

9. Tratamiento de los residuos peligrosos del sector hidrocarburos (RPSH) en México generados en las operaciones de producción de petróleo y gas



RAÚL EDUARDO CASTAÑEDA GONZÁLEZ*
JUAN ALBERTO ALCÁNTARA CÁRDENAS**
JAIME ALEJANDRO GUEVARA VALDEZ***

<https://doi.org/10.52501/cc.364.09>

Resumen

Los residuos peligrosos del sector de hidrocarburos (RPSH) en México representan riesgos significativos para el medioambiente y la salud. En la región petrolera conocida como la Faja de Oro, que incluye Tamaulipas, Veracruz y Tabasco, no existe un control ni inventario actualizado sobre la generación y disposición de estos residuos. Se generan en diversas etapas, como la exploración, producción y refinación, y su manejo es deficiente. Este análisis aborda la clasificación, manejo y disposición de los RPSH, y compara el marco legal vigente con la realidad de las operaciones en el sector. Se concluye que las leyes mexicanas en esta área no se ajustan a las prácticas actuales de la industria, y algunas normativas son obsoletas. Además, los residuos varían según la operación, siendo distintos los producidos en perforación y *fracking*. Finalmente, se propone una clasificación más precisa de los residuos basada en el tipo de operación, con el fin de mejorar su gestión y reducir los impactos negativos.

* Maestrante en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6122-5673> ; correo electrónico: rcastanedag2200@alumno.ipn.mx

** Doctor en Metalurgia y Materiales. Profesor-investigador en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2056-2698> ; Scopus: 14831065400

*** Doctor en Ciencias del Medio Ambiente y de la Sustentabilidad. Profesor en el Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9546-9308>

Palabras clave: *residuos peligrosos; petróleo; gas; contaminación por hidrocarburos; industria extractiva.*

Introducción

Las operaciones del sector petróleo en México son de numerosos tipos, como la prospección, perforación, *fracking*, reparación, entre otras. Por lo que la industria petrolera en México genera un aproximado de 1.7 millones de toneladas anuales de residuos, de las cuales 13 % se consideran peligrosos, de los cuales solo 0.1 % son reciclados y 11 % serán reutilizados (CENAPRED, 2005). Las fuentes de generadoras de residuos del sector petrolero más comunes son los siguientes:

- Lodos de perforación de tipo inversa y recortes
- Suelo contaminado por derrames de tuberías corroídas
- Tiraderos de desechos semisólidos
- Sitios contaminados por descargas de petroquímicas y refinerías

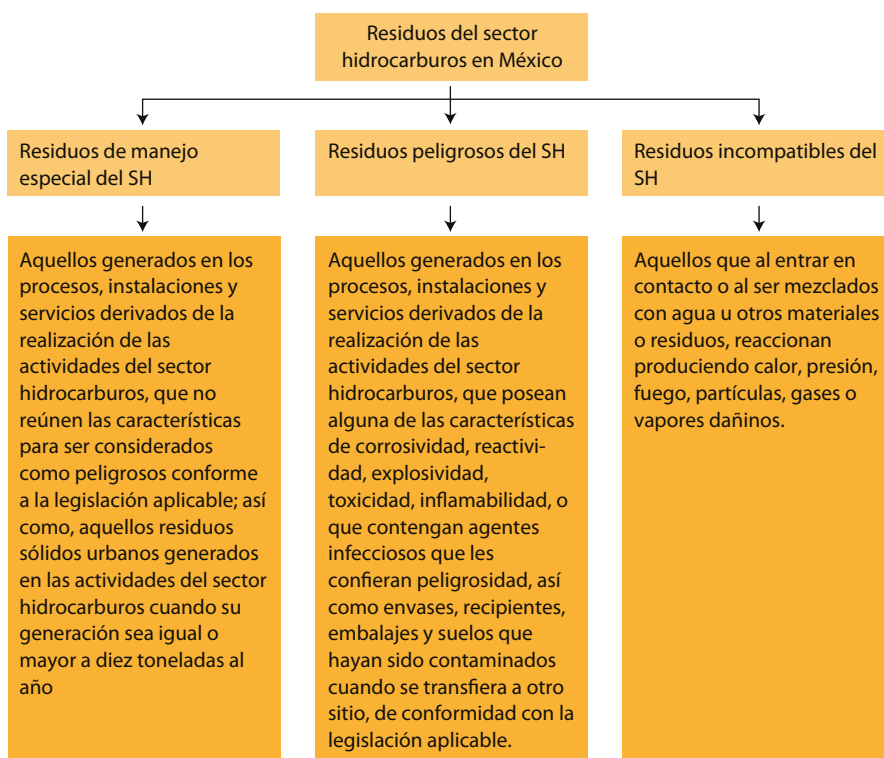
Estas fuentes no están categorizadas según el tipo de operación, pero el hacer una clasificación de acuerdo con el tipo actividad en el sector hidrocarburos (SH) brindaría un mayor panorama del tipo de residuo generado que predominará (Schroeder et al., 1999). El *fracking* es una de las actividades más contaminantes que causa daños medioambientales por el uso de grandes volúmenes de agua, sustancias químicas y los apuntalantes; una vez que se inyectan a la formación rocosa donde está el petróleo, estos fluidos y residuos no retornan en su totalidad a la superficie contaminado el subsuelo y los mantos acuíferos.

Los residuos del SH tienen una clasificación similar a los residuos peligrosos (RP), sin embargo, los del SH son regulados por la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Medio Ambiente), un órgano desconcentrado de la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) que regula y supervisa la seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente respecto de las actividades del sector hidrocarburos.

Especificaciones para el manejo de residuos generados

Los residuos generados en el SH en México de acuerdo con la ASEA son denominados residuos peligrosos del sector hidrocarburos (RPSH) y se clasifican como se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Clasificación de los residuos del SH



Fuente: Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (2020).

Los RPSH también poseen características CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, biológico-infecciosos) al igual que los RP, pero los RPSH son producidos por las siguientes actividades consideradas como actividades del SH dentro de la Ley de la ASEA (LANSI) en 2014 (tabla 1):

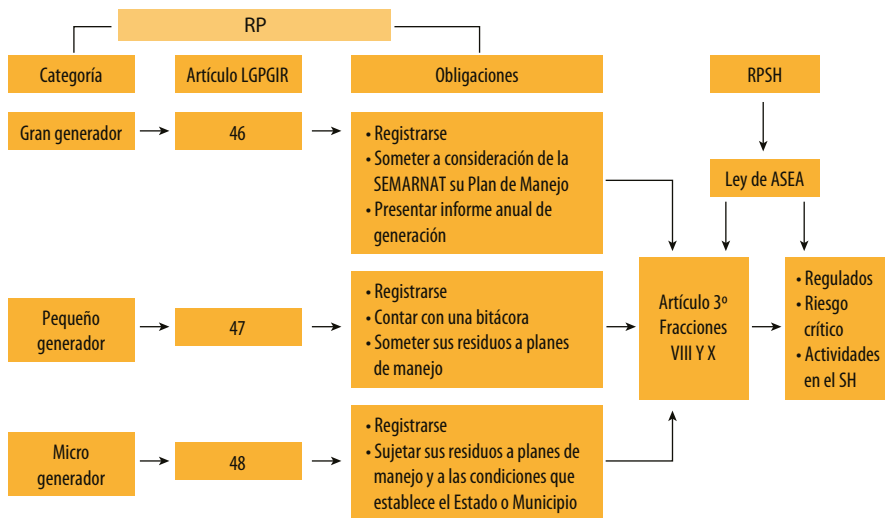
Tabla 1. RPSH producidos en las actividades del SH, según la Ley de la ASEA

Actividades del SH que producen RPSH	
a. El reconocimiento y exploración superficial, la exploración y extracción de hidrocarburos	d. El transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas licuado de petróleo
b. El tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento	e. El transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de petrolíferos
c. El procesamiento, comprensión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el transporte, almacenamiento, distribución y expendio de gas natural	f. El transporte por ducto y el almacenamiento, que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento del gas natural y de la refinación del petróleo

Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta que los residuos producidos según el tipo de actividad del SH son diferentes, no se utilizan las mismas materias en operaciones diferentes y no serán las mismas materias durante todo el procedimiento de la actividad. Por ejemplo, el uso de fluidos de perforación como la bentonita es usado en el inciso a, pero este fluido no es utilizado en el *fracking*, por lo que no hay una clasificación de los RPSH según el tipo de actividad realizada. Una clasificación según tipos de operaciones podría ayudar a una mejor gestión de los residuos.

Figura 2. Clasificación de los RPSH, su clasificación se basa en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)



Fuente: elaboración propia.

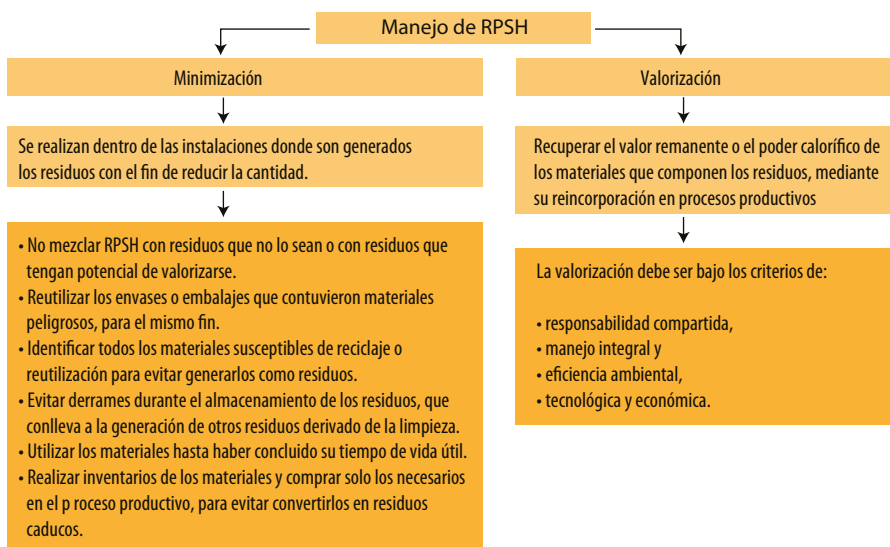
Para el caso de los tipos de generadores, a diferencia de los RP, para los RPSH su clasificación de generador es en función de los volúmenes generados y del tipo de figura que sea de acuerdo con la Ley de la ASEA en 2014 (figura 2).

Los planes de manejo de los RPSH de acuerdo con ASEA en 2020 son instrumentos que contienen un conjunto de acciones y procedimientos para facilitar el manejo integral de los residuos con el objetivo de minimizar la generación y maximizar la valorización de los RPSH.

La ASEA establece un manejo integral del RPSH muy similar al de los RP y con fundamento en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LPGIR): actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

En el manejo de RPSH, la ASEA hace énfasis en la minimización y valorización de estos (figura 3).

Figura 3. *Minimización y valorización de los RPSH*



Fuente: elaboración propia.

Una vez generados los RPSH, los que no hayan entrado de nuevo al ciclo de valorización o reutilización serán transportados a plantas de tratamiento, los RPSH mínimos a considerar generados de acuerdo con ASEA se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. RPSH generados en operaciones petroleras de acuerdo con la ASEA

RPSH generados de acuerdo con la ASEA		
Recortes de perforación base aceite	Embalajes y envases que contuvieron materiales peligrosos	Residuos de pigmentos base plomo o cromo
Lodos de perforación	Pilas y baterías zinc-óxido	Gasolinas, diésel, naftas, provenientes de estaciones de servicio y talleres automotrices
Aceites gastados lubricantes	Baterías alcalinas	Líquidos de procesos (aguas contaminadas con hidrocarburos, líquidos con residuos de hidrocarburos)
Aceites gastados hidráulicos	Objetos punzocortantes	Lodos aceitosos
Aditamentos con mercurio, cadmio o plomo	Fármacos caducos	Material textil
Solventes orgánicos gastados	Residuos no anatómicos	Otros (no especificados)

Fuente: elaboración propia.

Los RPSH no vienen clasificados de acuerdo con el tipo de operación, una clasificación de estos según la operación realizada optimizaría el proceso de transporte e incluso de tratamiento. Adicionalmente se sugiere especificar el tipo de operación en que se generó, adjuntar las especificaciones de las sustancias utilizadas que componen el residuo. ASEA no hace mención del uso de materiales radioactivos, los cuales son muy comunes en operaciones de prospección de hidrocarburos y *fracking*. Los materiales radioactivos se utilizan como trazadores para poder verificar el crecimiento de la fractura en la zona de interés de los hidrocarburos o para comprobar por dónde están fluyendo los hidrocarburos en el yacimiento.

De acuerdo con el *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos* (DBGIR) publicado por SEMARNAT en 2020, el panorama de los RPSH se ha visto modificado por los siguientes acontecimientos:

- Publicación del *Anexo seguridad salud en el trabajo y protección ambiental* de Pemex en 2011.

- En 2013, se promulga la Reforma Energética permitiendo la participación de las compañías privadas (regulados de acuerdo con la Ley de la ASEA).
- La creación de la ASEA y su entrada en vigor en 2015, con el objetivo de supervisar la seguridad industrial, operativa y protección del medioambiente.

Adicionalmente, de acuerdo con este documento, la cadena de valor del SH está segmentada de la siguiente manera:

- *Upstream*: exploración, perforación y producción de pozo.
- *Midstream*: transporte y almacenamiento de hidrocarburos.
- *Downstream*: refinación, distribución y venta de petrolíferos.

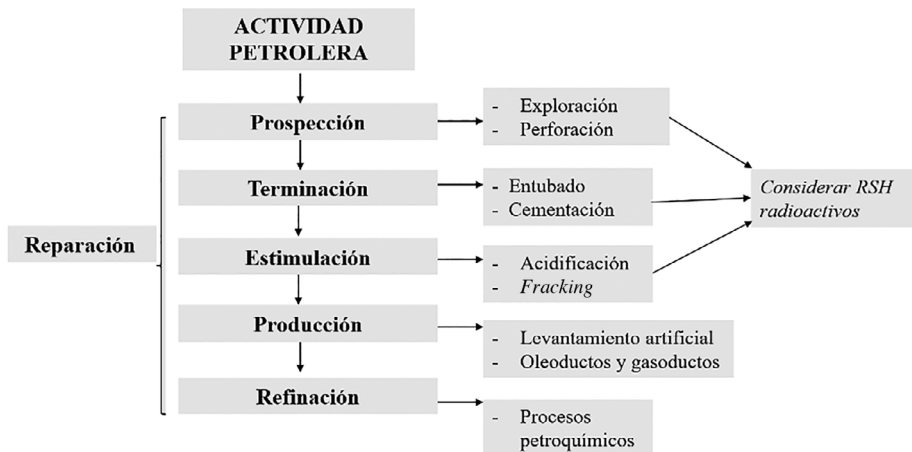
Y de esta segmentación el DBGIR menciona: La generación de residuos sólidos petroleros se analiza según las actividades características de la explotación y del aprovechamiento de los hidrocarburos.

Lo anterior cae en una contradicción con la clasificación de las actividades del SH de acuerdo con la LANSI:

- El reconocimiento y exploración superficial, y la exploración y extracción de hidrocarburos.
- El tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo.
- El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas natural.
- El transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas licuado de petróleo.
- El transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de petrolíferos.
- El transporte por ducto y el almacenamiento, que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos producto del procesamiento del gas natural y de la refinación del petróleo.

Por ello, que se propone una clasificación estandarizada de los RPSH de acuerdo con las actividades petroleras, desglosando a detalle los componentes de cada sustancia utilizada y su grado de peligrosidad. Elaborar una clasificación de acuerdo con el tipo de operación en el que se hayan generado los RPSH detallando los químicos y sustancias utilizadas y en las proporciones en que estos fueron mezclados, se sugiere a partir de la clasificación de Adams-Schroeder (1999) complementar la clasificación de los RPSH de acuerdo con el tipo de operación (figura 4):

Figura 4. Propuesta inicial de separación de RPSH de acuerdo con el tipo de operación



Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, para mejorar la gestión de los residuos del sector hidrocarburos en México se postula lo siguiente:

- Hay que considerar que de acuerdo con la propuesta de clasificación de RPSH, algunas de las operaciones se realizan de manera paralela sin embargo no generan los mismos residuos.
- Sin importar el tipo de generador RPSH, se sugiere contar con un seguro ambiental y plan de manejo de los RPSH apeándose a las normas y autorizaciones de SEMARNAT mientras ASEA genera las autorizaciones correspondientes.

- La cédula de operación anual no es un documento adecuado ni conciso para los RPSH, es un fundamento para el manejo de este tipo de residuos, sin embargo, no cubre de manera clara el tratamiento dejando dudas y confusiones para el SH y sus residuos.
- Estandarizar los residuos dentro de los marcos legislativos vigentes que rigen: LGPGIR, Ley ASEA y SSPA, debido a que es confuso consultarlas buscando RPSH y las tres leyes se contradicen entre sí, propiciando dudas en cuanto al manejo y gestión de los RPSH. Las compañías y gobierno podrían aprovechar esto para una gestión no regulada y en caso de una contingencia respaldarse en esta misma situación.

La NOM-014-ASEA-2022, *Especificaciones de protección al medioambiente para la construcción y mantenimiento de pozos para la exploración y extracción de hidrocarburos en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales*, especifica en el apartado:

Todos los residuos generados durante la Construcción y Mantenimiento de Pozos deben manejarse de conformidad con lo establecido en el marco regulatorio vigente en materia de manejo de Residuos. (SEMARNAT, 2022)

Así mismo, la NOM-006-ASEA-2017, *Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medioambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo*, en ninguno de sus apartados hace mención del manejo de manera específica de los RPSH, menciona solo estándares y medidas a considerar, sin embargo, estos estudios no se realizan en México al llevar a cabo una operación petrolera de cualquier tipo.

Los anterior es lo único mencionado respecto a los RPSH, otro claro ejemplo de que las normas y leyes de RPSH tienen un marco legislativo obsoleto, escueto y sin actualizaciones acorde a la realidad de las operaciones de *fracking*, poniendo en evidencia la falta de regulación correcta y actualizada, incluso un excelente apoyo para fortalecer las normativas y leyes

sería tomar como modelos (aplicados a México) las normativas de OHSAS¹ y de la EPA de los Estados Unidos de América.

La prohibición del *fracking* y otras técnicas de extracción como la estimulación matricial y la acidificación revertirían el crecimiento de la producción de petróleo y gas natural de los países que han introducido el *fracking* como un impulso económico y regresando a los países a ser importadores netos de petróleo y gas natural para el 2025. Por lo tanto, la economía experimentarían una recesión teniendo como consecuencia una reducción importante del producto interno bruto en las economías de los países que tiene como eje principal económico el petróleo (United States of America Department of Energy, 2021).

Conclusiones

En México, la carencia de una legislación robusta y coherente sobre la gestión de los residuos peligrosos generados en el sector hidrocarburos da lugar a un vacío normativo que dificulta un manejo adecuado de estos desechos. Aunque existen algunas regulaciones generales en materia ambiental, no se cuenta con normativas específicas que aborden los residuos peligrosos provenientes de las diversas etapas de la industria petrolera, como la extracción, refinación y transporte de hidrocarburos. Esta ausencia normativa contribuye a una gestión inadecuada de los residuos, lo que incrementa los riesgos ambientales y de salud pública.

Además, la falta de una correcta separación en origen de los residuos peligrosos según el tipo de operación (por ejemplo, residuos de perforación, lodos contaminados, aceites usados o productos del *fracking*) agrava aún más la problemática. La mezcla inapropiada de residuos de diferentes orígenes, sin considerar sus características específicas, aumenta el riesgo de un tratamiento incorrecto o una disposición indebida de sustancias peligrosas, lo que puede derivar en la contaminación de suelos, cuerpos de agua y aire.

¹ OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) es un protocolo internacional que establece una serie de normas para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Estas normas incluso abordan temas de RSPH y en materia de *fracking*.

La ausencia de un sistema de seguimiento y trazabilidad complica aún más el control y la remediación de las áreas afectadas.

La gestión deficiente de los residuos peligrosos en el sector hidrocarburos puede generar graves consecuencias ambientales, como la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, la alteración de ecosistemas locales y la emisión de sustancias tóxicas al aire. Asimismo, los riesgos para la salud de las comunidades cercanas a las operaciones petroleras y de los trabajadores de la industria son elevados, ya que la exposición a compuestos como hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados y otros agentes carcinógenos puede provocar enfermedades graves. La infraestructura para el manejo de residuos peligrosos en México es insuficiente. La falta de plantas de tratamiento especializadas y de centros adecuados para la disposición final de los residuos generados por el sector hidrocarburos agrava la situación. Las instalaciones existentes no cuentan con la capacidad necesaria para tratar la cantidad de residuos generados, lo que conduce a su acumulación o disposición en sitios no autorizados.

Es esencial promover la concientización y capacitación de los trabajadores del sector y de las comunidades cercanas sobre los riesgos de los residuos peligrosos, así como las mejores prácticas para su manejo y disposición. Esto incluye la implementación de programas de formación continua para el personal involucrado en las operaciones y en la gestión de residuos, así como estrategias de sensibilización para la población sobre la importancia de una gestión ambientalmente responsable.

En resumen, la falta de una legislación adecuada y la escasa separación y manejo específico de los residuos peligrosos en el sector hidrocarburos de México generan riesgos ambientales y de salud significativos. La creación de un marco normativo claro, acompañado de una infraestructura adecuada y de estrategias de concientización y capacitación, son pasos fundamentales para mitigar estos riesgos y promover una industria más sostenible.

Referencias

- Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. (2020). *¿Qué es ASEA y qué regula?*. | Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente. <https://www.gob.mx/asea/articulos/que-es-asea-y-que-regula?idiom=es>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED]. (2005). *Informe de actividades. Subdirección de Asuntos Nacionales e internacionales*. Secretaría de Gobernación.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) de 2003. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. 8 de octubre de 2003. DOF 08-05-2023.
- Schroeder, R. H. A., Rodríguez, V. I. D. y Hernández, L. G. (1999). Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana*, 17(2), 159-174.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1996). *Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas y bienes nacionales*. DOF: 03-06-1998.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. SEMARNAT.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2017). *Norma oficial mexicana NOM-006-ASEA-2017, Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas licuado de petróleo*. DOF: 27-07-2018.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2022). *Norma oficial mexicana NOM-014-ASEA-2022, Especificaciones de protección al medio ambiente para la construcción y mantenimiento de pozos para la exploración y extracción de hidrocarburos en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales (cancela y sustituye a la NOM-115-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales)*. DOF: 15-09-2022. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5664497&fecha=15/09/2022#gsc.tab=0
- United States Department of Energy. (2021). *Economic and national security impacts under a hydraulic fracturing ban. Report to the president*. United States Department of Energy. <https://www.energy.gov/fecm/articles/economic-and-national-security-impacts-under-hydraulic-fracturing-ban>