
CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN AMBIENTES ACUÁTICOS

♦ R E S U M E N ♦

La contaminación por hidrocarburos es uno de los principales problemas medioambientales que deben enfrentar los ecosistemas de todo el mundo. Esta tiene efectos sobre la biodiversidad a largo y corto plazo. Chile al ser un país costero, el cual mueve su economía a través del mar, debe asegurar su protección y lo hace ratificando diversos acuerdos internacionales para la protección de los medios ambientes acuáticos. El cumplimiento de estos acuerdos es realizado por la Armada de Chile.

Palabras clave: Hidrocarburos, contaminación, protección medio ambiente.

HYDROCARBON POLLUTION IN AQUATIC ENVIRONMENTS

♦ A B S T R A C T ♦

Hydrocarbon pollution is one of the main environmental problems facing ecosystems globally. It has long-term and short-term effects on biodiversity. As a littoral country that depends on the seas to move its goods, Chile must ensure its protection by ratifying various international agreements to protect the aquatic environments. Chile's dependence on carrying its goods through the seas requires ensuring its safeguard and complying with ratifying several international agreements to protect aquatic environments. The Chilean Navy enforces these accords.

Keywords: Hydrocarbon, pollution, protect the aquatic environment.



SEBASTIÁN CORNEJO MESA

Teniente segundo

Licenciado en Ciencias Navales y Marítimas (APN)

(scornejomesa@gmail.com)

Viña del Mar, Chile.

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 define a la contaminación marina como "la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía en el medio marino incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento" («Convención de las Naciones Unidas Sobre el Derecho del Mar», 2023)

La contaminación de las aguas marinas es uno de los principales problemas ambientales que enfrentan los ecosistemas costeros en todo el mundo. Uno de los principales contaminantes de estos ecosistemas son los hidrocarburos derivados del petróleo. Los efectos tóxicos de los hidrocarburos son considerables para los ecosistemas marinos, y pueden prolongarse por largos periodos de tiempo. Por otro lado, este tipo de contaminación representa un peligro para la salud humana, además de dificultar las actividades socioeconómicas propias del mar como

la pesca, la navegación y el esparcimiento. (De los Ángeles Santana-Gómez et al., s. f.)

Como fue mencionado antes, los hidrocarburos derivados del petróleo tienen efectos sobre el ambiente acuático a corto y largo plazo. Estos causan daños a la fauna marina por asfixia y recubrimiento y por el contacto directo de los elementos tóxicos. Este trabajo tiene como finalidad analizar en primera instancia la importancia de las costas chilenas, en segunda instancia la composición de los hidrocarburos, luego los efectos que tienen los hidrocarburos sobre la flora y fauna para finalmente hablar de los convenios y tratados ratificados por Chile para mitigar las tragedias medio ambientales.

Importancia de las costas chilenas

Las costas en Chile tienen un papel crucial para la economía y la identidad del país, nuestras costas son extremadamente ricas en recursos naturales y biodiversidad, estas albergan diversos ecosistemas costeros con cientos de especies marinas, flora y fauna. Es gracias a esta biodiversidad que se pueden desarrollar diversas actividades económicas tales como la pesca, el turismo y la acuicultura.



Derrame de hidrocarburos en aguas marinas.
(Fuente: Pixabay).

La realidad en Chile nos da cuenta de que casi un millón de personas vive bajo la cota de 10 metros sobre el nivel del mar, un cuarto de su población está distribuida en 100 comunas costeras y dos insulares; donde 467 caletas de pescadores, oficialmente registradas, dan sustento a 92.000 trabajadores vinculados a la pesca artesanal. Se suma a lo anterior aproximadamente 3.400 pisciculturas y concesiones acuícolas que constituyen importantes fuentes de trabajo a las que se suman medio millón de personas que desarrollan actividades relacionadas, entre ellos: comerciantes, intermediarios y exportadores. Destacando que el 95% del intercambio comercial del país se desarrolla a través de los océanos. (Morales Gamboa et al., 2019).

La Marina Mercante Nacional es un pilar central en la mantención en la economía nacional y la vinculación que Chile tiene con el mundo. El transporte de distintos productos agrícolas, mineros y combustibles ha permitido a Chile crecer y posicionarse actualmente como una de las economías más fuertes del cono austral. Puertos como Valparaíso y San Antonio desempeñan un

papel crucial en la eficiente manipulación de la carga. El puerto de Valparaíso transfiere aproximadamente 10 millones de toneladas de carga al año, lo cual significa un 30% de todo el comercio exterior del país (Prensa, s. f.), el puerto de San Antonio por su parte mueve aproximadamente 15 millones de Toneladas de carga, las cuales son principalmente de productos de origen agrícola y metales para la minería. (Puerto San Antonio, s. f.)

Las costas chilenas tienen una extensión aproximada de 4.000 kilómetros y son fundamentales para impulsar el comercio, la biodiversidad y el sostenimiento energético nacional. Esta franja de litoral permite al país conectarse con el mundo, la exportación de productos agrícolas y del principal recurso económico nacional, el cobre. Además, la belleza natural de las costas es un gran atractivo turístico, el cual genera diversos ingresos. En resumen, las costas chilenas son motores de desarrollo y parte fundamental en la identidad del país y es debido a esto que la protección del medio ambiente acuático es fundamental para nuestro crecimiento como país.



Control de la autoridad marítima a pescadores artesanales en el puerto de Coquimbo. (Fuente: Wikimedia Commons).

Composición y propiedades de los hidrocarburos

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos, los cuales están compuestos mayoritariamente por átomos de hidrógeno y carbono. Estos compuestos orgánicos se organizan en distintas estructuras químicas resultando en distintos productos finales, no renovables. Estos hidrocarburos provienen del petróleo y sus derivados, de la descomposición orgánica, la cual es muy rica en hidrógeno y carbono. Estos hidrocarburos se utilizan principalmente como fuente de energía para procesos como la movilidad, generación eléctrica y calorífica.

Estos se clasifican por los tipos de enlaces que unen las moléculas y la forma de estas, dentro de los cuales encontramos los siguientes:

1. Hidrocarburos aromáticos.
2. Hidrocarburos alifáticos en cadena abierta.
3. Hidrocarburos alifáticos en cadena cerrada.

Las propiedades específicas de los hidrocarburos influyen directamente en cómo se comportan sobre la superficie marítima. Dentro de las propiedades más importantes a la hora de determinar el tipo de respuesta ante un derrame son:

1. **Densidad:** Magnitud física que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Esta es la más importante a la hora de determinar la flotabilidad y comportamiento del hidrocarburo. Esta propiedad influye en los procesos de propagación y dispersión natural del hidrocarburo. Mientras menor sea la densidad, mayor será la tasa de dispersión y propagación.
2. **Gravedad API (American Petroleum Density):** Mide la densidad del hidrocarburo con la temperatura del Agua a temperaturas iguales. Mientras más grande el número de

gravedad API, menor densidad tendrá el hidrocarburo. Los hidrocarburos con un índice API menor a 10, son más livianos que el agua, por lo tanto, flotarán en esta.

3. **Viscosidad:** Mide la resistencia del fluido a fluir. La viscosidad de los fluidos esta medida en Centistokes. Un hidrocarburo con una baja viscosidad es sumamente móvil. Conforme aumenta la temperatura, disminuirá la viscosidad.
4. **Punto de Inflamación.**
5. **Solubilidad con el agua:** la solubilidad es la capacidad que tienen una sustancia para disolverse en otra y formar una solución. Los hidrocarburos son sustancias insolubles con el agua. Lo anterior producto de los potenciales eléctricos de las moléculas.

Los hidrocarburos al entrar en contacto con el mar sufren cambios en su composición química y física. Estos cambios que sufren los hidrocarburos son conocidos como la intemperización del hidrocarburo. (Plan Nacional de Respuesta Ante Derrames de Hidrocarburos U Otras Sustancia Nocivas En el Ambiente Acuático, 2014)

Efectos de los hidrocarburos sobre la flora y fauna

Ya sea de manera intencional o accidental, los derrames de hidrocarburos en los ambientes acuáticos tienen consecuencias sobre los ecosistemas. Las consecuencias varían dependiendo de la cantidad, tipo de petróleo y sitio contaminado, pero principalmente los daños son causados por la asfixia y el recubrimiento.

Los daños causados por asfixia y recubrimiento afectan la fauna vegetal marina de la siguiente manera:

1. Al estar en contacto con las partículas de hidrocarburo sufre una disminución de la transmisión de la luz que afecta la fotosíntesis.

2. La presencia de hidrocarburos genera una disminución en el oxígeno disuelto en el ambiente acuático afectando directamente a la fauna marina animal.
3. Las aves y mamíferos marinos al tener sus plumas impregnadas por estos hidrocarburos tienen una disminución en su flotabilidad y además que se les impide el vuelo.
4. Los hidrocarburos alifáticos, con puntos de ebullición bajos, en concentraciones reducidas producen anestesia y narcosis en animales inferiores.

En cuanto los daños producidos por el contacto directo con los elementos tóxicos de los hidrocarburos son principalmente por los compuestos aromáticos los cuales pueden matar ciertos organismos. Además, estos hidrocarburos en contacto directo pueden interferir con las hormonas naturales, tener efectos sobre los sensores gustativos y generar un potencial venenos, siendo estas difundidos a través de la cadena trófica marina. (González & José, 1993)

El petróleo al derramarse en el mar forma una película impermeable, la cual

obstaculiza el paso de la luz impidiendo el proceso de fotosíntesis del plancton y de las algas. El petróleo producto de su toxicidad, se introduce en la planta generando daños degenerativos de sus paredes celulares y contaminando los organelos de estas. Por otra parte, los hidrocarburos atacan y se almacenan en los cloroplastos de las algas, generando efectos adversos en las clorofilas, generando una disminución en la tasa fotosintética de la planta (Arellano et al., 2017). Esta película impermeable también evita que los gases emanados por la fauna marina salgan a la superficie y genera una alta concentración de CO₂ dañando a las especies.

Otro impacto devastador de los derrames de petróleo en la vida marina es la muerte por asfixia. Las aves al quedar impregnadas con petróleo sufren una disminución en su flotabilidad debido al peso adicional y terminan hundiéndose, lo que les ocasiona la muerte. Los peces sufren de asfixia producto que se les tapan las branquias. Por otra parte, los mamíferos de mayor envergadura al estar cubiertos de petróleo son arrastrados a profundidades mayores con agua más frías provocándoles hipotermia y finalmente su muerte.



Impactos del derrame de petróleo en la fauna y ecosistema.
(Fuente: Wikimedia Commons).

Los componentes químicos del petróleo pueden afectar las feromonas que secretadas los animales marinos fundamentales. Estas feromonas les sirven para seleccionar adecuadamente su hábitat, la atracción sexual entre las especies y la alimentación entre muchas otras. (Latorre, 2018)

Esta contaminación genera numerosos efectos sobre la flora y fauna nacional, el daño provocado por los hidrocarburos afecta seriamente nuestro vital ecosistema, el cual genera numerosos ingresos a miles de compatriotas y es parte de nuestra identidad nacional como país costero. Es por esto por lo que debemos minimizar y evitar al máximo el contacto de los hidrocarburos con nuestros ambientes acuáticos.

Convenios y protocolos contra la contaminación de los hidrocarburos

Chile ha ratificado varios acuerdos internacionales relacionados con la protección de nuestro medio ambiente acuático ante los derrames de hidrocarburos. Estos tratados tienen como objetivo mitigar los efectos de los hidrocarburos y establecer protocolos para su contención. Algunas de las más relevantes son:

1. **Convenio Internación sobre la Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación de Hidrocarburos (OPRC):** Este Acuerdo fue ratificado por Chile en 1990 y tienen como objetivo establecer un marco de mutua cooperación entre países para la preparación y respuesta ante derrames de Hidrocarburos. En este acuerdo se establece que:
 - a. Todas las embarcaciones y empresas navieras deben contar con planes de emergencia para la contaminación de hidrocarburos, que los buques.
 - b. Las embarcaciones tienen la obligación de notificar a las

autoridades marítimas de un derrame de hidrocarburo.

c. Obliga a las embarcaciones a mantener equipo de combate contra los derrames contaminantes (CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE COOPERACION, PREPARACION y LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS, 1990)

2. **Protocolo de Cooperación Preparación y Lucha contra la Contaminación de Hidrocarburos -Sustancias Nocivas Potencialmente Peligrosas:** Fue Ratificado por Chile en el 2000 y es un complemento del acuerdo 1990. Se protocolos específicos para combatir la contaminación en el mar ante una sustancia específica. (PROTOCOLO SOBRE COOPERACIÓN, PREPARACIÓN y LUCHA CONTRA LOS SUCESOS DE CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS NOCIVAS y POTENCIALMENTE PELIGROSAS, 2000)
3. **Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación:** Este convenio fue ratificado por Chile en 1992 a través del decreto supremo N.º 265 y busca principalmente mejorar la gestión de desechos peligroso. Dentro de sus aspectos más importante podemos encontrar:
 - a. Este convenio regula los movimientos transfronterizos de desechos peligroso a través del "Consentimiento Fundamentado Previo", el cual establece que se debe informar a las autoridades marítimas internacionales, cuando se transporta sustancias nocivas potencialmente peligrosas a través de las fronteras país adherente al convenio.
 - b. Las partes deben asegurarse de que los desechos peligrosos o no peligrosos sean eliminados de manera ambientalmente racional, para evitar catástrofes medioambientales. («CONVENIO DE BASILEA SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS y SU ELIMINACION», 1991)

Para dar cumplimiento a todos los acuerdos internacionales ratificados, el gobierno le ha encomendado la tarea a la Armada de Chile, la cual a través de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (D.G.T.M.) vela su cumplimiento. Este organismo técnico tiene como misión el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes, para dar seguridad marítima, proteger la vida humana en el mar y preservar el medio ambiente acuático. (Misión y Visión D.G.T.M., s. f.). Gracias a la incesante labor de la D.G.T.M. podemos disfrutar de playas y ambientes acuáticos libre de contaminación.

Conclusiones generales

Los hidrocarburos son un compuesto orgánico, los cuales son fundamentales para los procesos que realizamos en el día a día. El 95% de nuestra economía nacional es posible gracias a la quema de estos hidrocarburos, los cuales proporcionan movilidad a las distintas unidades de la

Marina Mercante Nacional. Si bien estos hidrocarburos son fundamentales para el mover nuestra industria nacional, estos al entrar en contacto con el ambiente acuático generan daños irreversibles en estos.

El país reconoce la importancia de nuestras costas y sabe lo importante que es su protección para asegurar el crecimiento nacional y la protección de nuestro patrimonio, es por eso por lo que se han ratificado numerosos acuerdos y protocolos para la contención de la contaminación ante derrames de hidrocarburos. El cumplimiento de los numerosos acuerdos fue encomendado a la Armada de Chile, la cual a través de la D.G.T.M. asegura que sean cumplidas a la cabalidad.

La contaminación por hidrocarburos genera daños en nuestro vital ecosistema nacional, provocando daños a nuestra economía, identidad nacional y nuestra biodiversidad. El cumplimiento de los acuerdos mencionados debe ser de máxima prioridad para asegurar nuestro futuro como país y el futuro de las siguientes generaciones.

LISTA DE REFERENCIAS

1. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. (2023). *Derecho del Mar Boletín* ... /Derecho del Mar Boletín, 2023(110), 1-10. <https://doi.org/10.18356/25217798-2023-110-1>
2. De los Angeles Santana-Gómez, M., Rodríguez-Heredia, D., Díaz-Velázquez, M., & Miriam-Salazar, P. (s. f.). Evaluación de la contaminación por hidrocarburos de la bahía de Santiago de Cuba. 2016. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212016000200002&script=sci_arttext
3. González, M., & José, A. (1993). Estudio de la contaminación marina por hidrocarburos en el Pacífico colombiano - Fase III. *Boletín Científico*, 4, 47-60. https://doi.org/10.26640/01213423.4.47_60
4. Morales Gamboa, E., Winckler Grez, P., & Herrera Araya, M. (2019). *COSTAS DE CHILE*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. https://ingenieriaoceanica.uvcl/images/extension/documentos_ico/2020-Morales_Winckler_Herrera-Costas-de-Chile.pdf
5. Puerto San Antonio incrementó un 11% su transferencia de carga acumulada a julio | Puerto San Antonio. (s. f.). <https://www.puertosanantonio.com/prensa/puerto-san-antonio-incremento-un-11-su-transferencia-de-carga-acumulada>
6. Prensa. (s. f.). Puertos: Movimiento de carga en San Antonio crece 18%, mientras en Valparaíso baja 4%. <https://www.maritimopuertuario.cl/mp/puertos-movimiento-de-carga-en-san-antonio-crece-18-mientras-en-valparaiso-baja-4/>
7. Plan nacional de respuesta ante derrames de hidrocarburos u otras sustancias nocivas en el ambiente acuático. (2014). Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante. https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20170216/20170216105546/plan_nacional_de_respuesta_ante_derrames_final.pdf
8. Arellano, P., Tansey, K., Balzter, H., & Tellkamp, M. P. (2017). Plant Family-Specific Impacts of Petroleum Pollution on Biodiversity and Leaf Chlorophyll Content in the Amazon Rainforest of Ecuador. *PLoS One*, 12(1), e0169867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169867>
9. Latorre, L. (2018). PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN PREVENTIVA A LOS PROCEDIMIENTOS DE ALIJE PARA EVITAR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL MAR. Repositorio Digital USM. <https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/21180035-b449-4a65-8a1b-2cbb5378859f/content>
10. Misión y Visión D.G.T.M. (s. f.). DIRECTEMAR. <https://www.directemar.cl/directemar/organizacion/mision-y-vision>
11. CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE COOPERACION, PREPARACION Y LUCHA CONTRA LA CONTAMINACION POR HIDROCARBUROS. (1990). DIRECTEMARCL. https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20220802/20220802162756/convenio_oprc_1990_version_cl_28_7_2022_rtl_caa.pdf
12. PROTOCOLO SOBRE COOPERACIÓN, PREPARACIÓN Y LUCHA CONTRA LOS SUCESOS DE CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS NOCIVAS Y POTENCIALMENTE PELIGROSAS. (2000). DIRECTEMAR.cl. https://www.directemar.cl/directemar/site/docs/20220802/20220802162919/protocolo_de_cooperacion_version.pdf
13. «CONVENIO DE BASEL SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN». (1991). bnc.cl. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=87460&idParte=>

Recibido 12/11/24

Publicado 30/06/25