

## **Derrame de Petróleo. Catástrofe ecológica. Efecto sobre los seres vivos y el ecosistema.**



El hombre ha provocado desastres sobre los ecosistemas matando gran cantidad de especies de todo tipo. Entre los más graves desastres que atentan contra la biodiversidad se encuentran los derrames de petróleo en los mares y océanos. La contaminación por petróleo crudo o por petróleo refinado (diesel, gasolina, kerosén y otros productos obtenidos por destilación fraccionada y procesamiento químico del petróleo crudo) es generada accidental o deliberadamente desde diferentes fuentes. La contaminación por petróleo proviene de los accidentes de los buques tanques y de las fugas en los equipos de perforación marina. Otra fuente de contaminación proviene de tierra firme, del que es arrojado al suelo en las ciudades y en zonas industriales, que luego son arrastrados por las corrientes fluviales hasta terminar en los océanos.

Millones de toneladas al año son transportadas a través de los mares. Desgraciadamente, siempre ocurren accidentes en alta mar y pérdidas de petróleo en las operaciones de carga y descarga en los puertos. Además, debido a malas prácticas habituales, los tanques cisterna utilizan como lastre agua de mar y la regresan contaminada con petróleo. Otros buque-tanques bombean el petróleo de desecho al mar en forma de desperdicio. Otra forma de contaminación por petróleo del mar proviene de la perforación de pozos de gas y petróleo en las aguas costeras y de las fugas de las tuberías subacuáticas. En los años noventa se estimaba que alrededor del 0,1 al 0,2% de la producción mundial de petróleo terminaba vertido al mar, algo así como 3 millones de toneladas, las que acaban contaminando las aguas cada año (Echarri, 1998).

Muchos de estos derrames se producen en el mar cercano a la costa, que es el lugar donde naturalmente habitan un sinnúmero de especies acuáticas y sub-acuáticas de todo tipo, entre las que se cuentan las aves marinas. Uno de los más desastrosos derrames fue el ocurrido en las costas de Vancouver, Canadá, donde el buque **Nestucca** chocó y derramó 800.000 litros

de crudo y mató cerca de 40.000 aves marinas. Otro desastre grave fue el producido en diciembre de 1988 en las costas de Alaska por el buque tanque petrolero Exxon Valdez, el cual derramó más de 40.000 litros de petróleo y mató más de 30.000 aves marinas (Hampton et al., 2003).

La mayoría de los ecosistemas marinos expuestos a grandes cantidades de petróleo crudo requieren unos 3 años para su recuperación. Sin embargo, los ecosistemas marinos contaminados por petróleo refinado, en especial en los estuarios, requieren de 10 años o más para su recuperación. El derrame de petróleo causado por la embarcación Barge Florida en Cabo Cod, en 1969, mostró trazas de petróleo en los sedimentos marinos y en tejidos de algunos animales marinos, 20 años después de ocurrido el accidente. El petróleo derramado en el mar es degradado en un proceso muy lento por bacterias, que puede llevar años incluso.

La forma en que el petróleo derramado afecta a la fauna es variada y compleja. Los datos acumulados a lo largo de varios derrames de petróleos han mostrado que en el mejor de los casos sólo un cuarto de las aves contaminadas llegan a tierra muertas o vivas. El resto desaparece en el mar o se hunden porque no pueden volar (Smail et al., 1972). Los estudios, también, indican que las especies que pasan la noche en el mar son las más afectadas. Lo cierto es que sea cual sea la forma en que se produce la contaminación, a la larga se ve afectado todo el ecosistema, e incluso se afirma puede llegar al hombre a través de la cadena alimenticia (Echarri, 1998). La cadena alimentaria (vegetales – animales herbívoros – animales carnívoros – hombre) es afectada en algún grado: el hombre recibe una dosis de contaminación importante, aunque los organismos consumidos no presenten evidencia de contaminación, ya que la misma es de baja concentración y de efectos de largo plazo. El problema para el hombre no se detiene aquí, puesto que los hidrocarburos se ligan a lípidos, los cuales se movilizan en el cuerpo, ligándose a su vez, a las proteínas, las cuales pueden llegar a afectar a los ácidos nucleicos (ADN y ADR), con un posible deterioro del código genético y memoria de la especie. Si consideramos a los organismos marinos bajo este punto de vista, se destruirá la fuente del mayor recurso alimenticio existente y el mayor potencial de recursos bioquímicos que proporcionan los organismos vivientes cerca de las plataformas continentales; destrucción de los vegetales autótrofos (algas) y desequilibrio del regulador de los procesos biológicos que representa el mar para el planeta.

### **¿Cuál es la composición del petróleo?**

El petróleo es un líquido espeso, inflamable, de color amarillo a negro, que contiene una mezcla de productos químicos, la mayoría de los cuales son hidrocarburos (compuestos orgánicos constituidos, solamente, por hidrógeno y carbón). Puesto que el petróleo es un material natural, puede ser diluido o descompuesto por bacterias y otros agentes naturales.

El petróleo crudo varía mucho en su composición, lo cual depende del tipo de yacimiento de origen, pero en promedio se considera que contiene entre 83 y 86% de carbono y entre 11 y 13% de hidrógeno. Mientras mayor sea el contenido de carbón en relación al del hidrógeno, mayor es la cantidad de productos pesados que tiene el crudo. Esto depende de la antigüedad y de algunas características de los yacimientos. Mientras más viejos son, tienen más hidrocarburos gaseosos y sólidos y menos líquidos entran en su composición.

Los componentes más tóxicos o más venenosos del petróleo son los compuestos volátiles (esos compuestos que se evaporan a bajas temperaturas) y los compuestos solubles en agua (capaces de disolverse en agua). Sin embargo, los productos refinados del petróleo (gasolina, kerosén, asfalto, aceite combustible, y otros productos petroquímicos) no son naturales. Debido a esto, existen pocos agentes naturales, como bacterias, capaces de descomponerlos.

### **¿Qué sucede cuando se produce un derrame de petróleo?**

Cuando se vierte petróleo en el mar, la mancha de aceite se extiende en una superficie cada vez mayor hasta llegar a formar una capa muy extensa, de un espesor muy delgado. Se estima que en el transcurso de 1½ horas, 1 m<sup>3</sup> de petróleo puede llegar a formar una mancha de 100 m de diámetro y 0,1 mm de espesor. Una gran parte del petróleo (sobre el 60%) se evapora. El petróleo evaporado es descompuesto por foto-oxidación en la atmósfera. Del crudo que queda en el agua, una parte sufre foto-oxidación, otra parte se disuelve en el agua (esto es lo más peligroso), y lo que queda forma una gelatina de agua y aceite que se convierte en bolas de alquitrán densas, semisólidas, con aspecto asfáltico.

Los efectos del petróleo sobre los ecosistemas marinos dependen de varios factores, entre los que se cuentan: tipo de petróleo (crudo o refinado), cantidad, distancia del sitio contaminado con la playa, época del año, condiciones atmosféricas, temperatura media del agua y corrientes oceánicas.

### **¿Cuáles son los efectos del derrame de petróleo sobre la flora y fauna?**

El petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos, crudo o refinado, daña los ecosistemas marinos produciendo uno o varios de los efectos que se mencionan a continuación:

- Muerte de los organismos por asfixia.
- Muerte de los organismos por envenenamiento, sea por absorción, o por contacto.
- Muerte por exposición a los componentes tóxicos del petróleo, solubles en agua.
- Destrucción de los organismos jóvenes o recién nacidos.
- Disminución de la resistencia o aumento de infecciones en las especies, especialmente avifauna, por absorción de ciertas cantidades sub-letales de petróleo.
- Efectos negativos sobre la reproducción y propagación a la fauna y flora marina.
- Destrucción de las fuentes alimenticias de las especies superiores.
- Incorporación de carcinógenos en la cadena alimentaria.

El petróleo forma con el agua una capa impermeable que obstaculiza el paso de la luz solar que utiliza el fitoplancton para realizar el proceso de la fotosíntesis, interfiere el intercambio gaseoso, cubren la piel y las branquias de los animales acuáticos provocándoles la muerte por asfixia. Los hidrocarburos orgánicos volátiles matan inmediatamente a varios tipos de organismos acuáticos, especialmente en etapa larvaria. En las aguas calientes se evapora a la atmósfera la mayor parte de este tipo de hidrocarburos en uno o dos días, pero en las aguas frías este proceso puede tardar hasta una semana. Los componentes pesados del petróleo se hunden hasta el fondo del mar y pueden matar

organismos que habitan en las profundidades como los cangrejos, ostras, mejillones y almejas. Además los que quedan vivos no son adecuados para su consumo.

Otro tipo de sustancias químicas permanecen en el agua superficial y forman burbujas de alquitrán o musgo flotante. Este petróleo, también, cubre las plumas de las aves, especialmente de las que se zambullen, y la piel de mamíferos marinos como las focas y nutrias de mar. Esta capa de petróleo destruye el aislamiento térmico natural de los animales y también afecta su capacidad para flotar, por lo cual mueren de frío o porque se hunden y ahogan.

La formación de una película impermeable sobre el agua en las zonas de derrame afecta rápida y directamente a la flora y fauna ya que obstruye el intercambio gaseoso y desvía los rayos luminosos que aprovecha el fitoplancton para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis.

Las plantas de las orillas que crecen en las arenas o marismas pueden verse afectadas por los derrames, ya que el follaje se quema en contacto con el crudo, e incluso mueren como el pasto marino (*Phyllospadix*).

Las arenas de las playas se afectan físicamente, donde el petróleo allí depositado mata a un sinnúmero de especies de invertebrados y vertebrados que viven en la arena y que está afecta a las mareas. También el fondo del mar, donde se produjo el derrame, se ve afectado, pues el crudo, si bien inicialmente flota, después de algunas horas se hunde alcanzando la zona bentónica. Allí viven una serie de organismos de todo tipo que son asfixiados por esta capa de crudo que cae desde la superficie.

Algunos componentes químicos del petróleo pueden interferir con algunas sustancias químicas como las feromonas que los animales marinos secretan para llevar a cabo procesos vitales y de comunicación. Estos compuestos químicos les sirven para realizar diferentes procesos como escapar de los animales de presa, atracción sexual, selección de su hábitat y la alimentación.

La contaminación de las playas por petróleo causa serios problemas económicos a los habitantes de las costas porque pierden ingresos por la actividad pesquera y la turística. Las playas contaminadas por petróleo requieren de al menos un año para su recuperación, cuando tienen corrientes y olas fuertes, pero las playas que no tienen estas características tardan varios años en recuperarse. Los estuarios y marismas sufren el mayor daño y no pueden limpiarse eficazmente.

### **¿Cuáles son los efectos de los derrames de petróleo sobre las aves?**

Los derrames de petróleo se manifiestan más rápido y más dramáticamente en las aves que en ninguna otra especie, tanto así que la mayoría de los efectos es posible apreciarlos a simple vista. Los problemas que producen en las aves son externos e internos y son los siguientes:

- **Hipotermia:** un ave saludable tiene una temperatura corporal de 41°C, que mantiene constante gracias a la energía obtenida del alimento que consume regularmente. Las plumas de un ave están finamente ordenadas, de tal modo que el agua no puede penetrar, escurriendo a través de la superficie del plumaje, tal como sucede con el agua de lluvia que escurre sobre las tejas que conforman el tejado de una casa. En el caso de las aves, se producen efectos agudos debido a que el petróleo que se adhiere a sus plumas altera el balance termal. El petróleo adherido a las plumas del ave causa una reducción en las propiedades repelentes al agua del plumaje, haciendo que el agua penetre el plumaje y desplazando la capa aislante de aire, en cuyo caso el ave puede morir por hipotermia en un ambiente frío. Este efecto es especialmente activado cuando el ave se emperejila el plumaje, como lo hacen habitualmente para mantener limpias sus plumas, mecanismo que ayuda al petróleo a desparramarse por el plumaje y luego penetrar a través de él. El ave contaminada al entrar en contacto con el agua fría, no puede compensar la pérdida de calor y muere de frío. Esto es especialmente cierto en especies de aves marinas que se alimentan en el agua, especialmente aquellas que practican clavados en el agua, las cuales son mucho más susceptibles a los efectos dañinos de la contaminación con petróleo, comparadas con las especies semi-acuáticas que pueden alimentarse en tierra.
- **Efectos subletales:** se producen cuando el ave se limpia su plumaje contaminado con hidrocarburos, ingiriendo petróleo que posteriormente llega al hígado, páncreas, riñones y glándulas adrenales, en cuyo caso el ave puede morir envenenada (Rocke, 2001). Adicionalmente, irritaciones y lesiones gastrointestinales, pérdida de fluidos y electrolitos, irritación respiratoria y congestión pulmonar, dificultades en los procesos osmoregulatorios, hipertrofia de glándula adrenal, glándula nasal y tejido hepático, disminución en la eficiencia del transporte intestinal, inducción de oxidasa de función mixta, stress y shock (Balseiro et al., 2005). También pueden experimentar un incremento en parásitos, supresión del sistema endocrino, con la disminución de hormonas pituitarias, esteroides gonadales y esteroides adrenocorticales, y anemia hemolítica en gaviotas, frailecillos y patos marinos (Leighton et al., 1983; Jessup & Leighton, 1996; Yamato et al., 1996). La contaminación con petróleo también produce efectos sobre la reproducción de las aves. Algunas especies pueden experimentar la ruptura de la monogamia en el largo plazo, efectos sobre los reproductores, reducción de la tasa de producción de huevos y eclosión, adelgazamiento de la cáscara de los huevos, y interrupción de la reproducción por alteraciones hormonales. En las crías también pueden visualizarse efectos negativos como malformaciones, mortalidad embrionaria por bloqueo de la capacidad respiratoria y retardo en el crecimiento de los pichones (Hiroshi & Nariño, 1999).
- **Ceguera:** el petróleo también puede cegar al ave, impidiendo que ésta se oriente y luego muera de hambre o por no poder defenderse de sus predadores.
- **Dificultad para volar:** finalmente, el petróleo que se adhiere al plumaje torna al ave muy pesada para volar quedando a la deriva en el mar y a merced de los predadores y sin poder alimentarse.



### ¿Qué medidas se toman para mitigar los derrames de petróleo?

**Contención y recogida:** es una técnica de las más usadas y consiste en rodear el petróleo vertido con barreras para luego recuperarlo mediante raseras o espumaderas que succionan y separan el petróleo del agua por alguno de los siguientes procesos:

- bombeo por aspiración.
- centrifugación (se aprovecha que el agua al ser más pesada que el crudo sea expulsada por el fondo del dispositivo que gira, mientras el petróleo es bombeado por la parte superior).
- adherencia a tambor o discos giratorios, que se introducen en la mancha para que el crudo quede adherido a ellos; luego el petróleo es desprendido por rascado y bombeado a la embarcación de recogida.
- fibras absorbentes (en el que se usan materiales plásticos oleofílicos que actúan como un trapo que absorbe petróleo; luego se exprime en la embarcación de recogida y vuelve a ser empleada para absorber más)

**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. En la actualidad existen dispersantes de baja toxicidad autorizados (Echarri, 1998).

**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 de este método es que produce grandes cantidades de humo negro y gases de efecto invernadero.

**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 multiplicación de las bacterias.

**Limpieza de las costas:** en ocasiones se usan chorros de agua caliente a presión para arrastrar el petróleo desde la línea de costa al agua. 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. Se usó extensamente en el accidente del Exxon Valdez debido a que la opinión pública exigía la limpieza y este método deja aparentemente la playa con un aspecto casi normal. Pero luego se comprobó que las zonas que se habían dejado para que se limpiaran de forma natural, al cabo de unos meses estaban en mejores condiciones que las que se habían sometido al tratamiento, demostrando que las medidas de corto plazo no deben imponerse a planteamientos ecológicos más importantes en el largo plazo.

**Dejar que la naturaleza actúe por sí sola:** en los vertidos en medio del océano, o en aquellos en que la limpieza es difícil y poco eficaz, lo mejor es dejar que la acción de las olas, la fotooxidación y otras acciones naturales, acaben solucionando el problema.

### **¿Cómo prevenir los derrames de petróleo?**

Sin duda que los derrames de petróleo causan grandes desastres ecológicos, sobre todo si se considera que afectan principalmente a la fauna por contaminación física directa y con efectos a largo plazo sobre la flora que interviene en la cadena alimenticia. Estos efectos son más perjudiciales cuando ocurren cerca de la costa y si se producen en aguas frías, donde el daño producido perdura más en el tiempo.

Después de los derrames de petróleo ocurridos en los años ochenta, se endurecieron las normas de control para el tráfico marítimo de petróleo. Se mejoraron los sistemas de rastreo de buques desde los puertos, se amplió el seguimiento de buques en alta mar, se exigieron certificados de responsabilidad financiera a las compañías encargadas del transporte, se introdujeron mejoras en el diseño de los cascos, se mejoraron los protocolos de carga y descarga, se aumentaron las inspecciones y se implementaron nuevos planes de contingencia, todo lo cual ha contribuido a una significativa declinación de los derrames de petróleo (Hampton et al., 2003).

Hoy día se ha avanzado en el diseño de los tanques petroleros que navegan los mares de todos los continentes, a tal punto de que disponen de doble pared para retener el petróleo en caso de accidente. Pero, la acción más efectiva contra los derrames y fugas de petróleo es la real toma de conciencia por parte del hombre en la protección de los mares y océanos, que contrario a lo que muchas personas creen son hábitats delicados y no son fuente inagotable de recursos.

### **Bibliografía**

- Echarri. L. 1998. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Editorial Teide, Madrid.

- Hampton, S., P. Kelly, Carter, H. 2003. Tank vessel operations, seabirds and chronic oil pollution in California. *Marine Ornithology* 31: 29-34.
- Smail, J., D. Ainley, H. Strong. 1972. Notes on birds killed in the 1971 San Francisco oil spill. *California Birds* 3:25-32.
- Rocke, T. E. 2001. Oil field manual of wildlife diseases: General field procedures and diseases of birds. National Wildlife Health Center, Madison, Wisconsin, Section 7 42: 309-315.
- Balseiro, A., A. Espí, I. Márquez, V. Pérez, M. Ferreras, J. García, J. Prieto. 2005. Pathological features in marine birds affected by the prestige's oil spill in the north of Spain. *Journal of Wildlife Diseases* 41 (2): 371–378.
- Leighton, F. A. 1986. Clinical, gross and histological findings in herring gulls and Atlantic puffins that ingested Prudhoe Bay crude oil. *Veterinary Pathology* 23: 254–263.
- Jessup, D. A., T. E. Leighton. 1996. Oil pollution and petroleum toxicity to wildlife. In *Noninfectious diseases of wildlife*, 2nd Edition, G. L. Hoff, A. Fairbrother, and L. Locke (eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 141–157.
- Yamato, O., I. Goto, Y. Maede. 1996. Hemolytic anemia in wild seaducks caused by marine oil pollution. *Journal of Wildlife Disease* 32: 381–384.
- Hiroshi, K., O. Nariko. 1999. Physical effects of oil pollution in birds. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology* 31 (1): 16-38.