



EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN EL SECTOR DE LA PESCA Y ACUICULTURA

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

11



Introducción

Los derrames de hidrocarburos pueden provocar graves daños en los recursos del sector de la pesca y acuicultura a través de contaminación física, efectos tóxicos en las poblaciones de pescado y marisco y por la interrupción de las actividades empresariales. La naturaleza y el alcance del impacto sobre la producción de pescado y marisco dependen de las características de los hidrocarburos derramados, de las circunstancias del siniestro y del tipo de actividad pesquera o negocio afectado. En algunos casos, la aplicación de medidas de protección eficaces y la limpieza pueden evitar o minimizar los daños.

Este documento describe los efectos de la contaminación por derrames de hidrocarburos procedentes de buques en el sector de la pesca y acuicultura y proporciona una orientación sobre las medidas de respuesta y estrategias de gestión que pueden ayudar a reducir la gravedad de las repercusiones de los derrames. Los daños sobre otros recursos económicos se tratan en el Documento de Información Técnica correspondiente.

Daños y mecanismos de pérdida

El sector de la pesca (la captura de especies naturales) y acuicultura (el cultivo de especies en cautividad) engloba industrias importantes que pueden verse gravemente afectadas de diversas formas por derrames de hidrocarburos (Figuras 1, 2). Los animales y plantas explotados comercialmente podrían sufrir daños como resultado de la toxicidad de los hidrocarburos y la asfixia. El pescado y marisco podría contaminarse físicamente o macularse, adquiriendo un sabor desagradable derivado de los hidrocarburos. Los aparejos de pesca y los equipos de cultivo podrían impregnarse de hidrocarburos, lo que provocaría el riesgo de contaminación de las capturas o poblaciones, o de interrupción de las actividades hasta que finalice el proceso de limpieza o sustitución de los aparejos. Además de las pérdidas para los distintos operadores, el cese de la actividad pesquera de subsistencia (Figura 3), recreativa y comercial y la interrupción de los ciclos de cultivo de pescado y marisco también podrían tener consecuencias económicas importantes. Los consumidores podrían mostrarse reacios a adquirir productos de pescado y marisco de una región afectada y la pérdida de confianza del mercado puede provocar pérdidas económicas incluso si no existiera ninguna contaminación real de la producción.

Las repercusiones de los hidrocarburos derramados se determinan a través de sus características físicas y químicas, en particular la densidad, viscosidad y composición química de los hidrocarburos, y de la evolución de estas características con el transcurso del tiempo, o "meteorización". Los cambios provocados por la meteorización también dependen en gran medida de las condiciones climáticas y marinas predominantes.

Los peces adultos que migran libremente y las poblaciones naturales de animales marinos de gran valor comercial presentes en mar abierto rara vez sufren daños a largo plazo provocados por derrames de hidrocarburos. Esto se debe a que las concentraciones de hidrocarburos en la columna de agua disminuyen rápidamente después de un derrame, muy raras veces alcanzan niveles suficientes como para provocar mortalidad o daños importantes y normalmente se limitan a un área próxima al origen del derrame. Por el contrario, los animales encerrados en jaulas y los productos de pescado y marisco que se cultivan en ubicaciones fijas se ven expuestos a un mayor riesgo potencial porque no se puede evitar la exposición a los contaminantes provocados por los hidrocarburos en el agua circundante.

El principal impacto probablemente se produzca cerca de la costa, donde los animales y las plantas pueden impregnarse



▲ Figura 1: las flotas pesqueras pueden verse afectadas por hidrocarburos derramados, bien como resultado de la contaminación de embarcaciones y aparejos o de prohibiciones a la pesca, que podrían obligarles a permanecer en puerto.

físicamente y asfixiarse por los hidrocarburos o verse directamente expuestos a componentes tóxicos durante periodos de tiempo prolongados. Por ese motivo, las especies sedentarias, como por ejemplo algas marinas comestibles y mariscos, son especialmente sensibles a la toxicidad de los hidrocarburos y a la asfixia. Además de la mortalidad, los hidrocarburos pueden provocar daños más sutiles en el comportamiento, alimentación, crecimiento o funciones reproductivas. No obstante, ya que las poblaciones de numerosas especies marinas suelen mostrar fluctuaciones naturales importantes, puede resultar difícil aislar los efectos subletales provocados por un derrame accidental de hidrocarburos.

Los daños al pescado y el marisco también pueden derivarse de las medidas emprendidas para luchar contra un derrame de hidrocarburos. Por ejemplo, animales y plantas que puede que no se hayan visto afectados por hidrocarburos flotantes, podrían mancharse por la exposición a gotitas de hidrocarburos suspendidas en la columna de agua, especialmente si se utilizan dispersantes en las proximidades. Las técnicas de limpieza agresivas o inadecuadas, como por ejemplo el lavado indiscriminado con agua a alta presión y/o agua caliente, también pueden



▲ *Figura 2: una explotación de cultivo de algas marinas. Las pesquerías e instalaciones de acuicultura suelen ser susceptibles a los derrames de hidrocarburos.*



▲ *Figura 3: las pequeñas comunidades pesqueras suelen depender de la pesca para obtener ingresos y medios de subsistencia y pueden verse gravemente afectadas como resultado de un derrame.*

perjudicar a especies explotadas comercialmente y retrasar la recuperación natural.

Los ciclos estacionales de la pesca y acuicultura varían a lo largo del año, según el tipo de especie capturada o criada. Por lo tanto, la sensibilidad de una especie o actividad a los hidrocarburos derramados también presenta una variación estacional. Por ejemplo, algunas de las algas marinas de mayor tamaño que se cultivan en Asia se cosechan durante la primavera o a comienzos del verano, y la siguiente cosecha no se planta hasta comienzos del otoño. Otras especies de crecimiento más rápido podrían permitir varias plantaciones y cosechas a lo largo del año. La cría de larvas en depósitos costeros que reciben suministro de agua canalizada desde el mar también es estacional y normalmente no se extiende más allá de unos pocos meses cada año.

Como consecuencia de ello, el alcance preciso y las características del daño en el sector de la pesca y acuicultura dependerán de una combinación de diversos factores que pueden surgir durante un derrame de hidrocarburos en particular. Ni el volumen del derrame por sí mismo, ni ningún otro factor individual, proporciona una indicación fiable del posible daño. En cambio, debe considerarse el momento del año, el tipo de hidrocarburos y la cantidad de hidrocarburos que lleguen a estos recursos sensibles. Uno de los retos más difíciles consiste en distinguir los efectos de un derrame de hidrocarburos de los cambios provocados por otros eventos, especialmente fluctuaciones naturales en los niveles de las especies, variación en la intensidad de la actividad pesquera (incluida la sobrepesca), efectos climáticos (por ejemplo El Niño) o contaminación procedente de orígenes industriales o urbanos. En muchos casos, la ausencia de datos fiables para describir las condiciones existentes antes del derrame, o los niveles de productividad conseguidos anteriormente, contribuye a aumentar la dificultad.

Toxicidad

Los efectos tóxicos de los hidrocarburos dependen de las concentraciones de componentes aromáticos ligeros en los hidrocarburos y de la duración de la exposición a estos componentes. Los efectos de la toxicidad pueden variar desde sutiles efectos subletales en el comportamiento hasta la mortalidad masiva localizada de la vida marina.

En general, los petróleos crudos ligeros y productos refinados ligeros, como por ejemplo petróleo y queroseno, contienen



▲ *Figura 4: langostas, estrellas de mar y marisco afectados por un derrame de diesel, que se dispersó de forma natural en aguas poco profundas durante una tormenta.*

proporciones relativamente elevadas de componentes aromáticos de bajo peso molecular que pueden provocar efectos tóxicos agudos. Las poblaciones naturales sufren en ocasiones efectos tóxicos después de grandes derrames de los hidrocarburos más ligeros cerca de la costa, especialmente en condiciones de tormenta o de fuerte oleaje (*Figura 4*). En estas circunstancias, una parte relativamente importante de los componentes tóxicos más ligeros puede dispersarse en la columna de agua, en lugar de evaporarse rápidamente de la superficie del mar, y quedar confinada en aguas poco profundas, lo que genera concentraciones suficientemente elevadas que provocan narcosis o mortalidad en organismos marinos. La fauna bentónica intermareal o submareal a



▲ *Figura 5: las redes y nasas de pesca contaminadas podrían limpiarse si no se contaminan excesivamente. No obstante, en algunos casos, la sustitución podría resultar más viable económicamente.*



▲ *Figura 6: las trampas de pesca son susceptibles a la contaminación por hidrocarburos flotantes.*



▲ *Figura 7: los criaderos de pescado en tierra requieren grandes volúmenes de agua de mar limpia. Las tomas de agua suelen encontrarse por debajo de la superficie y podrían verse afectadas por hidrocarburos dispersos.*

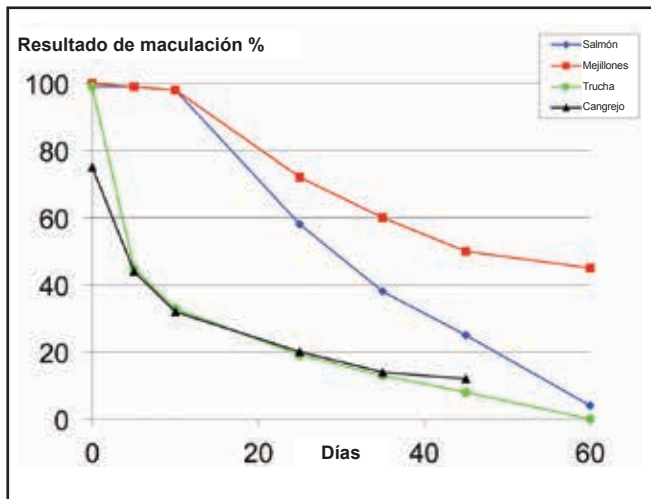
baja profundidad, como por ejemplo moluscos bivalvos y crustáceos, es particularmente vulnerable, y en ocasiones excepcionales también se han observado peces migratorios sucumbir bajo estas condiciones.

Estudios de laboratorio han demostrado que la exposición de especies estudiadas a concentraciones más bajas de los componentes más tóxicos de los hidrocarburos puede provocar el deterioro de diversas funciones fisiológicas, como por ejemplo respiración, movimiento y reproducción, y puede incrementar la probabilidad de que se produzcan mutaciones genéticas en huevos y larvas. No obstante, resulta difícil detectar estos efectos subletales en la práctica, y no se han observado las repercusiones generalizadas sobre poblaciones que podrían predecirse al extrapolar los resultados de laboratorio a un caso práctico. De forma similar, a pesar de la mortalidad de huevos y larvas que podría producirse después de un derrame, rara vez se registra una disminución posterior de poblaciones naturales adultas. Esto puede explicarse en parte por la considerable capacidad de recuperación natural de los ecosistemas marinos a diversos impactos graves. Los organismos marinos se adaptan rápidamente a niveles de mortalidad naturalmente elevados, entre otros motivos mediante la producción de amplios excedentes de huevos y larvas y la incorporación de reservas de poblaciones ajenas al área afectada.

Contaminación física

Los hidrocarburos pueden ensuciar embarcaciones, aparejos de pesca e instalaciones de acuicultura, y pueden transferirse a la captura o producción (Figura 5). La cría y manipulación de producciones masivas de pescado y marisco implica que rara vez resulte práctico localizar, aislar y retirar únicamente los especímenes contaminados. Los equipos flotantes, como por ejemplo boyas y flotadores, redes izadas, redes de lanzamiento y trampas fijas (Figura 6) que se encuentren desplegados sobre la superficie del mar, presentan un riesgo particular de contaminación por hidrocarburos flotantes. Las líneas, dragas y redes de arrastre de fondo y las partes sumergidas de las instalaciones de cultivo suelen estar protegidas, siempre que no se eleven y atraviesen la superficie de la mar contaminada o se vean afectadas por hidrocarburos sumergidos o dispersos. Las instalaciones de cultivo en costas, como por ejemplo bateas intermareales para ostricultura (Figuras 16 y 19) son especialmente vulnerables. Normalmente se ubican en la parte intermedia o inferior de la orilla, donde el ascenso y descenso natural de la marea expone una franja de la costa a la contaminación. Cuando las instalaciones de piscicultura se ven afectadas físicamente por hidrocarburos flotantes, las propias superficies contaminadas por hidrocarburos pueden convertirse en una fuente de contaminación secundaria hasta que estén limpias.

El cultivo de algas marinas, peces de aleta y numerosos animales marinos, como por ejemplo crustáceos, moluscos y equinodermos, suele implicar el uso de depósitos costeros para la cría de ejemplares desde que son pequeños hasta que alcanzan un tamaño comercializable y la edad adecuada para transferirlos al mar (Figura 7). Estas instalaciones normalmente reciben un suministro de agua de mar limpia que se obtiene a través de tomas situadas debajo de la línea de bajamar. En ocasiones, puede que estas tomas se encuentren bajo la amenaza de hidrocarburos sumergidos o gotas de hidrocarburos dispersas, lo que podría provocar la contaminación de tuberías y depósitos y la pérdida de la población cultivada. La presencia de hidrocarburos puede aumentar considerablemente las dificultades para la vida de poblaciones mantenidas en el entorno artificial de jaulas o depósitos. Si, por ejemplo, la densidad de las poblaciones o la temperatura del agua en un criadero fueran excepcionalmente elevadas, existe mayor riesgo de mortalidad, enfermedad o retraso en el crecimiento, aunque esto puede producirse independientemente de la contaminación por hidrocarburos.



▲ *Figura 8: ritmos de depuración (pérdida de maculado) para pescado y marisco después de la exposición experimental a petróleo crudo Forties (Fuente: Davis, H.K., Moffat, C.F. & Shepherd, N.J. (2002). Experimental tainting of marine fish by three chemically dispersed petroleum products, with comparisons to the Braer oil spill. Spill Science & Technology Bulletin, Vol 7, Nos. 5-6, pp.257-278.)*

Maculación

El maculado se define habitualmente como un olor o sabor ajeno a un producto alimentario. Normalmente, la contaminación de pescado y marisco puede detectarse inmediatamente como un sabor u olor a petróleo. Los moluscos bivalvos y otros animales sedentarios que se alimentan por filtración son particularmente vulnerables al maculado, ya que filtran cantidades considerables de agua y, por lo tanto, se ven expuestos al riesgo de entrada de gotas de hidrocarburos dispersas y partículas contaminadas suspendidas en la columna de agua. Los peces encerrados en jaulas y en particular aquellos con un alto contenido graso, como por ejemplo el salmón, presentan una mayor tendencia a acumular y retener hidrocarburos del petróleo en sus tejidos.

Otros factores que influyen en la presencia y persistencia de maculado incluyen el tipo de hidrocarburos, las especies afectadas, el alcance y la duración de la exposición, las condiciones hidrográficas y la temperatura del agua. El maculado de tejidos vivos es reversible pero, si bien la absorción de maculado por los hidrocarburos es rápida (minutos u horas), el proceso de depuración, en el que los contaminantes se metabolizan y eliminan del organismo, es mucho más lento (semanas) (*Figura 8*). A temperaturas ambiente bajas, el metabolismo, y en consecuencia la depuración, puede ralentizarse considerablemente.

Aunque se han identificado algunos de los componentes químicos presentes en petróleos crudos y productos de hidrocarburos que pueden provocar maculado, aún se desconocen muchos. Asimismo, a pesar de que no se han establecido concentraciones umbrales fiables, las concentraciones de hidrocarburos que pueden provocar maculado son muy bajas. En consecuencia, el análisis químico por sí solo no permite determinar si un producto está maculado o no. No obstante, la presencia o ausencia de maculado puede determinarse de forma rápida y fiable mediante pruebas sensoriales (también conocidas como pruebas organolépticas), en especial si se emplea un panel capacitado y protocolos de pruebas bien establecidos. Dado que los niveles de contaminación que dan lugar a un maculado por hidrocarburos inaceptable son muy bajos, se considera de forma generalizada que, en lo que respecta a los contaminantes de los hidrocarburos, el consumo de pescado y marisco resulta seguro si se determina que está libre de maculado.



▲ *Figura 9: el pescado y marisco son una fuente importante de proteínas para muchas comunidades.*

Problemas de salud pública

La existencia de contaminación en organismos o productos de pescado y marisco después de un derrame importante puede suscitar problemas de salud pública y podría dar lugar a la imposición de restricciones a la pesca. Dichos problemas se derivan principalmente de la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). No todos los HAP presentan la misma potencia debido a las diferencias de estructura molecular que afectan a su metabolismo. Los derrames de crudo ocasionan contaminación por HAP de bajo peso molecular que normalmente exhiben escaso o nulo potencial carcinogénico, aunque es importante considerarlos debido a su toxicidad aguda o a sus propiedades de maculación. Por el contrario, los fueloils pesados generalmente contienen una mayor proporción de HAP de alto peso molecular, incluidos los que pueden resultar activamente carcinogénicos. Un factor clave en la potencia mutagénica de los HAP es la formación de metabolitos reactivos que se fijan al ADN y que pueden ocasionar mutaciones genéticas, un problema particular de los HAP de entre 3 y 7 anillos de benceno. Es importante, sin embargo, señalar que los fueloils y las emulsiones asociadas se incorporan con menos facilidad a tejidos vivos y son menos biodisponibles debido a sus características físicas, incluyendo su alta viscosidad y baja capacidad de dispersión.

Las concentraciones de fondo de los HAP en agua, sedimentos y tejidos son muy variables y surgen de diversas aportaciones, por ejemplo de orígenes pirogénicos (relacionados con la combustión), antropogénicos crónicos (de actividades humanas) y naturales. La ingesta normal de HAP a través del consumo de pescado y marisco varía considerablemente entre individuos y comunidades según el tamaño de la ración típica, la frecuencia de consumo de pescado y marisco y los pesos corporales individuales. Como consecuencia de ello, el riesgo para un individuo o comunidad provocado por carcinógenos derivados de derrames de hidrocarburos depende del patrón de consumo de productos pesqueros de determinado lugar (*Figura 9*). Aunque no es posible definir un consumo libre de riesgo para los humanos, pueden calcularse niveles "aceptables" de HAP en el pescado y marisco para áreas geográficas específicas según el nivel típico y los patrones de consumo. En consecuencia, diversas autoridades han adoptado Niveles máximos permitidos (NMP) de HAP en productos marinos. Por ejemplo, en la Unión Europea, el NMP para el HAP Benzo[a]pireno (BaP) en pescado es <2 µg/kg y en moluscos bivalvos es <10 µg/kg (Tabla 1).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) ha identificado 16 compuestos de HAP como contaminantes "prioritarios" para los que suelen realizarse



▲ *Figura 10: pescado a la venta. La interrupción de la actividad pesquera comercial puede tener consecuencias económicas importantes a lo largo de la cadena de comercialización, desde los puertos de desembarque hasta los establecimientos minoristas, como por ejemplo este puesto en un mercado.*

mediciones específicas en muestras medioambientales. Se han establecido valores de referencia en función de la suma de estos 16 HAP prioritarios después de derrames. No obstante, ya que los HAP conforman una mezcla compleja de miles de compuestos, con frecuencia se utiliza el valor "HAP total" como medida de la contaminación. Sin embargo, el valor HAP total suele resultar difícil de interpretar, ya que dependerá de la naturaleza de los componentes concretos que se hayan sumado para obtener la cifra global. Por ese motivo, resulta necesario especificar las identidades de los HAP reales analizados para permitir una evaluación de los niveles de contaminación basada en una comparación de elementos semejantes.

El rango de potencia relativa de los diversos HAP abarca muchos órdenes de magnitud. En ese sentido, se considera que el BaP es un compuesto clave y, debido a su presencia en el humo de los cigarrillos, es el HAP más analizado. Como resultado de ello, se han redactado varias directrices sobre el uso de BaP como indicador. Como medida complementaria, para comparar muestras de diferentes orígenes y aplicar las directrices, se han desarrollado Factores de Equivalencia Tóxica (FET) que expresan las concentraciones de los diversos HAP como equivalentes de BaP, basándose en su potencia carcinogénica relativa. Estos valores se suman para obtener una cifra equivalente de Benzo[a]pireno (BaPE).

La exposición humana global a los HAP de todas las posibles fuentes está sujeta a numerosas variables. Por ejemplo, una amplia variedad de alimentos ahumados o asados a la barbacoa pueden contener compuestos de HAP iguales o similares a los que podrían derivarse de hidrocarburos derramados. Las verduras de hoja cultivadas cerca de centros urbanos podrían contaminarse por HAP transportados por el aire y depositados sobre las hojas. Una complicación adicional para los controladores de la calidad alimentaria es el hecho de que la calidad del pescado y marisco también se ve afectada por otras formas de contaminación, como por ejemplo metales pesados, toxinas algales, bacterias patogénicas y virus. Como consecuencia de ello, el impacto potencial de un derrame de hidrocarburos sobre la salud pública debe contemplarse en su contexto general para definir y aplicar las medidas adecuadas. Si se tiene en cuenta la cantidad, frecuencia y duración de la exposición a los HAP tras un derrame de hidrocarburos, la mayoría de los estudios de evaluación de riesgo permitieron concluir que normalmente existe un margen de seguridad suficiente entre los niveles de HAP en el pescado y marisco después de un derrame de hidrocarburos y los que podrían provocar una amenaza significativa para la salud pública, incluso para los consumidores de subsistencia.

	Indicador	Directrices ¹	Objetivo
Francia - AFSSA ² (ERIKA 1999)	16 HAP analizados por National Network of Observations (RNO)	$\Sigma < 500 \mu\text{g/kg PS}$ Exclusión de venta $> 1.000 \mu\text{g/kg PS}$	Mariscos
UK FSA ³ (2002)	Benzo[a]antraceno Benzo[a]pireno Dibenzo[a,h]antraceno	$\Sigma < 15 \mu\text{g/kg PH}$	Todo pescado y marisco
Unión Europea (2005)	Benzo[a]pireno (BaP)	$< 2 \mu\text{g/kg PH}$ $< 5 \mu\text{g/kg PH}$ $< 10 \mu\text{g/kg PH}$	Pescado Crustáceos y cefalópodos Mariscos
Corea del Sur (MIFAFF) ⁴ (HEBEI SPIRIT 2007)	Benzo[a]pireno equivalente (BaPE)	$< 3,35 \mu\text{g/kg PH}$	Todo pescado y marisco
US EPA ⁵ (NEW CARISSA 1999)	BaPE	'Inocuo' $< 10 \mu\text{g/kg PH}$ 'Insalubre' $> 45 \mu\text{g/kg PH}$	Mariscos Mariscos
US EPA ⁵ (KURE 1997)	BaPE	'Inocuo' $< 5 \mu\text{g/kg PH}$ 'Insalubre' $> 34 \mu\text{g/kg PH}$	Mariscos Mariscos
US EPA ⁵ (JULIE N 1996)	BaPE	'Inocuo' $< 16 \mu\text{g/kg PH}$ 'Insalubre' $> 50 \mu\text{g/kg PH}$	Langosta Langosta

¹ PS – Peso seco; PH – Peso húmedo. Como norma general, PS = aprox. 15% x PH; $\mu\text{g/kg} \equiv \text{ppmm}$.

² AFSSA: Agence de Sécurité Sanitaire des Aliments.

³ FSA: Food Standards Agency. En la actualidad, las normas de la Unión Europea sustituyen a esta directriz.

⁴ MIFAFF: Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.

⁵ EPA: Environment Protection Agency. La variación de los límites de las directrices se debe principalmente a las diferentes dietas regionales.

▲ *Tabla 1: ejemplos de directrices sobre niveles de HAP utilizados por diferentes autoridades para gestionar la inocuidad del pescado y marisco después de derrames de hidrocarburos.*

Pérdida de confianza del mercado e interrupción de la actividad comercial

La interrupción de las actividades del sector de la pesca y acuicultura y la posibilidad de considerables pérdidas económicas suelen ser las consecuencias más graves de un derrame de hidrocarburos (Figura 10). Los problemas de salud pública y la detección de maculación en los alimentos probablemente provoquen la retirada de la producción del mercado. También podría producirse una pérdida de confianza del mercado que dé lugar a reducciones de precios o al rechazo absoluto a los productos de pescado y marisco por parte de los compradores comerciales y consumidores. La cobertura de la contaminación en los medios, o la transmisión de información boca a boca, puede tener repercusiones para la comercialización del pescado y marisco. No obstante, la cuantificación de la pérdida económica provocada por la pérdida de confianza del mercado puede resultar difícil, ya que depende de la disponibilidad de datos fiables que demuestren que la pérdida de ventas y la reducción de precios constituyen una consecuencia directa del derrame.

Cuando resulta imposible proteger de hidrocarburos a los aparejos de pesca e instalaciones de cultivo, normalmente se producen pérdidas económicas hasta que las instalaciones se limpian y vuelven a estar operativas. La cuantificación de la pérdida económica debido a la mortalidad de organismos cultivados suele ser un proceso relativamente sencillo de contabilización y pesaje de la producción afectada. A continuación, se calcula el beneficio perdido a partir de los pesos proyectados de las producciones y del precio de mercado previsto en el primer punto de venta, descontándose cualquier coste de producción ahorrado, como por ejemplo sueldos de personal, pienso y combustible. También debe tenerse en cuenta el grado de mortalidad natural que se produzca regularmente durante el cultivo.

Opciones de respuesta y mitigación de los daños debidos a la contaminación

Cuando se contaminan instalaciones, estructuras o redes de acuicultura, en ocasiones es posible realizar la limpieza in situ, por ejemplo con equipos de lavado a alta presión (Figura 11). Si la contaminación fuera más grave, podría resultar necesario desmontar las instalaciones para limpiarlas. Cuando no sea posible realizar la limpieza, o los costes de limpieza puedan superar los costes de adquisición de equipos nuevos, la sustitución podría ser la opción preferible (Figura 12).

En ocasiones, pueden emplearse barreras y otros obstáculos físicos para proteger los aparejos de pesca fijos e instalaciones de acuicultura de la contaminación. No obstante, los equipos de pesca y cultivo suelen ubicarse en lugares que se benefician de las rutas migratorias o de intercambio eficiente de agua, y estas ubicaciones normalmente se caracterizan por flujos de agua moderadamente rápidos, en los que las barreras son muy ineficaces. En ocasiones, los criaderos ubicados en aguas calmas pueden protegerse con forros de plástico de alta resistencia envueltos alrededor del perímetro de las jaulas para evitar que los hidrocarburos flotantes se introduzcan en las redes o contaminen las boyas (Figura 13). Los forros no deben extenderse muy por debajo de la superficie del agua y deben incorporar lastres en el borde inferior para evitar que se eleven por el efecto de las corrientes o la acción de las olas. En algunas situaciones, también se pueden desplegar barreras adsorbentes alrededor de las jaulas.

Aunque los adsorbentes no resultan adecuados para retirar grandes cantidades de hidrocarburos, a menudo



▲ Figura 11: las instalaciones de acuicultura pueden limpiarse in situ mediante lavado a presión.



▲ Figura 12: bastidores de cultivo de algas marinas muy contaminados por hidrocarburos. Podría resultar imposible limpiar estos bastidores hasta un nivel satisfactorio y, en consecuencia, serían desmontados y sustituidos por estructuras nuevas.



▲ Figura 13: si se dispone de tiempo suficiente, pueden suspenderse forros de plástico lastrados alrededor de jaulas de pescado para evitar la contaminación por hidrocarburos flotantes.



▲ *Figura 14: una granja de cultivo de orejas de mar contaminada por hidrocarburos. Las almohadas adsorbentes, aunque resultan inadecuadas para la retirada de grandes cantidades de hidrocarburos, suelen ser útiles para retirar brillos del interior de jaulas de pescado.*

ofrecen buenos resultados para retirar películas finas de hidrocarburos de la superficie del agua en depósitos y jaulas (Figura 14). También se han utilizado con éxito materiales adsorbentes para filtrar agua de mar para instalaciones en tierra. En todos los casos, es importante sustituir los adsorbentes contaminados para evitar que generen contaminación secundaria. No deben emplearse partículas adsorbentes sueltas, ya que pueden confundirse con piensos.

En ocasiones, la contaminación de equipos por hidrocarburos flotantes puede reducirse o evitarse mediante la aplicación de dispersantes sobre manchas a una distancia suficiente de las instalaciones e industrias pesqueras costeras. La distancia necesaria para evitar la contaminación de poblaciones por hidrocarburos dispersos depende de la fuerza y dirección de las corrientes predominantes y del tiempo necesario para que los hidrocarburos dispersos se diluyan lo suficiente en la columna de agua. En consecuencia, el uso de dispersantes cerca o aguas arriba de instalaciones de acuicultura, áreas de desove, áreas de cría o tomas de agua solo debe realizarse después de analizar los efectos posibles.

Además de las medidas estándar de respuesta a derrames, las estrategias alternativas de mitigación incluyen el remolcado de instalaciones flotantes fuera del recorrido de las manchas, la inmersión temporal de jaulas especialmente diseñadas para permitir el paso de hidrocarburos por encima de ellas y la transferencia de poblaciones a áreas con pocas posibilidades de sufrir daños. Las oportunidades para utilizar estos métodos pueden ser muy escasas por diversos motivos técnicos, logísticos y financieros aunque, si se dan las circunstancias adecuadas y con suficiente planificación, no deberían ignorarse las alternativas para evitar contaminación y pérdidas económicas.

Para depósitos, corrales marinos o criaderos en tierra, puede resultar eficaz suspender temporalmente la admisión de agua y la recirculación del agua que ya se encuentre dentro del sistema para aislar a las poblaciones de la amenaza de contaminación. Por ejemplo, el cierre de esclusas en corrales marinos de cría de langostino también puede ofrecer protección a corto plazo. La suspensión de la alimentación puede ofrecer una alternativa para evitar que los peces en criaderos y otras poblaciones cultivadas entren en contacto con piensos contaminados que, de lo contrario, se distribuirían a través de una película de hidrocarburos superficial. La reducción o suspensión de la alimentación presenta la ventaja adicional de reducir la carga de productos



▲ *Figura 15: podrían imponerse restricciones a la pesca para proteger la salud pública y evitar la llegada de productos al mercado después de un derrame.*

de desecho en el agua recirculada, aunque debe prestarse atención para asegurar que la acumulación de productos de desecho nocivos en agua estancada o en recirculación no provoque una mortalidad excesiva de la población. Será necesario ponderar el daño potencial que estas medidas de mitigación provocan sobre la población con el daño derivado de los hidrocarburos.

Para que estas estrategias de mitigación sean eficaces, resulta fundamental identificar las instalaciones de pesca y acuicultura sensibles en los planes de contingencia. Los operadores deberían participar en simulacros y ejercicios para probar su capacidad de respuesta y ser informados inmediatamente si se produjera un derrame que pudiera amenazar sus instalaciones, para permitirles disponer de tiempo suficiente para poner en práctica las estrategias.

En algunos casos, los operadores de acuicultura pueden enfrentarse al riesgo de pérdida final de toda la población debido a los daños ocasionados por derrames de hidrocarburos. Los operadores podrían capturar la población cultivada anticipadamente, antes de que se contamine, si reciben el aviso con suficiente antelación. Aunque puede que la población no haya alcanzado completamente el tamaño comercializable, podría recuperarse parte de su valor. Por el contrario, la captura normal podría retrasarse para permitir que la población contaminada quede libre de maculado mediante procesos metabólicos naturales. No obstante, puede resultar difícil prever un calendario fiable para que este proceso concluya de forma satisfactoria, ya que las tasas de depuración dependen de las condiciones locales y de las especies que se crían. Además, como es probable que los ritmos de depuración sean lentos, puede que la población haya crecido por encima del tamaño óptimo comercializable y resulte necesario encontrar mercados alternativos y, posiblemente, menos lucrativos.

Estrategias de gestión

Existen diversas estrategias de gestión para evitar o minimizar el impacto de la contaminación. La más sencilla implica no intervenir más allá de seguir de cerca la evolución de un derrame y cualquier amenaza para la calidad del pescado y marisco. La intervención moderada puede adoptar la forma de directrices para la industria del pescado y marisco, por ejemplo medidas que podrían adoptarse para minimizar pérdidas. Cuando el pescado proceda de la actividad de pesca deportiva con anzuelo, en ocasiones puede facilitarse

suficiente protección emitiendo simplemente un aviso contra el consumo de las capturas y la adopción temporal de una política de captura y suelta. Medidas más estrictas incluyen controles del comercio minorista, depuración en estanques de capturas y productos de pescado y marisco, restricciones a la actividad y cierre de pesquerías (Figura 15). Cada medida presenta posibles inconvenientes y se recomienda realizar una revisión cuidadosa de las opciones disponibles antes de actuar. Las cuatro estrategias siguientes tal vez permitan a las autoridades administrar la situación y suspender los controles y restricciones de forma fiable.

Muestreo, monitorización y análisis

Los objetivos de un programa de monitorización bien definido deberían ser determinar el grado, la duración y el alcance geográfico de la contaminación (Figura 16). En principio, para aplicar una restricción a la pesca o venta de productos, el muestreo y análisis de un número relativamente reducido de muestras suele bastar para confirmar la presencia inicial de contaminación o maculado y definir el área afectada. El número mínimo de muestras necesarias para obtener resultados fiables se determina caso por caso. La monitorización de la pérdida progresiva de contaminación mediante muestreos posteriores en los intervalos adecuados permite determinar con cierta confianza el momento en el que los niveles vuelven a coincidir con los niveles de fondo anteriores a la contaminación.

La frecuencia y el alcance geográfico del muestreo y las pruebas deben determinarse según la gravedad de la contaminación y la tasa de depuración observada. Un método práctico consiste en asegurar que las muestras se encuentren libres de maculado y que los niveles de HAP sean inferiores a los niveles de las muestras de referencia obtenidas fuera de la zona afectada o a los encontrados en productos marinos comercializados libremente en otros lugares del país. Las restricciones pueden eliminarse cuando dos conjuntos de muestras sucesivas, tomadas a lo largo de un breve periodo de tiempo, generen resultados a niveles aceptables, o el alcance de la prohibición puede ajustarse a medida que la contaminación dentro de un área o de una especie específica muestre una reducción suficiente.

Puede que no resulte necesario analizar todas las muestras tomadas y algunas de ellas podrían retenerse para analizarlas posteriormente si los resultados iniciales no fueran concluyentes o fiables. Las especies objetivo serán aquellas con valor comercial, recreativo o de subsistencia, y que se consuman realmente. Las muestras de control seleccionadas cuidadosamente de zonas próximas no afectadas por contaminación constituyen referencias importantes y ayudan a eliminar la interferencia de la contaminación de fondo. En algunos casos, las muestras de mercados locales de pescado y marisco pueden proporcionar una referencia para comparar con muestras de áreas contaminadas.

Las muestras de tejido animal y vegetal son perecederas y deben recopilarse y almacenarse correctamente para mantener su integridad. Deben emplearse contenedores de almacenamiento limpios (preferiblemente de vidrio) para evitar deterioro y contaminación cruzada en las muestras. La refrigeración o congelación es el método de conservación más adecuado para contrarrestar la descomposición microbiana de muestras a corto plazo. Las muestras recopiladas deben sellarse, etiquetarse y colocarse rápidamente en un contenedor aislado con un paquete refrigerante adecuado y preparado para el transporte hasta el laboratorio de análisis, o hasta una instalación de congelación para almacenamiento a más largo plazo. Debe reconocerse que bajo algunos protocolos



▲ Figura 16: recolección de muestras de ostras para análisis. Debe determinarse el número mínimo de muestras para obtener resultados fiables caso por caso.



▲ Figura 17: el pescado y marisco normalmente se cocinan al vapor antes de la prueba sensorial. Después de cocinarlas, se han abierto estas langostas y se probará el olor y sabor de la carne blanca para detectar maculado.

analíticos, incluso las muestras congeladas pierden validez después de periodos de almacenamiento prolongados.

Pruebas sensoriales

Las pruebas sensoriales representan el método más adecuado para establecer la presencia o ausencia de maculado e indicar si el pescado y marisco son aptos para el consumo humano (Figura 17). Los paneles de degustación cualificados y las muestras de control válidas son elementos fundamentales en un protocolo de pruebas sensoriales. Para obtener resultados reproducibles y minimizar los sesgos, las pruebas deben ser "ciegas",



▲ *Figura 18: recolección de muestras de agua en un criadero en tierra confinado. El análisis puede indicar la posible contaminación de la población del criadero.*



▲ *Figura 19: los planes de contingencia deben incluir procedimientos para monitorizar los niveles de contaminación, como en el caso de estas ostras, para evitar vedas innecesarias a la actividad pesquera.*

esto es, los catadores no deben conocer la identidad de las muestras de control o potencialmente maculadas.

Los umbrales para determinar que las muestras se encuentran libres de maculado pueden definirse como el punto en el que un número representativo de muestras del área contaminada no presente más maculado que el número de muestras procedentes de un área de control cercana o de mercados de comercialización situados fuera de la zona del derrame. Este método tiene en cuenta que podría existir una variación entre los distintos degustadores y los consumidores y que cualquier muestra de población podría presentar maculado por motivos diferentes a un derrame de hidrocarburos. La confianza para aceptar la limpieza e inocuidad del pescado o marisco se deriva de una serie temporal adecuada de datos de monitorización que muestren la reducción progresiva de maculado después de un derrame (*Figura 8*).

Análisis químico

Las pruebas sensoriales pueden servir como herramienta de detección útil. No obstante, la ausencia de paneles de degustación cualificados, la mayor accesibilidad y menor coste de las técnicas analíticas y la adopción de normas de seguridad química del pescado y marisco por parte de numerosas autoridades, implican que el análisis químico se aplique con más frecuencia para gestionar pesquerías e instalaciones de acuicultura después de un derrame. El análisis químico de los HAP se realiza más habitualmente mediante cromatografía de gases vinculada con espectrometría de masas (GC/MS). A continuación, las concentraciones de HAP se comparan con estándares aceptados a nivel nacional o internacional o con niveles encontrados en muestras de referencia tomadas de un área de control local.

La selección de muestras para el análisis de organismos de pescado y marisco suele resultar preferible a las muestras de agua y sedimentos, porque los organismos “monitorizan” de forma eficaz el estado de las aguas y/o sedimentos circundantes mediante el proceso de acumulación y posterior depuración de contaminantes. El agua y/o sedimentos sirven como vía por la cual los contaminantes llegan y resultan accesibles al organismo. Por lo tanto, si se conoce que la columna de agua está afectada (por ejemplo, mediante observación visual), normalmente resulta preferible analizar el pescado y marisco para determinar si se ha transferido la contaminación al organismo. Principalmente, los

reguladores y consumidores conceden más importancia e interés al estado del pescado y marisco que al estado del agua o los sedimentos. Cuando no sea posible determinar la presencia de contaminantes por medios evidentes, podría resultar necesario realizar pruebas de muestras de la columna de agua, especialmente de instalaciones en tierra confinadas (*Figura 18*), o de las distintas especies indicadoras (por ejemplo, mejillones), para disipar los temores de contaminación de las poblaciones.

Gestión de vedas a la pesca

Después de un derrame de hidrocarburos, pueden imponerse restricciones a la pesca y captura para evitar o minimizar la contaminación de aparejos de pesca y proteger o tranquilizar a los consumidores de pescado y marisco. Los pescadores pueden aceptar una suspensión voluntaria de la actividad pesquera como medida de precaución durante un periodo de tiempo cuando los hidrocarburos se encuentren a la deriva en su área de pesca habitual, y evitar de esta manera la contaminación continuada de los aparejos de pesca. Cuando una suspensión voluntaria resulte improcedente, podrían aplicarse vedas formales o restricciones a la comercialización, aunque resulta fundamental que se tengan en cuenta los criterios para reanudar y levantar estas prohibiciones cuando se impongan restricciones.

Las vedas a la pesca impuestas para proteger los equipos y las capturas pueden levantarse una vez que la superficie del mar no presente signos visibles de hidrocarburos y brillos, y siempre que no existan indicios de hidrocarburos sumergidos. Probablemente, las restricciones impuestas sobre la base de la detección de maculación o contaminación serán más prolongadas y requerirán una monitorización cuidadosa. En la mayoría de las situaciones posibles de derrame de hidrocarburos, un protocolo de gestión del sector de la pesca y acuicultura incluirá medidas tales como reconocimientos para confirmar la ausencia de brillos flotantes o hidrocarburos sumergidos, pruebas sensoriales para determinar la ausencia de maculado y análisis químicos para demostrar que los niveles de contaminación han descendido hasta los niveles de fondo o están por debajo de los Niveles máximos permitidos (NMP). Estas estrategias, de forma independiente o a menudo combinadas, ofrecen credibilidad científica y satisfacen la exigencia de proporcionar medidas de protección adecuadas que eviten la llegada a los consumidores de pescado y marisco insalubre o de sabor desagradable.

Los criterios para reanudar la actividad de una industria pesquera deben ser realistas y alcanzables en relación con la calidad normal del pescado y marisco de la zona. La credibilidad de la toma de decisiones depende del conocimiento de la gestión de los recursos de la industria pesquera y de la disponibilidad de datos fiables sobre los niveles de contaminación de fondo, tanto a nivel local como nacional. Un conocimiento adecuado de las características físicas y químicas de los contaminantes de los hidrocarburos y cómo afectan la fauna y flora marina también resulta útil. Los hábitos de consumo de pescado y marisco y las variaciones estacionales en la disponibilidad también contribuirán a definir el riesgo para la salud pública y permitirán a los reguladores establecer una opinión fundamentada sobre la gestión del riesgo.

Los reguladores de la calidad del pescado y marisco deberán encontrar un equilibrio entre la necesidad de informar,

tranquilizar y proteger al público a la vez que se aborda el riesgo de generar temores innecesarios. Las estrategias adoptadas reflejarán las prácticas culturales y administrativas del país afectado y, en consecuencia, variarán según el lugar de que se trate. Los medios pueden desempeñar una función importante para promover una reacción racional a las restricciones temporales que se basan en resultados de regímenes de muestreo y pruebas realizados correctamente. Los criterios de veda y reanudación de la actividad deben tener un lugar importante en los planes de contingencia (*Figura 19*). Finalmente, resulta necesario ponderar las ventajas de una veda con respecto a las pérdidas económicas que se derivan de una interrupción prolongada de la actividad normal de pesca y cultivo. Paradójicamente, las vedas a la pesca por derrames de hidrocarburos pueden favorecer la conservación de las poblaciones, especialmente si las especies explotadas no son migratorias y los impactos de los hidrocarburos son mínimos.

Puntos clave

- Los efectos de la contaminación que más habitualmente sufre el sector de la pesca y acuicultura son la impregnación física de hidrocarburos en los equipos y el maculado provocado por la contaminación del pescado y marisco.
- Resulta extremadamente difícil aislar los efectos de un derrame en los recursos pesqueros naturales y las poblaciones de pescado de otros factores, como por ejemplo fluctuaciones naturales de las poblaciones, efectos climáticos, contaminación por orígenes industriales y urbanos y sobrepesca.
- Los efectos sobre las pesquerías comerciales y de subsistencia pueden dar lugar a pérdidas considerables.
- Las repercusiones del pescado y marisco contaminados sobre la percepción del público pueden ser graves, a menos que se gestionen correctamente los aspectos relacionados con la confianza del mercado y la salud pública.
- Las medidas para informar inmediatamente a los operadores sobre la amenaza de un derrame de hidrocarburos para sus instalaciones ofrecen la mejor oportunidad para utilizar técnicas de mitigación eficaces.
- Las estrategias de gestión adoptadas después de un derrame deben basarse en métodos y datos científicos para garantizar la inocuidad y calidad del pescado y marisco, con el propósito de mantener la confianza en el sector pesquero.
- En el contexto de la contaminación por hidrocarburos, si el pescado y marisco están libres de maculado, en general se considera que son aptos para el consumo porque los niveles de contaminantes que permiten a los humanos detectar hidrocarburos son muy bajos.
- Planes de contingencia eficaces que tengan en cuenta vedas y reanudaciones de la actividad pesquera, así como medidas de respuesta a derrames, pueden evitar o reducir el impacto de los derrames de hidrocarburos sobre el sector de la pesca y acuicultura.

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

- 1 Observación aérea de derrames de hidrocarburos en el mar
- 2 Destino de los derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 3 Uso de barreras en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos
- 4 Uso de dispersantes para el tratamiento de derrames de hidrocarburos
- 5 Uso de skimmers en la respuesta a la contaminación por hidrocarburos
- 6 Reconocimiento de hidrocarburos en costas
- 7 Limpieza de costas contaminadas por hidrocarburos
- 8 Uso de materiales adsorbentes en la respuesta a derrames de hidrocarburos
- 9 Eliminación de hidrocarburos y desechos
- 10 Liderazgo, control y gestión de derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 11 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el sector de la pesca y acuicultura
- 12 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en las actividades sociales y económicas
- 13 Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el medio marino
- 14 Muestreo y monitorización de derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 15 Preparación y presentación de reclamaciones de contaminación por hidrocarburos
- 16 Planificación de contingencias para derrames de hidrocarburos en el medio marino
- 17 Respuesta a siniestros relacionados con productos químicos en el medio marino

ITOPF es una organización sin ánimo de lucro constituida en nombre de los armadores de todo el mundo y sus aseguradoras para fomentar la respuesta eficaz a los derrames marinos de hidrocarburos, productos químicos y otras sustancias peligrosas. Los servicios técnicos incluyen respuesta a emergencias, asesoramiento en materia de técnicas de limpieza, evaluación de daños, análisis de reclamaciones, asistencia en la planificación de la respuesta a derrames y la prestación de servicios de capacitación. ITOPF es una fuente de información integral sobre contaminación marina por hidrocarburos y este documento pertenece a una serie basada en la experiencia del personal técnico de ITOPF. La información que se incluye en este documento puede reproducirse con la autorización expresa previa de ITOPF. Para obtener información adicional póngase en contacto con:



THE INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Tel: +44 (0)20 7566 6999

Fax: +44 (0)20 7566 6950

24hr: +44 (0)7623 984 606

E-mail: central@itopf.com

Web: www.itopf.com