

8. Los pasivos ambientales de la industria petrolera. Un estudio preliminar

MIGUEL ALVARADO CARDONA*
J. AURELIO COLMENERO ROBLES**
OBED PARDO SANTOS***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.187.08>

Resumen

Este estudio sobre los pasivos ambientales está enfocado a la industria petrolera, en los escenarios de la fuga del hidrocarburo que transportan los buques petroleros vía marítima y a las causas de los derrames y fugas en áreas terrestres. Las actividades de exploración y de extracción de petróleo en distintos estados de México los lleva a cabo Pemex, importante empresa paraestatal. A consecuencia de la extracción de este recurso energético, suelen ocurrir derrames que afectan distintas regiones agrícolas, ganaderas, humedales o manglares, principalmente en el sureste de México, en razón de su efecto son considerados como pasivos ambientales (PAM). En el periodo de 2000 a 2010, conforme a un reporte de la Profepa, se cuantificaron 1,499 derrames, así como la cantidad de 133 sitios contaminados entre los años de 2008 a 2021 en diez estados. Las causas de estos eventos se pueden atribuir al estado avanzado de corrosión, fallas de materiales, errores de operación y problemas de mantenimiento en la infraestructura. A pesar de

* Maestro en Ciencias. Profesor del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9747-260X>

** Licenciado en Biología. Analista en la Secretaría de Investigaciones y Posgrado de Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4959-7663>

*** Maestro en Administración y Políticas Públicas. Investigador en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4341-9368>

las disposiciones normativas referentes a la actividad de la industria petrolera permanecen muchos sitios que no han sido remediados por la propia paraestatal.

Palabras clave: *Pasivos ambientales, industria petrolera, exploración de petróleo, extracción de petróleo, sitios contaminados por petróleo.*

Introducción

El concepto de pasivo ambiental (PAM) tiene muchos enfoques de acuerdo con ciertos hechos históricos. En la década de los años setenta se usó el concepto en ingeniería, economía e incluso en la arquitectura. El concepto surge a partir de la Ley de Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad Ambiental (CERCLA por sus siglas en inglés). En la economía neoclásica los PAM son obligaciones con gastos futuros por actividades presentes o pasadas. Suele considerarse que los PAM son deudas por daños ambientales no incluidos en la contabilidad de la empresa. En un sentido similar, en las actividades empresariales, el pasivo representa al conjunto de deudas y gravámenes que influyen en la disminución del activo fijo. En el pasado para los economistas los daños ambientales se clasifican como “externalidades” que dañan el ambiente pero que no se hacen responsables de pagar la reparación o compensación, sino que dicha acción debe recaer en la sociedad (Russi y Martínez, 2003, p. 123). En concepto de pasivo ambiental (PAM) al parecer tienen su origen en el vocablo anglosajón *liability*, concepto que cobra popularidad a partir de la década de los años 90, a consecuencia de los impactos ambientales y daños al ambiente generados por las múltiples actividades industriales y/o agroindustriales. Lo que conlleva a establecer la responsabilidad de los causantes y con ello la obligación de reparar el daño y compensar económicamente por los efectos generados. Distintas variantes del PAM han sido establecida por Carbal, Rosales, Hernández y Martínez (2019, p. 502) mostrados en la tabla 1 con base en distintos organismos internacionales.

Tabla 1. Conceptos de PAM por organismos locales e internacionales

<i>Organismo internacional</i>	<i>Concepto</i>
a) Comisión Económica para América Latina (CEPAL)	<i>"Hace referencia a los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente".</i>
b) Comisión Económica Europea (CEE)	<i>"El término se aplica a los casos en que el daño es el resultado de accidentes industriales o de la contaminación gradual causada por sustancias peligrosas o desechos que ingresan al medio ambiente proveniente de fuentes identificables. Así, la responsabilidad ambiental tiene como objetivo hacer que el causante del daño ambiental (el contaminador) pague por remediar el daño que ha causado. Por tanto, la regulación ambiental establece normas y procedimientos para preservar el medio ambiente".</i>
c) Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos	<i>"Obligación legal de hacer un gasto en el futuro por actividades realizadas en el presente y el pasado sobre la manufactura, uso, lanzamiento, o amenazas de lanzar, sustancias particulares o actividades que afectan el medio ambiente de manera adversa".</i>
d) Organización de Naciones Unidas (ONU)	<i>"El reconocimiento de los pasivos ambientales tiene como objetivo hacer que el agente que causa el daño ambiental (el que contamina) pague por reparar el daño que han causado".</i>

Fuente: Adaptado de Carbal *et al.* (2019).

En algunos casos particulares los daños ocasionados por una empresa deberá tener el propósito de cubrir un costo ambiental, debe considerarlo correcto y adecuado. Para que se reconozca un pasivo ambiental es preciso que la administración se haya comprometido a cubrir los costos ambientales correspondientes (NUCD, 1997, p. 9). Esta circunstancia permitió adoptar el "principio precautorio", el cual surgió en la Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo (Artigas, C. 2001).

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente. [Artigas, 2001, p. 11]

La responsabilidad como prevención es el fundamento del principio de precaución. La idea de responsabilidad implica cuatro principios que el

Tratado de Unión Europea fundamenta como: (a) la acción preventiva, (b) la corrección prioritaria ante las degradaciones o daños, (c) el principio contaminación-pagador y (d) el principio de precaución (Cafferata, 2004, p. 164). En el año de 1993, la Comisión Económica Europea (CEE) revisó dicho principio con el fin de ayudar temporalmente a las empresas en proyectos y objetivos ambientales. Los miembros de CEE aplicaron el principio para dar cumplimiento a la propuesta de “quien contaminan paga”. El lema de industria limpia mostraba la coherencia que se había establecido con las políticas de competencia mediante subvenciones, préstamos, desgravaciones fiscales, reducción de impuestos y subsidios en materia ambiental (García, 2001, p. 61). Este nuevo principio tenía un claro objetivo de evitar o reducir el efecto de la contaminación mediante el cumplimiento de nuevas normas o medidas jurídicas equivalentes. En su correcto significado no busca determinar al culpable, sino que la acción de contaminar sea reconocida y reparada (CEPAL, 1991, p. 7).

Los PAM de la industria petrolera en el mundo

La contaminación por derrame de petróleo es una de las formas más graves de daño al ambiente marino y terrestre, lo cual puede ser considerado como un PAM por la magnitud y el tiempo que permanece produciendo graves efectos tóxicos sobre el ambiente y sobre muchos organismos (Ramírez, 2021, p. 144). Los accidentes más graves lo protagonizaron los grandes buques petroleros como el Torrey Canyon que derramó 860,000 barriles de petróleo frente a las costas de Cornwall, Inglaterra en 1967 y el Exxon Valdez, vertió unos 240,000 barriles en el Prince William Sound, Alaska en marzo de 1989. El mayor incidente ocurrió en año 1979, al derramarse 2 160 000 barriles por la colisión de los buques Aegean Caplain y Atlanlic Empress cerca de Trinidad y Tobago (Lozano, 2005, p. 52). En el año 1969, a consecuencia del accidente del buque Torrey Canyon, surge el Convenio internacional sobre responsabilidad civil de daños de la contaminación por hidrocarburos. En su instrumentación se podrá garantizar una indemnización adecuada a las personas damnificadas por contaminación por hidrocarburos. Dicha responsabilidad deberá ser objetiva y concurrente para todos

aquellos propietarios de buques, lo cual obliga a tener un seguro por daños a terceros con el propósito de cubrir los daños causados (Cabo, 2015, p. 15-16).

El petróleo en contacto con el agua marina pasa por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales han sido compilados por Gold (2004, p. 659). Los procesos son los siguientes:

1.-*Dispersión*. Por su naturaleza hidrofóbica, el petróleo se dispersa sobre la superficie del agua, formando grandes manchas, condición que incrementa con el oleaje el área de exposición.

2.-*Fotólisis*. La luz del sol, sobre todo la ultravioleta, modifica la estructura del petróleo, formado principalmente productos de oxidación.

3.-*Emulsificación*. El viento y el oleaje forman una emulsión de agua en aceite conocida como “mouse de chocolate” que al llegar a las playas forma bolas de alquitrán comunes en los litorales.

4.-*Evaporación*. Es un proceso muy rápido, que en unas cuantas horas puede separar hasta la mitad del volumen de petróleo derramado.

5.-*Adsorción*. Por ser una sustancia hidrofóbica, el petróleo tiende a adsorberse sobre las partículas del sedimento en suspensión, así como sobre los organismos del plancton. Este proceso favorece la degradación del petróleo.

6.-*Sedimentación*. El petróleo se adsorbe sobre las partículas en suspensión, incluyendo al plancton, el cual también sedimenta.

7.-*Biodegradación*. Una serie de organismos, particularmente bacterias y hongos, pueden degradar el petróleo, de ahí que se ha desarrollado una tecnología (biorremediación) usando microorganismos para degradar “manchas de petróleo”.

Los PAM de la industria petrolera en México

En México, la actividad socioeconómica que mayor impacto ambiental negativo genera, por la naturaleza y magnitud de sus residuos, es la industria petrolera. El petróleo (no refinado) es un líquido viscoso y negro que se compone de químicos pertenecientes al grupo de los hidrocarburos. Los hidrocarburos componen la familia predominante de compuestos que cons-

tituyen uno de los grupos más contaminantes, tanto por su abundancia como por su persistencia. Básicamente son alcanos de cadena lineal (n-alcanos o n-parafinas), alcanos ramificados (en menor cantidad), ciclo alcanos (o naftenos) y cantidades variables de hidrocarburos aromáticos; en la composición química están también presentes el azufre, oxígeno, nitrógeno, níquel y vanadio (Viñas, 2005, p. 11). La extracción, manejo, distribución y transporte de este recurso origina derrames de distinta magnitud, siendo una de las principales fuentes de contaminación e impactos ambientales, ya que contiene compuestos químicos tóxicos que ocasionan daños a los ecosistemas. El efecto se refleja en la hidrósfera, litosfera y biodiversidad (Figura 1). Otro de los mayores efectos negativos puede ocurrir en las zonas costeras donde se desarrollan las actividades turísticas y pesqueras (Marcano, 2022, p. 1; Celis, 2009, p. 27).

Figura 1. Derrame de petróleo en zona costera (litosfera)



Fuente: Salvando el planeta. Contaminación por hidrocarburos. <https://kate96calderon.wordpress.com/2014/11/13/contaminacion-por-hidrocarburos/>

En los ecosistemas acuáticos marinos, en concentraciones bajas, aproximadamente 0.1 ug/g, se retarda la división celular y el crecimiento del plancton. En mayores concentraciones de 0.1ug/g se produce la muerte de gran cantidad de especies del plancton (Viveros, 2008, p. 259). Estos efectos dañaron a muchas aves marinas (ver figura 2).

Figura. 2. Pelicano impregnado de petróleo en el Golfo de México.



Fuente: El Tiempo. El derrame petrolero más grande del Golfo de México. <https://www.eltiempo.com/mundo/latinoamerica/el-derrame-petrolero-mas-grande-del-golfo-de-mexico-hace-10-anos-486888>

Las consecuencias se reflejan también en el ámbito social, económico, y en la salud, ya que los efectos de los compuestos del hidrocarburo son tóxicos para la población humana; estos compuestos pueden ocasionar efectos mutagénicos y carcinogénicos (Zavala *et al.* 2003, p. 55). Los daños por su ingestión causan vómito, irritación de las membranas mucosas, depresión del sistema nervioso central, cianosis, taquicardia, albuminuria, hematuria, arritmia cardíaca y daños hepáticos; la ingestión de 10 ml/kg de peso corporal produce la muerte (Pérez, López, *et al.* 2019, p. 135; Viveros, 2008, p. 259).

La actividad petrolera de Pemex, la empresa paraestatal más importante de México, lleva a cabo las actividades de exploración y perforación prioritariamente en Campeche, Chiapas, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. Tabasco representa al estado donde se lleva a cabo la mayor parte de las actividades de extracción. A consecuencia de estas actividades, durante en el periodo de 1995 a 2001, los municipios con mayores reportes por derrames de petróleo fueron Cárdenas, Huimanguillo, Cunduacán y Comalcalco. En Veracruz, el segundo estado con ambas actividades, tan sólo en el año de 2002, se reportaron 41 emergencias ambientales asociadas con el derrame de sustancias peligrosas, incluyendo los hidrocarburos. Para el año de 2004 se registraron 54 fugas en ductos de Pemex, las cuales afectaron una superficie de casi 1,000 ha por el derrame de más de 36 680 barriles de petróleo. Entre las causas de las fugas son el estado avanzado de corrosión, fallas de materiales, errores de operación y problemas de mantenimiento de la infraestructura; situaciones similares ocurrieron en 2005 en las que se reportaron emergencias ambientales asociadas a fugas, derrames y explosiones (Chan, 2015, p. 4).

Por la extensa actividad petrolera hay muchos sitios que están prácticamente abandonados, información que es poco divulgada. Estos pasivos ambientales corresponden a Pemex que son sitios con permanecen sin medidas de remediación. Solo las denuncias de las comunidades permiten establecer un monitoreo cuyo objetivo es recuperar los terrenos tanto para las actividades agrícolas como pecuarias. Las investigaciones periodísticas han revelado la cantidad de sitios de Pemex no remediados. La tabla 2 muestra la cantidad de sitios y la entidad federativa.

Tabla 2. *Sitios con pasivos ambientales de Pemex que no han sido remediados (2008–2021)*

Estados de la República										Total
Veracruz	Tamaulipas	Sinaloa	BC	Tabasco	Sonora	SLP	Puebla	BCS	Edo. Mex	
67	15	9	9	9	9	6	5	2	2	133

Fuente: Linderos S. (2022, p. 59). Pemex contaminó 655 lugares en México entre 2008 y 2021 [2020]: Semarnat. Copyright [Portal web de noticias] *Gato pardo*.

Un reporte realizado por la Profepa (2014, p. 1) ha permitido también conocer el registro histórico de los sitios con derrames en el periodo de 2000 a 2010, los cuales ascendieron casi a 1,499 como se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. *Cantidad de derrames en México de 2010 a 2020*

<i>Periodo de registro de derrames</i>											Total
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
262	199	173	177	232	143	87	88	52	55	31	1,499

Fuente: Profepa (2014).

En otra perspectiva, el volumen de las fugas de hidrocarburos se reporta, en el periodo de 2000 a 2014; el estado de Veracruz encabeza la lista con 37,500 litros derramados, Veracruz con 29,900 litros, en Chipas con 17,100 litros, Puebla con 6,900 litros, Campeche con 1,200 litros, Tamaulipas con 5000 litros y en Nuevo León con 1000 litros (Profepa, 2014, p. 1). En un informe similar, respecto al derrame y fugas de hidrocarburos, Pemex reporta que durante el año 2001 hubo un total de 8,031 toneladas de hidrocarburos (crudo, diesel y gasolina), en su mayoría ocurrieron en el estado de Veracruz (Volke y Velasco, 2002, p. 20-21).

Los derrames en humedales y manglares

México destaca con 81 sitios de manglar de los 142 sitios tipo Ramsar. En ambas vertientes del país, 10 corresponden a la región del Pacífico norte, 6 al Pacífico centro, 13 al Pacífico sur, 27 al Golfo de México y 25 a la Península de Yucatán. Los manglares suelen ser considerados como ecosistemas de gran importancia que cumple importantes funciones ecológicas, son el hábitat de una gran cantidad de especies de gran importancia económica por el alto valor en el mercado del turismo (Rodríguez *et al.*, 2013, p. 16). Una de las graves problemáticas del derrame de hidrocarburos se presenta en muchos manglares. Los efectos sobre plántulas y especies arbóreas se relacionan con la asfixia y muerte cuando el hidrocarburo cubre los neumatóforos (raíces aéreas que realizan el intercambio de gases con la atmós-

fera). Asimismo, la vegetación de manglar puede morir por intoxicación directa, por los compuestos aromáticos de bajo peso molecular al dañar las membranas celulares de las raíces e impide el proceso normal de exclusión de la sal (Díaz y García, 2020, p. 66). Otro rasgo de la presencia de hidrocarburos en las zonas de manglar es la acumulación en los sedimentos. En el río Tonalá, situado al oeste de la ciudad de La Venta, la presencia de hidrocarburos es muy elevado, los rangos suelen ser desde 214 a 3635 ppm. Los derrames provienen de la planta de Pemex en La Venta (Gallegos, 1986).

La normatividad gubernamental acerca de las actividades de exploración y extracción

Entre los lineamientos propuestos por la Semarnat hay una serie de normas oficiales mexicanas, que tienen el propósito de salvaguardar el ambiente y las zonas agropecuarias donde se realizan las actividades prospectivas petroleras (tabla 4). Estas directrices están relacionadas con los procedimientos para la atención en contingencias ambientales por derrames durante la instalación, perforación y transporte del hidrocarburo emitidos por Semarnat, SSA, STPS y ASEA y, en particular, en las zonas de manglar.

Tabla 4. *Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que protegen el manglar y la regulación de las actividades petroleras*

NOM-022-SEMARNAT-2003	Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
NOM 115-SEMARNAT-1998	Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.
NOM-117-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de octubre de 2009.
NOM-149-SEMARNAT-2006	Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero de 2007.

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Esta norma indica los límites permisibles de hidrocarburo en suelos contaminados, mencionando que no se deben generar mayores alteraciones ambientales que las producidas por el suceso que provocó la contaminación.
NOM-028-STPS-2012	Establece elementos para la organización de la seguridad en procesos que impliquen manejo de sustancias químicas peligrosas como el petróleo, con el fin de prevenir situaciones de riesgo, brindar protección a las personas, daños a los centros de trabajo y al entorno.
NOM-009-ASEA-2017	Establece medidas de seguridad en atención a la amplia red de ductos del sector hidrocarburos que se distribuye en todo el país

Fuente: Almaraz, N. (2020); Díaz, J. (2011).

Comentarios finales

Los derrames de petróleo que se ocasionan en el lugar de extracción que realizan las grandes compañías petroleras en el medio marino y terrestre tienen enormes daños en la vida acuática con graves consecuencias socioeconómicas. Paralelo a esta industria, las compañías de los grandes buques realizan el traslado del petróleo a los grandes complejos petroquímicos para su refinación. Muchos de estos viajes han terminado en grandes derrames que afectan en distintos sentidos las actividades pesqueras y recreativas. A consecuencia de estos percances se han visto afectados miles de kilómetros de playas. Los daños colaterales implican la afectación de gran cantidad de especies marinas. Al interior de las regiones costeras, los derrames tienen varios orígenes, desde las malas condiciones de las redes de los ductos de transporte hasta las fugas que ocurren por falta de supervisión. La presencia de grandes volúmenes de hidrocarburos afecta grandes extensiones de terrenos con fines agropecuarios de algunos estados del sureste de México. Esta condición ha dado origen a los PAM que la industria petrolera ha generado en nuestro país.

Bibliografía

- Almaraz, N. (2020). Percepción de la población respecto a los lineamientos aplicados ante un derrame de petróleo en un sitio afectado de Tihuatlán, Veracruz. Tesis de Especialización Ambiental. Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50271/AlmarazLeyvaNidia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Artigas, C. (2001). El principio precautorio en el derecho y la política internacional. Chile. CEPAL. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/113-62/6377/1/S01050369_es.pdf
- Cabo, A. (2015). Iniciación a los derrames de hidrocarburos. Master en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima. España. Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7506/Aitor%20Cabo%20Rivera.pdf?sequence=1>
- Cafferatta, N. (2004). Introducción al Derecho Ambiental. México. Instituto Nacional de Ecología. Semarnat.
- CEPAL. (1991). El principio “quien contamina, paga”. Chile. Naciones Unidas.
- Carbal, A., Rosales, C., Hernández, A. y Martínez, L. (2019). Una aproximación conceptual al término pasivos ambientales: una propuesta para su puesta en práctica. *Panorama Económico* 27(2), 497-509. https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/10213/10_Carbal%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chan, J. (2015). Evaluación de la degradación de hidrocarburos totales del petróleo por bioestimulación con abonos orgánicos asociados a especies arbóreas. Tesis de Maestría. Tabasco, México. Colegio de la Frontera Sur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1490/1/100000014345_documento.pdf
- Díaz, J. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar de Topolobampo. *Ra-Ximahi*, 7(3), 355-369. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46121063005>
- Díaz, L. y García, T. (2020). El manglar frente a los derrames de hidrocarburos en México: un enfoque desde el derecho. *Revista de la Escuela Jacobea de Posgrado*, 18, 63-78. <http://revista.jacobeas.edu.mx/>
- Gallegos, M. (1986). *Serie medio ambiente en Coatzacoalcos. Volumen III. Petróleo y manglar*. México. Centro de Ecodesarrollo.
- García, T. (2001). Perspectiva jurídica quien contamina paga. *Dereito, Revista Xuridica da Universidade de Santiago de Compostela*, 10(1), 49-69. https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/7732/pg_051-072_dereito10-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lozano, N. (2015). Biorremediación de ambientes contaminados con petróleo. *Tecnogestión*, 11(1), 51-55. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/4326/6317>

- Marcano, Deana (Ed.). (2022). *Efecto de los derrames de hidrocarburos en el ambiente. Recomendaciones para su mitigación*. Caracas, Venezuela. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. <https://usbnoticias.usb.ve/post/61346>
- Pérez, Y., López, S., Rodríguez, A. y Ramos, S. (2019). Evaluación de impacto socioambiental, por derrame de petróleo de un ducto en Comalcalco, Tabasco. *Journal of Basic Sciences*, 5(15), pp. 134-152. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs/article/view/3574>
- Ramírez, A. (2021). Análisis de los derrames de hidrocarburos procedente de buques y su gestión en el Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 143 – 152. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21770>.
- Rodríguez, M., Troche, C., Vázquez, A., Márquez, J., Vázquez, B., Valderrama, L., Velázquez, S., Cruz, M., Ressler, R., Uribe, A., Cerdeira, S., Acosta, J., Díaz, J., Jiménez, R., Fueyo, L. y Galindo, C. (2013). Manglares de México/ Extensión, distribución y monitoreo. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/02/Manglares-de-M%C3%A9xico-Extensi%C3%B3n-distribuci%C3%B3n-y-monitoreo.pdf>
- Russi, D. y Martínez-Alier, J. (2003). Los pasivos ambientales. Íconos, *Revista de Ciencias Sociales* 15, 123-131. <https://www.redalyc.org/pdf/509/50901513.pdf>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (NUCD). (1997). Contabilidad financiera y presentación de informes ambientales por las empresas. Ginebra, Suiza. Naciones Unidas. <https://unctad.org/system/files/official-document/c2isard2.sp.pdf>
- Viñas, M. (2005). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica (Tesis de Doctorado). Barcelona, España. Universitat de Barcelona. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2396/TESIS_MVINAS_CANALS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Viveros, A. (2008). Hidrocarburos. En Lilia A. Albert (Ed.). *Curso básico de toxicología ambiental*. México. Limusa. pp. 247-265.
- Volke, T. y Velasco, J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México. Instituto Nacional de Ecología-Semarnat.
- Zavala, J., Botello, A., Adams, R. y Ruiz, A. (2003). Hidrocarburos alifáticos, y aromáticos en las tierras. En: J. Zavala C., M. C. Gutiérrez C. y David J. Palma L. (editores). *Impacto ambiental en las tierras del campo petrolero Samaria, Tabasco*. Villahermosa, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados.