



Derrame de petróleo, un desastre ecológico: revisión bibliográfica sobre su impacto en la salud

Oil spill, an ecological disaster literature review on its impact on health

Carol Ordoñez^{1,a}, Cinthya Vásquez-Velásquez^{2,3,b}, Gustavo F. Gonzales^{2,4,b,c}

Resumen

El petróleo está constituido principalmente por hidrocarburos y metales, en distintas concentraciones. Su naturaleza es altamente inflamable y a lo largo de la historia ha sido usado como combustible y fuente energética. Los derrames de petróleos son desastres que alteran distintos pisos ecológicos y afectan distintos sectores, principalmente el ambiental, el de salud, la economía y el turismo. Diversos estudios han evidenciado efectos tanto a corto como a largo plazo en la salud humana, especialmente a nivel reproductivo, cardio-respiratorio, hepático, renal, metabólico y mental. La exposición ocurre por ingestión, absorción a través de la piel intacta e inhalación. En Perú, el 15 de enero de 2022, un derrame de petróleo en Ventanilla, Callao, de alrededor de 12,000 barriles de petróleo generó efectos nocivos sobre especies marinas, ornitológicas y sobre la calidad de vida de pescadores artesanales. Su impacto aún está en evaluación debido a que a ello se suma lenta respuesta de los responsables por mermar el avance del derrame en la zona, habiéndose extendido 34.4 km hasta la zona de Chancay. Es por ello, que en la presente revisión se detalla la evidencia científica a nivel internacional de los efectos principalmente en la salud, que puede generar un derrame de petróleo. Los hallazgos reportados en la literatura contribuyen a ampliar el conocimiento sobre los efectos a largo plazo de los derrames de petróleo en la salud, considerando la necesidad de estudios longitudinales en especies y poblaciones aledañas a las zonas directamente afectadas por estos desastres ecológicos.

Palabras clave: Derrame de petróleo, desastre ecológico, impacto en la salud.

Abstract

Petroleum consists mainly of hydrocarbons and metals, in varying concentrations. It is highly flammable and throughout history has been used as a fuel and energy source. Oil spills are disasters that alter different ecological levels and affect different sectors, mainly the environment, health, the economy and tourism. Several studies have shown both short and long-term effects on human health, especially at the reproductive, cardio-respiratory, hepatic, hepatic, renal, metabolic and mental levels. Exposure occurs by ingestion, absorption through intact skin and inhalation. In Peru, on 15 January 2022, an oil spill in Ventanilla, Callao, of about 12,000 barrels of oil generated harmful effects on marine and ornithological species and on the quality of life of artisanal fishermen. Its impact is still under evaluation due to the slow response of those responsible for slowing down the advance of the spill in the area, which has extended 34.4 km to the Chancay area. For this reason, the present review details the international scientific evidence on the effects, mainly on health, that an oil spill can have. The findings reported in the literature contribute to broaden the knowledge on the long-term effects of oil spills on health, considering the need for longitudinal studies on species and populations close to the areas directly affected by these ecological disasters.

Keywords: Oil spill, ecological disaster, health impact.

¹Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3586-2044>. ²Unidad de Investigación, Dirección de Laboratorio de Salud Pública. Dirección Regional de Salud del Callao. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3326-0437>. ³Laboratorio de Endocrinología y Reproducción del Laboratorio de Investigación y Desarrollo (LID), Departamento de Ciencias Biológicas y Fisiológicas, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. ⁴Academia Nacional de Medicina, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1611-2894>. ^aIngeniera, ^bBióloga, ^cDoctor en Ciencias, ^dDoctor en Medicina.

Introducción

El petróleo crudo es una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sulfuro de hidrógeno y metales pesados. El petróleo se produce por lo general en lugares muy lejanos a las zonas donde se le consumen. Uno de los medios de transporte es el marítimo. Más de la mitad del transporte marítimo corresponde a hidrocarburos por lo cual el riesgo de derrames es una amenaza permanente⁽¹⁾.

La exposición ocurre por ingestión, absorción a través de la piel intacta e inhalación. Los riesgos toxicológicos son graves, tanto agudos como crónicos, con especial atención a las fracciones tóxicas del petróleo que pueden llevar a la muerte por intoxicación, especialmente asociadas a HAP⁽²⁾.

En el caso de derrames de petróleo, el efecto negativo a la salud se puede observar no solo por los productos propios del petróleo sino también por las medidas usadas para su mitigación como el uso de dispersantes, o el empleo de la quema *in situ* del petróleo para limitar su expansión⁽³⁾.

En esta revisión narrativa se tratará de presentar la información existente sobre el impacto en la salud humana de los derrames de petróleo.

Derrame de petróleo en el mundo

Los derrames pueden ocurrir en el mar, en tierra o en los ríos, pueden ser accidentales, por error humano, falla en los equipos, o asociados a desastres naturales. También pueden ser intencionales como el ocurrido en la guerra del Golfo en 1991⁽⁴⁾.

Se estima que más de 35 mil millones de galones de petróleo se transportan en barcos por año, y más de 10 millones de galones se derraman de manera accidental al agua marina, lo que representa un grave peligro para los hábitats acuáticos con consecuencias catastróficas para el turismo, la economía y la salud⁽⁵⁾.

En la literatura científica se describen diferentes casos como el derrame en Brasil de origen desconocido (2019) y en la plataforma marina Deepwater Horizon (DHW) en el Golfo de México a 66 Km de las costas de Luisiana (USA) el 20 de abril de 2010 donde luego de una explosión, 184 millones de galones⁽⁶⁾ o 779,000 toneladas de petróleo crudo⁽⁷⁾ fueron vertidos al mar durante 87 días y cuyos efectos aún se están

observando en la actualidad. Otro desastre importante fue el de Exxon Valdez en Alaska en 1989⁽⁸⁾.

Durante la Guerra del Golfo pérsico en 1991, se vertieron 38 millones de galones debido a que un gran número de pozos petroleros fueron destruidos y los incendios de petróleo posteriormente extinguidos con agua de mar. Como resultado, los escasos recursos de agua dulce subterránea de Kuwait estaban gravemente contaminados con petróleo crudo^(4,9). En agosto de 1991 y 1992 se tomaron muestras de la microcapa de la superficie del mar (MSM) y del agua de mar subsuperficial del Golfo. La MSM presentó un enriquecimiento significativo de HAP que persistieron más de un año después del derrame masivo. Igualmente, se observó una mayor toxicidad para las larvas de equinodermo en la MSM⁽¹⁰⁾.

En el derrame de petróleo de Rayong (Tailandia) ocurrido el 27 de julio de 2013, donde un oleoducto que conectaba una plataforma petrolera en alta mar con un petrolero causó que el petróleo crudo se derramara frente a la costa de Tailandia y se filtraran más de 50,000 barriles de petróleo crudo⁽¹¹⁾. La evaluación en 1,262 trabajadores de limpieza del derrame de petróleo de Rayong mostró evidencia de niveles elevados de exposición a HAP y benceno durante las primeras semanas de limpieza⁽¹²⁾.

Uno de los derrames más extensos es el que ocurrió en Brasil en 2019⁽¹³⁾. Con este derrame que se extendió 4,334 Km en 11 estados de los cuales se recuperaron 5,380 toneladas⁽²⁾, diez ecosistemas se vieron afectados, con efectos potencialmente más severos en manglares y pastos marinos. Se detectó impacto en comunidades de plancton, bentónicas, equinodermos, simbiontes de coral, poliquetos y esponjas por ingestión de aceite⁽¹⁴⁾.

Se detectaron impactos socioeconómicos en seguridad alimentaria, salud pública, hospedaje, igualdad de género, turismo y pesca, con reducción de ventas, precios, atractivo turístico, producto interno bruto y empleo. Además, se detectó contaminación química en algunos estados por metales tóxicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos⁽¹⁴⁾.

En América Latina, además de los reportados en Brasil y en el Golfo de México, no son infrecuentes los derrames de petróleo particularmente en países productores de petróleo como Venezuela⁽¹⁵⁾, Ecuador⁽¹⁶⁾, y Colombia⁽¹⁷⁾. Las aguas residuales aceitosas y el derrame de petróleo de buques o por fuga de sistemas de oleoducto son extremada-

mente perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente⁽¹⁸⁾.

Cerca de la costa de Yemen desde 2015 hay un riesgo de derrame de 1.1 millones de barriles de un petrolero abandonado y amenaza con una catástrofe ambiental para un país actualmente en crisis humanitaria. De ocurrir un derrame, se estima un mayor riesgo de hospitalización cardiovascular por contaminación que oscila entre el 5.8 y el 42.0%⁽¹⁹⁾.

Muchas de las especies marinas son afectadas por el derrame de petróleo. Así, se han identificado anomalías cardíacas sustanciales en delfines (*Tursiops truncatus*) de la bahía Barataria (BB) que pueden estar relacionadas con la exposición al petróleo derramado en DWH⁽²⁰⁾. También se observan daño en el riñón del pez cebrá en desarrollo⁽²¹⁾.

Una de las formas de reducir el impacto del derrame o de focalizarlo es través de la producción de fuego. Sin embargo, este procedimiento no está libre de efectos negativos a la salud. El riesgo para la salud del personal técnico adyacente a las áreas en llamas es una preocupación seria⁽³⁾.

La inhalación de COV se asocia con los derrames de petróleo marinos accidentales. Después de que el petrolero “Prestige” se hundiera frente al norte de España en 2002 y la catástrofe de la plataforma petrolera DWH en 2010, los sujetos involucrados en la descontaminación ambiental mostraron signos de enfermedad pulmonar continua o residual hasta 5 años después de la exposición⁽²²⁾.

De manera experimental se ha tratado de simular la exposición de COV a ratas y ratones, a quienes se les expusieron 2 h al día, por 5 días a la semana, durante 3 semanas por inhalación a COV producidos a partir del petróleo que imitan un accidente de derrame; el resultado fue apoptosis de células septales alveolares, probablemente debido al daño en el ADN; desarrollo de un patrón de enfisema pulmonar peculiar que alteró la mecánica pulmonar e hiperreactividad persistente de las vías respiratorias no inflamatorias⁽²²⁾.

Se observaron deterioro de las respuestas al estrés, función de la glándula suprarrenal, cardiotoxicidad, disfunción del sistema inmunológico, interrupción de las células sanguíneas, efectos sobre la locomoción y daño oxidativo. Desde una perspectiva toxicológica, hay

disfunción orgánica, hasta efectos sistémicos que comprometen la aptitud, el crecimiento, el potencial reproductivo y la supervivencia. Desde una perspectiva clínica, la exposición al derrame de petróleo DWH desarrolló un conjunto de síntomas que a las dosis/concentraciones más altas resultaron en una falla del sistema multiorgánico⁽²³⁾.

Impacto a la salud a corto plazo

En el corto plazo el derrame de petróleo impacta en el comercio de las pesquerías y la seguridad de la salud humana. En los primeros tres meses posteriores al derrame de petróleo de 2019 en Brasil, el total de HAP en los tejidos comestibles de 34 especies de peces y mariscos varió de 8.71 a 418 ng g-1 de peso húmedo, que son pruebas sólidas que hay contaminación por petróleo crudo. Se observó una prevalencia de HAP de bajo peso molecular, principalmente naftalenos. La media total de HAP en moluscos fue de 134 ng g-1, en crustáceos de 73.9 ng g-1 y en peces de 45.3 ng g-1. El derrame en Brasil causó impactos negativos inmediatos en el mercado local de mariscos, a pesar de que menos del 3% de las muestras exhibieron concentraciones por encima de los niveles de preocupación, lo que revela una baja probabilidad de riesgos para la salud humana. Estos hallazgos demuestran que los gobiernos deben estar preparados para proporcionar no solo respuestas rápidas basadas en la ciencia, sino también una comunicación científica efectiva para la sociedad sobre los desastres ambientales⁽²⁴⁾.

El monitoreo de benceno y de material particulado (PM) durante el derrame de petróleo de DWH reveló que la calidad del aire ambiental se constituía en una amenaza probable para la salud pública y que los residentes en la costa de Luisiana experimentaron exposiciones significativamente mayores que los residentes urbanos⁽⁷⁾.

Más de 8,500 miembros de la Guardia Costera de los Estados Unidos fueron desplegados en respuesta al derrame de DWH⁽²⁵⁾. Durante el desastre se realizó una quema controlada para eliminar el petróleo del agua. Entre los trabajadores cerca del derrame de petróleo, la exposición a PM2.5 se asoció con valores de marcadores respiratorios significativamente más bajos en comparación con los trabajadores no expuestos. Estos cambios fueron observados 1-3 años después del desastre⁽²⁶⁾. También se han observado fuertes asociaciones entre las exposiciones al petróleo y sus dispersantes con síntomas respiratorios agudos entre el personal expuesto⁽²⁷⁾.

Se examinó la relación entre la exposición al derrame de petróleo y resultados del nacimiento en una cohorte de mujeres residentes del Golfo de México en el momento del derrame de petróleo de 2010. No se encontraron asociaciones entre el informe de exposición al derrame de petróleo, con la posible excepción de un alto contacto con el petróleo en algunos análisis, y los resultados del nacimiento⁽²⁸⁾. Tampoco se encontró asociación con un mayor riesgo de diabetes gestacional, enfermedad hipertensiva del embarazo⁽²⁹⁾, ni entre la exposición al derrame y la infertilidad o aumento de abortos⁽³⁰⁾.

El aumento de la frecuencia de exposición al petróleo crudo por inhalación y contacto con la piel se asociaron con una mayor probabilidad de cefalea, aturdimiento, dificultad para concentrarse, sensación de entumecimiento/hormigueo, visión borrosa, pérdida de memoria/confusión y alteraciones neurológicas⁽²⁵⁾.

El derrame de petróleo de DWH generó un aumento en las investigaciones sobre los efectos de los productos químicos del petróleo crudo. Así, se observó que los HAP se bioacumulan fácilmente en los tejidos blandos de las ostras, disminuyendo la respuesta antioxidante, y alterando el ADN; como resultado aumenta la prevalencia de la infección y el crecimiento larvario es reducido y anormal⁽³¹⁾.

La piel de los peces es un tejido inmunológicamente activo. Alberga una compleja comunidad de microorganismos vitales para mantener la homeostasis del huésped. La exposición al petróleo crudo resulta en inmunosupresión en animales marinos, alterando la microbiota, condición conocida como disbiosis, y aumentando la susceptibilidad del huésped a los patógenos⁽³²⁾.

Impacto a la salud a largo plazo

En los trabajadores de limpieza del derrame de petróleo de Rayong (Tailandia) 5 años después se observaron tendencias crecientes por año para conteo de leucocitos, creatinina, plaquetas y nitrógeno ureico en sangre. Se observaron tendencias decrecientes del aspartato aminotransferasa (AST). Los cambios a largo plazo muestran un empeoramiento de las funciones renales después del derrame de petróleo y la posibilidad de efectos cardiovasculares⁽¹¹⁾.

En un estudio del personal de la guardia costera de Estados Unidos que participó en la tarea de limpieza ante el derrame de petróleo en DWH, se reportaron síntomas/afec-

ciones cardiovasculares agudas y a más largo plazo⁽³³⁾. Entre el personal en servicio activo de la Guardia Costera, las exposiciones a la limpieza del derrame de petróleo en DWH se asociaron con un riesgo moderadamente mayor de afecciones respiratorias a largo plazo⁽³⁴⁾.

Un estudio poblacional de mujeres en la costa sur de Luisiana reveló altas tasas de resultados adversos en la salud mental. Esto sugiere vías para la mitigación de desastres futuros a través de la prestación de servicios de salud mental⁽³⁵⁾.

Después del ajuste por datos demográficos relevantes, los síntomas depresivos aumentaron después de la exposición al desastre DWH. Además, las asociaciones iniciales entre la exposición económica y física al DWH persistieron hasta 6 años después del derrame; las mujeres que estuvieron más expuestas experimentaron niveles más altos de síntomas depresivos y angustia mental que las mujeres menos expuestas⁽³⁶⁾.

En un estudio en 2,126 mujeres adultas que residían en el sur de Luisiana, la alta exposición físico-ambiental se asoció significativamente con todos los síntomas de salud física, siendo las asociaciones más fuertes para el ardor en la nariz, la garganta, dolor de garganta, mareos y sibilancias⁽³⁷⁾.

En zonas rurales de la amazonía peruana se ha mostrado que los derrames de petróleo conducen a una probabilidad significativamente mayor de sufrir angustia psicológica, como falta de motivación, fatiga o sensación de fracaso. En particular, hay mayor probabilidad de sufrir depresión después de la ocurrencia de un derrame de petróleo⁽³⁸⁾.

Respuesta frente al derrame de petróleo

En el caso de los derrames de petróleo en alta mar, el éxito de la respuesta de emergencia depende en gran medida de las condiciones meteorológicas y oceanográficas durante y después del derrame, que se expresan en un conjunto de diferentes factores ambientales. Una “brecha” en la respuesta puede ser causada por factores ambientales desfavorables que podrían limitar su efectividad o incluso impedirla.

En este contexto, los estudios de Análisis de Brechas de Respuesta (RGA) identifican los factores ambientales que influyen negativamente en la respuesta de emergencia en un área marítima determinada y tienen como objetivo evaluar el

porcentaje de tiempo durante el cual la respuesta no tendría éxito o sería imposible de desplegar. Bonvicini y col.⁽³⁹⁾ describen una nueva metodología RGA, basada en 11 factores ambientales. Se consideran diferentes estrategias de respuesta a derrames de petróleo: recuperación mecánica, aplicación de dispersantes por buque y por aeronave, y quema *in situ*.

Los sorbentes sintéticos convencionales para la eliminación de derrames de petróleo son los materiales más ampliamente aplicados, aunque no son las opciones óptimas desde un punto de vista económico y ambiental. El uso de materiales lignocelulósicos baratos, abundantes, no tóxicos, biodegradables y reutilizables podría ser una alternativa a los sorbentes convencionales, con un impacto positivo obvio en la sostenibilidad y la economía circular⁽⁴⁰⁾.

Un tipo de sorbentes especialmente interesante son los de origen natural -biosorbentes- como construcciones listas para usar con propiedades biodegradables, no tóxicas, renovables y rentables. A los sorbentes fibrosos utilizados actualmente como los pelos humanos o las plumas de pollo, se ha agregado en la literatura científica las cutículas de muda naturalmente prediseñadas de la araña *Theraphosidae Avicularia sp.* "Peru purple"⁽⁴¹⁾.

Derrame de petróleo en Perú

En Perú ocurren derrames de petróleo no solo a nivel marino sino también hacia los ríos o en zonas aledañas a las zonas del oleoducto norperuano (ONP), o debido a accidentes desde camiones cisternas que transportan dicho combustible. Así se han afectado zonas que van desde Loreto, Pucallpa, Cajamarca, Amazonas entre otros.

También se han observado daños en el oleoducto transecuatoriano cuyos derrames de petróleo han llegado al río Napo en Perú. En este oleoducto que ha llegado hasta nuestro país se registran derrames de 240,000 barriles en 1987, 11,070 barriles en 2009, y el 31 de mayo de 2013, un tramo de 100 metros de tubería del Oleoducto Transecuatoriano se dañó vertiendo 10,000 barriles de petróleo al río Coca de Ecuador y que se extendió hasta el río Napo, en el Perú.

Según Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) de 2011 a 2018 se han producido 178 derrames de petróleo crudo en Perú con un total de 32,000

barriles de petróleo siendo la región amazónica la más afectada con un poco más del 60% de los casos⁽⁴²⁾. En la amazonía peruana se ha mostrado que, en áreas contaminadas con petróleo, cuatro especies de vida silvestre, tapir, paca, venado rojo y pecarí de collar, consumen alimentos de suelos y agua contaminados con petróleo⁽⁴³⁾. Entre 2000 y 2019 se han registrado 474 derrames en lotes petroleros de la amazonía peruana siendo la principal causa la corrosión, fallas operativas, y condiciones inseguras con un 65.4% de los casos, 28.8% por causas de terceros y 5.8% por causas naturales⁽⁴⁴⁾.

La costa norte, la más biodiversa del mar peruano es una de las zonas donde más frecuentemente se han observado estos derrames petroleros. Durante el período comprendido entre marzo de 2011 y setiembre de 2018 se reportaron a OEFA 56 derrames de petróleo crudo, producidos en el marco de las actividades de transporte desarrolladas por Petroperú a través del ONP⁽⁴⁵⁾.

Igualmente se han reportado accidentes en Moquegua e Ilo. El 2 de enero de 2016, un camión cisterna cargado con 8.500 galones de líquido asfáltico cayó a un afluente del río Colca a la altura del kilómetro 8.6 de la carretera Imata Espinar ocasionando la muerte de 160,000 truchas. El 26 de noviembre de 2013, la empresa Pluspetrol Norte fue declarada responsable de haber contaminado y desaparecido la laguna Shanshocochoa, ubicada en el Lote 1AB que opera en Loreto. El OEFA impuso en 2014 una multa de 20 millones de soles y medidas correctivas⁽⁴⁶⁾.

Aunque la mayoría de derrames de petróleo son considerados accidentales también hay casos en los que han ocurrido por sabotaje. Así, el 28 de noviembre de 2014, Petroperú informa de un supuesto sabotaje perpetrado contra el ONP. Igualmente, el 24 de febrero de 2015 se produce un derrame de 200 barriles de petróleo, que según Pluspetrol fueron debido a acción de terceros ajenos a las operaciones de la empresa, que hicieron dos cortes con sierra en el kilómetro 32 del oleoducto que va del río Corrientes a Saramuro.

Derrame de petróleo en Ventanilla

El día sábado 15 de enero de 2022 durante un procedimiento de carga y descarga de combustible en el terminal de la Refinería La Pampilla de la empresa española Repsol, se produjo el derrame de hidrocarburos, considerado el mayor desastre ecológico ocurrido en el mar peruano en los

últimos años. Se estima que cerca de 12,000 barriles de petróleo fueron vertidos al mar de Ventanilla⁽⁴⁷⁾.

De acuerdo a un comunicado de la DIGESA el desastre ambiental ha afectado el litoral marino y su biodiversidad, impactando a tres áreas protegidas como la zona reservada de Ancón, la reserva nacional sistema de islas, islotes y puntas guaneras, y la zona reservada Lomas de Ancón. El desastre ambiental se ha extendido desde las playas del distrito de Ventanilla hacia las costas de los distritos de Santa Rosa y Ancón:

1. **Ventanilla:** Bahía Blanca, Costa Azul y Cavero.
2. **Santa Rosa:** Playa Chica, Playa Grande 1, Playa Grande 2, Hondable y Los Corales.
3. **Ancón:** Dieciocho Ancón, Hermosa, Las Conchitas, Miramar 1, Miramar 2, San Francisco Chico, San Francisco Grande, D'Onofrio, Casino Náutico, Enanos, Esmar 1, Esmar 2 y Los Pocitos.

El conocimiento de este derrame en la zona de Ventanilla ha motivado la participación de diversas autoridades como los de la Municipalidad de Ventanilla, de OEFA, CENSOPAS (INS), incluso ONGs y voluntarios, que realizan los trabajos de remediación por el derrame ocurrido.

Playa Cavero - Ventanilla

Las personas contratadas para el recojo del crudo usaban materiales sorbentes para que el hidrocarburo se adhiera y sea más fácil recuperarlos, también realizaban la limpieza manual, con palas y/o recogedores (Foto 1).



Foto 1. Labores de limpieza en Playa Cavero, situada en el distrito de Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao.

Esta parte de la playa es accesible para la limpieza mecánica, por lo que ingresaba maquinaria pesada para el recojo del material contaminado con el hidrocarburo, que de acuerdo a sus características corresponden a la categoría de residuos sólidos peligrosos, hacia su disposición final.

En otra sección de la Playa Cavero, el hidrocarburo se asentó formando una gruesa y oscura capa sobre la arena, donde los encargados realizan la limpieza manual recogiendo con palas hacia los contenedores pequeños que luego los subían a través de la pendiente y almacenaban en otros contenedores de mayor volumen (Foto 2).



Foto 2. En la Playa Cavero, el hidrocarburo se asentó formando una gruesa y oscura capa sobre la arena. Limpieza manual recogiendo con palas hacia los contenedores pequeños que luego son subidos a través de la pendiente y almacenaban en otros contenedores de mayor volumen.

Los gases que se emiten en la zona del derrame de hidrocarburo dependen de las interacciones entre las condiciones hidro-meteorológicas y las propiedades físico-químicas del hidrocarburo⁽⁴⁸⁾. Sin embargo, es preciso mencionar que siendo el benceno un componente del petróleo, es también un reconocido carcinógeno para los humanos, por lo que el Estándar Ambiental Nacional para la Calidad del Aire recomienda que el benceno no debe exceder los 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio anual en el aire ambiental, mientras que la OMS no ha establecido un valor de referencia, pero reconocen que la exposición crónica causa leucemia y anemia aplásica^(49,50).

Playa Los Pocitos - Ancón

Hasta hace poco la Playa Los Pocitos se convirtió en la primera playa inclusiva y accesible del país, porque implementó rampas y barras de seguridad para que las personas con discapacidad motriz también pudieran disfrutar

del mar. Actualmente, la presencia de grandes cantidades del crudo de petróleo tanto en zona de arena como en el agua la califican como “No Saludables” (Foto 3).



Foto 3. Playa los Pocitos donde se observa el petróleo crudo en la arena y en el agua.

Playa Grande - Santa Rosa

El derrame de hidrocarburo estuvo presente en menor cantidad tanto en el agua como en la arena. Aquí también se cuenta con la presencia de personas contratadas y voluntarios realizando actividades de limpieza.

Playa Chacra y Mar - Chancay

El derrame de hidrocarburo se propagó por el mar formando una película oleosa sobre su superficie y se extendió por acción de los vientos y las corrientes superficiales marinas hacia el norte, hasta alcanzar las playas de Chancay que pertenece al distrito de Chancay, provincia de Huaral, región Lima (Foto 4).



Foto 4. El derrame de petróleo se extiende hasta las playas de Chancay.

Se generó una gran preocupación por parte de la población sobre la seguridad del consumo de productos marinos. Ante ello, el Ministerio de la Producción, a través del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (Sanipes), informó que es seguro consumir especies capturadas en alta mar tales como el perico, bonito, entre otros.

Sin embargo, el derrame de hidrocarburo ha conllevado que las especies hidrobiológicas costeras o de bahía, tales como el pejerrey y lenguado, no sean aptas para consumo humano, lo que perjudica a los pescadores artesanales de la zona que ahora no tienen como subsistir.

La empresa Repsol ya ha tenido experiencias anteriores de derrame de petróleo como el ocurrido el 04/02/2013. Repsol, que opera la refinería La Pampilla, fue la responsable del derrame de cinco barriles de crudo a lo largo de 2 km de mar, frente a la playa Cavero.

Comentarios finales y Conclusiones

Los derrames de petróleo generan preocupación en la población que en muchos casos actúan como voluntarios o en otros casos son contratados sin tener experiencia en este tipo de desastres, muchos de los cuales están desprotegidos, sin indumentaria necesaria para eliminar el petróleo vertido en el mar, las playas, las zonas terrestres o en los ríos.

En el caso del derrame de Ventanilla se ha podido apreciar personas tocando zonas contaminadas a mano sin uso del equipo necesario. Las publicaciones sobre impacto en la salud a corto y largo plazo revelan que las actividades de remediación en los lugares estudiados no fueron adecuadas y oportunas⁽⁵¹⁾. La población en general no ha sido educada para enfrentar estas emergencias que pueden ocurrir en cualquier momento y en lugares menos esperados.

El sector salud debe tomar acciones para evitar la expansión epidémica del siniestro provocado por el derrame de petróleo que pueden causar la propagación de enfermedades físicas y mentales. Se debe investigar el contenido de residuos de hidrocarburos en las especies marinas, de ríos y de tierra utilizados para el consumo humano y que pueden afectarse por los derrames de petróleo. Se debe investigar a las poblaciones aledañas a las zonas de expansión del derrame de petróleo en cuanto se ha afectado su salud. Igualmente hacer un monitoreo de contaminantes aéreos, COVs y de metales pesados, todos los cuales se elevan por los derrames de petróleo.

La remediación y las acciones inmediatas ante desastres ecológicos deben ser puntos a considerar por nuestros gobernantes, debido que a lo largo del tiempo se han evidenciado diversos sucesos. Dentro de los puntos de consideración de la remediación debe ser la protección de los ecosistemas marinos, el manejo sostenible de la pesca, y el turismo ecológico.

Los reportes en la literatura contribuyen a ampliar el conocimiento sobre los efectos a largo plazo de los derrames de petróleo en la salud, considerando la necesidad de estudios longitudinales en poblaciones aledañas a las zonas directamente afectadas por estos desastres ecológicos.

Referencias bibliográficas

- Vergara I, Pizarro F.** Manual. Control de derrame de petróleo. OCMI-IMCO. Viña del Mar: Chile. 1981:1-582.
- Pena PGL, Northcross AL, Lima MAG, Rêgo RCF.** The crude oil spill on the Brazilian coast in 2019: the question of public health emergency. *Cad Saude Publica.* 2020;36(2):e00231019. English, Portuguese. doi: 10.1590/0102-311X00231019. Erratum in: *Cad Saude Publica.* 2020;36(3):eER231019.
- Wang Z, An C, Lee K, Owens E, Boufadel M, Feng Q.** Dispersion modeling of particulate matter from the in-situ burning of spilled oil in the northwest Arctic area of Canada. *J Environ Manage.* 2022 ;301:113913. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113913. Epub 2021 Oct 11.
- Bruckberger MC, Morgan MJ, Walsh T, Bastow TP, Prommer H, Mukhopadhyay A, Kaksonen AH, Davis G, Puzon GJ.** Biodegradability of legacy crude oil contamination in Gulf War damaged groundwater wells in Northern Kuwait. *Biodegradation.* 2019;30(1):71-85. doi: 10.1007/s10532-019-09867-w.
- Fürtauer S, Hassan M, Elsherbiny A, Gabal SA, Mehanny S, Abushammala H.** Current Status of Cellulosic and Nanocellulosic Materials for Oil Spill Cleanup. *Polymers (Basel).* 2021;13(16):2739. doi: 10.3390/polym13162739.
- Crone TJ, Tolstoy M.** Magnitude of the 2010 Gulf of Mexico oil leak. *Science.* 2010;330(6004):634. doi:v10.1126/science.1195840.
- Nance E, King D, Wright B, Bullard RD.** Ambient air concentrations exceeded health-based standards for fine particulate matter and benzene during the Deepwater Horizon oil spill. *J Air Waste Manag Assoc.* 2016;66(2):224-36. doi: 10.1080/10962247.2015.1114044.
- Peterson CH, Rice SD, Short JW, Esler D, Bodkin JL, Ballachey BE, Irons DB.** Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. *Science.* 2003;302(5653):2082-6. doi: 10.1126/science.1084282.
- Bruckberger MC, Morgan MJ, Bastow TP, Walsh T, Prommer H, Mukhopadhyay A, Kaksonen AH, Davis GB, Puzon GJ.** Investigation into the microbial communities and associated crude oil-contamination along a Gulf War impacted groundwater system in Kuwait. *Water Res.* 2020;170:115314. doi: 10.1016/j.watres.2019.115314. Epub 2019 Nov 18. PMID: 31835139.
- Fowler SW, Price ARG.** Contaminant enrichment and toxicity of the Gulf's sea surface microlayer: Baseline for determining long-term persistence. *Mar Pollut Bull.* 2022;174:113267. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.113267.
- Owusu BA, Lim A, Intawong C, Rheapumikankit S, Suksri S, Ingviya T.** Haematological, renal, and hepatic function changes among Rayong oil spill clean-up workers: a longitudinal study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2022 Jan 30. doi: 10.1007/s00420-022-01834-y.
- Ingviya T, Intawong C, Abubaker S, Strickland PT.** Exposure Assessment of Rayong Oil Spill cleanup workers. *Expo Health.* 2020;12(4):617-628. doi: 10.1007/s12403-019-00320-0.
- Carmo EH, Teixeira MG.** Technological disasters and public health emergencies: the case of oil spill on the Brazilian coast. *Cad Saude Publica.* 2020;36(2):e00234419. English, Portuguese. doi: 10.1590/0102-311X00234419.
- Soares MO, Teixeira CEP, Bezerra LEA, Rabelo EF, Castro IB, Cavalcante RM.** The most extensive oil spill registered in tropical oceans (Brazil): the balance sheet of a disaster. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022:1-9. doi: 10.1007/s11356-022-18710-4. Epub ahead of print.
- López L.** Derrames de petróleo y sus efectos en el carbono orgánico de suelos y sedimentos. *Bol. Acad. Ciencias Fis. Mat. Nat.* 2021; 81(1):25-28.
- Edgar GJ, Kerrison L, Shepherd SA, Veronica Toral-Granda M.** Impacts of the Jessica oil spill on intertidal and shallow subtidal plants and animals. *Mar Pollut Bull.* 2003;47(7-8):276-83. doi: 10.1016/S0025-326X(03)00156-5.
- Velásquez Arias JA.** Contaminación de suelos y cuerpos de agua por hidrocarburos en Colombia: Fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Tesis de Especialización en Biotecnología Agraria. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Yopa, Casanare: Colombia. 2016:1-51.
- Yu H, Wu M, Duan G, Gong X.** One-step fabrication of eco-friendly superhydrophobic fabrics for high-efficiency oil/water separation and oil spill cleanup. *Nanoscale.* 2022;14(4):1296-1309. doi: 10.1039/d1nr07111d.
- Huynh BQ, Kwong LH, Kiang MV, Chin ET, Mohareb AM, Jumaan AO, Basu S, Geldsetzer P, Karaki FM, Rehkopf DH.** Public health impacts of an imminent Red Sea oil spill. *Nat Sustain.* 2021;4(12):1084-1091. doi: 10.1038/s41893-021-00774-8.
- Linnhan BK, Gomez FM, Huston SM, Hsu A, Takeshita R, Colegrove KM, Harms CA, Barratclough A, Deming AC, Rowles TK, Musser WB, Zolman ES, Wells RS, Jensen ED, Schwacke LH, Smith CR.** Cardiac assessments of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Northern Gulf of Mexico following exposure to Deepwater Horizon oil. *PLoS One.* 2021;16(12):e0261112. doi: 10.1371/journal.pone.0261112.
- Bonatesta F, Emadi C, Price ER, Wang Y, Greer JB, Xu EG, Schlenk D, Grosell M, Mager EM.** The developing zebrafish kidney is impaired by Deepwater Horizon crude oil early-life stage exposure: A molecular to whole-organism perspective. *Sci Total Environ.* 2022;808:151988. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.

- 151988.
22. **Amor-Carro Ó, White KM, Fraga-Iriso R, Mariñas-Pardo LA, Núñez-Naveira L, Lema-Costa B, Villarnovo M, Vereá-Hernando H, Ramos-Barbón D.** Airway Hyperresponsiveness, Inflammation, and Pulmonary Emphysema in Rodent Models Designed to Mimic Exposure to Fuel Oil-Derived Volatile Organic Compounds Encountered during an Experimental Oil Spill. *Environ Health Perspect.* 2020;128(2):27003. doi: 10.1289/EHP4178.
 23. **Takeshita R, Bursian SJ, Colegrove KM, Collier TK, Deak K, Dean KM, De Guise S, DiPinto LM, Elferink CJ, Esbaugh AJ, Griffith RJ, Grosell M, Harr KE, Incardona JP, Kwok RK, Lipton J, Mitchelmore CL, Morris JM, Peters ES, Roberts AP, Rowles TK, Rusiecki JA, Schwacke LH, Smith CR, Wetzel DL, Ziccardi MH, Hall AJ.** A review of the toxicology of oil in vertebrates: what we have learned following the Deepwater Horizon oil spill. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2021;24(8):355-394. doi: 10.1080/10937404.2021.1975182. Epub 2021 Sep 19.
 24. **Magalhães KM, Carreira RS, Rosa Filho JS, Rocha PP, Santana FM, Yogui GT.** Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in fishery resources affected by the 2019 oil spill in Brazil: Short-term environmental health and seafood safety. *Mar Pollut Bull.* 2022; 175:113334. doi: 10.1016/j.marpolbul.2022.113334.
 25. **Krishnamurthy J, Engel LS, Wang L, Schwartz EG, Christenbury K, Kondrup B, Barrett J, Rusiecki JA.** Neurological symptoms associated with oil spill response exposures: Results from the Deepwater Horizon Oil Spill Coast Guard Cohort Study. *Environ Int.* 2019;131:104963. doi: 10.1016/j.envint.2019.104963.
 26. **Chen D, Lawrence KG, Pratt GC, Stenzel MR, Stewart PA, Groth CP, Banerjee S, Christenbury K, Curry MD, Jackson WB 2nd, Kwok RK, Blair A, Engel LS, Sandler DP.** Fine Particulate Matter and Lung Function among Burning-Exposed Deepwater Horizon Oil Spill Workers. *Environ Health Perspect.* 2022 ;130(2):27001. doi: 10.1289/EHP8930.
 27. **Alexander M, Engel LS, Olaiya N, Wang L, Barrett J, Weems L, Schwartz EG, Rusiecki JA.** The deepwater horizon oil spill coast guard cohort study: A cross-sectional study of acute respiratory health symptoms. *Environ Res.* 2018;162:196-202. doi: 10.1016/j.envres.2017.11.044.
 28. **Harville EW, Shankar A, Buekens P, Wickliffe JK, Lichtveld MY.** Self-reported oil spill exposure and birth outcomes among southern Louisiana women at the time of the Gulf oil spill: The GROWH study. *Int J Hyg Environ Health.* 2021;237:113829. doi: 10.1016/j.ijheh.2021.113829.
 29. **Harville EW, Shankar A, Zilversmit L, Buekens P.** Self-Reported Oil Spill Exposure and Pregnancy Complications: The GROWH Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(7):692. doi: 10.3390/ijerph14070692.
 30. **Harville EW, Shankar A, Zilversmit L, Buekens P.** The Gulf oil spill, miscarriage, and infertility: the GROWH study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2018;91(1):47-56. doi: 10.1007/s00420-017-1257-4.
 31. **Gan N, Martin L, Xu W.** Impact of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Accumulation on Oyster Health. *Front Physiol.* 2021 ;12:734463. doi: 10.3389/fphys.2021.734463.
 32. **Tarnecki AM, Miller C, Sherwood TA, Griffith RJ, Schloesser RW, Wetzel DL.** Dispersed Crude Oil Induces Dysbiosis in the Red Snapper *Lutjanus campechanus* External Microbiota. *Microbiol Spectr.* 2022:e0058721. doi: 10.1128/spectrum.00587-21. Epub ahead of print.
 33. **Denic-Roberts H, Rowley N, Haigney MC, Christenbury K, Barrett J, Thomas DL, Engel LS, Rusiecki JA.** Acute and longer-term cardiovascular conditions in the Deepwater Horizon Oil Spill Coast Guard Cohort. *Environ Int.* 2022;158:106937. doi: 10.1016/j.envint.2021.106937.
 34. **Rusiecki JA, Denic-Roberts H, Thomas DL, Collen J, Barrett J, Christenbury K, Engel LS.** Incidence of chronic respiratory conditions among oil spill responders: Five years of follow-up in the Deepwater Horizon Oil Spill Coast Guard Cohort study. *Environ Res.* 2022;203:111824. doi: 10.1016/j.envres.2021.111824.
 35. **Rung AL, Gaston S, Oral E, Robinson WT, Fontham E, Harrington DJ, Trapido E, Peters ES.** Depression, Mental Distress, and Domestic Conflict among Louisiana Women Exposed to the Deepwater Horizon Oil Spill in the WaTCH Study. *Environ Health Perspect.* 2016;124(9):1429-35. doi: 10.1289/EHP167.
 36. **Rung AL, Oral E, Fontham E, Harrington DJ, Trapido EJ, Peters ES.** The Long-Term Effects of the Deepwater Horizon Oil Spill on Women's Depression and Mental Distress. *Disaster Med Public Health Prep.* 2019;13(2):183-190. doi: 10.1017/dmp.2018.14.
 37. **Peres LC, Trapido E, Rung AL, Harrington DJ, Oral E, Fang Z, Fontham E, Peters ES.** The Deepwater Horizon Oil Spill and Physical Health among Adult Women in Southern Louisiana: The Women and Their Children's Health (WaTCH) Study. *Environ Health Perspect.* 2016;124(8):1208-13. doi:10.1289/ehp.1510348.
 38. **Chong A, Srebot C.** Environmental Disasters and Mental Health: Evidence from Oil Spills in the Peruvian Amazon. *ICEPP Working Papers.* 146. 2019. <https://scholarworks.gsu.edu/icepp/146>
 39. **Bonvicini S, Bernardini G, Scarponi GE, Cassina L, Collina A, Cozzani V.** A methodology for Response Gap Analysis in offshore oil spill emergency management. *Mar Pollut Bull.* 2022;174:1132-272. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.113272.
 40. **Zamparas M, Tzivras D, Dracopoulos V, Ioannides T.** Application of Sorbents for Oil Spill Cleanup Focusing on Natural-Based Modified Materials: A Review. *Molecules.* 2020;25(19):4522. doi: 10.3390/molecules25194522.
 41. **Machalowski T, Wysokowski M, Petrenko I, Fursov A, Rahimi-Nasrabadi M, Amro MM, Meissner H, Joseph Y, Fazilov B, Ehrlich H, Jesionowski T.** Naturally pre-designed biomaterials: Spider molting cuticle as a functional crude oil sorbent. *J Environ Manage.* 2020;261:110218. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110218.
 42. **Parra F, Manrique H, Martínez V.** Derrames de petróleo y afectación a la salud materno infantil en pueblos indígenas de la Amazonía Peruana: Un Análisis exploratorio desde los determinantes de la salud. Informe Final (PBA1AR12-179). Universidad del Pacífico: Lima, 2019:1-96
 43. **Orta-Martínez M, Rosell-Melé A, Cartró-Sabaté M, O'Callaghan-Gordo C, Moreda-Cibrián N, Mayor P.** First evidences of Amazonian wildlife feeding on petroleum-contaminated soils: A new exposure route to petrogenic compounds? *Environ Res.* 2018;160:514-517. doi: 10.1016/j.envres.2017.10.009.
 44. **León A, Zúñiga A.** La sombra del petróleo: Informe de los derrames

- petroleros en la amazonía peruana entre el 2000 y el 2019. Coordinadora Nacional de Derechos Humanos: Lima. 2020: 1-94
- 45. Medrano Recuay U.S.** “Análisis de la fiscalización ambiental de los derrames de petróleo en el oleoducto norperuano desde el enfoque de la regulación”. Tesis para optar el grado académico de magíster en regulación de servicios públicos. PUCP: Lima. 2019:1-152.
- 46. Aliaga Tejada A.** Imposición de medidas correctivas por OEFA y su cumplimiento en el caso de la Laguna Shanshococho. Tesis de Segunda especialización en Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales. Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima. 2017:1-32.
- 47. Gonzales G, Ordoñez C, Vásquez-Velásquez, C.** Derrame de petróleo en ventanilla, Callao, enero del 2022. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna, 2022;35(1):47-49. <https://doi.org/10.36393/spmi.v35i1.658>
- 48. Zhen Z, Li D, Li Y, Chen S, Bu S.** Trajectory and weathering of oil spill in Daya bay, the South China sea. Environ Pollut. 2020 ;267:115562. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115562. Epub 2020;Sep 8. PMID: 33254699.
- 49. MINAM.** Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen disposiciones complementarias. Normas Legales El Peruano. 2017;6-9.
- 50. Ordoñez-Aquino C.** Identificación de Compuestos Orgánicos Volátiles en Lima, Metropolitana, Perú. En. Gonzales Gf, Raraz O, Vásquez-Apéstegui V (Editores): La contribución peruana al Regional GEOHealth Hub centered in Peru. Universidad Peruana Cayetano Heredia: Lima. 2020:63-76.
- 51. Vasquez-Velásquez C, Ordoñez-Aquino C, Gonzales G.** Derrame de petróleo y sus efectos sobre la salud. Acta Médica Peruana. 2022;39(1):96-98. <http://dx.doi.org/10.35663/amp.2022.391.2330>

Contribución de autoría: Carol Ordoñez, Cinthya Vásquez-Velásquez y Gustavo F. Gonzales han participado en la concepción del artículo, la recolección de datos, su redacción, revisión científica y aprobación de la versión final.

Conflicto de interés: Los autores no tienen conflicto de interés con la publicación de este trabajo.

Financiamiento: Autofinanciado.

Citar como: Ordoñez C, Vásquez-Velásquez C, Gonzales G. Derrame de petróleo, un desastre ecológico: revisión bibliográfica sobre su impacto en la salud. Diagnóstico (Lima). 2022;61(4):381-390.

DOI: <https://doi.org/10.33734/diagnostico.v61i4.408>

Correspondencia: Cinthya Vásquez Velásquez

Correo electrónico: cinthya.vasquez.v@upch.pe

Teléfono: +51 (01) 319-0000 (anexo:21312).



**FUNDACIÓN
INSTITUTO HIPÓLITO UNANUE**

CORREO ELECTRÓNICO:

fihu-diagnostico@alafarpe.org.pe

WEB:

www.fihu.org.pe