

1. ¿QUÉ ES UNA MAREA NEGRA?

Se denomina marea negra a la masa oleosa que se crea cuando se produce un derrame de hidrocarburos en el medio marino.

Se trata de una de las formas de contaminación más graves, pues no sólo invade el hábitat de numerosas especies marinas, sino que en su dispersión alcanza igualmente costas y playas destruyendo la vida a su paso, o alterándola gravemente, a la vez que se generan grandes costes e inversiones en la limpieza, depuración y regeneración de las zonas afectadas.

El hidrocarburo se extiende inmediatamente resultando un vertido no homogéneo consistente en manchas espesas y grumos entremezclados con finas capas oleosas.

Se va extendiendo en una superficie cada vez mayor hasta llegar a formar una capa muy extensa.

Se ha comprobado que 1m^3 de petróleo puede llegar a formar, en hora y media, una mancha de 100 m de diámetro y 0,1 mm de espesor.

2. LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DERIVA DE UN HIDROCARBURO.

Está determinado por varios factores medioambientales: velocidad y rumbo de la corriente, velocidad y dirección del viento, y sistema de olas.

La corriente transporta el vertido con el agua. En ausencia de viento, el hidrocarburo se moverá, normalmente, con la misma velocidad y en la misma dirección de la corriente.

El movimiento del hidrocarburo también es afectado por el viento, a una velocidad estimada en un pequeño tanto por ciento de la velocidad de éste.

Las olas no ejercen una influencia muy grande sobre un vertido ya que no inducen un movimiento considerable sobre el hidrocarburo derramado, sin embargo su efecto sí es importante en relación con la dispersión y el proceso de envejecimiento.

3. COMPORTAMIENTO EN PLAYAS Y COSTAS.

Cuando el hidrocarburo alcanza las playas y costas, con frecuencia es llevado hacia afloramientos y riscos por las olas. Este hidrocarburo por lo general es

rápidamente limpiado por la acción de las olas, pero es más persistente en aguas protegidas.

En los cantos, guijarros y cascajos, la penetración del hidrocarburo aumenta con el incremento de las rocas.

En áreas con oleaje fuerte, las piedras de la superficie se limpian rápidamente por abrasión, mientras que el hidrocarburo enterrado puede persistir por algún tiempo. Por su parte, los hidrocarburos de baja viscosidad pueden terminar siendo lavados de la playa.

El tamaño de las partículas, la profundidad del nivel freático y las características de drenaje determinarán la penetración del hidrocarburo en las arenas de las playas. Las playas de arena gruesa tienden a formar un banco de arena más empinado y se secan durante la marea baja, permitiendo que ocurra cierto grado de penetración, particularmente con hidrocarburos de baja viscosidad.

Los diversos ecosistemas reciben petróleo e hidrocarburos, en cantidades diversas, de forma natural, desde hace millones de años. Por esto es lógico que se encuentren muchos microorganismos capaces de metabolizar el petróleo y que sea frecuente el que muchos seres vivos sean capaces de eliminar el absorbido a través de la cadena alimenticia.

Las aves y los mamíferos se ven afectados por la impregnación de sus plumas y piel por el crudo, lo que supone su muerte en muchas ocasiones porque altera su capacidad de aislamiento o de impregnación.

Los daños no sólo dependen de la cantidad vertida, sino también del lugar, momento del año, tipo de petróleo, etc.

La mayoría de las poblaciones de organismos marinos se recuperan de exposiciones a grandes cantidades de petróleo crudo en unos tres años, aunque si el petróleo es refinado o la contaminación se ha producido en un mar frío, los efectos pueden durar el doble o el triple.

En los pantanos existe poca penetración del hidrocarburo en el sustrato debido a que el sedimento está empapado de agua, pero el hidrocarburo puede permanecer sobre la superficie por largos periodos. Las cuevas de animales y canales de raíces de plantas también pueden facilitar la penetración del hidrocarburo.

4. PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO.

El vertido se verá afectado por un número de procesos de envejecimiento.

Al incrementar el área del vertido aumenta también la tasa de evaporación, pero la velocidad y extensión de la evaporación varían considerablemente dependiendo de la composición del hidrocarburo. Los de poca densidad se evaporan con gran rapidez mientras que los hidrocarburos pesados se disipan más lentamente.

La evaporación se ve también afectada por la velocidad del viento y la temperatura. El petróleo evaporado es descompuesto por fotooxidación en la atmósfera. El proceso de dispersión vertical y redispersión es importante para la disolución del hidrocarburo en el agua del mar.

Cuando el hidrocarburo se adhiere a otros cuerpos, o forma partículas con densidad superior a la del agua, puede hundirse hasta el fondo en un proceso llamado sedimentación.

5. SISTEMAS Y TÉCNICAS DE LIMPIEZA DE LOS VERTIDOS DE HIDROCARBUROS.

Mientras que la mayoría de plantas y animales marinos pueden sobrevivir al efecto de una sola contaminación, cualesquiera de los métodos de limpieza empleados destruirán la mayor parte de la vida marina.

El dispersante simplemente actúa desprendiendo el hidrocarburo de la superficie y no provoca dispersión; en estos casos es inevitable un efecto secundario contaminante.

5.1. Contención y recogida.

El primer y más adecuado método de contención de un vertido, es limitarlo al área del buque siniestrado mediante barreras diseñadas al efecto y se recupera con raseras o espumaderas que son sistemas que succionan y separan el petróleo del agua por:

- Centrifugación.
- Bombeo por aspiración.
- Adherencia a tambor o disco giratorios.
- Fibras absorbentes.

Estas técnicas no causan daños y son muy usadas, pero su eficacia sólo llega a un 10-15%.

En el litoral una vez que el hidrocarburo ha sido recogido, el que permanece sobre las rocas, piedras grandes y estructuras construidas por el hombre, suele dejarse que curta por la intemperie ya que se formará rápidamente una película dura, minimizando el esparcimiento de la contaminación.

Donde las costas rocosas forman parte de lugares de recreo, es preciso utilizar agua a alta presión. Se utiliza tanto agua fría como caliente.

Para desprender hidrocarburos viscosos son necesarias altas temperaturas, e incluso vapor. Por lo general el agua se calienta hasta 60° C y es rociada a 10-20 l/min con un aspersor manual que opera entre 80 y 140 bar. El hidrocarburo desprendido en esta forma debe ser recogido, o de lo contrario puede contaminar superficies previamente limpias o no contaminadas.

En los ambientes tropicales y sub-tropicales las áreas pequeñas pueden limpiarse con chorros de arena a presión.

El hidrocarburo que alcanza costas o playas que contienen cantos, guijarros y cascajos, es el más difícil de limpiar porque la mayor parte del hidrocarburo habrá penetrado hacia lo más profundo del sustrato, a través de los espacios entre las piedras.

Para este tipo de suelo se utiliza agua a alta presión. Los hidrocarburos de baja viscosidad se lavan de entre las piedras, en donde el uso de dispersantes puede aumentar la eficacia del lavado. Este método suele hacer más mal que bien porque entierra el hidrocarburo más profundamente en la arena y mata todo ser vivo de la playa.

La remoción de piedras sólo es considerada si existe la certeza de que no causará una erosión grave de la playa y que será posible eliminar el material.

Una técnica que es utilizada en localidades sujetas a temporales invernales fuertes, es la de cubrir el área manchada con piedras de una zona más alta de la playa, para proporcionar así una superficie limpia durante el verano. Ocurrirá cierto curtido durante el verano debido a las temperaturas veraniegas y entonces durante el reordenamiento natural de la playa que ocurre en el invierno, el hidrocarburo se descompondrá y dispersará.

Este método sólo puede ser considerado donde la playa tenga una contaminación moderada y no es apropiado para playas compuestas por material más fino.

Un método de limpiar la película grasa que persiste después de su limpieza es el de empujar la capa superior de estas hacia el mar, donde la acción abrasiva de las olas las limpiará rápidamente.

6. LAS LABORES DE LIMPIEZA EN PLAYAS Y CON VALORES RECREACIONALES.

Se puede recuperar hidrocarburos a partir del material de playa contaminado. Esto por lo general requiere el lavado del material de playa manchado con agua, a veces junto con un solvente adecuado tal como diesel para liberar el hidrocarburo. Se suele emplear el lavado con agua utilizando mangueras a baja presión en un foso temporal de almacenamiento, para aflojar y desprender el hidrocarburo de los desechos contaminados. La mezcla de agua-hidrocarburo resultante puede entonces ser bombeada y separada por gravedad.

Las labores más inmediatas se enfocan generalmente a la contención del hidrocarburo mediante barreras en el lugar del siniestro, siempre que las condiciones atmosféricas del accidente lo permitan, evitándose así que el crudo alcance las citadas playas, acantilados y zonas de especial interés.

Generalmente, la limpieza de playas arenosas es necesario realizarla con palas mecánicas y con cuadrillas de personas, ya que el acceso de vehículo haría que las piedras se mezclen y se hunda aún más el hidrocarburo.

La arena gruesa es liberada del hidrocarburo pasando grandes volúmenes de agua a través de secciones de la playa. Se pasa agua de mar a través de una bomba de alta capacidad y se distribuye a través de una serie de mangueras a baja presión. Al dirigir el agua hacia un área pequeña de la playa, el hidrocarburo flotará y podrá ser lavado hacia la orilla del agua para ser recogido. El método es lento y está limitado al tratamiento de pequeñas áreas.

El material que queda tiene forma de pequeños nódulos de arena contaminada de hasta 50 mm. en diámetro. Estos junto con los grumos de alquitrán empujados hasta la línea de agua superior pueden ser recogidos utilizando máquinas para limpiar playas, que rozan la superficie de la playa y pasan la arena a través de una serie de tamices que vibran o rotan.

Los grumos manchados son retenidos dentro del vehículo mientras que la arena limpia cae de nuevo a la playa.

7. LOS EFECTOS Y LABORES DE LIMPIEZA EN AVES PETROLEADAS.

El efecto inmediato de la exposición de petróleo en aves es la ruptura de la estructura de sus plumas. Esto reduce su habilidad de vuelo y su capacidad de impermeabilización al agua, lo que puede ocasionar hipotermia y deshidratación, limitar su habilidad para alimentarse y escapar de los predadores.

La contaminación y la ruptura del plumaje también reducen las propiedades aislantes y termorreguladores de sus plumas, aumentando la vulnerabilidad de pájaro a las temperaturas extremas. Además, el contacto directo de un pájaro con componentes del petróleo, puede producir quemaduras y absorción de elementos químicos tóxicos a través de su piel.

Los principales efectos internos como resultado de la ingestión de petróleo son, aspiración pulmonar o absorción de componentes tóxicos.

Estas alteraciones incluyen daños al riñón, alteración de las funciones hepáticas, pulmonías por aspiración e irritación del intestino.

Las aves ingieren el petróleo al intentar limpiar su plumaje manchado. Como resultado se produce una irritación intestinal que aumenta la deshidratación y los desequilibrios metabólicos. También se produce anemia debido a la oxidación de la hemoglobina que produce el crudo ingerido.

La exposición al crudo, no incapacita inmediatamente a los animales, por lo que la mayoría permanecen activos y vigorosos durante uno o dos días, lo que dificulta su captura.

La manipulación de las aves ha de ser la estrictamente necesaria, el stress provocado puede ser tan negativo con el crudo y provocarles la muerte.

8. TRATAMIENTO DE LAS EMULSIONES.

Las emulsiones inestables por lo general pueden ser separadas por calentamiento hasta unos 80° C permitiendo que el hidrocarburo y el agua se separen por gravedad.

No existe ningún compuesto químico adecuado para todos los tipos de emulsión y puede ser necesario realizar pruebas en el sitio para determinar cual es el agente más efectivo y la dosis óptima. El compuesto químico para descomponer emulsiones se inyecta en el lado de entrada de una bomba o a un mezclador estático en línea acoplado a una toma de succión.

9. ACTIVIDADES EN COSTAS PANTANOSAS.

En las costas pantanosas, es preferible dejar que el hidrocarburo se degrade naturalmente, en especial en los lugares donde haya contaminado la vegetación.

A menudo se demuestra que las actividades de limpieza de la contaminación, han resultado de un daño mayor que el ocasionado por el hidrocarburo mismo, debido al daño físico y la erosión del sustrato.

La vegetación de los pantanos normalmente sobrevive a una sola contaminación, y en varios casos se ha observado que crecen nuevas plantas a través de una cubierta de hidrocarburo.

Donde la remoción del hidrocarburo sea esencial para evitar que se traslade a otro lugar se pueden utilizar chorros de agua a baja presión para escurrirlo hacia aguas abiertas donde pueda ser contenido dentro de una barrera para su posterior recolección.

10. DISPERSANTES.

Son sustancias químicas similares a los detergentes, que rompen el petróleo en pequeñas gotitas (emulsión) con lo que se diluyen los efectos dañinos del vertido y se facilita la actuación de las bacterias que digieren los hidrocarburos.

Es muy importante elegir bien la sustancia porque se descubrió que eran más tóxicas y causaban más daños que el propio petróleo.

11. INCINERACIÓN.

Quemar el petróleo derramado suele ser una forma eficaz de hacerlo desaparecer. En circunstancias óptimas se puede eliminar el 95% del vertido.

El principal problema es la gran cantidad de humo negro que produce que aunque no contiene gases más tóxicos que los normales, es muy espeso por su alto contenido de partículas.

12. BIODEGRADACIÓN.

En la naturaleza existen microorganismos (bacterias y hongos, principalmente) que se alimentan de los hidrocarburos y los transforman en otras sustancias químicas no contaminantes.

Este proceso natural se puede acelerar aportando nutrientes y oxígeno que facilitan la manipulación de las bacterias.

13. NO HACER NADA.

En los vertidos en medio del océano, o en aquellos en que la limpieza sea difícil y poco eficaz, lo mejor es dejar que la acción de las olas, la fotooxidación y otras acciones naturales, acaben solucionando el problema.

14. TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HIDROCARBUROS.

Una alternativa de eliminación comúnmente adoptada cuando la recuperación del hidrocarburo no es práctica, es el vaciado para relleno de tierras. Los sitios deben estar localizados lejos de estratos con fisuras o porosos para evitar el riesgo de la contaminación del agua subterránea.

Una alternativa inorgánica tal como la cal viva (óxido de calcio) puede ser utilizada para aglutinar arena manchada cuando no contenga grandes trozos de desperdicios. Se forma así un producto inerte evitando que el hidrocarburo filtre. Este material puede entonces ser eliminado bajo condiciones menos estrictas que la arena contaminada no estabilizada, y también puede ser utilizado para relleno de tierras y construcción de caminos, donde no se requieran de propiedades muy altas de soporte.

Se pueden utilizar otros materiales tales como el cemento y ceniza de combustible pulverizada de instalaciones de carbón. También existen una serie de productos comerciales que se basan en la misma materia prima, pero que han sido tratados para mejorar su eficiencia. Una ventaja de la cal viva sobre otros materiales es que el calor generado por su reacción con el agua en los desechos reduce la viscosidad del hidrocarburo, lo cual facilita su absorción además de ser probablemente fácil de adquirir en las proximidades de las zonas afectadas, como las fábricas de cementos.

La cantidad óptima de agente aglutinante requerida depende principalmente del contenido de agua del desecho; para la cal viva la cantidad requerida está entre 5% y 20% por peso del total del material a ser tratado.

Si el hidrocarburo es incinerado, cuando se realiza en terreno abierto tiende a esparcirse y ser absorbido por la tierra. Además, puede quedar un residuo de alquitrán ya que pocas veces se obtiene una combustión completa. Es una técnica útil en áreas remotas donde el humo no será una molestia.

El hidrocarburo y los desperdicios manchados pueden a veces ser descompuestos utilizando procesos biológicos. La biodegradación del hidrocarburo por

microorganismos sólo puede ocurrir en la interfaz hidrocarburo-agua, de manera que en tierra el hidrocarburo debe ser mezclado con un sustrato húmedo. La tasa de biodegradación depende de la temperatura y la disponibilidad de oxígeno y nutrientes apropiados que contengan nitrógeno y fósforo.

Existe una serie de productos que contienen bacterias y otros microorganismos degradadores de hidrocarburo. Los intentos de utilizar estos productos en derrames reales no han dado resultados muy exitosos, debido principalmente a que las concentraciones de hidrocarburo son demasiado altas, la falta de una interfaz hidrocarburo-agua y la dificultad para mantener los niveles requeridos de nutrientes en una costa intermareal.

Un enfoque más efectivo es el de distribuir el hidrocarburo y los desperdicios sobre tierras destinadas para este propósito; técnica a la que se llama frecuentemente “compostaje”. Si se emplean técnicas de compostaje, se recomienda el uso de sorbentes naturales tales como la paja, turba o corteza, en vez de materiales sintéticos, ya que estos se degradan más rápidamente. Estas técnicas son especialmente útiles para acelerar la degradación de pequeñas cantidades de desperdicios, particularmente si se utilizan los citados sorbentes naturales.

15. EFECTOS DE LOS HIDROCARBUROS EN LA SALUD HUMANA.

También conocido como crudo, el petróleo, contiene miles de compuestos químicos que varían dependiendo de la procedencia del mismo. La mayoría de sus compuestos, son hidrocarburos que ocupan entre el 50% y 80% de su composición, bastantes metales pesados, sirvan como ejemplo el Níquel (Ni), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Sulfuro (S₂), Nitrógeno (N₂) y Oxígeno (O₂).

Algunos de los hidrocarburos presentes en el crudo tiene una conocida toxicidad para el ser humano pero, de la mayoría de ellos se desconoce el grado de peligrosidad.

15.1. Ingesta.

La ingestión de hidrocarburos puede afectar a 3 sistemas orgánicos fundamentales: pulmón, aparato gastrointestinal y sistema nervioso.

- Pulmón: los síntomas respiratorios son: tos, ahogo, sibilancias y ronqueras.
- Aparato digestivo: generalmente se inician inmediatamente después de la ingesta de hidrocarburos. Son irritantes de boca, faringe e intestino. Muchos

presentan náuseas, malestar intestinal, distensión abdominal, eructos y flatulencia.

- Sistema nervioso: es inusual la aparición de síntomas como letárgica, aturdimiento estupor y coma.

15.2. Aspiración.

La toxicidad pulmonar aparece fundamentalmente por aspiración. Es el resultado de la inhibición de la actividad surfactante y de la lesión directa de los capilares y el tejido pulmonar. El mayor riesgo de aspiración corresponde a un producto de baja viscosidad, baja tensión superficial y gran volatilidad.

15.3. Contacto.

Dermatitis de contacto: produce irritación de la piel y picores. Irritación de los ojos por contacto con gotas de crudo. Algunos componentes pueden ser absorbidos a través de la córnea.

15.4. Descripción toxicológica de algunos componentes de los hidrocarburos.

- Benceno.

Puede entrar en el cuerpo vía respiratoria gastrointestinal o a través de la piel. Causa irritación en la piel, ojos y parte superior del tracto respiratorio. Mayores exposiciones pueden producir depresión, dolores de cabeza, vértigo y náuseas. Es considerado cancerígeno para el ser humano. En mujeres embarazadas el benceno se acumula en el suministro sanguíneo del feto.

- Tolueno.

Es rápidamente absorbido a través del tracto respiratorio y, se cree que su absorción por la piel es mínima. Sus principales efectos son sobre el sistema nervioso. Estos pueden ir desde fatiga, dolores de cabeza, irritación de garganta y ojos, confusión mental hasta debilitamiento muscular o insomnio.

- Xileno:

Produce irritación de garganta, nariz, ojos y tracto respiratorio a exposiciones de 110-460 ppm. En altas dosis puede provocar pneumonitis y deterioro renal y hepático.

- PAH (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos):

Pueden provocar cáncer de piel y pulmón y, dado su gran potencial cancerígeno, no existen límites de seguridad recomendados.

15.5. Medidas de seguridad durante las labores de recuperación.

Las vías respiratorias han de protegerse con una mascarilla para evitar tanto los vapores orgánicos como la posible existencia del polvillo.

Los ojos, con gafas que eviten un contacto accidental con el hidrocarburo.

Las manos, con guantes que eviten el contacto con los residuos pero que nos permitan la movilidad y sensibilidad necesaria para el desarrollo de la tarea.

Los pies, con botas impermeables.

El resto del cuerpo, con monos impermeables.

16. EFECTOS DEL VERTIDO DE CRUDO EN LA NATURALEZA Y ECONOMÍA.

- Alteración física y química de los hábitats naturales.
- Reduce la actividad fotosintética de muchas plantas, dificulta también su función reproductora y la fijación.
- Efectos físicos en la flora y fauna, que pueden llegar a ser letales.
- Cambios de mayor o menor importancia, según el vertido, en las comunidades faunísticas y florísticas y organismos del área afectada.
- Cambios en los hábitos de poblaciones migratorias (aves o peces).
- Contaminación en especies de la cadena alimenticia humana, peces, moluscos...
- Pérdida de zonas pesqueras o marisqueras.
- La transparencia que queda al limpiar las áreas marinas contaminadas se debe a la inexistencia de fauna y fitoplancton.
- Pérdida de parajes con valor natural, recreativo o vacacional.
- Mala imagen para los sectores dependientes de la costa y del mar.
- Suspensión temporal de las actividades industriales o de ocio que en sus procesos requieran agua de mar limpia .
- Problemas para la navegación, afectando a sistemas de refrigeración de los motores.

17. CONSECUENCIAS DEL PETRÓLEO EN EL MEDIO AMBIENTE.

Los efectos que produce el petróleo en el Medio Ambiente, es realmente alarmante, a continuación dividimos en tres grandes grupos, los principales efectos perjudiciales del petróleo sobre el Medio Ambiente, más tarde agrupamos en uno, una batería de efectos que también son importantes.

17.1. Efectos fóticos.

- La disminución de luz en el mar a causa de las mareas negras imposibilita el área donde es posible la fotosíntesis, esto reduce drásticamente el desarrollo de plantas verdes y por lo tanto la vida de los peces, puesto que no tiene de donde comer.
- En los primeros 10 metros de mar se da 80% de la actividad fotosintética y absorción de energía solar, el 20% restantes se da en el fondo marítimo y se desarrolla las comunidades fotosintéticas.
- La pérdida de extensión en la distribución de algas limita el cupo de cobijo para las especies.
- El fitoplancton es alimento del zooplancton y por tanto, como falta fitoplancton, el zooplancton muere, lo que conlleva a la interrupción de la cadena de desarrollo de un gran número de especies.

17.2. Efectos tóxicos.

- Las aves sufren directamente en sus cuerpos en sus alas, el derrame de petróleo, como es normal, las aves van al mar a por comida, y cuando se encuentran con petróleo, sus alas quedan impregnadas y pierden toda la capacidad de vuelo, por lo que finalmente acaban muertas.
- Una vez desaparecido el petróleo del mar, queda una imagen falsa, de limpieza, ello se debe a la muerte del fitoplancton, lo que ocurre es que el agua se “enturbia”.
- Los mamíferos sufren el taponamiento de sus vías respiratorias por el efecto de los contaminantes químicos. Ingeriendo a su vez una gran cantidad de hidrocarburos por la alimentación a través de animales muertos.
- Los quimiorreceptores de muchas especies, hacen detectar rápidamente el petróleo, por lo que no se acercan a las zona dañada y migran, con lo que muchas especies desaparecen del ecosistema.

- El petróleo mata a las especies marítimas del fondo y sus plantas una vez depositado en él.
- Las algas del fondo y las orillas quedan cubiertas por una película aceitosa que dificulta la fotosíntesis y la reproducción.
- Las especies que mejor aguantan las catástrofes, son las que ocupan nichos ecológicos de las desapariciones provocando la pérdida de la biodiversidad y dificultando la reproducción del ecosistema.

Las especies filtradoras ingieren gran cantidad de tóxicos y mueren o se convierten en no aptas para consumo humano.

17.3. Otros efectos.

- El ruido provocado por las jornadas de recuperación del estuario una vez ocurrida la catástrofe en los mares provoca la desaparición de las especies mas sensibles a las perturbaciones sonoras.
- Parte del petróleo que termina en los mares se evapora y pasa a convertirse en partículas que se introducen en el cuerpo de los organismo a través de vías respiratorias.

Hidrocarburos Aromáticos son fototóxicos por lo que ciertos compuestos derivados del petróleo pueden convertirse en compuesto mucho más tóxicos tras la foto-oxidación.