

Ruptura de oleoductos por interferencia externa, daño ambiental y sostenibilidad en Colombia¹

María Eugenia Guerrero Useda²

Resumen

Introducción. Los derrames de petróleo en fuentes hídricas generan daños ambientales de gran magnitud. Un análisis causa-efecto de los eventos de ruptura de oleoductos en Colombia permitió establecer los tramos con mayor tasa de ruptura, y la voladura como causa predominante. **Objetivo.** Determinar en qué medida la ruptura de oleoductos y la liberación de hidrocarburos en aguas fluviales y lacustres afectan la sostenibilidad de la industria. **Materiales y métodos.** Diseño cualitativo emergente y método inductivo. **Resultados.** Las estadísticas sobre voladuras en dos tramos de la red colombiana de oleoductos han incrementado en los años 2017 y 2018, lo que ha generado disminución de la biodiversidad de la fauna acuática, contaminación del suelo, pérdidas económicas por interrupciones en la cadena de producción y afectación a comunidades indígenas, **Conclusión.** Arroja un balance negativo sobre la sostenibilidad de la industria petrolera en Colombia.

Palabras clave. daño ambiental, derrame de hidrocarburos, desarrollo sostenible.

Rupture of oil pipelines due to external interference, environmental damage and sustainability in Colombia

Abstract

Introduction. Oil spills in water sources generate large-scale environmental damage. A cause and effect analysis on the events of pipeline ruptures in

Colombia allowed to establish the sections with the highest rupture rate and bombs attacks as the major causes. **Objective.** Determine to what extent the rupture of oil pipelines and the release of hydrocarbons in river and lake waters caused by operational failures of the Colombian oil industry affect sustainability. **Materials and methods.** Emergent qualitative design. **Results.** The statistics on blasting in two sections of the Colombian oil pipeline network have increased in 2017 and 2018, generating a decrease in the biodiversity of aquatic fauna, soil contamination, economic losses due to interruptions in the production chain and damage to indigenous communities. **Conclusion.** It shows a negative result on the sustainability of Colombia oil industry

Key words. environmental damage, oil spill, sustainable development.e system

Ruptura de oleodutos devido a interferências externas, danos ambientais e sustentabilidade na Colômbia

Introdução. Uma análise de causa e efeito dos eventos de ruptura de dutos na Colômbia permitiu estabelecer os trechos com maior taxa de ruptura e com a interrupção temporária das atividades do setor devido à interferência. **Objetivo.** Determinar até que ponto a ruptura de oleodutos e a liberação de hidrocarbonetos nas águas dos rios e lagos, causada por falhas operacionais da indústria petrolífera colombiana e em situações de ordem pública, afetam a sustentabilidade. **Materiais e métodos.** Desenho qualitativo emergente.

1 Artículo original derivado del proyecto titulado Valoración de daño ambiental por ruptura de ductos desarrollado en 2017 y financiado por la Universidad El Bosque (programa de Ingeniería Ambiental).

2 Doctora en Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad del Moldova, investigadora adscrita al grupo Agua, Salud y Ambiente del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Bosque. Correo electrónico: mguerrero@unbosque.edu.co, ORCID: 0000-0003-4428-1732.

Resultados. As estatísticas de detonação em duas seções da rede de oleodutos colombianos aumentaram em 2017 e 2018, gerando uma diminuição na biodiversidade da fauna aquática, contaminação do solo, perdas econômicas devido a interrupções na cadeia de produção e danos às comunidades indígenas.

Palavras chave: danos ambientais, derramamento de óleo, desenvolvimento sustentável.

Introducción

La liberación accidental de hidrocarburos en aguas y suelos causa daños en los ecosistemas y afecta la imagen de la industria petrolera. El oleoducto Caño Limón-Coveñas (en adelante OCLC) y el oleoducto transandino (en adelante OT), junto con otros cuatro ductos, integran la red colombiana de oleoductos con 8954 kilómetros de recorrido. Sin embargo, la interrupción del flujo de crudo en la red ocurre por eventos de remoción de masas, voladuras y ruptura de válvulas clandestinas (Guerrero, 2016), lo que solo en el 2017 dejó más de 18 000 barriles derramados. En los casos de derrames de crudo en aguas marítimas se han desarrollado estudios que, además de cuantificar los daños a corto plazo, analizan los tiempos necesarios para que los ecosistemas se recuperen. Mientras para los derrames de crudo en aguas fluviales y lacustres la tendencia es otra, lo que hace difícil la cuantificación del daño a mediano y a largo plazo y, en consecuencia, el cálculo de la sostenibilidad de la industria petrolera. El trabajo presentado aborda el problema de la sostenibilidad de una actividad que es necesaria para la humanidad actual, pero que impone grandes retos a los ecosistemas y a su capacidad de rebote.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación presentada se aplicó un diseño cualitativo emergente referenciado en los trabajos de Herrera Rodríguez, Guevara Fernández y Munster (2015) y Saravia Ramos, Armingol Jaime y Garland Castro (2016). El proceso de investigación siguió las fases de reflexión, identificación del tema, definición de preguntas a investigar, identificación de perspectivas paradigmáticas, planeamiento del

problema, contexto, estrategia metodológica, desarrollo metodológico, análisis y escritura del informe. El enfoque metodológico fue inductivo. La pregunta central de la investigación se planteó así: ¿Cómo se afecta la sostenibilidad de la industria petrolera colombiana por la liberación de hidrocarburos en aguas fluviales y lacustres originados en voladuras a oleoductos?

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la investigación siguiendo las fases del método seleccionado. La estrategia metodológica fue inductiva, se buscó información sobre casos de liberación de hidrocarburos en aguas fluviales y lacustres y sobre daños ambientales, tales como la pérdida de biodiversidad, la contaminación y la afectación de la salud humana, para concluir sobre la afectación de la sostenibilidad tanto de los ecosistemas y de la industria petrolera colombiana.

Reflexión. El daño ambiental, según lo señalado en la jurisprudencia colombiana, es aquel que afecta el normal funcionamiento de los ecosistemas o las posibilidades de renovación de sus recursos y componentes (Corte Constitucional, 2015a). La responsabilidad por daño ambiental jurídicamente acoge elementos del régimen administrativo (Cafferatta, 2010) y en pocos casos del régimen penal (Herrera y Millones, 2012). Del régimen de responsabilidad civil se recogen elementos como el hecho generador del daño, el daño como tal y los nexos de causalidad entre ambos (Corte Constitucional, 2015b), además con la Ley 1453 de 2011, que reformó el Código Penal colombiano, se ajustaron tipos penales relacionados con el medio ambiente y se estipuló un aumento de la pena de una tercera parte a la mitad, cuando en la comisión de cualquiera de los hechos descritos en el artículo, concurre, entre otras, con las circunstancias siguientes: la conducta se realice con fines terroristas, la emisión o el vertimiento supere el doble de lo permitido por la normatividad existente o haya infringido más de dos parámetros, la contaminación, descarga, disposición o vertimiento se realice en zona protegida o de importancia ecológica, o la industria o actividad realice clandestina o engañosamente vertimientos o emisiones.

Identificación del tema y definición de pregunta a investigar. Además de ser endémico y de difícil remediación (Miranda y Restrepo,

2005), el daño ambiental causado por derrames de hidrocarburos, incrementa los riesgos de sobrepasar los límites de la sostenibilidad de las empresas dedicadas a la explotación de recursos agotables como el carbón o el petróleo (Amaya Navas, 2012; Gudynas, 2003). Los ecosistemas que albergan los emplazamientos extractivos como se deduce de la tesis de Donato (2004) son frágiles. Como se evidenció en investigación de Guío y Pérez (2017), en la cual se revisaron 179 conflictos sociales para el periodo 2000-2016 ocurridos en Colombia, el 87,2% de ellos se relacionaron con la extracción de carbón, oro y petróleo, recursos no renovables para los cuales no hay precisión sobre su sostenibilidad futura (Pérez, 2017), debido en parte a la participación marginal del país en las reservas mundiales.

Se estableció que un fenómeno que afecta a la industria petrolera colombiana son las interrupciones de la cadena de suministro a causa de interferencias externas como la voladura de oleoductos en zonas de difícil acceso con el consecuente daño ambiental por derrame de crudo sobre suelos y aguas (tabla 1).

Tabla 1. Fallas en la cadena de suministro atribuidas a voladuras contra la Red Colombiana de Oleoductos (2009 a 2018)

Fuente: la autora con referencia en datos del Ministerio de Defensa (2018).

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Número de voladuras	32	32	84	151	259	141	80	49	63	93

El oleoducto Caño Limón-Coveñas se construyó en 1986 y dos años después ya se tenían reportes del ingreso desde Colombia al territorio venezolano de cerca de 161 485 barriles de petróleo a través de los ríos Tarra y Catatumbo (Rivas et al., 2009) dejando múltiples daños ambientales (Miranda y Restrepo, 2005). Desde entonces se han registrado cerca de mil cuatrocientas voladuras al ducto a su paso por municipios de Norte de Santander, específicamente por la región del Catatumbo que comprende los municipios de Convención, El Carmen, Teorama, San Calixto, El Tarra, Tibú, Hacarí, Sardinata y La Playa. Además, en el departamento funcionan tres pozos: Campo Dos, Tibú y Río de Oro.

Figura 1. Mapa de la región del Catatumbo

Fuente: El Espectador, 2018.



La tabla 2 reporta eventos ocurridos durante un semestre en el OCLC a su paso por Norte de Santander, incluida la región del Catatumbo y el Parque Nacional Natural Catatumbo Barí, con una extensión de 158 125 ha. Las tablas 1 y 2 y la figura 1 habilitan la pregunta sobre la sostenibilidad de la industria en la región de Catatumbo y el Parque Nacional Natural Catatumbo Barí y las posibilidades de la sostenibilidad de esta actividad en un contexto más amplio.

Tabla 2. Fallas en el oleoducto Caño Limón-Coveñas a su paso por Norte de Santander durante el segundo semestre de 2018

Fecha	Tamo afectado del OCLC	Causa	Tipo de aceptación
4 de diciembre	Vereda Cedeño, municipio de Toledo	Voladura	60 metros de tubería del OCLC, caída del fluido en la capa vegetal, cierre temporal de tramo de 900 metros de la vía La Soberanía.
14 de noviembre	Vereda Quebrada seca (Cúcuta)	Voladura	Propagación de gases, derrame de hidrocarburo extendido en un área de 80 metros cuadrados de capa vegetal. Incendio en un bosque.
10 de noviembre	Vereda Cedeño, municipio de Toledo	Voladura	Caída de petróleo en capa vegetal y en la vía La Soberanía.
21 de septiembre	Municipio de Toledo	Fenómeno de remoción en masa causado por la fuerte ola invernal.	Derrame de crudo en capa vegetal y afluentes cercanos.
5 de septiembre	Corregimiento Liana Baja-Teorama	Voladura	Derrame del fluido remanente en una quebrada del corregimiento Liana baja.

Perspectiva paradigmática: pérdida de biodiversidad, contaminación y afectación de la salud humana. Los posibles costos del daño ambiental asociado a contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo se han estudiado ampliamente para derrames en aguas marítimas, como el caso del hundimiento del petrolero Exxon Valdez frente a la costa de Alaska, la explosión submarina de una plataforma de perforación en el Golfo de México y el derrame del oleoducto de betún diluido en Michigan (Prendergast y Gschwend, 2014). De otra parte, el costo del daño por contaminación de petróleo en ríos y lagos es difícil de medir (Lee et al., 2015).

En China (Nie, Xian, Fu, Chen y Li, 2010; Wang, Wang, He, Du y Sun, 2011), en la Amazonía del Ecuador y del Perú (Becerra, Paichard, Sturma y Laurence, 2013; Herrera Rodríguez, Guevara Fernández y Munster, 2015) y en Colombia (en zonas del OCLC y del OT) se reportan varios episodios de pérdida de biodiversidad por crudo vertido en ríos y lagos. Sin embargo, un panel de expertos desarrollado en 2015 concluyó que los efectos en los ecosistemas acuáticos por derrames de petróleo dependen de las características del entorno donde se produce el derrame de petróleo, del tipo del petróleo derramado y del tiempo transcurrido entre el derrame y el inicio de las acciones de contingencia y recuperación (Lee et al., 2015).

Pérdida de biodiversidad por derrames de petróleo se reporta en Bravo (2007), Rivas et al. (2009), Chan-Quijano et al. (2012) y Velásquez (2017), siendo la fauna y flora acuáticas las más afectadas por razones que se atribuyen al cambio de composición de fitoplancton nativo.

Para el caso específico de la región del Catatumbo, un estudio del 2012 reportó que en la subcuenca colombiana del río Catatumbo habitaban 109 especies nativas de agua dulce y catorce de origen marino y estuarino (Ortega-Lara, Lasso-Alcalá, Lasso, Andrade de Pasquier y Bogotá-Gregory, 2012), sin embargo, se reconocen endemismos para la cuenca del lago de Maracaibo. Se constató, en la investigación presentada, que las fuentes hídricas afectadas por derrames de crudo en la zona de estudio pertenecen a la cuenca del río Catatumbo que aporta el 60% de agua al lago Maracaibo y allí se evidencian los endemismos en la fauna y la flora. Además, se verificó la ausencia de demandas internacionales de preparación del daño ambiental para Colombia.

A la contaminación del suelo por petróleo se le atribuye la alteración del crecimiento vegetal (Rivera-Cruz, Trujillo-Narcía, de La Cruz y Maldonado Chávez, 2005) y niveles más altos de metales en los sedimentos afectados, especialmente Cr, Cu, Mn, Pb y Zn (Siebe, Cram, Herré y Fernández-Buces, 2005).

Varios estudios se han dirigido a documentar posibles efectos sobre la salud debidos a la contaminación por petróleo, la mayoría de ellos por exposición ocupacional (Boffetta, Jourenkova y Gustavsson, 1997; Guha et al., 2017). Mientras los estudios sobre efectos en salud por exposición no laboral al petróleo derramado en fuentes hídricas no han generado resultados concluyentes (Sever, 2005; Hurtig y San Sebastián, 2002). Ojos irritados, irritación nasal y tos hacen parte de los síntomas iniciales que mencionan los habitantes de las zonas contaminadas por derrames de petróleo. Además, el incremento de abortos y de cáncer se asocia a la permanencia en las zonas contaminadas (San Sebastián, Armstrong y Stephens, 2001).

Discusión

En la tabla 2 se mostró que en el caso de estudio (OCLC –Norte de Santander) cuatro de los cinco eventos ocurridos en un semestre se atribuyen a voladuras por interferencia externa, además, la localización en zonas de difícil acceso para las autoridades, son de gran riqueza ecosistémica y cultural. No se encontraron datos oficiales que reporten el número de barriles derramados en los eventos detallados en la tabla 2, este dato es fundamental para el diseño de estrategias de mitigación y el coste del daño.

Las fuentes citadas en los párrafos anteriores indican que los derrames de petróleo en aguas dulces generan daños que resultan difíciles de cuantificar (Lee et al., 2015). Además, de las pérdidas de fauna y flora acuática (Ortega-Lara et al., 2012; Herrera y Millones, 2012), se afectan los servicios ecosistémicos en las zonas contaminadas por muchos años. La presencia del OCLC cerca al PNN Catatumbo Barí y la cercanía de los pozos Río de Oro y Tibú, por sí solos, constituyen un riesgo para la seguridad y los servicios ecosistémicos de la zona.

Se afecta la sostenibilidad de la industria petrolera colombiana por la liberación de hidrocarburos en aguas fluviales y lacustres originados en voladuras a oleoductos. La reparación de los

daños ambientales que ocasionan supera el costo de las acciones de contingencia. Los costos de la recuperación de los ecosistemas y la reparación a las comunidades afectadas deben distribuirse entre los distintos responsables de la gestión del riesgo.

El daño causado por derrames de petróleo en aguas fluviales y lacustres compromete el capital natural, lo que según Daly (1997) conlleva la pérdida de sostenibilidad. La ocurrencia frecuente de eventos de derrame de crudo en las mismas zonas (por ejemplo, en áreas del municipio del Toledo) reduce la capacidad de rebote del ecosistema e incrementa el daño. Las acciones de reparación deberían ser multidimensionales e integrales, haciendo confluír sistemas tecnológicos, normativos, jurídicos y de gestión que dejen aprovechar los recursos preservando la salud del ambiente (Guerrero, 2014).

Conclusiones

Se concluye que la contaminación por derrames de petróleo en aguas fluviales y lacustres provoca la reducción del capital natural en los ecosistemas impactados disminuyendo su sostenibilidad: pérdida de biodiversidad y afectación al suelo.

Las características concretas de los ecosistemas contaminados por derrames de petróleo, su capacidad de resiliencia y el tiempo transcurridos para iniciar las acciones de recuperación determinan la magnitud del daño ambiental. La contaminación por derrames de petróleo puede sobrepasar la capacidad de los ecosistemas para recuperarse, sobre todo cuando la ocurrencia del daño es frecuente como sucede en el municipio de Toledo (tabla 2).

Las instituciones del Estado deben diseñar e implementar estrategias para identificar los riesgos de fallas en la red de oleoductos, los puntos críticos y el alcance de los daños. Deberían adoptarse sistemas de información y bases de datos que reporten para cada evento: el tipo de afectación, el área afectada y los tiempos de respuesta y las estrategias de contingencias y acciones recuperación implementadas.

Las acciones de recuperación por daños ambientales generadas por interferencia externa en la red de oleoductos, deben ser asumidas por los responsables del daño. Si no se establece el responsable del daño ambiental causado ¿quién debería asumir los costos de reparación del daño? Para responder a esta pregunta deben

desarrollarse estudios más detallados.

Referencias

- Amaya Navas, O. (2012). El desarrollo sostenible y el derecho fundamental a gozar de un ambiente sano. Bogotá: Universidad Externado de Colombia .
- Becerra, S., Paichard, E., Sturma, A. y Laurence, M. (2013). Vivir con la contaminación petrolera en el Ecuador. Líder: revista labor interdisciplinaria de desarrollo regional, 23(10), 102-120.
- Boffetta, P., Jourenkova, N. y Gustavsson, P. (1997). Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Cancer Causes & Control*, 8(3), 444-472.
- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción ecológica*, 24(1), 35-42.
- Cafferatta, N. (2010). La responsabilidad por daño ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Quinto Programa Regional de Capacitación en Derecho y Políticas Ambientales. Recuperado de <http://web.pnuma.org/gobernanza/documentos/VIProgramaRegional/3%20BASES%20DERECHO%20AMB/10%20Cafferatta%20Resp%20por%20dano%20amb.pdf>
- Chan-Quijano, J., Ochoa-Gaona, S., Pérez-Hernández, I., Gutiérrez-Aguirre, M., Saragos-Méndez y J. (2012). Germinación y sobrevivencia de especies arbóreas que crecen en suelos contaminados por hidrocarburos. *Teoría y Praxis*, (12), 102-119.
- Congreso de la República. (2011). Ley 1453 de junio 24 por medio de la cual se reforma el Código Penal, el Código de Procedimiento Penal, el Código de Infancia y Adolescencia, las reglas sobre extinción de dominio y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad. *Diario Oficial* 48 110, Bogotá.
- Corte Constitucional. (2015a). Sentencia C-449 de julio 16. M. P. Palacio Palacio, J. I.
- Corte Constitucional. (2015b). Sentencia T-080 de febrero 20. M. P. Palacio Palacio, J.
- Daly, H. (1997). Criterios operativos de desarrollo sostenible. En H. Daly (Ed.), *Crisis ecológica y sociedad* (11-23). Recuperado de https://dfedericos.files.wordpress.com/2013/01/ok_criterios_operativos_para_el_desarrollo_sostenible_daly1.pdf
- Donato, J. (2004). Consideraciones generales sobre el estado de los ambientes acuáticos de agua dulce en Colombia.

- En J. J. Neiff (Ed.), *Humedales de Iberoamérica* (226-236). Buenos Aires: CYTED.
- El Espectador. (2018). Región del Catatumbo. Recuperado de <https://colombia2020.elespectador.com/sites/default/files/grafica-catatumbo.png>
- Gudynas, E. (2003). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Quito: ILDIS-FES y ABYA-YALA.
- Guerrero, M. (2014). Minería de carbón en la sabana de Bogotá: ¿podría ser sostenible? *IIEC*, 3(2), 11-16.
- Guerrero, M. (2016). Valoración económica del daño por ruptura de oleoducto. Caso Territorio U'WA-Sierra Nevada del Cocuy. *Memorias del Congreso Internacional Supply Chain Management en una Economía Global*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Guha, N. et al. (2017). Occupational exposure to pah and lung cancer risk in the synergy project. *Occup Environ Med*, 70(1).
- Guío, S. C. y Pérez, O. I. (2017). Radiografía de los conflictos sociales del sector minero-energético en Colombia 2000-2016. En L. Valencia y A. Riaño (Eds.), *La minería en el posconflicto: un asunto de quilates* (93-172). Bogotá: Ediciones B.
- Herrera Rodríguez, J. I., Guevara Fernández, G. E. y Munster, H. (2015). Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. Un acercamiento teórico-metodológico. *Gaceta Médica Espirituana*, 17(2), 120-134, 120-134.
- Herrera, P. y Millones, O. (2012). ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? Recuperado de <http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/DDD321.pdf>.
- Hurtig, A. K. y San Sebastián, M. (2002). Geographical differences in cancer incidence in the Amazon basin of Ecuador in relation to residence near oil fields. *International Journal of Epidemiology*, 31(5), 1021-1027.
- Lee, K., Boufadel, M., Chen, B., Foght, J., Hodson, P., Swanson, et al. (2015). The behaviour and environmental impacts of crude oil released into aqueous environments. Ottawa: The Royal Society of Canada.
- Ministerio de Defensa. (2018). *Logros de la política de defensa y seguridad Todos por un nuevo país*. Bogotá: El Ministerio.
- Miranda, D. y Restrepo, R. (2005). Los derrames de petróleo en ecosistemas tropicales-impactos, consecuencias y prevención. *IOSC*, 2005(1), 571-575.
- Nie, M., Xian, N., Fu, X., Chen, X. y Li, B. (2010). The interactive effects of petroleum-hydrocarbon spillage and plant rhizosphere on concentrations and distribution of heavy metals in sediments in the Yellow River Delta, China. *Journal of Hazardous Materials*, 71(1-3), 156-161.
- Ortega-Lara, A., Lasso-Alcalá, O. M., Lasso, C. A., Andrade de Pasquier, G. y Bogotá-Gregory, J. D. (2012). Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela. *Biota Colombiana*, 13(1), 71-98.
- Pérez, Ó. I. (2017). El sector extractivo en Colombia. Importancia macroeconómica y transformaciones recientes. En L. Valencia y A. Riaño (Eds.), *La minería en el posconflicto: un asunto de quilates* (88-89). Bogotá: Ediciones B.
- Prendergast, D. P. y Gschwend, P. M. (2014). Assessing the performance and cost of oil spill remediation technologies. *Journal of Cleaner Production*, 78, 233-242.
- Rivas, Z., Sánchez, J., Troncone, F., Márquez, R., Ledo de Medina, H., Colina, M. et al. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela. *Interciencia*, 34(5), 308-314.
- Rivera-Cruz, M., Trujillo-Narcía, A., De La Cruz, M. A. y Maldonado Chávez, E. (2005). Evaluación toxicológica de suelos contaminados con petróleos nuevo e intemperizado mediante ensayos con leguminosas. *Interciencia*, 31(6), 15-24.
- San Sebastián, M., Armstrong, B. y Stephens, C. (2001). La salud de mujeres que viven cerca de pozos y estaciones de petróleo en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 9(6), 375-384.
- Saravia Ramos, P., Armingol Jaime, K. y Garland Castro, B. (2016). El derrame de petróleo en Quintero, V región de Chile: una mirada desde las organizaciones sociales. *Población y Sociedad*, 23(2), 179-206.
- Sever, L. (2005). Contaminación petrolera y efectos sobre la salud en la cuenca Amazónica de Ecuador. Recuperado de [http://www.juiciocrudo.com/documentos/Contaminacion-Petrolera-y-Efectos-sobre-la-salud-en-la-cuenca-Amazonica-de-Ecuador-por-el-Dr-Lowell-Sever-\(20-ene-2005\).pdf](http://www.juiciocrudo.com/documentos/Contaminacion-Petrolera-y-Efectos-sobre-la-salud-en-la-cuenca-Amazonica-de-Ecuador-por-el-Dr-Lowell-Sever-(20-ene-2005).pdf)
- Siebe, C., Cram, S., Herré, A. y Fernández-Buces, N. (2005). Distribución de metales pesados en suelos de la llanura aluvial baja del activo Cinco Presidentes, Tabasco. En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.), *Golfo de México: contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (431-449). Campeche: Universidad

Autónoma de Campeche.

Velásquez Arias, J. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 151-167.

Wang, C., Wang, W., He, S., Du, J. y Sun, Z. (2011). Sources and distribution of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Yellow River Delta Nature Reserve, China. *Applied Geochemistry*, 26(8), 1330-1336