

# Efectos del derrame de petróleo en la Refinería la Pampilla en las costas del litoral marino, Lima (Perú)

Effects of the oil spill at the La Pampilla Refinery on the seacoast of Lima (Peru)

Víctor Pulido Capurro<sup>1\*</sup>, Fortunato Escobar-Mamani<sup>2</sup>, César Arana Bustamante<sup>3</sup> y Edith Olivera Carhuaz<sup>4</sup>

## Abstract

The oil spill that occurred on the seacoast of the La Pampilla Refinery has caused an environmental disaster of incalculable dimensions. Reports indicate that the product of the spill is 11,900 barrels of oil and the spread of crude oil is 1,739,000 square meters, which includes 24 contaminated Pacific beaches and 116 square kilometers impacted by the oil, between sea and land. The spilled oil has been displaced by marine currents in a northerly direction, affecting the habitats and biodiversity of the 512 hectares of the Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras National Reserve and the 1758.1 hectares of the Ancón Reserved Zone. Nearly 500 species of invertebrates, marine algae, birds and mammals have been directly affected and it is likely that they will not return to the habitats where they resided before the spill, and which have been destroyed by the contamination. The objective of the editorial is to describe the possible environmental effects of the oil spill, which contravenes the “human-environment interaction”, while providing inputs for academic debate so that scientists can propose remediation strategies for the environmental disaster in favor of biodiversity conservation and sustainability. The Revista de Investigaciones Altoandinas is always attentive to everything that may be detrimental to the environment and human health, especially to induce the balance of “interaction between humans and the environment” from different disciplines and institutions of knowledge.

**Keywords:** oil spill, pollution, Pacific Ocean, coastal marine ecosystems, environmental disaster.

## Resumen

El derrame de petróleo ocurrido en el litoral marino de la Refinería La Pampilla, ha ocasionado un desastre ambiental de dimensiones incalculables. Los reportes indican que el producto del derrame es de 11900 barriles de petróleo y el esparcimiento del crudo es de 1,739,000 metros cuadrados, que comprende 24 playas del Pacífico contaminadas y 116 kilómetros cuadrados impactados por el petróleo, entre mar y tierra. El petróleo derramado se ha desplazado por efecto de las corrientes marinas en dirección norte, afectando a los hábitats y la biodiversidad de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras en 512 hectáreas y la Zona Reservada Ancón en 1758.1 ha. Cerca de 500 especies de invertebrados, algas marinas, aves y mamíferos han sido afectadas directamente y es probable que no vuelvan a los hábitats donde residían hasta antes del derrame y que han sido destruidos por la contaminación. El objetivo de la editorial, es describir los posibles efectos ambientales por derrame de petróleo, que, en sí, contraviene la “interacción entre el ser humano y el medioambiente”, al tiempo de proveer insumos para el debate académico y que los científicos y puedan proponer estrategias de remediación al desastre ambiental ocurrido a favor de la conservación de la biodiversidad y la sustentabilidad. La Revista de Investigaciones Altoandinas está siempre atenta a todo cuanto pueda ser perjudicial al medio ambiente y a la salud humana, sobre todo, inducir al equilibrio de “interacción entre el ser humano y el medio ambiente” desde distintas disciplinas e instituciones del saber.

**Palabras clave:** Derrame de petróleo, contaminación, océano Pacífico, ecosistemas marino costeros, desastre ambiental.

**Recibido:** 20/01/2022

**Aceptado:** 31/01/2022

**Publicado:** 21/02/2022

**Sección:** Editorial

\*Corresponding author: [pulidoc@hotmail.com](mailto:pulidoc@hotmail.com)

En el libro *La Primavera Silenciosa* escrito en 1962 por Rachel Carson, muestra el vigor de su postura ética ambiental cuando pregunta ¿cómo es posible que los seres humanos intenten dominar a algunas especies por medio del uso de agrotóxicos de manera voluntaria o involuntaria?, si sus consecuencias serían contraproducentes para la humanidad. En la búsqueda de respuestas, recomendó cuatro aspectos éticos: vivir en armonía con la naturaleza; preservar y aprender de los lugares naturales del mundo; minimizar el impacto de los productos químicos hechos por el hombre en los sistemas naturales; y considerar las implicaciones de todas las acciones humanas en la red global de la vida (DeMarco, 2017).

De ellos se desprende que la acción humana sobre la naturaleza, como el reciente derrame de petróleo, no

es solo perjudicial para la flora, la fauna silvestre y los recursos hidrobiológicos sino contra la misma humanidad; por lo que, las acciones que se emprendan deben ser

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Medicina Humana, Universidad Privada San Juan Bautista, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9238-5387>.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3922-4621>.

<sup>3</sup>Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7566-5205>.

<sup>4</sup>Escuela Profesional de Medicina Humana, Universidad Privada San Juan Bautista, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7400-8625>.

**Cómo citar:** Pulido Capurro, V., Escobar-Mamani, F., Arana Bustamante, C. y Olivera Carhuaz, E. (2022). Efectos del derrame de petróleo en la Refinería la Pampilla en las costas del litoral marino, Lima (Perú) *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 5–8. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.411>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

siempre compatibles con la conservación de la diversidad biológica y cultural, en pro de la sustentabilidad ecológica (Escobar-Mamani y Pulido Capurro, 2021).

No obstante, la narrativa de una mirada en retrospectiva trae a la memoria que la historia de los derrames de petróleo está llena de lamentables escenarios de muerte, contaminación y desolación. El 15 de enero del 2022, el mar de Ventanilla, en Lima, Perú, se teñía de negro como consecuencia del derrame de petróleo ocurrido cuando la embarcación *Mare Dorium*, de origen italiano, desarrollaba sus actividades de carga y descarga del crudo, en el terminal de boyas 2 de la Refinería la Pampilla, en Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao (Ministerio del Ambiente, 2022a). La editorial a consideración responde al análisis documental o contenido caracterizado por su orientación fundamentalmente empírica, exploratoria, vinculada a fenómenos reales y predictiva de relevancia coyuntural, en el periodo comprendido entre el 15 de enero y el 10 de febrero. Se analizó la información de documentos de organismos públicos nacionales e internacionales, normas legales, así como artículos científicos de bases indexadas.

El derrame de petróleo ha generado impactos ambientales, sociales y económicos en la población residente y sobre la flora y la fauna silvestre, que habita en el litoral costero de Ventanilla y otras localidades cercanas. Se sabe que son 11,900 barriles de petróleo los que han ido al mar por lo que es considerado un derrame de gran magnitud ya que supera las 700 toneladas (ITOPF, 2020); sin embargo, Repsol indica que fueron 10 396 barriles. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) señaló que el área afectada por el derrame de petróleo fue de 1 800 490 metros cuadrados de suelo y 7 139 571 m<sup>2</sup> de mar y comprenden Ventanilla, la Zona Reservada de Ancón en 1758.1 ha, la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras en 512 hectáreas aproximadamente y las playas de Chancayllo y Chancay (Ministerio del Ambiente, 2022c).

Además de los efectos ambientales y biológicos hay que tener en cuenta los sociales y económicos. Un importante sector que reside en el litoral marino depende para su subsistencia de los ingresos obtenidos por la pesca artesanal y el turismo (Quispe-Villanueva, 2022) que fue paralizado debido al bloqueo y declaración de emergencia de las playas afectadas. Pasaron siete días después de conocerse el derrame de petróleo en la costa peruana, para que, el Ministerio del Ambiente declare la emergencia ambiental, el 22 de enero de 2022, a través de la Resolución Ministerial 021-2022-MINAM, la cual señala que el derrame “constituye un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica, y un alto riesgo para la salud pública”, a fin de “garantizar el manejo sostenible de la zona afectada, realizando los correspondientes trabajos de recuperación y remediación para mitigar la contaminación ambiental, a fin de proteger la salud de la población”; y aprobar el Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para remediar el área afectada (Ministerio del Ambiente, 2022b).

El Grupo Repsol del Perú tiene a su cargo desde 1996, la administración de la Refinería la Pampilla y las operaciones de desembarque de petróleo. En tal caso la responsabilidad directa del derrame petrolero es de la Empresa Repsol que actuó con negligencia porque

no activó la alerta temprana ante la fuga de petróleo y no corrigió el hecho de inmediato. Repsol señala que la ruptura de los ductos de descarga se debió al oleaje anómalo que se produjo por la erupción de un volcán submarino en Tonga. En estas circunstancias, intervinieron varios factores; uno de ellos la poca capacidad que hubo para detectar una fuga de petróleo a fin de adoptar las medidas correctivas. En ese sentido los sistemas de control no han estado funcionando apropiadamente, ya que usualmente el sistema tiene válvulas que miden la presión en la hidrostática lo que permite detectar si hubo fuga. *Sensu stricto* se desconoce la cantidad de petróleo que se ha derramado en el mar, probablemente porque el sistema de control de flujo no habría estado funcionando. También posiblemente hubo una ruptura, posteriormente se cierra la válvula y mientras el barco se aparta, la manguera queda flotando y arrojando petróleo al mar. Ahora bien, estos sistemas de resguardo se cierran de forma automática, ante cualquier circunstancia. Un factor adicional es que el personal no habría estado debidamente capacitado en situaciones de riesgo y por tanto no han seguido los protocolos que les hubiera permitido responder con eficacia.

La severidad de los impactos generalmente depende de varios factores como la cantidad y el tipo de derrame de petróleo, condiciones ambientales, la fragilidad de los hábitats y la sensibilidad de los organismos vivos (Guerrero-Usedá, 2021). Cuando se derrama petróleo en el mar, se forma una mancha que es una fina capa aceitosa que flota sobre la superficie del mar, donde se producen procesos advectivos a gran escala dominados por corrientes marinas, las olas y los vientos que transportan a la mancha a una velocidad de cientos de metros por día y también se producen lentos procesos de difusión de baja escala que remodelan la mancha, los mismos que pueden ser del orden de centímetros a metros por día y que son responsables de modificar la concentración de contaminantes (Ramírez, 2021). La mancha de petróleo actualmente sigue en dispersión debido a la tardía acción de la empresa responsable (Ministerio del Ambiente 2022c) y las entidades gubernamentales.

La dimensión de la catástrofe ecológica ocurrida por efecto del derrame petrolero es consecuencia de la implementación inadecuada de un Plan de Contingencia por parte de la empresa. OEFA, ha impuesto una multa a Repsol por incumplimiento en la identificación de las zonas afectadas que asciende a 100 UIT, equivalentes a S/ 460 000. Cada vez que ocurre un derrame de petróleo, el público pierde la fe en sus autoridades y en las compañías petroleras la capacidad de implementar respuestas efectivas para mitigar los impactos (Walker *et al.* 2015). El derrame ocurrido es altamente peligroso no solo para los organismos marinos, sino también para otros ecosistemas costeros como es el caso de los humedales (Aponte *et al.* 2022) y las Áreas Naturales Protegidas marinas.

Aunque no se tiene cifras exactas del número de especies, en la zona del derrame, la biodiversidad es altamente representativa. El Catálogo Ilustrado de Macroalgas de la Costa Central del Perú, reporta 87 especies, incluyendo 67 Rhodophyta, 10 Chlorophyta y 10 Phaeophyceae (Arakaki *et al.*, 2018; Carbajal *et al.*, 2018). Para el Callao se reporta 40 especies de macroalgas de las cuales 24 son de Rodophyta, 8 de Chlorophyta y 8 de Ochrophyta (Carbajal *et al.*, 2019). El número de especies de

algas para la zona del derrame es aproximadamente de 100 especies. En el litoral marino rocoso de Lima se han registrado 175 especies de invertebrados marinos, pertenecientes a 126 géneros, 76 familias, 39 órdenes y 11 Phyla; la mayoría fueron moluscos con 79 especies, crustáceos 44 especies y poliquetos 30. En el litoral marino rocoso de Ancón se han registrado 151 especies de invertebrados (Paredes *et al.*, 1999).

En la orilla rocosa se ha registrado 87 especies, excluyendo los briozoos encostrantes y los nemátodos (Paredes y Tarazona, 1980). En la playa arenosa es frecuente encontrar a *Emerita analoga* muy muy, *Occipode gaudichaudi* el cangrejo carretero. Los mamíferos más representativos son *Otarya byronia* lobo chusco, *Otarya flavescens* lobo fino y *Lontra felina*, nutria de mar. Para las aves, tomando como referencia dos de los inventarios más cercanos a la zona de derrame, en los humedales y playa de Ventanilla se reportan 78 especies: 52 residentes, 18 migratorias neárticas, tres migratorias altoandinas, dos migratorias antárticas y tres ocasionales (Álvarez y Iannacone, 2008), mientras que en el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa se han registrado 211 especies de aves, de las cuales 97 son residentes, 82 migratorias y 32 visitantes ocasionales (Pulido *et al.*, 2020). En cuanto a las aves migratorias el impacto debe ser mucho mayor debido a que esta es la época de migración (setiembre-marzo) y alrededor de 60 especies provenientes de la Región Neártica como los Scolopacidae, Charadriidae, Laridae, están sufriendo por la contaminación de los hábitats en el litoral marino. Se estima que en total cerca al medio millar de especies de la biodiversidad marina, sin contar a los peces, se han visto afectadas.

El derrame petrolero ha traído consecuencias nefastas para la biodiversidad de esta zona del litoral marino y muchas especies probablemente lleguen a sus límites mínimos poblacionales (Villamizar, 2021). Por ello es importante la implementación de centros de rescate a cargo del Estado. SERFOR ha trasladado a las especies afectadas al Parque de las Leyendas, donde se ha acondicionado un Centro de Rescate, donde se han recuperado cerca de mil ejemplares de aves especialmente de *Phalacrocorax brasilianus* y *Sula variegata*.

Siguiendo la cronología de los acontecimientos el Ministerio del Ambiente no reaccionó oportuna ni apropiadamente ante el derrame petrolero. Efectivamente las autoridades del Gobierno reaccionaron después de dos a tres días, cuando el derrame ya era de conocimiento público a través de los medios de comunicación. Y los mensajes que transmitían a la población denotaban el desconocimiento de la situación y la magnitud del derrame petrolero. También hay que considerar que los funcionarios de alto nivel en el tema ambiental, especialmente del Ministerio del Ambiente no son reconocidos por la sociedad civil como defensores del ambiente, ambientalistas o conservacionistas sino como burócratas cumpliendo una misión para lo cual académicamente no están preparados.

La recuperación del ecosistema costero marino dependerá de la cantidad de petróleo derramado y del trabajo de contención que viene haciendo los diversos actores; aunque la fase de limpieza podría demorar varios meses, mientras que muchos de los efectos secundarios y crónicos del derrame podrían durar decenas de años (Ainsworth *et al.* 2018; Fallon *et al.* 2021). En las fases

finales del derrame, las bacterias marinas se encargan de procesar lo que queda del hidrocarburo; esta propiedad es la que permite utilizar a estos organismos en procesos de bioestimulación y bioaumentación (Sayed *et al.* 2021). De allí la necesidad de elaborar una metodología para la valorización del daño por la comisión de delitos ambientales, ya que su inexistencia impide la cuantificación de los daños ambientales y no permite el accionar del Ministerio del Ambiente.

Las escalas de tiempo y la importancia relativa de los procesos dependen de factores ambientales y específicos del derrame, como la cantidad de petróleo derramado, las características fisicoquímicas iniciales del petróleo y las condiciones meteorológicas y del estado del mar (Keramea *et al.* 2021). El derrame de petróleo producido en las costas marinas de la refinería de la Pampilla ha sido un acto de negligencia de la empresa Repsol que no adoptó las medidas correctivas correspondientes inmediatamente. Sumado a ello se ha escondido información a tal punto que no existe hasta ahora la certidumbre del total de barriles que han sido arrojados al mar. Las labores de limpieza continúan lentamente, sin la efectividad y rapidez requerida. La población local que depende de los recursos se ha visto perjudicada por el envenenamiento de las aguas.

La biodiversidad se ha visto afectada en cerca de medio millar de especies como los invertebrados marinos, las algas y el tiempo que transcurre para el proceso de remediación del ecosistema es incalculable. Para ello es necesaria la ejecución del Plan de Acción de Inmediato y Corto Plazo, en el marco de la Declaratoria de Emergencia Ambiental (DEA) en la zona marino costera. Es importante aprender de este terrible desastre para evitar futuras acciones inadecuadas por todos los componentes privados y estatales encargados de la industria petrolera. Recordemos que hay en el Perú varias regiones con alto riesgo ambiental, incluyendo una Planta de Fraccionamiento de Líquidos de Gas Natural cerca de la Reserva Nacional de Paracas en Pisco, Ica y el Oleoducto Norperuano que desde la Amazonia atraviesa los Andes para desembocar en el mar tropical del norte.

Dentro del contexto referido, la Revista de Investigaciones Altoandinas patrocinada por la Universidad Nacional del Altiplano, desea generar un espacio de debate y reflexión acerca del reciente derrame de petróleo acontecido en el litoral peruano y proveer de insumos para el debate académico, de tal manera que los científicos puedan relevar sus consecuencias a la luz de los acontecimientos; consecuencias y efectos del desastre ambiental ocurrido en las costas marinas de la Refinería la Pampilla en Ventanilla. Acciones, que deben poner en alerta procesos similares en otras regiones del Perú y del mundo sea en la Amazonia, en los Andes y sus valles interandinos.

La Revista de Investigaciones Altoandinas, está siempre atento a todo cuanto pueda ser perjudicial al ambiente y a la salud humana, sobre todo, inducir al equilibrio de “interacción entre el ser humano y el medio ambiente”, desde distintas disciplinas e instituciones del saber sobre su posible remediación transparente y estas no sean distorsionadas por algunos actores de coyuntura social, política, económica y ambiental, del que induzca a la conservación de la diversidad biológica y cultural, en pro de la sustentabilidad (Escobar-Mamani *et al.*, 2020).

## Referencias

- Ainsworth, C. H., Paris, C. B., Perlin, N., Dornberger, L. N., Patterson, W. F., III, Chancellor, E., Murawski, S., Hollander, D., Daly, K., Romero, I. C., Coleman, F. y Perryman, H. (2018). Impacts of the deepwater horizon oil spill evaluated using an end-to-end ecosystem model. *PLOS ONE*, 13, e0190840. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190840>.
- Álvarez, C. y Iannacone, J. (2008). Nuevos registros de aves en los humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *Biologist*, 6(1), 68–71. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb>.
- Aponte, H., Torrejón-Magallanes, J. y Peréz, A. (2022). Marea negra en el Perú: reflexiones sobre un derrame de petróleo en el Pacífico sudamericano. *South Sustainability*, 3 (1), e44. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e044>.
- Arakaki N., Gil-Kodaka P., Carbajal P., Gamarra A. y Ramírez M.E. (2018). *I- Rhodophyta*. En *Macroalgas de la Costa Central del Perú*. UNALM. <https://bit.ly/3JJMNWv>.
- Carbajal P, Gamarra A, Arakaki N, Gil-Kodaka P. y Ramírez ME. (2019). *Guía para el reconocimiento en campo de las macroalgas del Callao*. Instituto del Mar del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3406>.
- DeMarco, P. M. (2017). Rachel Carson's environmental ethic - a guide for global systems decision making. *Journal of Cleaner Production*, 140, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.058>.
- Escobar-Mamani, F., Branca, D. y Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22 (4), 311–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.191>.
- Escobar-Mamani, F. y Pulido Capurro, V. (2021) Biodiversidad y científicos viajeros: una visión desde los Andes. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23 (1), 5–9. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.238>.
- Fallon, J. A., Goodchild, C., DuRant, S. E., Cecere, T., Sporenberg, D. P. Hopkins, W. A. (2021). Hematological and histological changes from ingestion of Deepwater Horizon crude oil in zebra finches (*Taeniopygia guttata*). *Environmental Pollution*, 290, 118026. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118026>.
- Guerrero-Useda, M. (2021). Equilibrio ambiental, extracción petrolera y riesgo de desastres en el oleoducto trasandino colombiano. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 6(3), 86–101. <https://doi.org/10.25214/27114406.1113>.
- ILOPF. (2021). Oil Tanker Spill Statistics 2021. <https://bit.ly/34SbroY>.
- Keramea, P.; Spanoudaki, K.; Zodiatis, G.; Gikas, G.; Sylaios, G. (2021). Oil Spill Modeling: A Critical Review on Current Trends, Perspectives and Challenges. *J. Mar. Sci. Eng.*, 9, 181. <https://doi.org/10.3390/jmse9020181>.
- Ministerio del Ambiente. (2022a). *Ministro del Ambiente recaba información sobre verdaderas causas del derrame de petróleo en nuestro litoral*. Consultado el 24 de enero del 2022. <https://bit.ly/3I7hJ2f>.
- Ministerio del Ambiente (2022b, 21 de enero). *Resolución Ministerial N° 021 -2022-MINAM. Declaran en emergencia ambiental área geográfica que comprende la zona marina costera y aprueban Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la atención de la emergencia ambiental*. Diario oficial El Peruano. <https://bit.ly/3JGs13b>.
- Ministerio del Ambiente (2022c). *Reporte de Ocurrencias N° 07 – Derrame de Petróleo en los Islotes de Pescadores de la RN Sistemas de Islas, Islotes Y Puntas Guaneras y de la Zona Reservada Ancón*. MINAM. <https://bit.ly/3sSDUmH>.
- Paredes, C. y J. Tarazona. (1980). Las comunidades de mitílidos del mediolitoral rocoso del Departamento de Lima. *Rev. Per. Biol.*, 2(1), 59–71. <https://doi.org/10.15381/rpb.v2i1.8362>.
- Paredes, C.; Franz Cardoso, F. y Tarazona, J. (1999). Invertebrados del intermareal rocoso del departamento de Lima, Perú: una lista comentada de especies. *Revista Peruana de Biología*, 6 (2), 143–151. <https://bit.ly/3h06gpr>.
- Pulido V, Salinas L, del Pino J. y Arana C. (2020). Preferencia de hábitats y estacionalidad de las especies de aves de los Pantanos de Villa en Lima, Perú. *Revista peruana de biología*, 27 (3), 349–360. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18681>.
- Quispe-Villanueva, M. 2022. Más tránsito de hidrocarburos en nuestro mar: ponen en peligro nuestros alimentos de origen marino. *Rev. Investigaciones ULCB.*, 9 (1), 125–131. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2022v9n1.011>.
- Ramírez, A. (2021). Análisis de los derrames de hidrocarburos procedente de buques y su gestión en el Perú. *Rev. Inst. Investig. Fac. minasmetal. cienc. geogr.*, 24 (48), 143–152. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21770151>.
- Sayed, K., Baloo, L. y Sharma, N. K. (2021). Bioremediation of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) by bioaugmentation and biostimulation in water with floating oil spill containment booms as bioreactor basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 2226. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052226>.
- Villamizar, E. (2021). Impactos de los derrames de petróleo sobre los arrecifes coralinos y sus bienes y servicios ecosistémicos. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 81 (1), 45–52. <https://bit.ly/3H4953e>.
- Walker, A.H.; Pavia, R.; Bostrom, A.; Leschine, T.M.; Starbird, K. (2015). Communication practices for oil spills: Stakeholder engagement during preparedness and response. *Human Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21, 667–690. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.947869>.