

## ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

www.revistaglosa.com

# HIDROCARBUROS EN CUERPOS DE AGUA DE SAN LUIS POTOSÍ Y BIORREACTORES PARA SU REMEDIACIÓN EN EL CONTEXTO DEL DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Elber José Sandoval Herazo, Manuel Alejandro Lizardi Jiménez\*

Recibido: 22/11/2019, Aceptado: 8/1/2020.

Publicado en la web: 3/2/2020.

### RESUMEN

En este artículo expone la importancia de la conservación de los recursos hídricos y de garantizar el derecho al agua potable y el saneamiento, aclarando las características del derecho y sus implicaciones sociales. También, los conceptos de agua potable, agua potable salubre y saneamiento, igual que la importancia de realizar de monitoreos que permitan identificar hidrocarburos contaminantes. Los resultados preliminares de muestreos en el río Tampaón, la laguna Media luna, Chajir y en Puente de Dios, donde se encontraron hidrocarburos con un número de carbonos entre C<sub>8</sub>-C<sub>32</sub>, los cuales son potencialmente dañinos para el ambiente y carcinogénicos. Además, se propone a los biorreactores airlift que emplean consorcios microbianos como una alternativa de remediación de bajo costo amigable con el ambiente.

*Palabras clave: Hidrocarburos, Saneamiento, Agua potable, Contaminación, Biorreactores airlift.*

### INTRODUCCIÓN

El agua es compuesto indispensable para la vida como la conocemos. Por lo cual es indispensable la implementación de leyes que permitan su protección y su acceso a toda la población. En el caso de San Luis Potosí, es un estado con una larga historia de actividad minera (SGM, 2011), así como una resiente de extracción de hidrocarburos en el Ébano (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2018), que a lo largo de los años han contribuido en la contaminación de agua potable del estado. Pero es poco o nada lo que se conoce en cuanto al caso particular de los hidrocarburos en los cuerpos de agua del estado. Aun cuando los hidrocarburos representan un peligro para la salud pública y de los ecosistemas. Además, tampoco se han planteado medidas que puedan llevar al saneamiento de las aguas en el caso en particular de los hidrocarburos, como podrían ser los biorreactores operados con microorganismos capaces de degradar hidrocarburos en medios líquidos como los biorreactores airlift, ya que no existe información sobre la contaminación en cuerpos de agua del estado de San Luis Potosí.

Por otra parte, en el estado en especial en la región de la Huasteca Potosina (Figura 1), los ríos y lagunas suelen ser uno de los atractivos turísticos de la región (Reyes-Pérez *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo mostrar la importancia que tiene el monitorear la contaminación por hidrocarburos en cuerpos de agua y el contribuir proponiendo alternativas de biorremediación que permitan el saneamiento del agua.

### DERECHO AL AGUA POTABLE Y EL SANEAMIENTO

El Agua, es un compuesto simple formado por dos átomos de hidrogeno (H) y uno de oxígeno (O), el cual cumple una gran numero de funciones en el cuerpo humano, como ser el medio donde se llevan a cabo una gran variedad de reacciones químicas que permiten que se dé el milagro de la vida. A partir del año 2010, la asamblea general de la ONU reconoció de forma general el derecho que tiene todo ser humano al agua potable y al saneamiento. Derecho que consiste en que “*toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible*”. En México, este mismo derecho fue anexando en el año 2012 a la constitución y se encuentra en el artículo cuarto de la constitución mexicana. En él se sostiene que es el estado quien está en el deber de garantizar este derecho y que también por medio de leyes se deben definir las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equilibrado y sustentable de los recursos hídricos, convirtiendo en entes activos la participación Federativa y municipios, sin olvidarse de la participación

---

CONACYT Universidad Autónoma de San Luis Potosí. MDH, LGAC  
Estudios Sociales, Sierra Leona 550, 2da. Sección, San Luis Potosí, San  
Luis Potosí C. P. 78210, México.

\*Autor de correspondencia: chamarripas@yahoo.com.mx

ciudadana. También, cabe aclarar que se entiende por agua potable, el agua utilizada con fines domésticos, la higiene personal, para beber y cocinar; el agua potable salubre, como el agua cuyas características físicas, químicas y biológicas cumplen con las pautas de la OMS (organización mundial de salud) o los patrones nacionales de calidad del agua potable; el saneamiento, es la implementación de tecnologías de bajo costo que permiten la eliminación salubre de las excretas y aguas residuales, permitiendo mantener el ambiente limpio y seguro (Organización Mundial de la Salud, 2015).

## HIDROCARBUROS EN CUERPOS DE AGUA

Los hidrocarburos están dentro de los mayores contaminantes del agua. Estos son compuestos formados básicamente por carbono (C) e hidrogeno (H), que se pueden agrupar en hidrocarburos alifáticos (lineales) e hidrocarburos aromáticos (cíclicos). Por otra parte, los hidrocarburos pueden provocar muchas afecciones sobre los seres humanos y sobre la mayoría de organismos vivos, como animales y plantas, entre estas podemos resaltar que pueden ser carcinogénicos, mutagénicos, carcinogénicos a largo plazo despezo. Además, pueden provocar efectos a corto plazo, como irritación en la piel, náuseas, bonito, dolor de cabeza (Samanta *et al.*, 2002; Tormoehlen *et al.*, 2014).



Figura 1. Laguna Media Luna.

Existen regiones en México donde se han estudiado ampliamente la presencia de hidrocarburos, como es el caso de Quintana Roo, donde desde el año 2012, se han monitoreado los hidrocarburos en cenotes y playas. Donde se han hallado hidrocarburos peligrosos como el pireno, benzo(a)pireno, benzeno o naftaleno se han detectado en este estado (León-Borges y Lizardi-Jiménez, 2017). Como muestra de la importancia de estos estudios, sirvió para la creación de la “Reserva de la Biosfera del Caribe Mexicano” en 2017 (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2016). Aunque, también podemos encontrar estudios en otras regiones como los realizados en el golfo de México donde ocurrió el derrame de Deedwater Horizon (Adhikari *et al.*, 2016), pero en estos casos la contaminación es más obvia debido a un evento esporádico y catastrófico ocurrido en la zona. Por otro lado, la acumulación de hidrocarburos producto de actividades más frecuentes o cotidianas, como lo

son las emisiones de vehículos automotores, quema de biomasa, escorrentías de embarcaciones, no suelen ser detectables a simple vista.

## HIDROCARBUROS EN RÍOS Y LAGUNAS DE SAN LUIS POTOSÍ

En San Luis Potosí, no existen estudios que hablen sobre los hidrocarburos en el agua, pero si se han estudiado a través de biomarcadores en mujeres y niños de comunidades indígenas (Palacios-Ramírez *et al.*, 2018; Perez-Maldonado *et al.*, 2017). Sin embargo, al diagnosticar recientemente el río Tambaón, la laguna Media luna, Chajir y en Puente de Dios, se encontrado eicosano, el pentacosano, el heptacosano y el octacosano (Tabla 1). Los hidrocarburos hallados en estos cuerpos de agua son tóxicos para ecosistemas acuáticos y peligrosos para la salud humana, algunos incluso carcinogénicos y mutagénicos como es el caso de los ya mencionados octacosano y pentacosano.

Tabla 1. Hidrocarburos en el río Tambaón, la laguna Media luna, Chajir y en Puente de Dios.

Hidrocarburos	Puntos de muestreo
Octano (C <sub>8</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Nonano (C <sub>9</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Decano (C <sub>10</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Undecano (C <sub>11</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Dodecano (C <sub>12</sub> )	Río Tambaón
Tridecano (C <sub>13</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Tetradecano (C <sub>14</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Pentadecano (C <sub>15</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Hexadecano (C <sub>16</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Heptadecano (C <sub>17</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir
Octadecano (C <sub>18</sub> )	Río Tambaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Nonadecano (C <sub>19</sub> )	Río Tambaón, laguna Media

	luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Eicosano (C <sub>20</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Heneicosano (C <sub>21</sub> )	Río Tampaón, laguna Chajir
Docosano (C <sub>22</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Tricosano (C <sub>23</sub> )	Río Tampaón, laguna Chajir, Puente de Dios
Tetracosano (C <sub>24</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Pentacosano (C <sub>25</sub> )	Río Tampaón, laguna Chajir, Puente de Dios
Hexacosano (C <sub>26</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Heptacosano (C <sub>27</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Octacosano (C <sub>28</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Nonacosano (C <sub>29</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Triacotano (C <sub>30</sub> )	Laguna Chajir, Puente de Dios
entriacotano (C <sub>31</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios
Dotriacotano (C <sub>32</sub> )	Río Tampaón, laguna Media luna, laguna Chajir, Puente de Dios

Aunque, la laguna Chajir presento hidrocarburos alifáticos con un número de carbonos de entre C<sub>8</sub>-C<sub>32</sub>, de igual manera el río Tampaón presentó los mismos hidrocarburos a excepción del Triacotano. Por otra parte, cabe resaltar que aún se requieren más estudios para entender de una forma más profunda el estado de contaminación en las aguas de San Luis Potosí, pero este estudio preliminar nos ayuda a darnos una idea de lo que se puede encontrar en futuros muestreos en esta área y lo importante que es identificar las fuentes de contaminación.

## BIORREACTORES AIRLIFT UNA ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN DE HIDROCARBUROS EN CUERPOS DE AGUA

Los biorreactores airlift, son una alternativa de bajo costo que sirve para el saneamiento de aguas contaminadas por hidrocarburos (Figura. 2), gracias a que emplean microorganismos para convertir en el caso de los microorganismos aerobios a los hidrocarburos en agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En algunos casos estos microorganismos trabajan en conjunto al degradar contaminantes, lo que se conoce como consorcios. En algunos estudios se ha demostrado que los consorcios pueden degradar más eficientemente los hidrocarburos (Bharali et al., 2018). Ejemplos de consorcios que han demostrado su capacidad de degradación de hidrocarburos son el conformado por *Acinetobacter bouvetii*, *Deffluviobacter Lusatiensis*, *Shewanella sp.* y *Xanthomonas sp.* (Tzintzun-Camacho et al., 2018), y el conformado por *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Enterobacter aerogenes*, y *Escherichia coli* (Lizardi-Jiménez et al., 2014). Empleando estos consorcios se ha podido degradar distintos tipos de hidrocarburos como hexadecano, pireno, fenantreno y diésel (Lizardi-Jiménez et al., 2014; Nápoles-Álvarez et al., 2017). Lo cual demuestra la variedad de casos que pueden trabajar estas investigaciones.

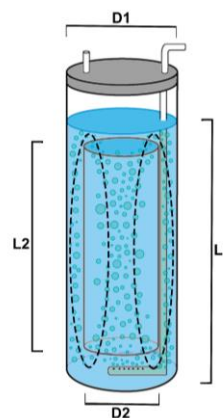


Figura 2. Modelo de biorreactor airlift de tubo concéntrico. D1 (diámetro 1), D2 (diámetro 2), L1 (largo 1), L2 (largo 2).

## CONCLUSIONES

Se identificó la presencia de hidrocarburos alifáticos contaminantes como Heptacosano, eicosano, octacosano y pentacosano en la laguna Chajir, Puente de Dios, Río Tampaón, laguna Media Luna. Lo biorreactor airlift son una alternativa viable para la degradación los hidrocarburos encontrados en ríos y lagunas de San Luis Potosí. Debido a la variedad de hidrocarburos encontrados (de C<sub>8</sub> a C<sub>32</sub>), la fuente de la contaminación puede ser el petróleo y/o cualquier de sus derivados. Por lo cual es pertinente continuar los monitoreos para determinar las fuentes exactas de contaminación, diseñar

---

soluciones ex profeso, de esa manera contribuir al cumplimiento del Derecho Humano al agua potable y saneamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo otorgado por Proyecto 466 Cátedras CONACYT-UASLP y al apoyo del FAI UASLP (C19-FAI-05-49.49).

## REFERENCIAS

- Adhikari PL, Maiti K, Overton EB, Rosenheim BE, Marx BD. Distributions and accumulation rates of polycyclic aromatic hydrocarbons in the northern Gulf of Mexico sediments. *Environmental Pollution*. (2016) 212:413-423.
- Bharali P, Singh SP, Bashir Y, Dutta N, Konwar BK, Singh CB. Characterization and assessment of biosurfactant producing indigenous hydrocarbonoclastic bacteria: Potential application in bioremediation. *Nova Biotechnologica et Chimica*. (2018) 17(2):103-114.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio previo justificativo para la declaratoria de la Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, Quintana Roo, (2016) 306.
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. *ÁREA CONTRACTUAL ÉBANO*. (2018).
- León-Borges JA, Lizardi-Jiménez MA. Hydrocarbon pollution in underwater sinkholes of the Mexican Caribbean caused by tourism and asphalt: Historical data series and cluster analysis. *Tourism Management*. (2017) 63:179-186.
- Lizardi-Jiménez MA, Leal-Bautista RM, Ordaz A, Reyna-Velarde, R. Airlift bioreactors for hydrocarbon water pollution remediation in a tourism development pole. *Desalination and Water Treatment*. (2014) 54(1): 44-49.
- Nápoles-Álvarez J, Ábalos-Rodríguez A, Rodríguez-Pérez S, Sánchez-Vázquez, V, Gutiérrez-Rojas M. Airlift bioreactor using a bacterial mixed culture improves hydrocarbon degradation in contaminated salty water. *Desalination and Water Treatment*. (2017). 86(October):28-34.
- Organización Mundial de la Salud. Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud. OMS. (2015).
- Palacios-Ramírez A, Ramírez RF, Pérez-Vázquez FJ, Rodríguez-Aguilar M, Schilmann A, Riojas-Rodríguez H, ... Díaz-Barriga F. Evaluación de la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y partículas en suspensión (PM<sub>2.5</sub>) por quema de biomasa en una zona indígena del Estado de San Luis Potosí, México. *Revista de Salud Ambiental*. (2018) 18(1): 29-36.
- Perez-Maldonado IN, Ochoa-Martinez AC, Orta-Garcia ST, Ruiz-Vera T, Varela-Silva JA. Concentrations of Environmental Chemicals in Urine and Blood Samples of Children from San Luis Potosí, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. (2017) 99(2):258-263.
- Reyes-Pérez Ó, Vázquez-Solís V, Reyes-Hernández H, Nicolás-Caretta M, Rivera-González JG. Potencial turístico de la región Huasteca del estado de San Luis Potosí, México. *Economía Sociedad y Territorio*. (2012).
- Samanta SK, Singh OV, Jain RK. Polycyclic aromatic hydrocarbons: Environmental pollution and bioremediation. *Trends in Biotechnology*. (2002) 20(6):243-248.
- SGM. Panorama Minero del estado de San Luis Potosí. *Panorama Minero de Los Estados*. (2011) 70.
- Tormoehlen LM, Tekulve KJ, Nañagas KA. Hydrocarbon toxicity: A review. *Clinical Toxicology*. (2014) 52(5):479-489.
- Tzintzun-Camacho O, Gutiérrez-Rojas M, Torres-Martínez D, Lizardi-Jiménez MA. Gas hold up in the cultivation of a petroleum-degrading bacterial consortium. *Environmental Engineering and Management Journal*. (2018) 17(5):1209-1216.