determinará la mejor forma de volar.
 - La altitud del vuelo la determina el tamaño de la mancha localizada, la visibilidad y la condición del mar. Es importante lograr el máximo barrido y al mismo tiempo asegurarse de que todos los detalles permanezcan visibles.
- En primer lugar, busque las zonas más contaminadas (mareas negras o manchas espesas, áreas de acumulación). Costa afuera, siga las manchas o franjas delgadas (lustrosas, irisadas o metálicas) a favor del aire, para detectar cualquier mancha densa posible a favor del viento de la zona contaminada.
- Si se encuentra una nueva franja o franjas recientes de contaminación, sígalas para determinar la fuente de la contaminación. Esta fuente se ubicará generalmente contra el viento, particularmente si el punto del derrame es fijo, pero también corriente arriba.

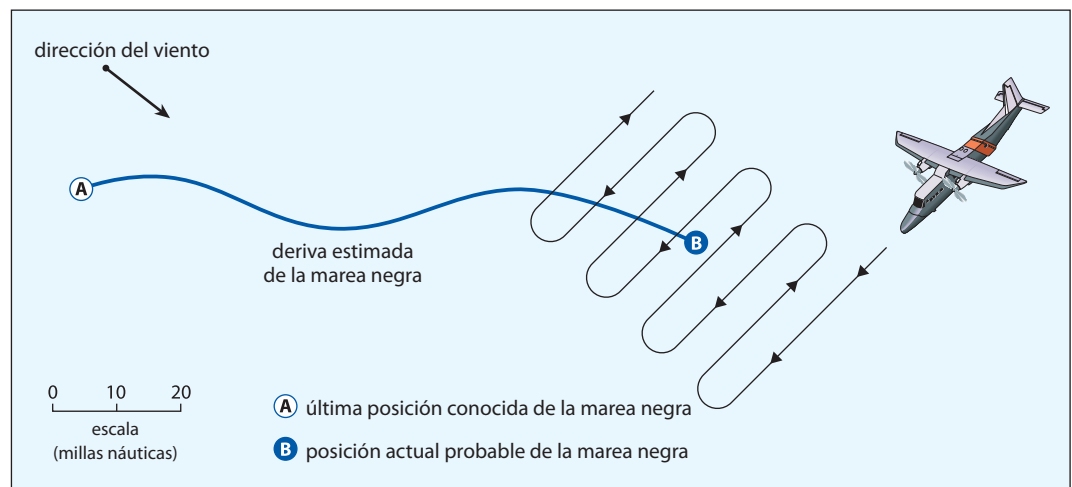
Vea también la sección *Formación de mareas negras en el mar* en la página 17.

Notas:

El uso de gafas de sol polarizadas facilita la observación.

En la medida de lo posible, las observaciones hechas usando aviones no especializados (por ejemplo, patrullas marítimas) se deben confirmar por medio de reconocimientos en helicóptero (lo que permite una observación más precisa) o por un avión que cuente con equipo especializado de teledetección (IR, SLAR, FLIR, UV o posiblemente microondas).

Figura 1 Búsqueda en escalera



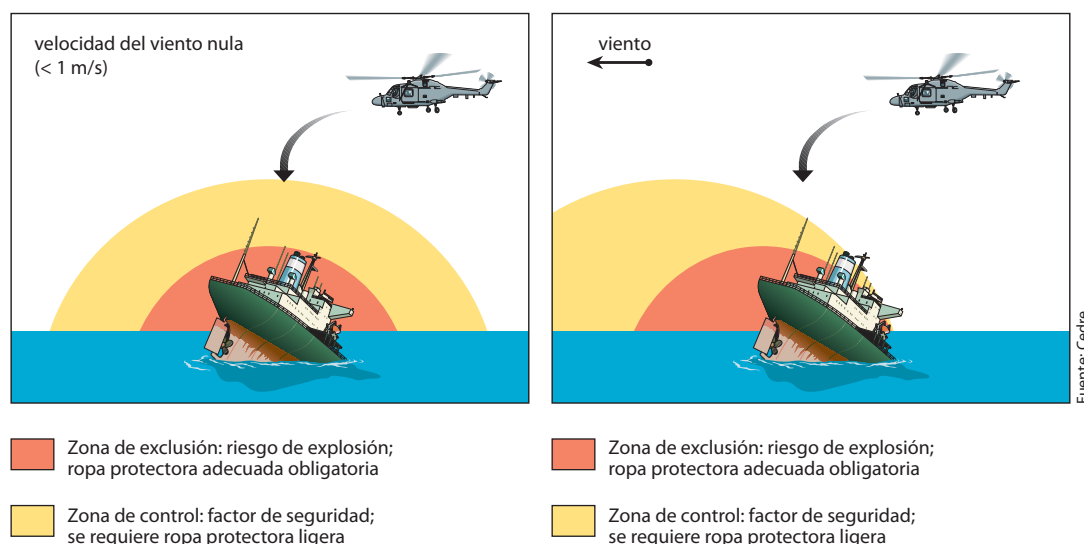
Fuente: Cedre

- Cuando sucede un derrame significativo de petróleo crudo ligero o de un producto refinado ligero, se puede formar una nube de gas (tóxico o explosivo). En ese caso, el acercamiento y los sobrevuelos del sitio se deben planear cuidadosamente para evitar cualquier riesgo posible para la tripulación. Para misiones de reconocimiento en helicópteros, se deben atender varias recomendaciones (ver Figura 2). La manera de acercarse a la zona del derrame debe ser en contra del viento o con viento de cola, a una altitud de al menos 50 metros, para evitar entrar en la zona de peligro. La tripulación del helicóptero debe contar con respiradores, un explosímetro y, de manera opcional, un toxímetro para detectar la presencia de vapores tóxicos en el aire. (Ver IPIECA, 2012 para mayor información acerca de la salud y la seguridad del personal de respuesta para derrames de petróleo.) Un helicóptero en vuelo estacionario sobre una mancha inflamable no debe descender a una altitud menor a 20 metros, o 30 metros en el caso de un derrame importante de un producto altamente inflamable (un petróleo ligero).

¡Advertencia!

Si la acción de la corriente es más fuerte que la del viento, la mancha puede moverse en contra del viento

Figura 2 Helicóptero aproximándose a un petrolero en problemas



Cuando no es posible realizar de inmediato una evaluación a fondo de la situación, proteja a todo el personal de respuesta con ropa protectora y máscaras, dentro de un radio de 200 m.

Los valores que se citan aquí son únicamente indicativos. Se debe evaluar cada caso de manera individual.

Diferentes tipos de hidrocarburos

Petróleo y productos derivados del petróleo

Nota:

Las emulsiones que se forman por los hidrocarburos del petróleo varían en color, del marrón oscuro al anaranjado.

Los hidrocarburos son asociaciones complejas de distintos compuestos químicos. Su aspecto, características físicas y comportamiento dependen de su composición. Los derrames en el mar involucran principalmente los siguientes tres tipos de hidrocarburos del petróleo, los cuales tienen comportamientos muy diferentes.

- Los productos refinados ligeros son incoloros o solo tienen un color ligero, son productos altamente fluidos compuestos de las fracciones más ligeras del petróleo (por ejemplo, la gasolina, la gasolina blanca, el queroseno, el gasóleo, o el combustóleo doméstico).
- Los productos refinados pesados son negros y a menudo viscosos, con pocas o ninguna fracción ligera (por ejemplo, el combustóleo pesado (HFO), el combustóleo intermedio (IFO), el combustible búnker, la descarga de sentina).
- Los petróleos crudos varían en color del marrón al negro. Poseen características ampliamente variables, en función de su composición y, en particular, en función de la proporción de fracciones ligeras o pesadas, que producen su semejanza a productos refinados ligeros o pesados. Después de cierto tiempo en el mar, los petróleos crudos pierden sus fracciones ligeras a través del "envejecimiento" (ver la sección acerca del *Envejecimiento y comportamiento del petróleo en el mar* en la página 13), dando como resultado características y comportamientos similares a los productos refinados pesados.

Tabla 1 Las propiedades de los hidrocarburos del petróleo

Tipo de petróleo	Persistencia/evaporación
Productos refinados ligeros, por ejemplo gasolina, diésel, queroseno	<ul style="list-style-type: none"> ● Baja o nula persistencia ● Evaporación rápida (en unas cuantas horas) ● Dispersión natural
Hidrocarburos del petróleo con viscosidad < 2000 cSt. <ul style="list-style-type: none"> ● Crudos ligeros y medios ligeramente envejecidos ● Combustóleos ligeros e intermedios poco envejecidos Hidrocarburos del petróleo con viscosidad > 2000 cSt. <ul style="list-style-type: none"> ● Petróleos crudos ligeros e intermedios envejecidos ● Petróleo crudo pesado ● Petróleo crudo pesado, residuo de operaciones, por ejemplo el combustible búnker HFO, IFO 380. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Baja persistencia ● Alta tasa de evaporación (alrededor del 40% en 24 horas) ● Persistencia promedio ● Baja tasa de evaporación (generalmente menor al 10%)
Petróleos crudos parafínicos con un punto de escurrimiento mayor que la temperatura del agua del mar	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta persistencia ● Hidrocarburos sólidos o altamente viscosos ● Tasa de evaporación muy lenta

Características físicas básicas

Un hidrocarburo del petróleo derramado en el mar se caracteriza por cierta cantidad de parámetros físicos que proporcionan información acerca de su comportamiento y envejecimiento probables. Las principales características físicas se enumeran a continuación.

Densidad

La densidad de los hidrocarburos es generalmente menor que 1, lo que significa que flotan en el agua. Sin embargo, una vez derramados, y debido al fenómeno de envejecimiento (evaporación y particularmente emulsificación), la densidad aumenta gradualmente hasta alcanzar valores similares a los del agua del mar, lo que hace la flotabilidad menos probable en aguas costeras y estuarios. La mayor densidad puede contribuir a una mayor probabilidad de un exceso de lavado por las olas en mares más agitados.

Viscosidad

La viscosidad inicial de los hidrocarburos varía ampliamente. La viscosidad depende de la temperatura (ver Figura 3, en la página 12). Al ser derramados, la viscosidad de los hidrocarburos aumenta progresivamente hasta alcanzar valores muy altos (por ejemplo >105 cSt), debido al fenómeno de envejecimiento (evaporación y emulsificación, ver páginas 13-14), que altera el comportamiento del contaminante en la superficie del mar (ver página 15).

Punto de escurrimiento

El punto de escurrimiento de un hidrocarburo del petróleo es la temperatura por debajo de la cual este deja de fluir en condiciones controladas de laboratorio. Esto no significa que por debajo de esta temperatura el hidrocarburo se comporte como un sólido. El punto de escurrimiento se mide en el laboratorio, en un estrecho tubo de ensayo. Cuando se derraman en el mar, en una amplia zona, los hidrocarburos pueden permanecer en estado líquido a temperaturas incluso menores que su punto de escurrimiento.

Efectos en la salud de los compuestos orgánicos volátiles (COV)

A una concentración de 900 ppm (0,09%), los COV pueden producir irritación al tracto respiratorio y a los ojos tras aproximadamente una hora.

Rango de explosión

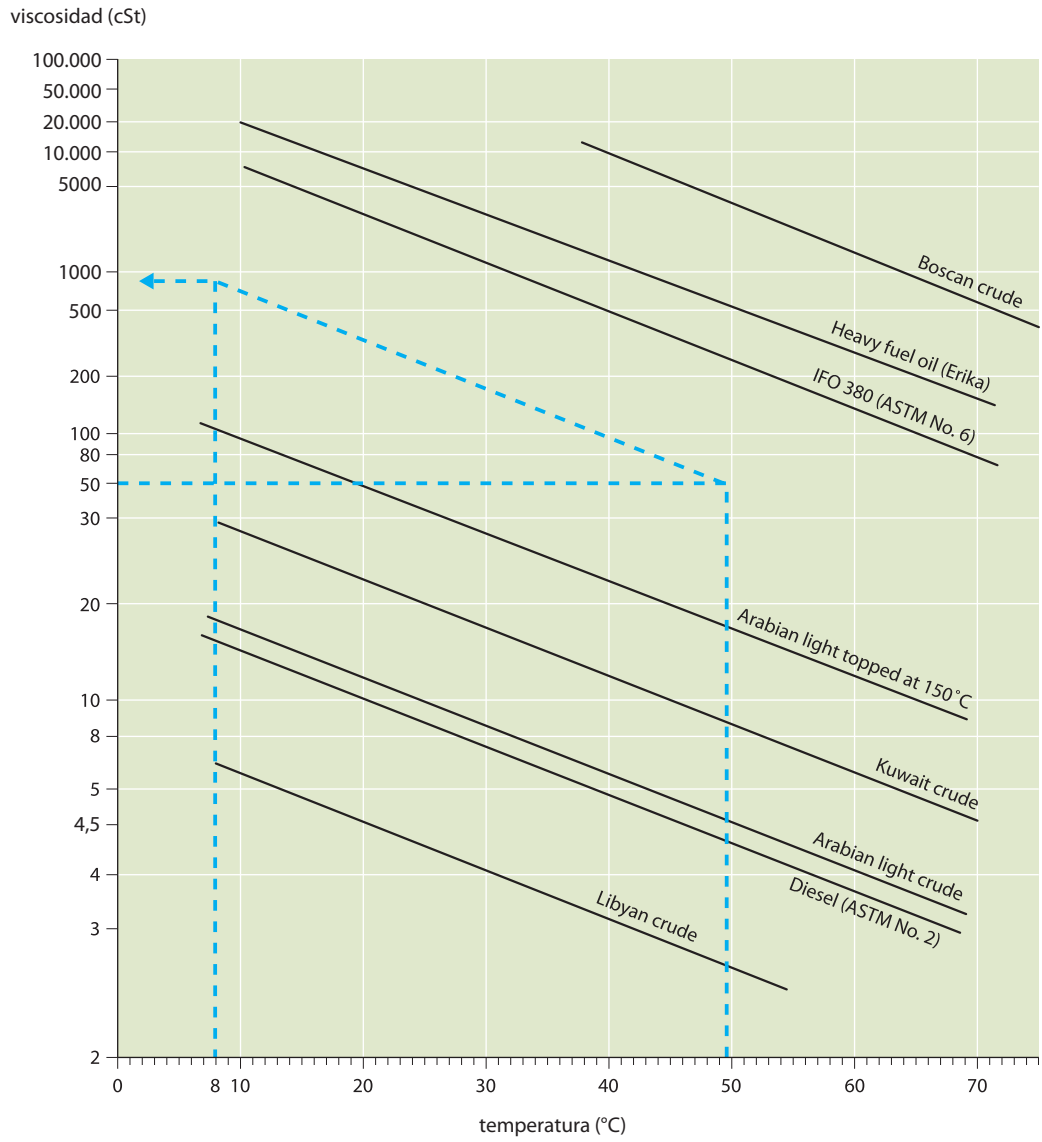
El rango de explosión involucra los valores mínimos de los hidrocarburos gaseosos en la atmósfera, y van de 2 al 11,5%.

Dos características adicionales son importantes: el punto de inflamabilidad y la temperatura de ignición espontánea (ver el glosario). Estos factores son particularmente importantes en el caso de productos refinados, para los cuales es necesaria una evaluación exhaustiva de los riesgos de incendio y explosión.

Se puede encontrar información adicional acerca de las características del petróleo en las guías de IPIECA-IOGP acerca de las características del petróleo (IPIECA-IOGP, 2014a).

Figura 3 Determinación de la viscosidad de un hidrocarburo en función de la temperatura

Cómo usar esta figura: Como ejemplo, la línea azul muestra que la viscosidad a 8°C de un combustible que mide 50 cSt a 50°C es 800 cSt..

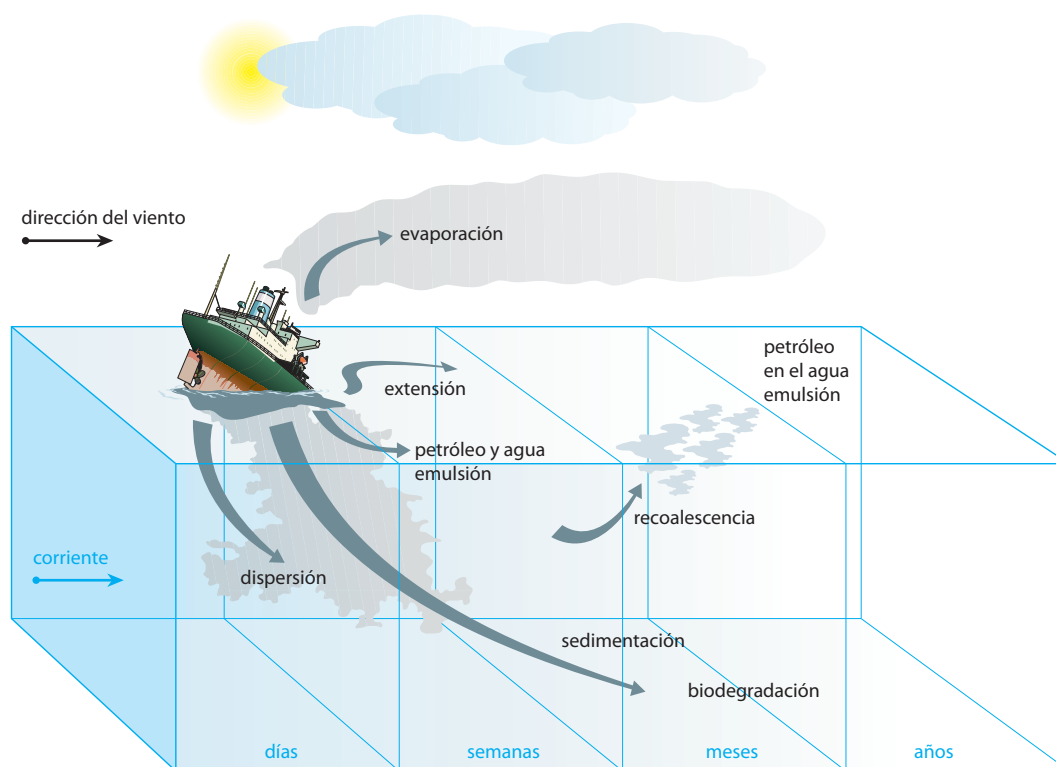


Meteorización y comportamiento del petróleo en el mar

Los primeros días

Con el paso del tiempo, el aspecto y el comportamiento del petróleo derramado en el mar cambian gradualmente, ver figura 4.

Figura 4 El destino del petróleo derramado en el agua



Durante los primeros días, el petróleo derramado en el mar experimenta los siguientes procesos:

- **Extensión en una película** que puede ser muy delgada (por ejemplo, menor a 1 micra): de esta forma, una pequeña cantidad puede cubrir una superficie muy grande (1000 litros extendidos en una película de 1 micra podrían cubrir 1 km²). Sin embargo, la extensión es irregular.
- **Evaporación** de las fracciones más ligeras: después de un derrame, los petróleos crudos, los condensados y los productos refinados empiezan a evaporarse inmediatamente, y pueden continuar haciéndolo durante un largo tiempo si las condiciones meteorológicas son favorables. La tasa de evaporación depende, en primer lugar, de la volatilidad de los diferentes componentes de la mezcla derramada, pero también de factores como



Fuente: BSAM, Aduana francesa

Derrame reciente (de unas cuantas horas): el contaminante fresco se extiende ampliamente para formar una película con manchas dispersas más densas.

¡Advertencia!

Los productos químicos con una alta presión de vapor, como la gasolina, son peligrosos si se inhalan y pueden explotar o encenderse (incluso a una baja concentración en el aire).

Con el paso del tiempo, los fragmentos de la mancha y las manchas más densas son cada vez más notables comparados con las capas delgadas (lustrosas, irisadas o metálicas), de unas cuantas horas a un día después del derrame.



Fuente: ITOPP

Con el envejecimiento, se pueden formar manchas de emulsión de color rojo ladrillo en el centro de las capas más delgadas (lustrosas, irisadas o metálicas) y manchas más densas (de 2 a 8 días después del derrame).



Fuente: Cedre

Posteriormente, las películas (lustrosas, irisadas o metálicas) desaparecen gradualmente y, finalmente, solo quedan las manchas o franjas de emulsión (unos cuantos días después del derrame), especialmente en un mar agitado.



Fuente: Cedre

Sin embargo, la iridiscencia puede volver a aparecer después, incluso varias semanas o meses después del derrame, si el mar está muy tranquilo y el sol brillante.



Fuente: Cedre

la cantidad del derrame, la temperatura del agua y del aire, la turbulencia del agua, la velocidad del viento y la tasa de extensión de la mancha.

- Hasta un 50% del petróleo crudo puede evaporarse en las primeras 24 horas después de un derrame.
- Cuando se derrama gasolina a 20° C, aproximadamente un 50% se evapora dentro de los 7 a 8 minutos tras el derrame. Las gasolinas, el queroseno y las fracciones de combustibles ligeros (compuestos volátiles con un punto de ebullición de 200° C) desaparecen casi totalmente después de 24 horas a 20° C.
- En el caso del combustible doméstico (DFO), de un 30 a un 50% se evapora en un día. Para los combustibles pesados, como el combustible búnker, la pérdida por evaporación se estima en un máximo de un 10% de su peso.
- **Dispersión natural**, el porcentaje del cual es determinado por la naturaleza del hidrocarburo y la condición del mar. Las olas y la turbulencia de la superficie del mar actúan sobre la mancha e inducen la formación de pequeñas gotas de petróleo de diferentes tamaños. Las gotas más pequeñas permanecen en suspensión en la columna de agua, mientras que otras coalescen con otras gotas o se extienden en una capa delgada. La recoalescencia de las gotas en la suspensión es más predominante cuando el mar está tranquilo; sin embargo, en este caso se facilita la observación aérea. Una proporción significativa del volumen de un derrame se puede dispersar de manera natural (por ejemplo, en el incidente de derrame de petróleo del *Braer*, 1993).
- **Emulsificación** ocurre principalmente en los casos de productos refinados negros, después de unos días, o incluso de unas cuantas horas si el mar está agitado. Las emulsiones que se forman varían en color yendo del marrón oscuro al anaranjado. Este fenómeno aumenta el volumen aparente del contaminante, reduce la extensión (al formar manchas densas) y finalmente incrementa la densidad aparente del contaminante hasta que es casi igual al del agua del mar. Por lo tanto, puede permanecer por debajo de la superficie o incluso hundirse, especialmente en aguas costeras o estuarios, debido a la presencia de materia suspendida y a la reducida salinidad.

Se puede encontrar información adicional acerca del envejecimiento y el comportamiento del petróleo en el mar en la ficha técnica N.º 2 de ITOPP, *El Destino de los Derrames de Petróleo en el Mar*.

Aspecto de las manchas de hidrocarburos

En función del ángulo de observación, puede ser difícil distinguir lustre y petróleo más denso. El color de las manchas y las franjas densas también puede variar en función de la luminosidad, el color del cielo y la posición del observador respecto del sol.



Fuente: Cedre

Visión general

Productos refinados ligeros

- Extensión rápida sobre superficies extensas en una película bastante homogénea y delgada.
- Evaporación sustancial y dispersión natural que provocan la desaparición en dos o tres días o incluso en unas cuantas horas.
- Productos incoloros o de color ligero, visibles principalmente con un pequeño ángulo de incidencia. Las mareas negras se muestran como manchas más brillantes.



Fuente: ITOPF

Mancha de producto refinado ligero extendiéndose rápidamente para formar una película delgada.

Productos refinados pesados o petróleo crudo

- Extensión irregular, formando rápidamente manchas o franjas densas, las cuales son negras o de un negro marrón oscuro (o posiblemente verdosas) rodeadas por una película oscura, delgada y sin romperse.
- Con el paso del tiempo (y después de la pérdida por evaporación de las fracciones ligeras del contaminante), las manchas se espesan y se apilan (varios milímetros de espesor), adquiriendo un color marrón o marrón anaranjado, mientras que la película sin romperse se vuelve más delgada y finalmente adquiere un aspecto lustroso, irisado o metálico. Dentro de unos pocos días, las capas delgadas finalmente desaparecen por completo. Sin embargo, en condiciones de calma y soleadas, la iridiscencia puede reaparecer.
- Las películas delgadas sin romper son claramente visibles con un pequeño ángulo de incidencia (mancha brillante) mientras que las manchas densas se ven mejor con un amplio ángulo de incidencia.



Fuente: Cedre

Mancha de crudo (accidente del Nassia, Bósforo, Turquía, 1994).



Fuente: ITOPF

Mancha de crudo (Gran Lago Amargo, Egipto, 2006).

Casos especiales

- Petróleo tratado con dispersante: el petróleo dispersado aparece como un penacho de anaranjado a marrón claro (en ocasiones marrón oscuro), justo por debajo de la superficie del agua.
- Productos del petróleo coagulado a temperatura del agua de mar (principalmente productos que contienen parafinas pesadas): estos pueden formar manchas densas o grumosas, posiblemente rodeados de capas lustrosas, irisadas o metálicas.
- Hidrocarburos del petróleo formando poca o ninguna emulsión, por ejemplo un petróleo crudo ligero o un producto refinado: solo permanecen las películas delgadas, que gradualmente se descomponen y desaparecen.

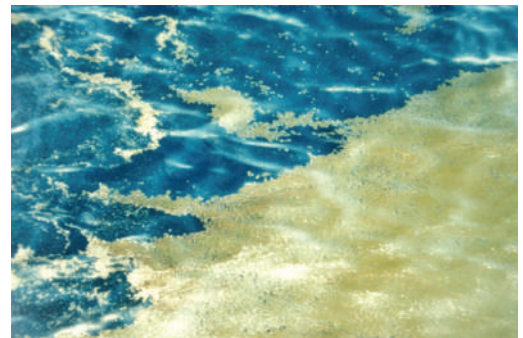
La fotografía inmediata de la derecha muestra petróleo tratado con productos dispersantes.



Fuente: Cedre



Fuente: Cedre



Fuente: Cedre

Derecha: petróleo en hielo.



Fuente: ITOFF

Arriba: petróleo parafínico coagulado: acercamiento, se puede ver que las manchas se componen de grumos.

Formación de mareas negras en el mar

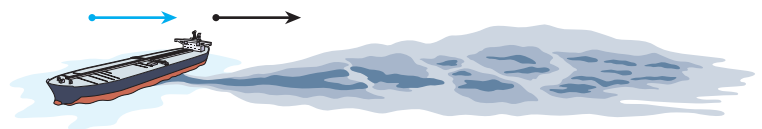
- Para las mareas negras recientes (de varias horas a unos días), la forma y distribución del espesor (espeso, medio o delgado) depende principalmente del viento. El viento extiende y alarga las mareas negras, para finalmente cortarlas en hileras y fragmentarlas. Las manchas más densas se encuentran a mayor distancia a favor del viento. Cuando el viento es muy fuerte, las zonas iridiscentes (lustrosas, irisadas o metálicas) tienden a desaparecer.
- Para mareas negras envejecidas (de varios días o más), las películas lustrosas, irisadas o metálicas desaparecen gradualmente. Solo quedan las manchas muy densas, altamente emulsificadas, apenas flotando en la superficie. En el caso de tormentas violentas, incluso las mareas negras extensas pueden no ser visibles, pero pueden reaparecer cuando las condiciones se calman. Las olas rompientes también pueden fragmentar estas manchas para que gradualmente se vuelvan más dispersas y cada vez más difíciles de observar. Las mareas negras más antiguas se mezclan con residuos flotantes.

Figura 5 La Formación de mareas negras en el mar

derrame en un punto: viento nulo o muy ligero



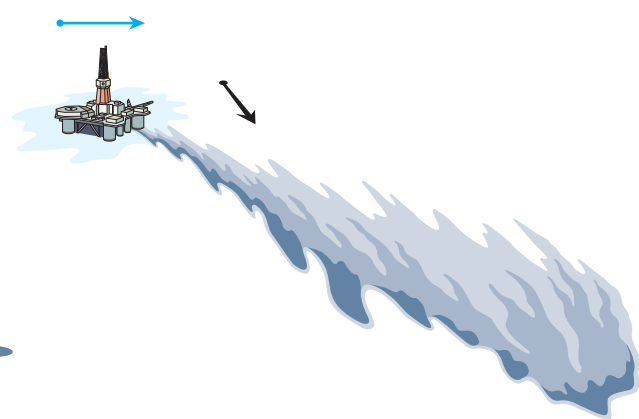
derrame fluyente: viento ligero, viento y corriente paralelos



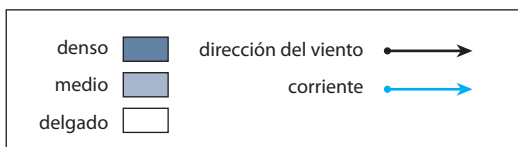
derrame en un punto: viento medio



derrame fluyente: viento medio, viento y corriente no paralelos



derrame en punto: viento fuerte



Llegada del petróleo a la costa

Nota:

Las pequeñas cantidades de petróleo o mareas negras fragmentadas que llegan a la costa son muy difíciles de identificar desde una aeronave, especialmente en zonas rocosas.

- Las mareas negras o manchas flotantes se acumulan en las áreas costeras expuestas al viento (ensenadas, bahías, calas).



Fuente: Cedre

Llegada de emulsión envejecida a la costa desde la carga de combustible pesado del Erika (Le Croisic, Loire-Atlantique, Francia, Diciembre de 1999)

- El contaminante se deposita en las zonas de acumulación, con el flujo y reflujo de las mareas en la forma de una franja más o menos continua, a lo largo de la línea de la marea alta.



Fuente: ITOFF

Llegada de petróleo a una zona de acumulación natural

- El contaminante a menudo se mezcla con cantidades variables de desperdicios y restos, en particular, algas marinas.



Fuente: Cedre

Llegada a la costa de una emulsión de combustible del naufragio del Prestige, combinada con algas marinas (Galicia, Noviembre de 2002)

- El contaminante puede ser transportado lejos si el viento o las corrientes cambian de dirección.



Fuente: ITOFF

Reubicación de combustible atrapado en las rocas

Deriva de las mareas negras

Cálculo de la deriva

Las mareas negras flotan a la deriva en el agua a un 3-4% de la velocidad del viento y al 100% de la velocidad de la corriente. La ruta real que cubre una mancha (o el rumbo entre el punto de partida y la posición actual) se puede determinar de manera gráfica mediante la suma vectorial de la velocidad de la corriente y un 3 a 4% de la velocidad del viento, establecido sobre una base de cada hora.

Tabla 2 Cálculo de la deriva durante dos horas

	Corriente	Viento	Deriva
Primera hora	1,5 nudos a 340°	12 nudos x 3/100 = 0,36 nudos a 300°	
Segunda hora	1,5 nudos a 60°	30 nudos x 3/100 = 0,9 nudos a 230°	
Tercera hora	1 nudo a 110°	25 nudos x 3/100 = 0,75 nudos a 185°	
Cuarta hora	1 nudo a 190°	20 nudos x 3/100 = 0,6 nudos a 130°	

En la tabla anterior, las flechas negras muestran los efectos sucesivos de la corriente (100%) y el viento (3%) sobre la mancha cada hora. Las flechas azules muestran la deriva resultante después de 4 horas. La flecha roja muestra la deriva promedio resultante.

Movimiento de la marea negra y modelos de deriva

Existe software para calcular el movimiento o la deriva de las mareas negras. Puede ser útil para preparar una misión.

Modelado de la trayectoria del petróleo en la superficie

El modelado de la trayectoria del petróleo en la superficie puede realizarse usando modelos matemáticos que integren datos meteorológicos y oceanográficos. La entrada del modelo se basa en los datos de observación de la contaminación (generalmente de la observación aérea), para la cual se han registrado el aspecto (el grado de fragmentación y la flotabilidad), las dimensiones, la posición y el tiempo.

El modelo se debe ajustar regularmente usando datos de la observación. Se pueden lanzar boyas sobre las mareas negras para ayudar a localizarlas en relación con las predicciones. La confiabilidad de los datos meteorológicos permite pronósticos de rutina para 3 a 4 días de anticipación y el seguimiento hacia atrás de la deriva hasta por 3 días, en función del modelo.

Figura 6 Ejemplo de pronóstico de la deriva de mancha para expertos (salida de datos sin procesar del modelo)

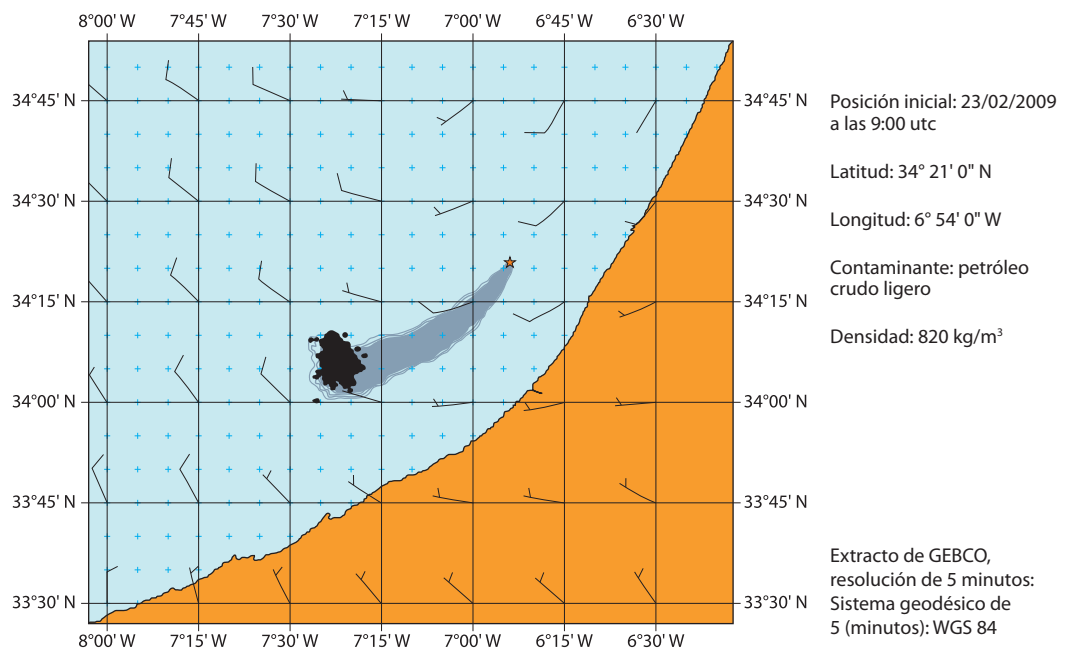
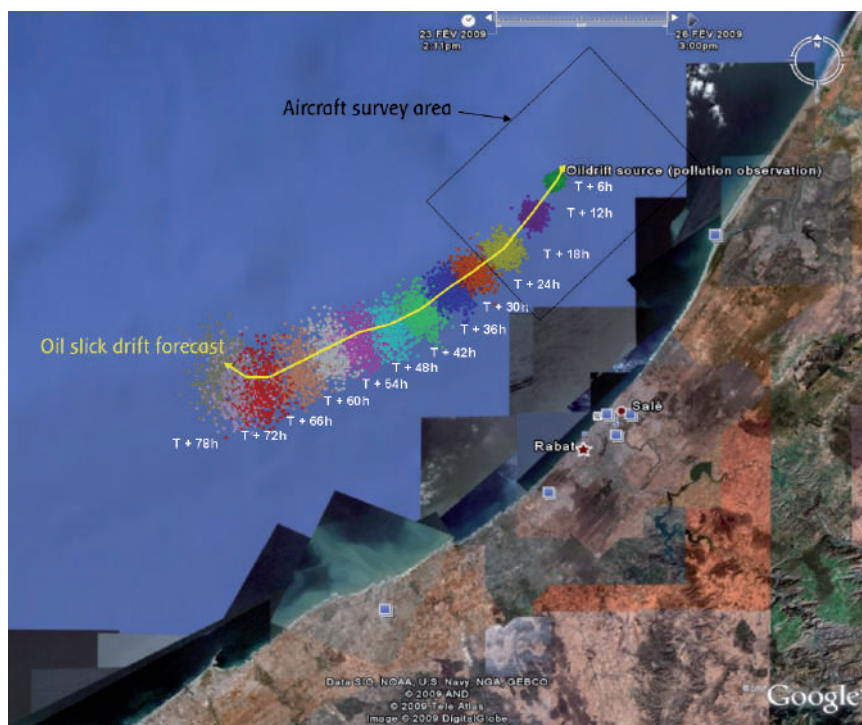


Illustration of the output from MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'Hydrocarbures) at Météo-France

En el caso de que un incidente mayor de contaminación por petróleo afecte una vasta zona marina, como en el ejemplo de la página anterior, se usa para diseñar mapas que reúnen todos los datos de la observación para ese día y las predicciones de la deriva para los días siguientes. Las observaciones se acompañan con indicaciones de las zonas de sobrevuelo de las diferentes aeronaves, mostrando cuáles zonas han sido exploradas y cuáles no.

La calidad de los datos actuales y el pronóstico meteorológico son de importancia crítica para la exactitud de estos modelos.



El procesamiento infográfico de la salida de datos sin procesar del modelo de predicción de la mancha mostrado en la página previa ofrece un formato más utilizable para el personal operativo y los equipos de comunicación

Uso de boyas de deriva

Es importante estar conscientes de los patrones de la deriva de una mancha y poder anticipar sus movimientos, para dirigir los buques de respuesta a la contaminación en el mar e informar a las autoridades de respuesta en tierra tan pronto como el contaminante amenace con llegar a tierra. Además de la observación aérea y las imágenes satelitales, se pueden implementar boyas de deriva rastreadas por satélite.

La experiencia previa en incidentes de contaminación (por ejemplo, derrames importantes, descargas ilícitas, naufragios) muestra que las boyas de deriva lanzadas desde una aeronave o desde botes presentan una cantidad de ventajas:

- Se puede seguir la deriva a distancia (es útil cuando las malas condiciones evitan los sobrevuelos y las operaciones de observación).
- Si las mareas negras desaparecen de vista, no se pierden.
- Se puede identificar la ubicación en tierra de pequeñas cantidades de contaminación procedentes de descargas ilícitas.
- Se puede ofrecer información acerca del destino de la posible contaminación proveniente de naufragios.



Fuente: Cedre

Izquierda: boyas de deriva en superficie, faros Argos flotantes independientes que se pueden lanzar desde aeronaves

Boyas de muestreo

Recientemente se han desarrollado boyas de muestreo que se pueden lanzar directamente desde una aeronave sobre una mancha. Contienen una pieza del material Teflon®, que puede absorber el aceite para análisis posteriores. Las boyas se pueden identificar por una señal de luz y radio.

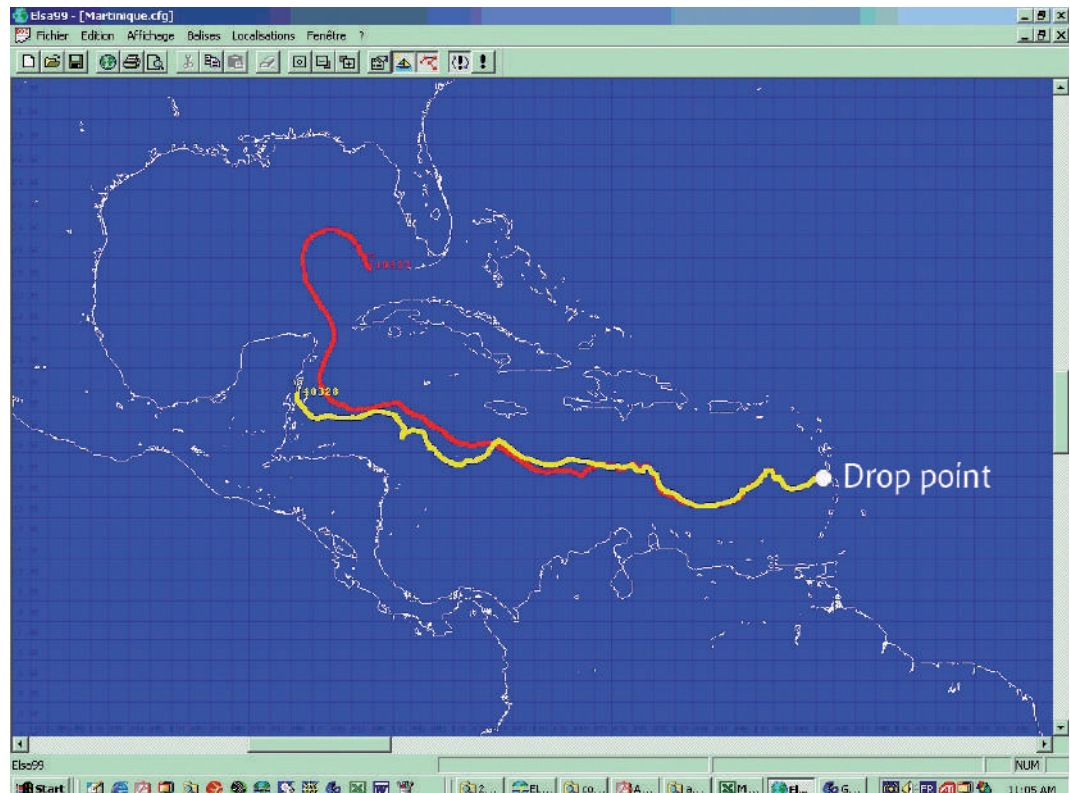
Recuadro 2 El derrame del Prestige, 2002

Boyas de deriva de seguimiento por satélite fueron desplegadas por SHOM (Servicio Naval Francés Hidrográfico y Oceanográfico) para medir la corriente estacional, conocida como la corriente de "Navidad", que algunos consideraban que iba a extender la mancha en forma de río. Las boyas de deriva mostraron que la corriente no se había desarrollado y que la deriva de las mareas negras estaba dictada principalmente por el viento.

Cedre proporcionó boyas superficiales de deriva para usarse por la naval francesa, SASEMAR (La organización española de rescate y seguridad marítima a cargo de la respuesta en el mar en España) y AZTI (el centro tecnológico experto vasco que se especializa en investigación marítima y alimentaria). Estas boyas de deriva fueron probadas por Cedre (se inició una serie de pruebas en 1996) y su deriva fue casi idéntica a la de las mareas negras. Algunas de estas boyas fueron usadas en diciembre de 1999 durante la operación de respuesta al derrame de petróleo del *Erika*. Fue de esta manera que los movimientos a la deriva de las mareas negras en el Golfo de Vizcaya pudieron ser rastreadas a mediano plazo. Una de las boyas de deriva que fueron lanzadas a principio de febrero de 2003 frente a la costa de la Cuenca de Arcachón se encontró tres meses después en la punta de Bretaña.

El Instituto Oceanográfico de Portugal, y posteriormente SASEMAR, en colaboración con Cedre, también colocaron boyas superficiales de deriva sobre el naufragio del *Prestige* de forma mensual a partir del 23 de febrero de 2003. Ninguna de estas boyas entró al Golfo de Vizcaya en los siguientes 12 meses, lo que subrayó el hecho de que, en caso de un derrame del *Prestige*, el riesgo era mayor para las costas portuguesas y marroquíes que para las costas francesas.

Un ejemplo de un experimento para monitorear boyas de superficie en el área del Caribe. En amarillo y rojo, la trayectoria de dos boyas lanzadas en el mismo punto.



Información y transmisión de datos

En el manejo de la contaminación, se deben considerar muchos factores, incluidos los datos de observación aérea (la posición de la contaminación, comentarios acerca de las observaciones, planes de vuelo iniciales y reales, fotografías, imágenes de teledetección, etc.), la predicción de la deriva y las señales enviadas por las boyas a la deriva lanzadas en el mar (ver *Uso de boyas a la deriva* en la página 21). Esta información se comparte con el personal operativo por varios medios (fax, teléfono, correo electrónico, Internet). Para optimizar la transmisión y el aprovechamiento de la transmisión de datos, se debe dar prioridad a los métodos informáticos (por ejemplo, informes de contaminación en una hoja de cálculo, el uso de cámaras digitales o un sistema diferente con un sistema de posicionamiento global o GPS).

Es importante:

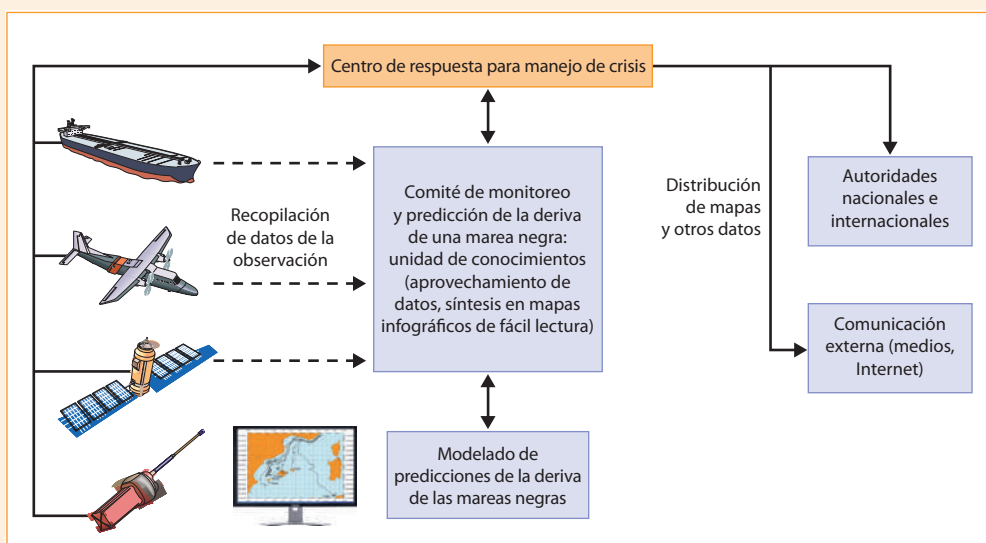
- procesar en computadora tanta información como sea posible;
- usar equipo de fotografía digital; y
- dar prioridad a la transmisión en tiempo real de la información usando Internet.

Recuadro 3 Ventajas de un enfoque coordinado

La experiencia de otros derrames mayores de petróleo muestra las ventajas de reunir a expertos en la materia de diferentes organizaciones para:

- analizar los datos de la observación (observaciones aéreas, náuticas y satelitales);
- transmitir los datos seleccionados a especialistas en modelado para pronosticar las trayectorias de las mareas negras;
- ofrecer orientación para futuros vuelos de observación;
- actualizar el mapa de ubicación diariamente y enviarlo al personal de respuesta; y
- proponer programas de estudio y experimentación que podrían usarse para reforzar las predicciones.

Dicho enfoque ha contribuido a lograr una importante mejora en la calidad de las predicciones y ha facilitado el proceso de toma de decisiones de las autoridades. Es una innovación valiosa en el campo de la información y la comunicación.



Observación del derrame de petróleo

Criterios de observación

Los criterios de observación para derrames de petróleo son:

- el grado de cobertura (ver página 43) y las dimensiones de las mareas negras o las manchas, las cuales ofrecen información acerca de la extensión general del derrame;
- la posición y el tiempo de la observación; y
- el aspecto (la forma, el color y la formación) que proporciona información acerca del tipo de contaminante y su grado de envejecimiento.

Recuadro 4 Aspecto del petróleo derramado

El aspecto puede ser uno de los siguientes:

- Películas delgadas (lustrosas, irisadas o metálicas) plateadas y/o de color (en el caso de productos refinados ligeros o en derrames poco extendidos), con un espesor de unas cuantas micras ($< 50.000 \text{ l/km}^2$).
- Mareas negras de diferentes espesores con color discontinuo oscuro (negro o marrón en función del hidrocarburo), a menudo rodeadas de películas delgadas (lustrosas, irisadas o metálicas), en función del grado de envejecimiento; tasa de espesor de 50 a 200 μm (50.000 a 200.000 l/km^2):
 - una mancha y una película delgada indican contaminación reciente y poco envejecimiento;
 - una mancha de marrón a rojo con desaparición gradual de películas delgadas indica una emulsión envejecida durante varios días en el mar.
- manchas gruesas con bordes claros, generalmente de marrón oscuro a anaranjado y en ocasiones rodeados de películas delgadas (manchas de emulsión envejecidas durante una semana o más en el mar), y un espesor considerable, de 0,2 a 3 cm y mayor; de 200.000 a $3.000.000 \text{ l/km}^2$, o más en el caso de petróleos o emulsiones extremadamente viscosos.
- Bolas de alquitrán de emulsión resultado de la fragmentación de manchas gruesas en elementos más pequeños, los cuales son cada vez más difíciles de detectar.
- En ocasiones se pueden ver manchas de color marrón y anaranjado (y en ocasiones negro) en forma de nube debajo de la superficie del agua, lo que indica la presencia de petróleo dispersado por tratamiento con dispersante.

Nota:

El color verdadero discontinuo (ver el Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn en la página siguiente) es provocado por la aparición de mareas negras más gruesas, borde a borde con mareas negras más delgadas (metálicas). Es un efecto creado en mayor proporción por la combinación de dos aspectos que por un aspecto específico.

El color de las mareas negras, de las manchas y de las franjas varía en función de la luminosidad, el color del cielo y la posición del observador respecto del sol.

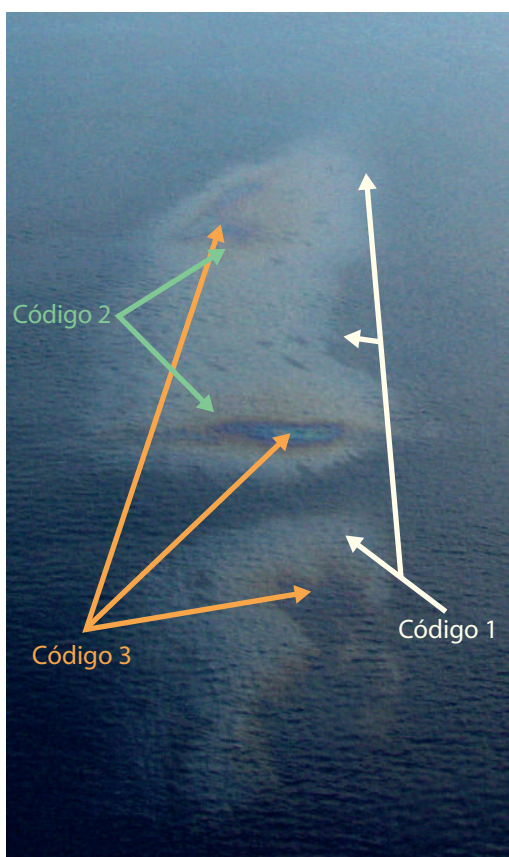
Las mareas negras pueden adoptar diferentes patrones de comportamiento o encontrarse en hileras paralelas a la dirección del viento.

Código de Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn

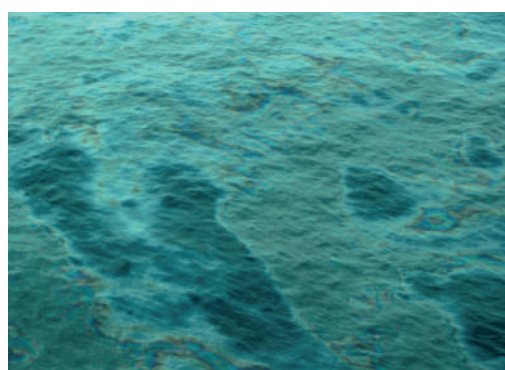
El Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn (BAOAC, por sus siglas en inglés) es resultado de un programa científico dirigido a determinar las cantidades de petróleo derramado usando observación visual aérea. Los estudios realizados bajo los auspicios del Acuerdo de Bonn llevaron a la adopción de un nuevo código del aspecto, vigente a partir de enero de 2004, el cual reemplaza al código de color anterior. El BAOAC se debe usar con preferencia a otros códigos existentes como el Memorandum de Comprensión de París.

Tabla 3 Código de Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn (vigente a partir de enero de 2004)

Aspecto	Intervalo del espesor de la capa (μm)	Litros por km^2
Código 1: Lustroso (plateado/gris)	0,04 – 0,30	40 – 300
Código 2: Irisado	0,30 – 5	300 – 5.000
Código 3: Metálico	5 – 50	5.000 – 50.000
Código 4: Color verdadero discontinuo	50 – 200	50.000 – 200.000
Código 5: Color verdadero continuo	> 200	> 200.000

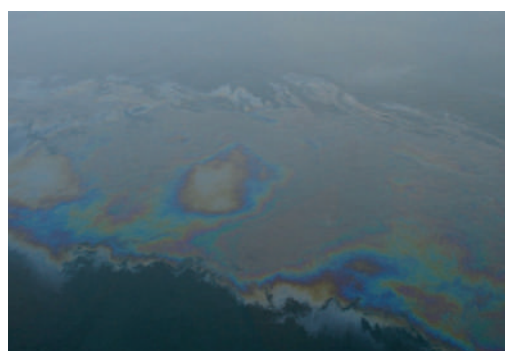


Fuente: Aduana francesa



Fuente: Aduana francesa

Aspecto metálico, principalmente Código 3



Fuente: Marine nationale

Códigos del aspecto 1, 2, 3 y 4)

Nota:

El Código del Aspecto del Petróleo permite representar las capas delgadas y el grado de los derrames a evaluar.

Tabla 4 Códigos del aspecto de las mareas negras de la manera que se definen en el Manual de Vigilancia Aérea del Acuerdo de Bonn (www.bonnagreement.org)

Código 1: Lustroso (< 0,3 µm)
Las películas muy delgadas de petróleo reflejan la luz blanca entrante de manera ligeramente más efectiva que el agua circundante y por lo tanto, se observarán como un lustre plateado o gris. La película de petróleo es demasiado delgada para que se observe ningún color verdadero. Todos los petróleos aparecerán iguales si se encuentran presentes en estas capas delgadas. Las películas de petróleo menores a aproximadamente 0,04 µm de espesor son invisibles. En malas condiciones de observación, es posible que incluso las películas más gruesas no se puedan observar. Más allá de cierta altura o ángulo de visión, la película observada puede desaparecer.
Código 2: Irisado (0,3 µm–5 µm)
El aspecto irisado del petróleo representa una gama de colores; amarillo, rosado, morado, verde, azul, rojo, cobrizo y anaranjado. Esto es provocado por un efecto óptico independiente del tipo de hidrocarburo implicado. Los colores van de pálidos a altamente luminosos, en función del ángulo de visión y del espesor de la capa. Las películas de petróleo con un espesor cerca de la longitud de onda de las diferentes luces de colores, 0,2 µm–1,5 µm (azul 0,4 µm, rojo 0,7 µm), presentan el efecto irisado más distintivo. Este efecto ocurre hasta un espesor de capa de 5 µm. Las condiciones de iluminación baja pueden provocar un aspecto reducido de los colores. Una capa uniforme de petróleo en la región del arco iris mostrará diferentes colores a través de la mancha debido al cambio en el ángulo de visión.
Código 3: Metálico (5 µm–50 µm)
El aspecto del petróleo en esta región no se puede describir como un color en general, ya que depende del tipo de hidrocarburo, así como del espesor de la película de petróleo. Cuando se puede observar un rango de colores dentro de un área irisada, el metálico aparecerá como un color bastante homogéneo que puede ser azul, marrón, morado u otro color. El factor común es el aspecto "metálico" y se ha identificado como un efecto espejo, en función de la luz y de las condiciones del cielo. Por ejemplo, con un cielo azul, se podrá observar el azul.
Código 4: Colores verdaderos discontinuos (50 µm–200 µm)
Para las películas de petróleo más gruesas que 50 µm, el color verdadero del petróleo gradualmente dominará al color observado. Los petróleos de color marrón aparecerán marrón, mientras que los negros aparecerán negros. La naturaleza fragmentada del color, debida a las áreas más delgadas dentro de la mancha, se describe como discontinua. Esto es provocado por el comportamiento de extensión bajo los efectos del viento y la corriente. "Discontinuo" no se debe tomar erróneamente por "cobertura". Descontinuo implica variaciones de color y no áreas no contaminadas.
Código 5: Colores verdaderos continuos (>200 µm)
El color verdadero del petróleo específico es el efecto dominante en esta categoría. Un color más homogéneo se puede observar sin discontinuidad, de la forma descrita en el Código 4. Esta categoría depende en gran medida del tipo de petróleo, y los colores pueden ser más difusos en condiciones de nublado.

Aspecto en el mar



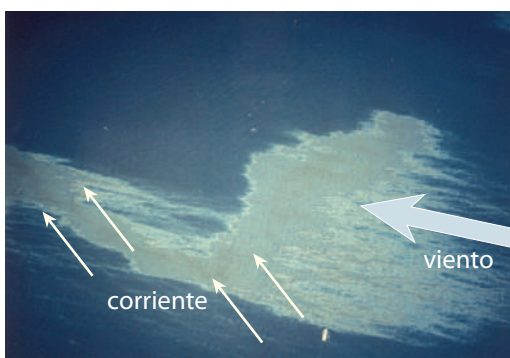
Fuente: Marine nationale

Lustroso, irisado, metálico.



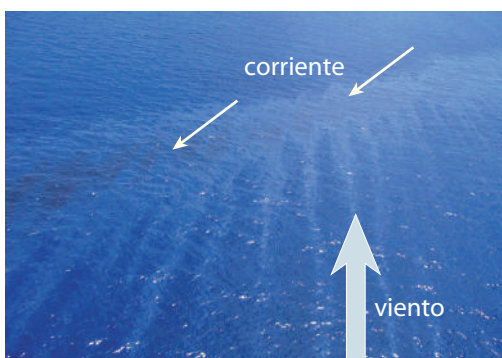
Fuente: Cedre

Mareas negras recientes extendiéndose ampliamente.



Fuente: Cedre

A medida que la mancha envejece, aparecen zonas más densas en contra del viento.



Fuente: ITOPF



Fuente: Cedre

Empiezan a aparecer manchas densas de emulsión.

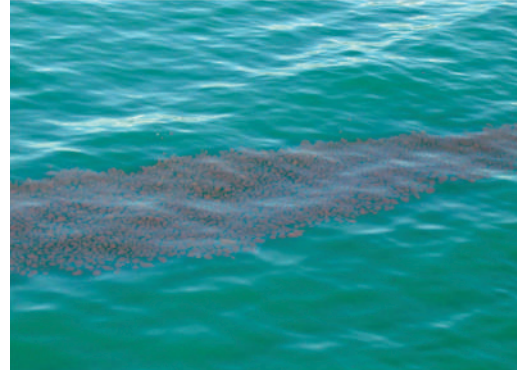


Fuente: Cedre

Después de algunos días, las capas delgadas se han dispersado y solo quedan manchas de emulsión.

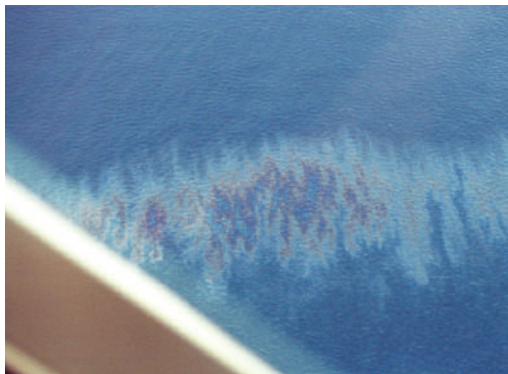


Fuente: AZTI



Fuente: ITOPF

Las manchas de emulsión se fragmentan y forman pequeñas bolas de alquitrán que son visibles únicamente de cerca.



Fuente: Association Intervention



Fuente: Association Intervention

El viento corta las mareas negras para formar hileras. Si el viento es fuerte, la iridiscencia puede desaparecer.



Fuente: Cedre



Fuente: Cedre

Emulsión envejecida dispuesta por el viento en franjas paralelas.

Mancha dispersada parcialmente por dispersante químico.

Observación desde un barco, un acantilado o una plataforma

Si no se dispone de medios de observación, en ocasiones debemos realizar la observación desde un barco, un acantilado o una plataforma de exploración o producción. En estas situaciones, a la distancia, es difícil distinguir efectivamente los bordes de la mancha, su grosor y controlar la posición respecto del sol.

Son necesarias algunas reglas de sentido común, por ejemplo:

- observar desde el punto más alto del barco, plataforma o acantilado, según lo permitan las reglas de seguridad del sitio;
- usar gafas de sol polarizadas; y
- de ser posible, realizar las observaciones alrededor del mediodía (tiempo solar).

Es importante:

- especificar la superficie de las acumulaciones;
- indicar si la contaminación flota o se ha asentado (observar la atenuación de la altura y el rompimiento de las olas para obtener una idea del grosor del contaminante, que puede tener hasta varios centímetros); y
- describir las características morfológicas del tipo de costa afectada, un factor que determinará las técnicas de respuesta.

Nota:

Se pueden usar los nuevos sistemas de teledetección que emplean radar de navegación estándar de barcos o sensores a bordo, de uno o varios barcos operando en un derrame para detectar mareas negras y ayudar a posicionar los barcos de respuesta.



Fuente: ITOPF

Izquierda: Llegada de petróleo crudo pesado a la costa.

Imágenes fotográficas y vídeo

Además de la observación visual, es útil capturar imágenes de un derrame para ayudar a identificar y cuantificar la mancha durante la operación de respuesta. Las imágenes también se pueden usar después como una evidencia para la acusación en casos de descarga ilícita. Se usan cámaras para tomar fotografías y vídeo de un derrame, y el rango de luz visible del espectro electromagnético para crear imágenes de color verdadero. Las cámaras las puede portar en la mano un observador, o bien montarse en la aeronave y tener la capacidad de referenciar geográficamente cualquier imagen tomada.

Recuadro 5 Fotografía aérea: especificaciones técnicas

Con la generalización de las cámaras digitales réflex con un sensor de resolución mayor a los 10 millones de píxeles, ahora es posible obtener imágenes de alta calidad.

Gracias a la tecnología digital, se puede obtener fácilmente cierta información valiosa, incluidas la fecha, la hora y la posición GPS de la toma.

Si la cámara no está directamente equipada con un GPS, se le puede instalar una pequeña unidad de GPS para etiquetar las fotografías con la ubicación del lugar donde se tomó la fotografía. Las coordenadas geográficas obtenidas se pueden usar para ubicar las fotografías en mapas digitales. Después de guardar las imágenes en su formato original, se pueden enviar por correo electrónico en formatos más pequeños.

Consejos útiles

- Antes de la tarea, configure la fecha y la hora en la cámara digital. De ser necesario, sincronice la fecha y la hora de la cámara con el dispositivo GPS.
- Durante el vuelo, no se apoye contra la pared interna de la aeronave ni apoye la cámara contra la ventana de la cabina (para evitar vibraciones).
- Coloque la cámara muy cerca de la ventana (alrededor de 1 cm de distancia) y paralela a su superficie para evitar cualquier reflejo de color.
- Preste atención a la posición en relación a la luz, así como a los colores del mar y el cielo, los cuales pueden ser difíciles de distinguir.
- De ser posible, tome fotografías alrededor del mediodía (tiempo solar), evite el amanecer y el crepúsculo (cuando la luz puede afectar los colores).
- Para fotografías de la costa, considere el nivel de la marea.
- Para obtener mejores resultados, vuele a baja altitud.
- Después del vuelo, archive cuidadosamente las fotografías tomadas. Todas las fotografías deben estar indexadas y se deben poder rastrear.

Características

- Cámara digital réflex:
 - Objetivos: 28 mm, 35 mm, 50 mm, 55 mm
- Accesorios:
 - parasol del lente
 - filtros (polarizado, anti-UV)
 - unidad de GPS
- Configuración:
 - configuración manual o de alta velocidad
 - enfoque ajustado al infinito
 - ISO: de 200 a 400, o incluso 800 (ideal para condiciones de niebla o nublado, al mismo tiempo que se asegura una muy alta calidad y un grano fino)
 - velocidades usadas: de 1/500° a 1/2000° (la mayor velocidad posible del obturador para evitar el efecto de movimiento)
 - apertura: de f.8 a f.16 para una máxima profundidad de campo.

Otros tipos de imágenes

Además de las imágenes fotográficas y de vídeo, hay otros tipos de sensores que se pueden usar para recopilar imágenes y datos usando longitudes de onda más allá del rango de la luz visible. Como la luz visible se encuentra restringida por la hora del día y también se puede ver afectada por las condiciones climáticas, el uso de sensores distintos de las cámaras presentan varias ventajas, por ejemplo, estos pueden:

- usarse durante el día o la noche;
- usarse en condiciones de clima nublado;
- determinar otras propiedades acerca de una mancha y el entorno circundante; y
- ayudar a minimizar la cantidad de falsas alarmas.

En función de las técnicas de detección, los sensores se pueden clasificar en dos tipos: activos y pasivos. Los sensores activos transmiten una señal que regresa después de hacer contacto y ser reflejada, una característica particular; los ejemplos de sensores activos incluyen la "detección y medición por radio (RADAR) y la "detección y medición de la luz" (LIDAR). Los sensores pasivos no transmiten una señal, sino que simplemente usan la radiación emitida por la superficie del objeto; esto incluye el uso de la luz visible en las cámaras y la detección de radiación térmica infrarroja y luz ultravioleta. Ambos tipos de sensores se pueden montar en los sistemas de aeronaves, barcos y satélites.

El uso de sensores en las aeronaves, barcos y satélites para recopilar información acerca de un derrame juega un papel importante en la supervisión general de derrames de petróleo junto con la observación aérea. Actualmente, la industria está trabajando para comprender mejor el papel que tienen las plataformas aéreas y los satélites para proporcionar información acerca de derrames de petróleo, incluida la forma en que se pueden aplicar de manera operativa durante una operación de respuesta. El trabajo en marcha busca evaluar y aclarar las ventajas y límites de los diferentes métodos, plataforma y sensores, y pretende proporcionar una recomendación general de la forma en que se podrían usar (junto con la observación visual) como parte de las herramientas de teledetección. Esto incluye un informe reciente publicado por el Instituto Americano del Petróleo acerca de la *teledetección como apoyo de la respuesta ante un derrame de petróleo: guía de planificación* (API, 2013) y dos Guías de Buenas Prácticas de IPIECA-IOGP, una *Evaluación de las Capacidades de Vigilancia de Superficie para la Respuesta ante derrames de Petróleo Usando Teledetección por Satélite* (IPIECA-IOGP, 2014b) y una *Evaluación de las Capacidades de Vigilancia de Superficie para la Respuesta ante Derrames de Petróleo Usando Teledetección Aérea* (IPIECA-IOGP, 2014c).

Ver Tabla 5 (a la vuelta) para un resumen de otros sensores.

Tabla 5 Resumen de diferentes tipos de sensores que se pueden usar para recopilar imágenes y datos de derrames de petróleo

Sistema de teledetección	Activo/pasivo	Medio de detección	Rango	Intervalo detectado de espesor de la capa	Límites
Radar aeronáutico de exploración lateral (SLAR)	Activo	Detecta humedecimiento por petróleo en las ondas capilares generadas por el viento.	Durante vuelos de reconocimiento (de 1500 a 4000 pies) SLAR puede detectar petróleo desde una distancia de 15 a 20 millas náuticas, en cualquier costado del avión, excepto en el "punto ciego" situado directamente debajo del avión, cuya anchura es igual a la altitud del avión. Esta brecha se puede cubrir mediante un escáner infrarrojo.	Más de 3 a 5 μm (para producir un efecto de humedecimiento en las ondas capilares).	Penetra la capa de nubes. Si el mar está demasiado tranquilo (de 0 a 1 en la escala de Beaufort), las olas creadas por el viento no son lo suficientemente altas. Por otra parte, si el mar está demasiado agitado (más de 7 u 8 en la escala de Beaufort), la capa de petróleo no humedecerá las ondas capilares. Siempre se deben confirmar los resultados mediante observación visual y/o escaneado IR/UV.
Escáner lineal por rayos infrarrojos (IR)	Pasivo	Detecta radiación térmica con una amplitud de onda en la banda de los 8 a 12 μm .	La zona escaneada es igual al doble de la altura del avión. Compensa los "puntos ciegos" del SLAR. En la práctica, el escaneado se debe realizar a 1500 pies, lo que permite una anchura de aproximadamente 1000 m.	Mayor que < 10 μm Las manchas aparecen negras o blancas en la pantalla en función de su espesor y temperatura.	Problemas de interpretación en un espesor mayor a 10 μm .
Escáner lineal por rayos ultravioleta (UV)	Pasivo	Detecta el componente ultravioleta de la luz del sol reflejada por líquidos oleaginosos.	La zona escaneada es igual al doble de la altura del avión. Compensa los "puntos ciegos" del SLAR. En la práctica, el escaneado se debe realizar a 1500 pies, lo que permite una anchura de aproximadamente 1000 m.	Menor que 1 μm	No se puede distinguir entre los diferentes espesores; solo son posibles las operaciones durante el día.
Radiómetro de microondas (MWR)	Pasivo	Similar al escáner lineal de rayos infrarrojos. Tiene la ventaja de poder medir el espesor y, por lo tanto, el volumen de las mareas negras detectadas.	La zona escaneada es igual al doble de la altura del avión. Compensa los "puntos ciegos" del SLAR. En la práctica, el escaneado se debe realizar a 1500 pies, lo que permite una anchura de aproximadamente 1000 m.	A partir de 100 μm .	Es necesaria la calibración para determinar volúmenes. Para mareas negras y emulsiones densas, es posible calcular la superficie de la mancha, pero el espesor se debe determinar por otros métodos, como por medio de los barcos que participan en las operaciones de respuesta.

continúa ...

Tabla 5 Resumen de diferentes tipos de sensores que se pueden usar para recopilar imágenes y datos de derrames de petróleo (continuación)

Sistema de teledetección	Activo/pasivo	Medio de detección	Rango	Intervalo detectado de espesor de la capa	Límites
Escáner infrarrojo de exploración frontal	Pasivo	Detecta radiación térmica con una amplitud de onda en la banda de 3 a 5 o de 8 a 12 μm .	Depende de la altitud del avión y del campo de visión seleccionado por el operador, así como de la higrómetros.	A partir del Código 2 o 3.	No se puede usar FLIR como el sensor principal para la investigación de contaminación. Los registros de FLIR se pueden usar como un método complementario además de los otros medios de observación.
Láser fluoroscópico (LFS)	Activo	Rayo láser		De 0,1 a 20 μm .	Se requiere calibración. Un hidrocarburo de petróleo es identificable solo si está integrado en el sistema. Los LFS operativos pueden identificar 13 aceites diferentes.

Uso de imágenes como evidencia de descarga ilegal

En ciertos países, las imágenes fotográficas y de vídeo sirven como evidencia para el enjuiciamiento en casos de descarga ilícita. Idealmente, toda la información necesaria se puede proporcionar en tres tomas complementarias:

- Una toma detallada de la mancha, casi verticalmente, desde una altura menor a 300 metros con el sol a espaldas del fotógrafo.
- Una toma general de largo alcance del barco y de la mancha, que muestre que el petróleo provino del barco en cuestión.
- Una toma detallada del barco para fines de identificación (color del casco y de las chimeneas, nombre, etc.).

En la práctica, se debe tomar una serie de fotografías que muestren el barco y su estela contaminada, la extensión de la estela (sin discontinuidad), el nombre del barco y, finalmente, los alrededores (incluyendo, en particular y de ser posible, otros barcos con estelas "limpias" para fines de comparación) para mostrar claramente que el barco en cuestión es responsable de la contaminación. También se puede agregar una toma que muestre de dónde parece haberse originado la descarga, incluso si esto pudiera dar lugar a confusión. Cualquiera que sea el caso, no afirme en definitiva que lo que se aprecia en la fotografía es contaminante vertido. Es importante recordar que los barcos también pueden verter líquidos no contaminantes (agua de refrigeración).

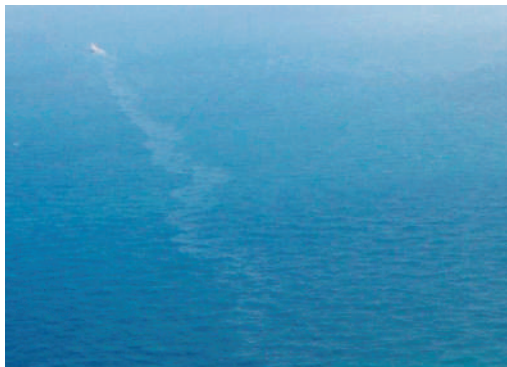
De preferencia, se debe usar un filtro polarizado, que permite una visualización más selectiva de las películas delgadas y de las capas gruesas que el simple ojo.

Además de las fotografías y el vídeo, se pueden usar otros sensores para permitir la detección nocturna de petróleo.

Diferentes tipos de equipo pueden ofrecer la identificación del barco participante, incluidos los sistemas de identificación automáticos (AIS, por sus siglas en inglés), los sistemas IR de nueva generación o electro-ópticos y cámaras LLTV (televisión de bajo nivel de luminosidad).

En caso de no contarse con fotografías, el archivo del caso enviado a las autoridades legales incluirá al menos los siguientes elementos: las imágenes SLAR, la termografía infrarroja de la estela, y la identificación del barco.

Derecha: un barco y su estela: el área circundante está limpia.

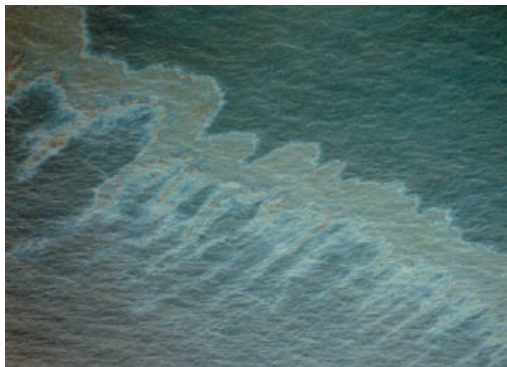


Fuente: Marine nationale



Fuente: Aduana francesa

Derecha: acercamiento de una estela.



Fuente: Aduana francesa

Arriba: las características de un barco se pueden empezar a distinguir a la distancia.

Guiado de las operaciones de respuesta

Guiado de un barco de respuesta a la contaminación

Como la tripulación de un buque no puede detectar fácilmente la contaminación de la superficie del agua, deben ser guiados para ser efectivos al tratar y recuperar el contaminante. El mejor método implica proporcionar descripciones detalladas (en base a un mapa) de la contaminación en la zona donde el buque o la flota van a operar. Esto significa que no es necesario tener una aeronave de guía en operación permanente.

El guiado básico implica dirigir al buque hacia las partes más espesas de las mareas negras al indicarles el ángulo/distancia del acimut, por ejemplo: "una mancha de 20 m de ancho por 200 m de longitud se ubica a 30° a estribor a 200 m".

Es importante notar lo siguiente:

- El avión (o de preferencia el helicóptero) en la zona debe informar a los buques la ubicación y las formas de las mareas negras, indicando las zonas densas (o manchas) en las cuales se deben enfocar las operaciones de respuesta.
- El guiado se puede realizar directamente por medio de indicaciones transmitidas por radio de banda marina.
- Cuando hay límites para el tiempo de vuelo en la zona, es preferible transmitir al buque una descripción exacta de la(s) marea(s) negra(s) y su posición.
- Se puede mejorar el guiado al indicar la posición de boyas de marca o señales de humo flotantes en relación con la mancha.



Fuente: Aduana francesa

Agentes aduanales franceses realizando un guiado aéreo para dirigir el buque francés de respuesta, Ailette (contaminación del Prestige, Galicia, 2002).

Recuadro 6 *Un ejemplo de guiado durante la respuesta al Prestige*

Los pescadores vascos participaron activamente en las operaciones marítimas para recuperar el combustible del petrolero *Prestige*. Sus esfuerzos se sumaron a los de los buques de respuesta a la contaminación, cuando la contaminación se había dispersado geográficamente demasiado para garantizar la eficacia de estas operaciones. Los botes de pesca, por lo tanto, tuvieron que ser guiados hacia las acumulaciones de combustible tan pronto estas eran detectadas.

Un avión propiedad de las autoridades regionales realizó vuelos sobre la zona, volando perpendicularmente a la costa. Tan pronto como el avión estaba lo suficientemente cerca de tierra, la posiciones de las mareas negras (tomadas usando GPS) y las estimaciones de sus superficies o sus volúmenes se transmitían a AZTI, la fundación tecnológica vasca, por teléfono celular. Una base de datos, desarrollada por AZTI, se utilizó como referencia para todos los buques que participaron en las operaciones de respuesta (180 botes de pesca, de 15 a 30 m de eslora) con su capacidad de almacenamiento, las cantidades recuperadas, las coordenadas de sus posiciones y la cantidad de personas a bordo (transmisiones en tiempo real de información por radio satelital).

El operador de AZTI podía entonces determinar cuáles buques estaban más cerca de la mancha identificada y si el barco tenía o no la capacidad de almacenar el contaminante. A continuación, les informaba las posiciones de las mareas negras por VHF (transmisión en tiempo casi real). Estos botes recuperaron la contaminación y una vez completada la recuperación, el patrón de cada buque se comunicaba con el centro de respuesta de AZTI para informarles de las toneladas recuperadas. El buque entonces continuaba hacia otra mancha o se dirigía a muelle. El sistema se configuró rápidamente, gracias a la cooperación rutinaria de los pescadores vascos y AZTI durante la temporada de pesca.



Bote de pesca vasco participando en las operaciones de respuesta a la contaminación del Prestige.

Fuente: AZTI

Informe de reconocimiento

POLREP (informe de contaminación)

Para transmitir rápidamente y de manera eficiente la información inicial acerca de la contaminación por petróleo en el mar, se puede utilizar un informe estándar de contaminación (POLREP, por sus siglas en inglés), de la forma que se ilustra en el recuadro 7, a continuación.

Recuadro 7 Formato de mensaje de señal inicial POLREP

Destinatario para la acción: *pertinente de MRCC*

Destinatario para información: *autoridades competentes*

Título/asunto: POLREP

A: Clasificación del informe:

Dudoso—probable—confirmado

B: Fecha y hora de la contaminación observada/informada

C: Posición y extensión de la contaminación

De ser posible, establezca el rango y el rumbo de un punto de referencia o posición de GPS y la cantidad estimada de contaminación (el tamaño del área contaminada, la cantidad de toneladas derramadas o la cantidad de contenedores/barriles perdidos). Cuando resulte apropiado, ofrezca la posición del observador respecto a la contaminación.

D: Marea, velocidad y dirección del viento

E: Condiciones meteorológicas y condición del mar

F: Características de la contaminación

Ofrezca el tipo de contaminación; por ejemplo, petróleo (crudo o de otro tipo), productos químicos envasados o a granel, drenaje. En el caso de productos químicos, ofrezca el nombre correcto o el número ONU, de conocerse. Para todos los casos, ofrezca información acerca del aspecto, por ejemplo líquido, sólido flotante, petróleo líquido, lodo semilíquido, decoloración del mar, vapor visible. También se debe proporcionar cualquier rótulo en los barriles, contenedores, etc.

G: Fuente y causa de la contaminación

Por ejemplo, desde un buque u otra entidad. Si se trata de un buque, exprese si es como resultado de una descarga deliberada o un accidente. Si se trata de lo segundo, ofrezca una breve descripción. Siempre que sea posible, proporcione el nombre, el tipo, el tamaño, la nacionalidad y el puerto de registro del buque contaminante. Si el buque va de paso, proporcione el curso, la velocidad y el destino.

H: Detalles de buques en la zona

Deben ofrecerse si el contaminante no se puede identificar y si se considera que el derrame es de origen reciente.

I: Fotografías que se hayan tomado y/o muestras para análisis.

J: Medida correctiva adoptada o intentada para enfrentar el derrame.

K: Pronóstico del posible efecto de la contaminación (por ejemplo, llegada a la playa) con tiempo estimado.

L: Nombres de otros estados y organizaciones que han sido informados.

M: Cualquier otra información pertinente (por ejemplo, nombres de otros testigos, referencia a otros casos de contaminación que señalen a la fuente).

Cartografiado de la contaminación

Se deben registrar en uno o varios mapas todas las observaciones hechas durante una misión de reconocimiento. Esta operación se debe realizar con cuidado, ya sea durante el vuelo o posteriormente, en función de lo que sea posible para cada caso. El cartografiado debe ser estandarizado de forma que se puedan interpretar fácilmente las diferentes observaciones hechas durante una serie de vuelos. Se debe prestar particular atención a las zonas más fuertemente contaminadas (manchas o manchas espesas, zonas de acumulación de contaminante), para que se pueda estimar la extensión de la contaminación (ver página 43) y se puedan dirigir las operaciones de respuesta.

El método propuesto en esta sección deriva del método adoptado internacionalmente para la observación de icebergs en las zonas polares.

Recuadro 8 Identificación de mapas

En una esquina del mapa se deben registrar los siguientes elementos:

- fecha y horas del vuelo
- zona del sobrevuelo
- número de mapa (cuando se producen varios mapas durante el vuelo)
- nombre del observador y organización a la cual pertenece
- tipo de aeronave y sensores usados
- condiciones meteorológicas; capa de nubes, color del cielo y el mar, condición del mar

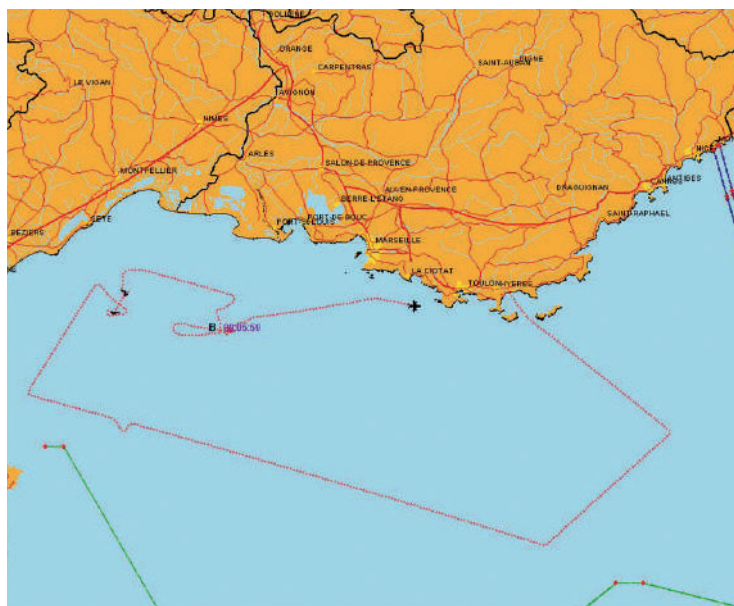
Recuadro 9 Bitácora de observaciones

En un mapa básico preparado antes de la misión:

- marque los contornos de cada zona contaminada con una línea continua
- especifique la naturaleza de la mancha para cada zona según los criterios explicados en la siguiente página (use las abreviaciones que se proporcionan)
- trace la ruta del avión con una línea punteada

Este registro contribuirá al informe posterior a la asignación. Las anotaciones durante el vuelo se pueden adaptar a las circunstancias y a las prácticas del observador.

Un sistema de navegación del avión vinculado a la cartografía ofrece un informe de la misión con la ruta de vuelo y los derrames observados.



Recuadro 10 Descripción de la contaminación

Descripción	Abreviación
Color/aspecto (ver páginas 25–26):	
● Lustroso	Código 1
● Irisado	Código 2
● Metálico	Código 3
● Color verdadero discontinuo	Código 4
● Color verdadero continuo	Código 5
Para los códigos 4 y 5, indique el color:	
● Negro	bl
● Marrón	br
● Anaranjado	o
Tipo :	
● Mancha (\emptyset o L > 30 m)	sl
● Mancha (50 cm < \emptyset o L < 30 m)	ptc
● Tarta (10 cm < \emptyset < 50 cm)	ptt
● Bola de alquitrán (\emptyset no diferenciable)	tb
Estado del contaminante:	
● Petróleo fresco	fo
● Petróleo disperso	disp
● Emulsión	emul
Disposición:	
● Aleatorio	.
● Franjas paralelas	//
Restos	deb

Recuadro 11 Dimensiones de la mancha

Las dimensiones promedio de las manchas de emulsión (o posiblemente de mareas negras recientes) se expresan en metros.

La información acerca de la mancha se informa como una lista con el siguiente orden:

- tipo y disposición
- cobertura
- dimensiones

Ejemplo de anotación: contaminación en forma de franjas irisadas, cubriendo el 40% de la superficie del mar, combinada con manchas cubriendo el 3% de la superficie del mar, tamaño promedio de las manchas: 10 m:

- ptc + código 2 //
- 40% código 2–3% ptc
- 10 metros

Para efectos de claridad, estas indicaciones se pueden registrar en el borde del mapa, cuidando de mostrar, mediante flechas, los puntos del mapa a los que hacen referencia.

Si la misma descripción aplica a varias zonas distintas, los criterios descriptivos se deben registrar en una esquina del mapa con una identificación mediante una letra, y esta letra se debe anotar en cada una de las zonas en cuestión (ver el ejemplo de la figura 7 en la página 40).

Cuando una mancha se extiende más allá del horizonte, se debe mostrar el límite de visibilidad usando una línea punteada.

Recuadro 12 Grado de cobertura

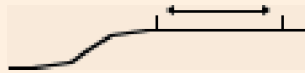
El grado de cobertura se indica en porcentaje, con referencia a las representaciones esquemáticas (ver página 43). Si se encuentran tanto manchas gruesas como capas delgadas (lustrosas, irisadas, metálicas), de ser posible, especifique su respectiva cobertura (por ejemplo, 5% ptc—30% Código 3).

Recuadro 13 Otras indicaciones

- Muestre la ruta seguida usando rayas y cruces, por ejemplo:

- + - + - +

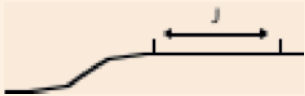
- Muestre las partes de la costa afectadas, por ejemplo:



- Además, también proporcione los puntos en los cuales emerge el petróleo (en el caso de una fuga de un oleoducto o de un barco hundido, por ejemplo):

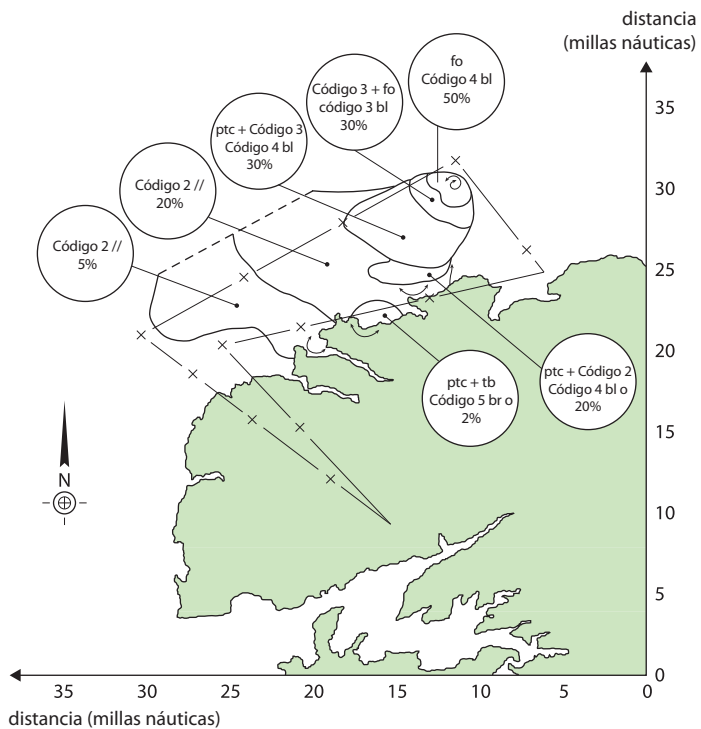


- Si se pueden anotar varios comentarios y observaciones en el borde del mapa o en una hoja aparte, asegurándose de que el lugar al que hacen referencia esté claramente identificado en el mapa mediante una letra en el punto apropiado, por ejemplo:



(J = guijarros contaminados en la parte superior de la playa)

Figura 7 Cartografiado de la contaminación: un ejemplo



La figura 7 proporciona un ejemplo de un mapa de resumen usando las abreviaciones que se comentan en esta sección.

Estimación de la cantidad del contaminante

Aunque no es fácil estimar la cantidad del contaminante es, sin embargo, una tarea necesaria. Las estimaciones se realizan usando mapas, considerando la superficie contaminada y el espesor de las mareas negras.

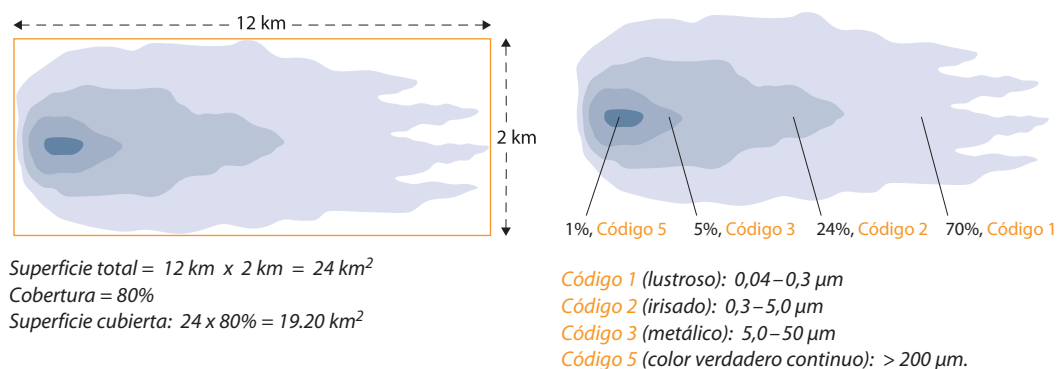
Estimación en el mar

- Superficie
 - La superficie se obtiene al multiplicar la superficie promedio de cada zona por su grado de cobertura (manchas gruesas).
 - La superficie de una mancha o una acumulación de bolas de alquitrán se puede calcular directamente usando un sistema GPS a bordo, SLAR o un escáner IR/UV.
- Espesor
 1. Observación visual:

Para un derrame importante de petróleo, como una primera estimación para informar a aquello a cargo de las decisiones operativas (por ejemplo, movilización o incremento de recursos) y de no existir indicaciones contrarias, se recomienda usar el valor mayor del rango proporcionado en el Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn. (Ver páginas 25–26 para mayor información acerca del Código del Aspecto del Petróleo.)
 2. Cálculo con instrumentos:

Se recomienda el uso de un radiómetro de microondas (MWR) o un láser fluoroscópico (LFS).

Figura 8 Ejemplo: estimación del volumen de petróleo derramado en el mar* usando los Códigos del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn



a) Estimación mínima

Código 1	19 x 70% x 0,04 =	0,532 m ³ (532 litros)
Código 2	19 x 24% x 0,3 =	1,368 m ³ (1368 litros)
Código 3	19 x 5% x 5,0 =	4,75 m ³ (4750 litros)
Código 5	19 x 1% x 200 =	38 m ³ (38.000 litros)

Total: 44,65 m³ (44.650 litros)

b) Estimación máxima

Código 1	19 x 70% x 0,3 =	3,99 m ³ (3,990 litros)
Código 2	19 x 24% x 5,0 =	22,8 m ³ (22,800 litros)
Código 3	19 x 5% x 50 =	47,5 m ³ (47,500 litros)
Código 5	19 x 1% x 200 =	38 m ³ (38,000 litros)

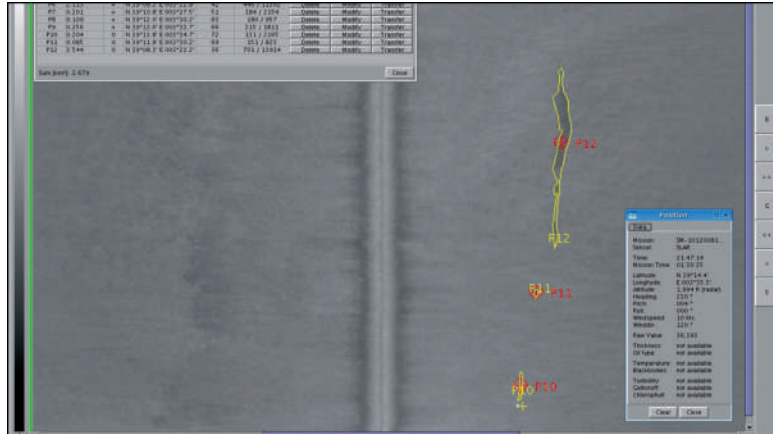
Total: 112,29 m³ (112.290 litros)

El manual del Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn (BAOAC) sugiere usar el valor mínimo estimado para fines legales (enjuiciamiento) y estadísticos. Sugiere adicionalmente, en términos generales, usar la máxima cantidad, junto con otra información esencial como la ubicación, para determinar cualquier acción de respuesta necesaria.

Sin embargo, enfatiza que la autoridad de cada país determinará la forma de usar los datos volumétricos del BAOAC dentro de su propia área.

(* Diseño: J-P Castanier, Aduana francesa; cálculo: Alun Lewis, asesor)

Cartografiado de mancha: ejemplo de un cálculo de superficie por medio del sistema SLAR.



Fuente: Sasemar

Estimación en tierra

Aunque la superficie contaminada se puede estimar de manera bastante rápida (al multiplicar la extensión de la costa afectada por el ancho de la zona cubierta), el espesor puede variar ampliamente (desde unos cuantos milímetros hasta varios decímetros).

Además, en la costa, el riesgo de error y confusión aumenta debido a la presencia de otros factores como desperdicios, algas marinas, etc. (ver *Llegada de petróleo a la costa* en la página 18).

Para una mayor exactitud, la evaluación de la contaminación en la costa requiere reconocimiento en tierra (ver Guía de Buenas Prácticas de IPIECA-IOGP para la medición de la evaluación de costas cubiertas de petróleo (IPIECA-IOGP, 2014d).

Llegada a tierra de combustible pesado emulsificado después del derrame del Prestige (Galicia, España. 2002).



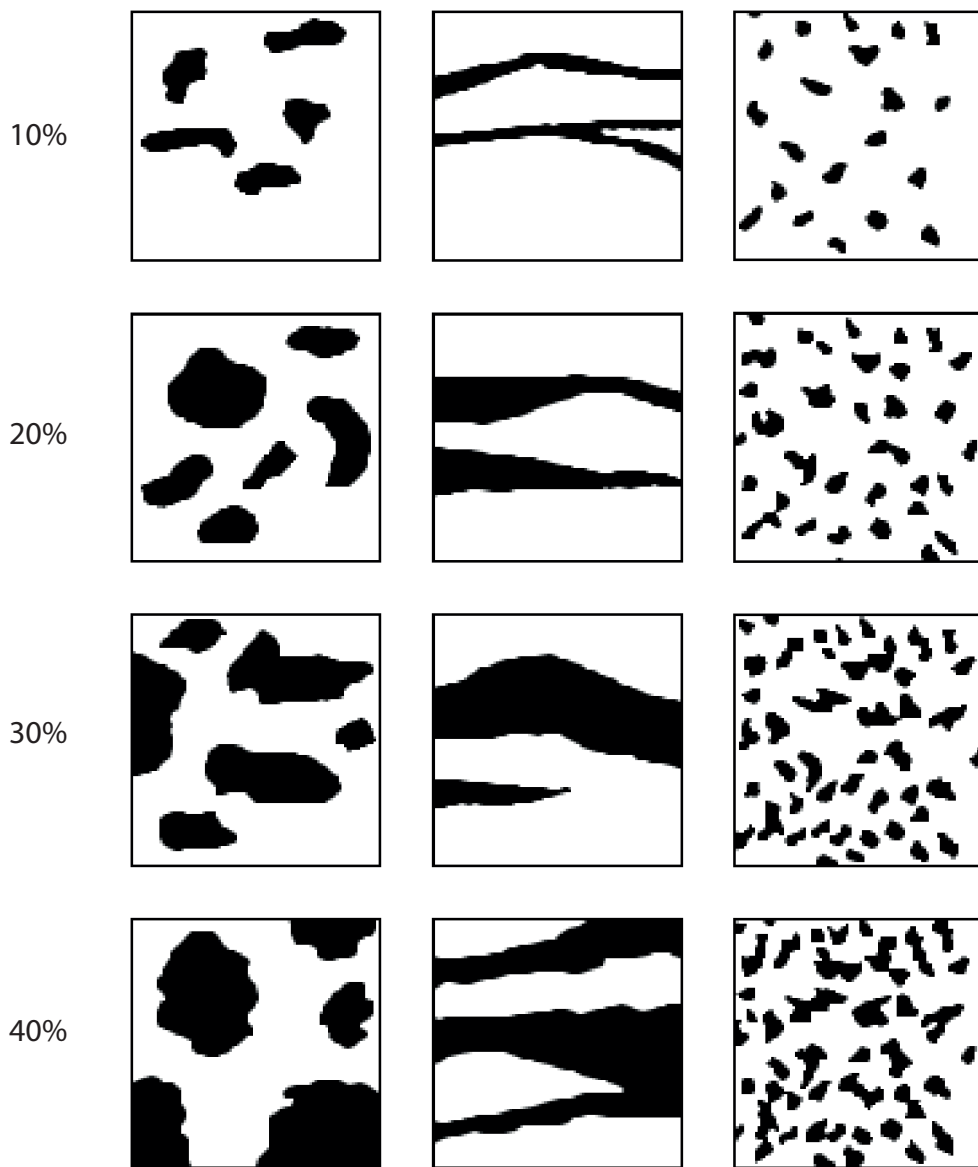
Fuente: Cedre

Nota:

Las evaluaciones basadas en observaciones aéreas solo pueden ofrecer un orden de magnitud. La incertidumbre acerca del espesor real de las manchas puede dar lugar a estimaciones de volumen que varían hasta en un factor de diez. Sin embargo, las estimaciones mínimas se deben considerar como una fuente confiable de información para determinar la cantidad mínima realmente derramada.

No obstante, se debe emplear cuidado adicional al usar el Código del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn durante incidentes mayores que impliquen grandes cantidades de petróleo espeso y/o aceites pesados o cuando exista emulsión. Para estimar el volumen, las tripulaciones aéreas deben usar toda la información disponible, como las medidas del espesor del aceite tomadas por los buques en superficie.

Grado de cobertura*



Fuente: E. H. Owens y G. A. Seragy, 1994)

* Esta es una representación esquemática aproximada diseñada para usarse únicamente como una ayuda visual. Consulte también la sección acerca del "código del aspecto" del Acuerdo de Bonn en las páginas 25-26.

Otros productos y fenómenos naturales

Otros productos

Las imágenes de diferentes productos químicos y alimenticios vertidos en el mar se pueden confundir con imágenes de manchas de petróleo. Por lo tanto, es útil contar con una cantidad de imágenes de referencia para evitar errores de interpretación. El aceite vegetal y ciertos productos químicos también se muestran en el equipo de teledetección.



Fuente: Cedre

Emulsión de aceite de palma en forma de manchas blancas (accidente del Allegra, Canal Occidental, octubre de 1997).



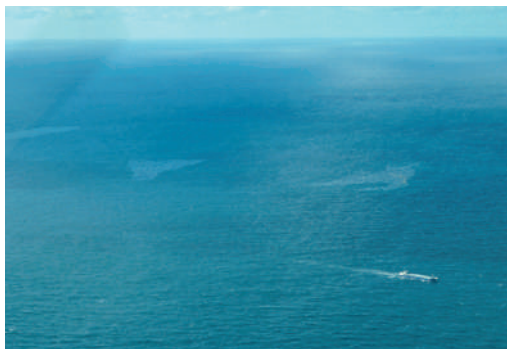
Fuente: Aduana francesa

Mancha de estireno observada desde un avión de la aduana francesa (accidente del levoli Sun, Les Casquets, Francia, octubre de 2000).



Fuente: ITOPF

Derrame de melaza.



Fuente: Aduana francesa

Experimento Palmor I (Francia, octubre de 1998): de izquierda a derecha: aceite de soya; combustóleo; aceite de palma.



Fuente: Mairine nationale

Descarga de aceite vegetal.

Fenómenos naturales

Varios objetos flotantes y otros fenómenos pueden considerarse erróneamente como manchas de petróleo. Por ejemplo, se ha conocido que los siguientes ejemplos ha dado lugar a confusión:

- Sombras de nubes que producen zonas más oscuras en la superficie del agua.
- Cuando el mar está relativamente tranquilo, las corrientes superficiales o la convergencia de agua fría y cálida pueden, con un pequeño ángulo de incidencia, dar el aspecto de una película (lustrosa, irisada, metálica).
- Las aguas lodosas en la desembocadura de ríos, en bahías, o simplemente cerca de la costa pueden llamar la atención debido a su aspecto castaño claro en comparación con el agua circundante (el agua con color, sin ninguna señal de película -lustrosa/irisada/metálica- en la superficie no puede ser una mancha de petróleo).
- Las algas flotantes, los florecimiento de fitoplancton o las franjas de polen pueden tener un aspecto similar a las manchas de color.
- Barras costeras que lucen como manchas oscuras.
- Zonas tranquilas.

Al observar desde un helicóptero y en caso de duda, verifique la presencia de una mancha volando en vuelo estacionario a baja altitud; si se trata de una mancha de petróleo, la turbulencia creada por el rotor provocará que esta se disperse.

Siempre que sea posible, las observaciones realizadas desde un avión deben ser finalmente confirmadas por un reconocimiento en helicóptero (que permite una observación más cercana) o por un avión equipado con equipo especial de teledetección (IR, SLAR, FLIR, etc.). Si aún quedan dudas, se pueden tomar muestras para eliminar cualquier incertidumbre, si las condiciones meteorológicas y las técnicas disponibles lo permiten. En este caso, se deben tomar muestras lo más pronto posible y exclusivamente de la mancha observada. El objetivo es probar que la sustancia derramada en el mar es, en efecto, un hidrocarburo. Sin embargo, es difícil tomar muestras representativas del mar desde una aeronave.

Nota:

En caso de cualquier duda, observe el área desde una distancia menor para confirmar o descartar la presencia de petróleo.

Ejemplos fotográficos de fenómenos naturales (continúa a la vuelta)



Fuente: ITOPF

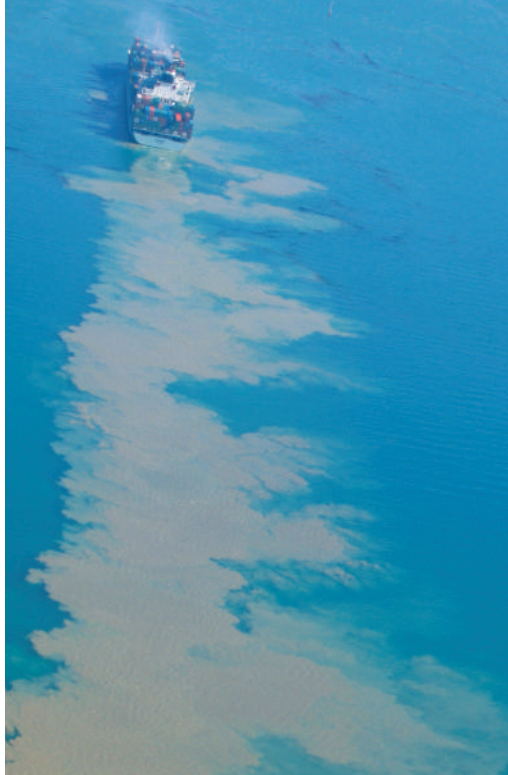
Sombras formadas por nubes dan la impresión de petróleo flotante.



Fuente: Cedre

Este efecto superficial es provocado por la presencia de dos masas de agua a diferentes temperaturas.

Derecha: agua lodosa cerca de la costa. El cieno del fondo del mar queda suspendido en el agua debido al movimiento de las hélices.



Fuente: ITOPF



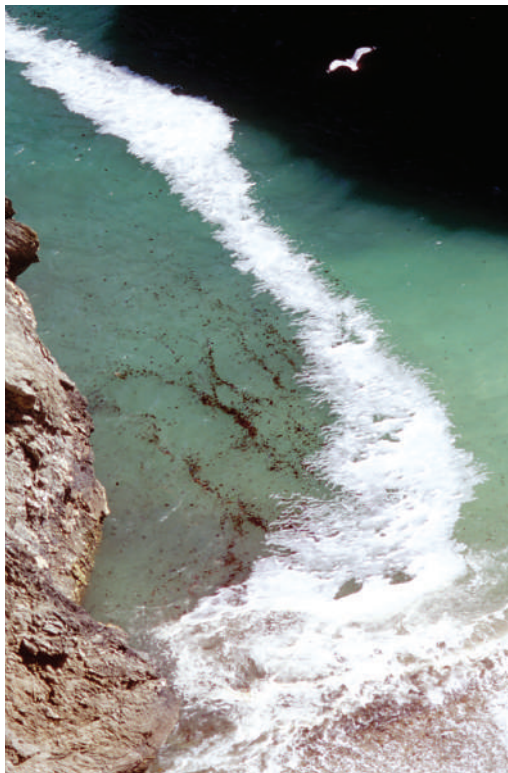
Fuente: ITOPF

Arriba: Turba en la superficie del agua.

Abajo: Floración de algas.



Fuente: Océano y pesquerías



Fuente: Cedre

Derecha: algas marinas cerca de la costa.



Fuente: Aduana francesa

Acumulaciones de algas marinas a la deriva en el mar.



Fuente: Cedre



Fuente: ITOPF



Fuente: Cedre

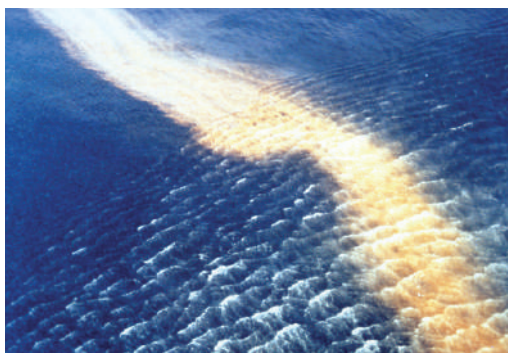


Fuente: ITOPF

Arriba: cuatro ejemplos de efectos similares a mareas negras debidos a la presencia de bancos de arena, algas marinas, barreras coralinas, etc.



Fuente: Aduana francesa



Fuente: Marine nationale

Izquierda: franjas de color debidas al desarrollo de fitoplancton (observación desde un helicóptero en vuelo suspendido; nótese el efecto del viento generado por el rotor que demuestra que en este caso no se trata de una mancha de petróleo).

Arriba: Las manchas tranquilas se pueden confundir con una película delgada de petróleo.



Fuente: Cedre

Izquierda: floración de fitoplancton.

Glosario

AIS	Sistema de identificación automático.
AZTI Tecnalía	Fundación oceanográfica que participa en el desarrollo social y económico de los diferentes aspectos de la industria alimentaria, así como la protección del entorno marino y los recursos pesqueros.
Cedre	Centro de Documentación, Investigación y Experimentación sobre la Contaminación Accidental del Agua.
COV	Compuesto orgánico volátil: el término cubre una amplia variedad de productos químicos, los cuales son todos compuestos de carbono y volátiles a temperatura ambiente.
cSt	Medida de la viscosidad; 1 cSt (centistoke) = flujo de 1 mm ² /s.
Densidad	Cociente de la masa volúmica de una sustancia y la masa volúmica de agua para un líquido, o de aire para un gas.
Dispersante	Producto que contiene un solvente, usado para condicionar la materia activa y para dispersarla en el agua. Una mezcla de surfactantes asegura la dispersión de aceite en pequeñas gotas en el entorno marino.
Dispersion	Formación de pequeñas gotas de petróleo de tamaño variable, debido a la acción de las olas y la turbulencia de la superficie del mar. Estas gotas pueden permanecer en suspensión en la columna de agua o resurgir a la superficie para formar otra mancha. Este proceso natural puede ser fomentado por el uso de dispersantes, en función de la viscosidad del hidrocarburo de petróleo y si la situación geográfica y batimétrica posibilitan su uso.
Emulsificación	Emulsificación se refiere a la formación de una emulsión de aceite y agua. Esta emulsión se puede componer hasta de una gran proporción de agua (a menudo un 60%, pudiendo ser de hasta un 80%). Varía en color del marrón al anaranjado y es a menudo llamada "espuma de chocolate", lo que da una indicación de su consistencia.
Evaporación	Transformación de un líquido en un vapor por medio de su superficie libre, a una temperatura particular. La tasa de evaporación del petróleo depende principalmente de la proporción de los productos volátiles y de la combinación de hidrocarburos, así como de otros factores como la velocidad del viento, la temperatura del agua y el aire, la rugosidad de la superficie del mar y el grado de extensión. Las fracciones más ligeras se evaporan primero, y las fracciones menos volátiles forman un residuo, con una densidad y viscosidad mayores que el hidrocarburo original.
Explosímetro	Dispositivo usado para medir la concentración de gas inflamable en la atmósfera.

Faro Argos	Un transmisor usado en conjunto con el sistema satelital Argos de ubicación y recopilación de datos que permite la recopilación de información en cualquier objeto equipado con dicho transmisor, en cualquier parte del mundo.
FLIR	Escáner infrarrojo de exploración frontal: un sensor infrarrojo para la teledetección de mareas negras. En condiciones atmosféricas óptimas, puede detectar una mancha a aproximadamente 20 millas náuticas de la aeronave al volar a 3500 pies. Puede detectar mareas negras del Código 2 (irisadas) del Aspecto del Petróleo del Acuerdo de Bonn y no tiene un límite superior del espesor. También se puede usar para leer el nombre de un barco en la noche.
Floración de fitoplancton	Proliferación vigorosa de plancton.
GIS	Sistema de Información Geográfica.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
HFO	Combustóleo pesado.
IFO	Combustóleo intermedio.
Ifremer	Instituto Francés para la Investigación y Aprovechamiento del Mar.
IR	Infrarrojo.
LFS	Láser fluoroscópico.
LLLTV	Televisión de bajo nivel de luminosidad.
MOTHY	Modelo de transporte de petróleo de Météo France, un modelo de proyección de deriva para mareas negras y objetos en el mar.
MRCC	Centro de Coordinación de Rescate Marino.
POLREP	Informe de contaminación.
Punto de escurrimiento	Temperatura por debajo de la cual un hidrocarburo deja de fluir. Si el punto de escurrimiento de una sustancia es mayor a la temperatura ambiente, es menos fluido. Los puntos de escurrimiento se miden en condiciones de laboratorio y no son una representación precisa del comportamiento de un hidrocarburo particular en un entorno abierto.

Radiómetro de microondas (MWR)	Sensor utilizado para la teledetección de mareas negras. El método de detección lo convierte en un sensor para todas las condiciones climáticas. También puede determinar el espesor de las mareas negras.
Reubicación	Reubicación es el proceso en el cual el mar reclama el contaminante varado o que ha llegado a la costa, o el contaminante enterrado o atrapado en sedimentos cerca de la costa.
SAR	Radar de apertura sintética.
SASEMAR	Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (Organización española de seguridad y rescate marítimos). Organización española a cargo de servicios de búsqueda y rescate en el mar, así como de las acciones de respuesta a la contaminación por el estado español, dentro de su zona de responsabilidad que cubre aproximadamente 1.500.000 km ² . Desde 2009, SASEMAR se conoce como Salvamento Marítimo.
SG Mer	Secretaría General Francesa para el Mar.
SHOM	Servicio Naval Hidrográfico y Oceanográfico francés.
SLAR	Radar aeronáutico de exploración lateral, usado para detectar mareas negras.
Surfactante	Un agente humectante que puede aumentar la distribución de un líquido (lo que depende de la tensión superficial).
Teledetección	Conjunto de técnicas utilizadas para detectar e identificar fenómenos desde cierta distancia, ya sea a través de la capacidad humana o de sensores especiales. En el caso de la observación aérea de la contaminación por petróleo, la teledetección depende del uso de sistemas de detección, incluidos SLAR, FLIR, escáneres de infrarrojo y ultravioleta y radiómetros de microondas.
Temperatura de ignición espontánea	Temperatura mínima a la cual los vapores se encienden espontáneamente.
UV	Ultravioleta.
Viscosidad	Propiedad de resistencia al escurrimiento uniforme sin agitar una sustancia, inherente a la masa de una sustancia.

Referencias y lecturas adicionales

API (2013). *Remote Sensing in Support of Oil Spill Response: Planning Guidance*. American Petroleum Institute Technical Report 1144. September 2013. Washington DC.

ASTM (2008). ASTM F1779-08, *Standard Practice for Reporting Visual Observations of Oil on Water*. ASTM International (American Society for Testing and Materials). www.astm.org

Bonn Agreement (2004). *Aerial Surveillance Handbook*. Expanded edition produced and renamed as the *Aerial Operations Handbook* in 2008. www.bonnagreement.org/manuals

IMO (2006). *MARPOL Consolidated Edition 2006: Articles, Protocols, Annexes, Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto*. International Maritime Organization publication, sales number IC520E, London. 531 p. www.imo.org

IPIECA-IOGP (2012). *Oil spill responder health and safety*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report Number 480.

IPIECA-IOGP (2014a). *Finding 19: Guidelines on oil characterization to inform spill response decisions*. IOGP-IPIECA Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). Finding 19 of the IOGP Global Industry Response Group (GIRG) report.

IPIECA-IOGP (2014b). *An Assessment of Surface Surveillance Capabilities for Oil Spill Response using Satellite Remote Sensing*. Document Reference PIL-4000-35-TR-1.2, April 2014, London.

IPIECA-IOGP (2014c). *An Assessment of Surface Surveillance Capabilities for Oil Spill Response using Airborne Remote Sensing*. Document Reference PIL-4000-38-TR-1.0, May 2014, London.

IPIECA-IOGP (2014d). *A guide to oiled shoreline assessment (SCAT) surveys*. IPIECA-IOGP Good Practice Guide Series, Oil Spill Response Joint Industry Project (OSR-JIP). IOGP Report Number 504.

IТОPF (2011). *Aerial observation of marine oil spills: Technical Information Paper 1*. International Tanker Owners Pollution Federation Limited, London. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/publications-en-francais

IТОPF (2011). *Fate of marine oil spills: Technical Information Paper 2*. International Tanker Owners Pollution Federation Limited, London. www.itopf.com/knowledge-resources/documents-guides/publications-en-francais

NOAA (2007). *Dispersant Application Observer Job Aid*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC. http://response.restoration.noaa.gov/dispersants_jobaid

NOAA (2012). *Open Water Oil Identification Job Aid for aerial observation*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC. <http://response.restoration.noaa.gov/jobaid/aerialobs>

OSRL (2011). *Aerial Surveillance Field Guide: A guide to aerial surveillance for oil spill operators*. Version 2, December 2011. Oil Spill Response Limited, Southampton, UK.

Sitios web de utilidad

Bonn Agreement: 'Surveillance' and 'Meetings and documents' sections (Acuerdo de Bonn: secciones "Vigilancia" y "Reuniones y documentos"). www.bonnagreement.org

Cedre (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution). Discharge at sea. www.cedre.fr

CIS (Community Information System). Sitio web de la Unión Europea que explica la organización nacional para respuesta a la contaminación marina accidental y los medios disponibles para cada estado miembro. http://ec.europa.eu/echo/files/civil_protection/civil/marin/cis/cis_index.htm

EMSA (European Maritime Safety Agency/ Agencia de Seguridad Marítima Europea). CleanSeaNet Satellite Service (Servicio de satélite CleanSeaNet). www.emsa.europa.eu/operations/cleanseanet.html

Helsinki Commission. Why surveillance is needed (Comisión de Helsinki. Por qué es necesaria la vigilancia). www.helcom.fi/shipping/waste/en_GB/surveillance

IMO (International Maritime Organization). Marine Environment. www.imo.org

ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). Aerial observation. www.itopf.com

Esta página se ha dejado intencionalmente en blanco.

IPIECA

IPIECA es la asociación de la industria global del petróleo y del gas para cuestiones ambientales y sociales. Desarrolla, comparte y fomenta las buenas prácticas y el conocimiento para ayudar a la industria a mejorar su desempeño ambiental y social; y es el canal de comunicación principal que la industria tiene con las Naciones Unidas. A través de sus grupos de trabajo dirigidos por miembros y del liderazgo de sus directivos, IPIECA reúne la experiencia técnica colectiva de las compañías y asociaciones del petróleo y del gas. Su posición única dentro de la industria permite a sus miembros responder con eficacia a los principales asuntos ambientales y sociales.

www.ipieca.org



La Organización Marítima Internacional (IMO) es la agencia especializada de las Naciones Unidas responsable del mejoramiento de la seguridad marítima y la prevención y el control de la contaminación marina. Hay actualmente 153 estados miembros y más de 50 organizaciones no gubernamentales (ONG) que participan en su trabajo, que ha llevado a la adopción de alrededor de 30 convenciones y protocolos, y numerosos códigos y recomendaciones respecto a la seguridad marítima y la contaminación marina. Uno de los objetivos más importantes de la estrategia para la protección del entorno marino de la IMO es fortalecer la capacidad de acción nacional y regional para prevenir, controlar, combatir y mitigar la contaminación marina y promover la cooperación técnica para este fin.

www.imo.org



IOGP representa a la industria procesadora de materias primas del petróleo y del gas ante organizaciones internacionales como la Organización Marítima Internacional, los convenios de mares regionales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y otros grupos que se encuentran bajo el auspicio de las Naciones Unidas. A nivel regional, IOGP es el representante de la industria ante la Comisión Europea y el Parlamento Europeo y la Comisión OSPAR para el Nordeste atlántico. Igualmente importante es el papel de IOGP en promulgar las mejores prácticas, particularmente en las áreas de la salud, la seguridad, el medio ambiente y la responsabilidad social.

www.iogp.org.uk

