

## CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN CENOTES DE QUINTANA ROO: INCUMPLIMIENTO DEL DERECHO HUMANO A UN AMBIENTE SANO Y BIOTECNOLOGÍA PARA LA REMEDIACIÓN

Manuel Alejandro Lizardi Jiménez<sup>1</sup>, Violeta Mendezcarlo Silva<sup>2</sup>, José Antonio León Borges<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>CONACYT-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, <sup>2</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Maestría en Derechos Humanos, San Luis Potosí, Sierra Leona 550, Lomas 2da Secc., 78210, San Luis Potosí, México.

<sup>3</sup>Universidad de Quintana Roo, Unidad Cancún, Departamento de Ciencias de la computación, 77519. chamarripas@yahoo.com.mx

*Palabras clave: hidrocarburos, biotecnología, derechos humanos*

**Introducción.** El derecho a un ambiente sano se encuentra en el artículo 4 constitucional de México: "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar". Los cenotes de Quintana Roo son parte sustancial del ambiente en la entidad y están expuestos a contaminación por factores antropogénicos. Se ha documentado presencia de productos farmacéuticos y de cuidado personal (1). Sin embargo, no hay información suficiente acerca del estado del cumplimiento del derecho a un ambiente sano, libre de contaminación por hidrocarburos, a pesar de que circula un gran número de automóviles y existe una red carretera importante. Tampoco hay información suficiente acerca de las opciones de remediación.

El objetivo de este trabajo fue revisar el estado del cumplimiento del derecho humano a un ambiente sano en relación a la presencia de hidrocarburos en cenotes de Quintana Roo y proponer alternativas de remediación mediante el uso de la Biotecnología.

**Metodología.** Se tomaron muestras de 11 cenotes, entre 2012-2017, en temporada turística alta y baja. Cancún (21°11'25.5"N, 86°50'14.9"W; 21°9'41.3"N, 86°51'0.81"W; 21°8'19"N, 86°51'39.35"W), Puerto Morelos (20°50'15.965"N, 87°1'24.781"W; 20°52'32.42"N, 87°2'36.146"W), Riviera Maya, (20°39'43.59"N, 87°4'7.25"W; 20°12'31.26"N, 87°28'21.81"W), Cozumel (20°26'35"N, 86°59'40"W), Chetumal (18° 46'2.37"N, 88°18'24.92"W; 18°30'50.98"N, 88°25'27.29"W), Holbox (21°32'16.0"N, 87°13'12.0"W). Se analizó por cromatografía de gases la presencia de hidrocarburos. Se utilizó un consorcio microbiano nativo para evaluar su capacidad hidrocarbonoclasta. Seguidamente, se contrastaron tales parámetros con los establecidos por la normatividad vigente y correlacionados con el art. 4 de la Constitución, así como los instrumentos internacionales que desarrollan el derecho humano al medio ambiente sano.

**Resultados.** En la **Tabla 1** se muestran los hidrocarburos encontrados. Los datos entre 2012 y 2015 fueron reportados previamente por nuestro grupo de trabajo (2)

Destaca la presencia de hidrocarburos con suficiente evidencia para ser considerados cancerígenos como el benzo (a) pireno y el fluoranteno, además de aquellos que pueden ser tóxicos como el naftaleno (3). A pesar de que las concentraciones encontradas están por debajo de la norma en muchos de los casos la bioacumulación no se ha medido ni la afectación al ecosistema. La biotecnología usando consorcios nativos locales ha degradado más de 1000 mg L<sup>-1</sup> de fenantreno y naftaleno en 7 días usando reactores neumáticos con bajo costo (4).

**Tabla 1.** Resumen de hidrocarburos y concentración por año.

Año	Concentración máxima de un hidrocarburo particular (mg L <sup>-1</sup> )	Hidrocarburo presente en más cenotes	Número de cenotes contaminados
2017	Fluoranteno: 67.9 ± 0.4	Nonano	7
2016	Fenantreno: 6.55 ± 0.32	Fenantreno	8
2015	Naftaleno: 10.30 ± 0.33	Fenantreno	10
2014	Benzo[a]pireno: 19.67 ± 0.02	Fenantreno	9
2013	Antraceno: 0.1414 ± 0.00	Antraceno	4
2012	Benzo[a]pireno: 9.67 ± 0.02	Naftaleno	10

**Conclusiones.** En el Estado de Quintana Roo no se cumple con el derecho humano a un ambiente sano, libre de contaminación por hidrocarburos, en los cenotes que se han habilitado como turísticos. La biotecnología, usando consorcios microbianos nativos puede ser una alternativa de remediación.

**Agradecimientos.** Al proyecto 466 de cátedras CONACYT-UASLP.

### Bibliografía.

1. Metcalfe *et al.* (2011) *Environ. Pollut.* 159: 991–997.
2. Leon-Borges y Lizardi-Jiménez (2017) *Tourism. Manage.* 63: 179-186.
3. Boffetta *et al.* (1997) *Cancer Causes & Control* 8: 444-472.
4. Lizardi-Jiménez *et al.* (2015) *Desalin. Water. Treat.* 54: 44-49.

