

Hidrocarburos: contaminación en el Caribe mexicano

Elber José Sandoval Herazo y Manuel Alejandro Lizardi Jiménez

Resumen

El Caribe mexicano es una región de gran importancia económica y biológica. Éste consta de delicados ecosistemas costeros/marinos muy importantes, como los manglares, praderas de pastos marinos y arrecifes de coral. Además, dichos ecosistemas sirven como atractivos turísticos, mitigan fenómenos climáticos y son el sustento o refugio de una gran variedad de especies, razones que hacen de ellos una pieza clave para la conservación del Caribe mexicano. La contaminación por hidrocarburos, producto de la actividad humana, representa problemas para los ecosistemas y la salud pública en nuestra región, motivo por el cual debemos conocer la importancia de los ecosistemas acuáticos y el impacto de los hidrocarburos en ellos.

Palabras clave: Caribe, México, contaminación, hidrocarburo, ecosistemas.

HYDROCARBONS: POLLUTION AT THE MEXICAN CARIBBEAN

Abstract

The Mexican Caribbean is a region of great importance biologically and economically. It consists of very important and delicate coastal/marine ecosystems such as mangroves, seagrass beds and coral reef. Furthermore, they serve as tourist attractions, mitigate climate events and are sustain or refuge of a wide variety of species, all of which make these ecosystems a key piece for Mexican Caribbean conservation. Hydrocarbon pollution, product of human activity, is a problem for ecosystems and public health in the region, reason why we must be aware of the importance of aquatic ecosystems and the impact of hydrocarbons in Mexican Caribbean.

Keywords: Mexican Caribbean, pollution, hydrocarbon, ecosystems.

DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a5>



Elber José Sandoval Herazo

dydelber@gmail.com

Estudiante de la maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca, cursó la licenciatura en Biología General en la Universidad de Sucre, México. Actualmente trabaja en la evaluación de hidrocarburos en costas del Caribe mexicano y el empleo de biorreactores en la remediación en cuerpos de agua. Temas de interés: biorremediación, conservación ambiental y biología molecular.

Manuel Alejandro Lizardi Jiménez

chamarripas@yahoo.com.mx

Doctor en Biotecnología egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México. Se ha enfocado en la implementación de ingeniería en bioprocesos ambientales, principalmente en remediación de sitios contaminados por hidrocarburos empleando criterios como transferencia de masas e hidrodinámica en el diseño de biorreactores y evaluación de hidrocarburos en cuerpos de agua.

Introducción

El Caribe mexicano está ubicado en la península de Yucatán, comprendiendo los territorios costeros y terrestres de los municipios de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Tulum e Isla Mujeres, del estado de Quintana Roo (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2016). Es una región de importancia ecológica y económica (Davenport y Davenport, 2006). En ella se resguardan especies de gran relevancia ambiental, que ayudan a mantener el equilibrio de los distintos ecosistemas (Díaz-Ruiz, Aguirre-León, y Arias-González, 1998); la estabilidad de estos ecosistemas suele ser muy delicada y puede verse afectada gravemente por cambios mínimos en su ambiente.

Existe una gran variedad de compuestos dañinos para los ecosistemas, entre los cuales podemos encontrar los hidrocarburos, que son compuestos constituidos principalmente por carbono e hidrógeno, que pueden producirse de manera natural por efecto de diversos fenómenos como incendios forestales, erupciones volcánicas o diagénesis (comprende todos los cambios físicos, químicos o bioquímicos que ocurren en el sedimento o roca sedimentaria al depositarse por efecto de la circulación de un fluido). Sin embargo, las actividades humanas, principalmente la industrialización y la urbanización, producen una creciente cantidad de emisiones de hidrocarburos que indudablemente representan un problema ambiental serio (Tobiszewski y Namieśnik, 2012).

Figura 1. Mangle rojo
(*Rhizophora mangle*).

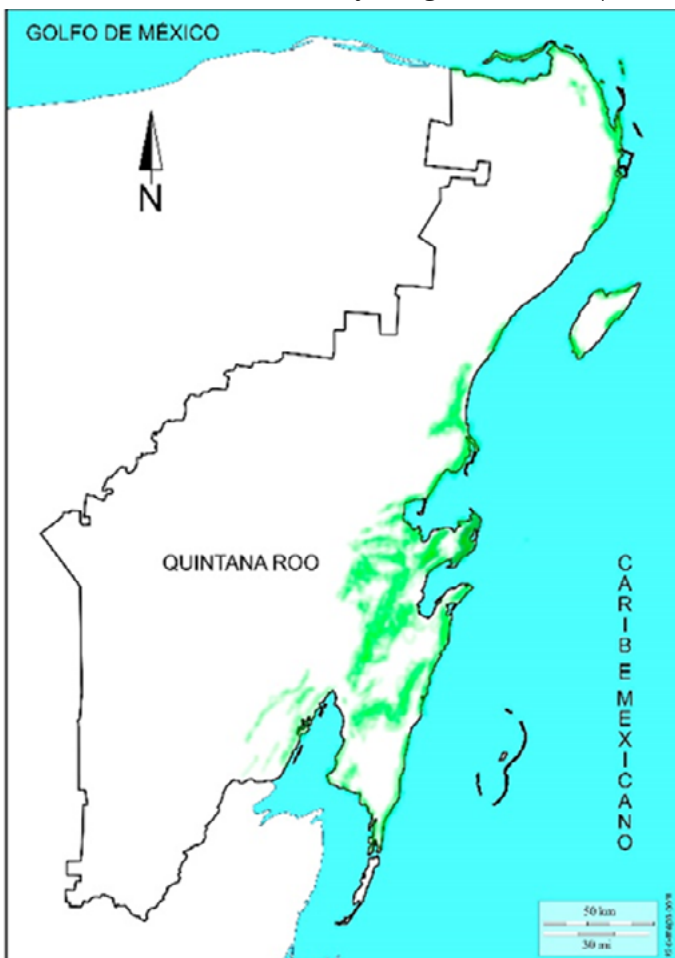


Los cuerpos de agua dulce en el Caribe mexicano se encuentran conectados a través de conductos subterráneos naturales que gracias a las lluvias terminan desembocando en las aguas de las playas, como parte de un proceso natural (Sánchez, Cervantes-Martínez y Herrera, 2015). Por consiguiente, cualquier daño que provoquemos puede esparcirse y contaminar otras zonas cercanas. Gracias al monitoreo en cuerpos de agua dulce de la Riviera Maya, en los últimos años se ha demostrado la presencia de hidrocarburos tóxicos y carcinogénicos (León-Borges y Lizardi-Jiménez, 2017), potencialmente peligrosos para el ambiente y el ser humano, razón por la cual es necesario que conozcamos la importancia de los ecosistemas acuáticos y el impacto de los hidrocarburos en el Caribe mexicano.

Ecosistemas acuáticos representativos del Caribe mexicano

Figura 2. Distribución de manglares en el Caribe mexicano.

Fuente: modificado de https://d-maps.com/carte.php?num_car=30152&lang=es.



El estado de Quintana Roo es el cuarto estado con mayor cantidad de recursos hídricos de México, 6 187.2 hectómetros cúbicos (hm³), lo que lo convierte en un estado de alta disponibilidad de agua. La mayor parte del agua dulce proviene de yacimientos subterráneos (alrededor de 99.8%), mientras que sólo 0.2% representa el agua superficial (Pozo, 2011) Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD).

En el Caribe mexicano podemos encontrar distintos tipos de cuerpos de agua como cenotes, manantiales y ojos de agua, los cuales se interconectan subterráneamente gracias de las cualidades geológicas del terreno cárstico (formado por la erosión producida por el agua). Las características de este terreno facilitan que las aguas, generadas principalmente por lluvia, fluyan y escurran hacia el mar a través de zonas de manantiales y ojos de agua (Sánchez *et al.*, 2015).

Los manglares

A lo largo del Caribe mexicano podemos observar ecosistemas acuáticos de vital importancia como manglares, pastos marinos y arrecifes de coral. Los manglares son ecosistemas compuestos por mangles, plantas con adaptaciones que les permiten crecer en terrenos inundados, donde existe un ingreso de agua salada. En este grupo de plantas se pueden encontrar especies de distintos géneros taxonómicos que comparten adaptaciones semejantes, que cumplen ese mismo objetivo (Alvarez, 2009). En el Caribe mexicano los manglares comprenden alrededor de 129 921 hectáreas, ubicadas en una línea costera de 1 398 Km de largo (ver figura 2).

Los manglares son barreras naturales contra el viento y las mareas, producen gran variedad de nutrientes, que con las mareas son transportados a las costas; también albergan y sirven de protección a crías de especies de peces que consumimos como el bagre, la mojarra o el róbalo. Son los primeros en tener contacto con los contaminantes y tierra que acarrearán las corrientes de ríos y arroyos, actuando como barrera protectora de los arrecifes de coral (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009). La alta productividad y abundancia en detritus orgánico (residuos sólidos provenientes de la descomposición de materia vegetal y animal) de los manglares los hace propensos a la acumulación de hidrocarburos (Olguín, Hernández, y Sánchez-Galván, 2007); razón por la cual será necesario que pasen décadas antes de la recuperación total de los derrames ocurridos en los manglares de los municipios de Altamira y Aldama, Tamaulipas en el año 2018.

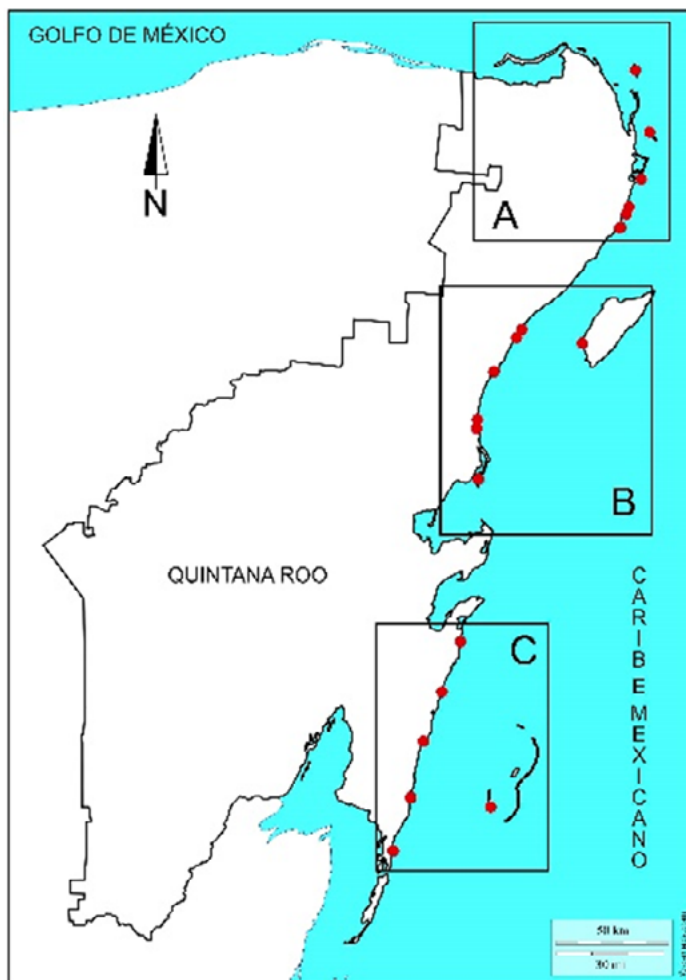


Figura 3. Mangle rojo
(*Rhizophora mangle*).

Los arrecifes de coral

México pertenece al Gran Cinturón de Arrecifes del Caribe, la segunda formación de arrecife más grande del mundo, de aproximadamente 350 Km de extensión, la cual parte desde las inmediaciones de Cancún, extendiéndose hacia el sur intermitentemente hasta el arrecife de Xcalak. Estos arrecifes coralinos están formados principalmente por arrecifes adyacentes a la línea de la costa peninsular (figura 4), sólo siendo separados de ésta por una laguna somera (Chávez-Hidalgo, 2009).

Figura 4. Distribución arrecifes de la costa del Caribe mexicano: a) arrecifes de la zona norte, b) arrecifes de la zona central, c) arrecifes zona sur. Fuente: modificada de Alejandra Chávez Hidalgo.



Los arrecifes de coral ayudan a mantener las poblaciones de peces comerciales, sirviéndoles de alimento y refugio; son un gran atractivo para el turismo; brindan protección a las poblaciones costeras contra tsunamis, tormentas y huracanes —como el huracán Willa, que tras su paso dejó gran cantidad de daños materiales y provocó la evacuación de miles de personas en México—; y en ellos coexisten más de 100 000 especies distintas, que incluyen especies en vía de extinción como tortugas marinas, langostas y tiburones (Moguel-Archila y Martínez de Lemos, 2015). Los arrecifes de coral son ecosistemas muy sensibles, que al entrar en interacción con hidrocarburos su crecimiento y desarrollo se ve afectado significativamente (Guzman, Burns, y Jackson, 1994). Un ejemplo es el trágico derrame de petróleo de *Deepwater Horizon* de 2010 en el Golfo de México, donde se observaron daños en los corales incluso a 11 Km del sitio de explosión y a más de 1 370 m de profundidad, sitios donde sólo sobreviven los corales de aguas más profundas (White *et al.*, 2012).



Figura 5. Arrecife de coral y peces tropicales.

Las praderas de pastos marinos

Las praderas de pastos marinos están compuestas de plantas vasculares (plantas que presentan vasos que facilitan el paso de nutrientes y agua a través de su interior), con flor y fruto, que guardan muchas similitudes con las plantas terrestres, con adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir bajo el agua de mar; estas plantas son muy exitosas en las zonas costeras y su hábitat está ubicado principalmente en aguas de una profundidad no superior a diez metros (López-Caldeón y Riosmena-Rodriguez, 2010). En el Caribe mexicano se identifican tres especies de pastos marinos: *Halodule wrightii*, *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* (Gutiérrez-Aguirre, De La Fuente-Betancourt, y Cervantes-Martínez, 2000).

De los beneficios que brindan podemos encontrar que constituyen una fuente de alimento significativa para animales vertebrados, son capaces de atrapar gran cantidad de sedimento provocando que el agua sea más cristalina (Ferrera-Cerrato, Rojas-Avelizapa, Poggi-Varaldo, Alarcón, y Cañizares-Villanueva, 2006), dan solidez a los cimientos reduciendo la erosión, y contribuyen en la masa relativa de una considerable variedad de organismos. Las principales amenazas que enfrentan los pastos marinos por nuestra causa son la sobreexplotación pesquera, el desarrollo del turismo en las costas y la industrialización (López-Caldeón y Riosmena-Rodriguez, 2010), actividades que están relacionadas con la contaminación por hidrocarburos.



Figura 6. Tortuga verde nadando sobre pasto marino (*Thalassia testudinum*).

Estudios sobre contaminación por hidrocarburos en el Caribe mexicano

A pesar de ser un área con tan importantes recursos hídricos y biológicos, existen pocos estudios sobre la condición de contaminación en el Caribe mexicano que nos permitan tener una perspectiva amplia del estado actual de los cuerpos de agua, en cuanto a hidrocarburos respecta (León-Borges y Lizardi-Jiménez, 2017). Se sabe que la contaminación por hidrocarburos está fuertemente influenciada por la presión de las actividades que ejercemos en la zona con las que introducimos posibles vectores de contaminación, como los vehículos automotores que utilizan gasolina o diésel como combustible, embarcaciones, calefacciones, construcción de carreteras de asfalto, entre otros (Abdel-Shafy y Mansour, 2016).

Los estudios sobre hidrocarburos en el Caribe mexicano han contribuido en el establecimiento de nuevas áreas naturales protegidas, como el caso del trabajo publicado en 2014 por Medina Moreno, donde se estudiaron hidrocarburos en las aguas de los cenotes a lo largo del estado de Quintana Roo (Medina-Moreno, Jiménez-González, Gutiérrez-Rojas, y Lizardi-Jiménez, 2014).

En los estudios realizados durante los años 2012 a 2015 se encontraron en las áreas de Cancún, Playa del Carmen e isla Holbox la presencia de los siguientes hidrocarburos: naftaleno, fenantreno, pireno y benzo(a)pireno;

antraceno en 2013 y 2015; benceno en 2012, 2014 y 2015; y hexadecano en 2012 y 2014. Se identificaron como principales fuentes de estos hidrocarburos la contaminación generada por el asfalto (León-Borges y Lizardi-Jiménez, 2017), que está compuesto por hidrocarburos tóxicos como el naftaleno, fluoreno, pireno, benzo(a)pireno y benzo(a)antraceno (los dos últimos potencialmente cancerígenos) (Brantley y Townsend, 1999). Estos datos son importantes para la identificación de fuentes de contaminación y la generación de alternativas de biorremediación.

En la actualidad en nuestro grupo de trabajo (CONACYT-Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca) estamos investigando la contaminación por hidrocarburos en las costas de Cancún en 2018, teniendo en cuenta el efecto de la actividad turística.

Conclusiones

El Caribe mexicano es una región muy importante para México por sus recursos, tanto a nivel social como económico. Los ecosistemas del Caribe mexicano como manglares, pastos marinos y arrecifes de coral son muy importantes para la conservación de gran número de especies y para mitigar el efecto de algunos fenómenos naturales como huracanes o erosión. Con base en los resultados hallados en investigaciones recientes en cenotes de la Riviera Maya se ha conseguido identificar uno de los posibles contaminantes de los cuerpos de agua: el asfalto, que contiene hidrocarburos potencialmente peligrosos, como el benzo(a)pireno. Es importante, tanto para la preservación de los ecosistemas como para nuestra salud, conocer el estado actual de contaminación por hidrocarburos en las aguas del Caribe mexicano, como mecanismo de prevención o punto de partida para proponer alternativas de remediación.

Referencias

- ❖ Abdel-Shafy, H. I. y Mansour, M. S. M. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 107—123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>.
- ❖ Alvarez, R. (2009). Ecosistemas costeros de la costa Caribe Colombiana: biodiversidad y caracterización ambiental. *Biociencias*, 15, 115—132.
- ❖ Brantley, A. S., y Townsend, T. G. (1999). Leaching of pollutants from reclaimed asphalt pavement. *Environmental Engineering Science*, 16(2), 105—116. DOI: <https://doi.org/10.1089/ees.1999.16.105>.
- ❖ Chávez-Hidalgo, A. (2009). *Conectividad de los arrecifes coralinos del golfo de México y Caribe mexicano* (tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado

de: <http://www.biblioteca.cicimar.ipn.mx/oasis/Medios/tesis/chavezh1.pdf>.

- ❖ Cederstav, A., Lawrence, J., y Quintanilla V. (Eds.) (2014). *La protección de los arrecifes de coral en México: rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad* (1a ed). Recuperado de: https://www.aida-americas.org/sites/default/files/featured_pubs/informe_corales_mexico.pdf.
- ❖ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016). *Estudio previo justificativo para la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, Quintana Roo*, 306. Recuperado de: http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/EPJ_RB_CM_12abril2016_scc.pdf.
- ❖ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2009). *Manglares de México: Extensión y Distribución. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* (2a ed.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/manglaresMexico.pdf>.
- ❖ Davenport, J., y Davenport, J. L. (2006). The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments : A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67, 280—292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.11.026>.
- ❖ Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., y Arias-González, J. E. (1998). Habitat interdependence in coral reef ecosystems: a case study in a Mexican Caribbean reef. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1(3—4), 387—397. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1463-4988\(98\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S1463-4988(98)00026-8).
- ❖ Ferrera-Cerrato, R., Rojas-Avelizapa, N. G., Poggi-Varaldo, H. M., Alarcón, A., y Cañizares-Villanueva, R. O. (2006). Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48, 179—187. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062s.pdf>.
- ❖ Gutiérrez-Aguirre, M. A., De La Fuente-Betancourt, M. G., y Cervantes-Martínez, A. (2000). Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2—3), 313—316.
- ❖ Guzman, H. M., Burns, K. A., y Jackson, J. B. C. (1994). Injury, regeneration and growth of Caribbean reef corals after a major oil spill in Panama. *Marine Ecology Progress Series*, 105(3), 231—242. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps105231>.
- ❖ León-Borges, J.-A., y Lizardi-Jiménez, M. A. (2017). Hydrocarbon pollution in underwater sinkholes of the Mexican Caribbean caused by tourism and asphalt: Historical data series and cluster analysis. *Tourism Management*, 63, 179—186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.06.018>.
- ❖ López-Caldeón, J., y Riosmena-Rodríguez, R. (2010). Pastos marinos en Laguna San Ignacio, Baja California Sur: Un ecosistema desatendido. *CONABIO, Biodiversitas*, 93, 7—10. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv93art2.pdf>.
- ❖ Medina-Moreno, S. A., Jiménez-González, A., Gutiérrez-Rojas, M., y Lizardi-Jiménez, M. A. (2014). Hydrocarbon pollution studies of underwater sinkholes along Quintana Roo as a function of tourism development in the Mexican Caribbean.

Revista Mexicana de Ingeniería Química, 13, 509—516.

- ❖ Olguín, E. J., Hernández, M. E., y Sánchez-Galván, G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(3), 139—154. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0003-4975%2899%2900477-4>.
- ❖ Pozo, C. (Ed.). (2011). *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación* (tomo 2). México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD).
- ❖ Sánchez, I. A., Cervantes-martínez, A., y Herrera, R. A. G. (2015). Evidencia de flujo preferencial al mar, del cenote Caletita, en Cozumel, México. *Ingeniería*, 19(1), 1—12.
- ❖ Tobiszewski, M., y Namieśnik, J. (2012). PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources. *Environmental Pollution*, 162, 110—119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.10.025>.
- ❖ White, H. K., Hsing, P.-Y., Cho, W., Shank, T. M., Cordes, E. E., Quattrini, A. M., ... Fisher, C. R. (2012). Impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deep-water coral community in the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(50), 20303—20308. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1118029109>.

Cómo citar este artículo

- ❖ Sandoval Herazo, Elber José y Lizardi Jiménez, Manuel Alejandro (2019). Hidrocarburos: contaminación en el Caribe mexicano. *Revista Digital Universitaria* (RDU). Vol. 20, núm. 1 enero-febrero. DOI: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v20n1.a5>.

RECEPCIÓN: 15/03/2018 APROBACIÓN: 10/12/2018