

DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS DEL PETRÓLEO SOBRE PLÁNTULAS (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) DE MANGLAR

Requena Pavón G.C.^{*1}, Agraz Hernández, C.M, Vazquez Botello A²; Osti Saéñz J¹,
Reyes Castellanos J.E. ¹, Chan Keb C. ¹, García Zaragoza C. ¹ y Chan Canul E. ¹

¹*Centro EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n entre Juan de la Barrera y
Calle 20. Campeche.24030. Correo electrónico: gcrp40 @ hotmail.com

².Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

RESUMEN

Debido al impacto que los ecosistemas de manglar han sufrido por los accidentes de petróleo crudo en diversas partes del mundo y a que existen pocos estudios sobre la identificación de los efectos de toxicidad que ocasiona sobre los procesos fisiológicos y morfológicos en los bosques de mangle a corto y largo plazo. Esta investigación generará la línea base sobre lo antes expuesto en plántulas de *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.), *Avicennia germinans* L., simulando la zonificación natural, bajo intervalos óptimos en las condiciones ambientales de manera controlada. En este trabajo se cuantificaron los HAP's emanados del análisis cromatografía de gases, utilizando el método del estándar externo a partir de una mezcla que contiene 16 HAPs. Además, este trabajo las plántulas de *Rhizophora mangle* mostraron el mayor efecto ($p < 0.05$; $g_l = 2$), en específico Benzo(a)Pireno ($r_s = 0.967$, $p = 0.033$). Autores como Botello *et al.*, (1995); Riser *et al.*, (1998) y Kerret *et al.*, (2001), señalan a los HAP's de 4 o 5 anillos

bencénicos son considerados compuestos de mayor persistencia en el ambiente, se atribuye a que los compuestos orgánicos se ligan con el material particulado del sedimento (incremento en la permanencia), volviéndose más resistente a la degradación bacteriana, bajo condiciones anoxicas y alcalina; esto sustentado con lo referido por Chunlonget *et al.*, (2003) y similares condiciones obtenidas en el DCPC durante la permanencia del petróleo crudo.

palabras clave: contaminación, petróleo, manglares.

INTRODUCCIÓN

En el caso particular de la industria petrolera, en los últimos años han propiciado severos problemas de contaminación en los ecosistemas de la zona costera en diversas partes del mundo. Como resultado de lo antes expuesto, se ha registrado la acumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) en los ecosistemas costeros (Simpson *et al.*, 1996). Olguín (2007) menciona que uno de los impactos que ha afectado negativamente a los

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 8(2): 113-117.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

ecosistemas costeros y en específico en los bosques de mangle; es atribuido a los derrames de petróleo. A pesar de ello, estos impactos han recibido poca atención y evaluación de los efectos que provocan los derrames de petróleo sobre los procesos biológicos, ecológicos y físico-químicos del agua superficial, intersticial y de la propia turba.

Como consecuencia de lo antes citado, en México se ha establecido una extensa industria petrolera con una amplia red de infraestructura para la extracción, transporte y refinamiento del petróleo extendiéndose a lo largo del país a través de zonas urbanas, industriales, agropecuarias y naturales, sobre todo en los estados del sureste, incluyendo Veracruz, Tabasco y Campeche. En específico para la zona del sureste mexicano debido a la gran producción de petróleo; se han detectado sitios con diferentes niveles de impacto ambiental de forma directa e indirecta, originado por las operaciones de extracción, refinación, transporte, almacenamiento y uso del petróleo como la principal fuente de energía (NRC, 1985), modificando y transformando a los bosques de manglar de México, en ecosistemas de baja productividad y biodiversidad a través de cambios en su composición biológica (NRC, 1985). Debido a ello, es importante evaluar el efecto del petróleo crudo en la morfología de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, a través de una zonificación natural y bajo condiciones experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyó dos humedales artificiales en un vivero con temperatura ambiental y salinidad controladas de (23 °C ±25 y de 22 a 24 ups respectivamente). Los estanques experimentales para el derrame de petróleo

crudo y testigo fueron de 4.52 m de largo x 0.46 de ancho y 0.86 de altura. Para ambos estanques se elaboró un filtro biológico con diferentes estratos de material no consolidado; 30 cm para *R. mangle*, 33.7 en *L. racemosa* y 41.9 *A. germinans* de turba, 9 cm de arena, 9 cm de sello y 9 cm de grava. Por lo cual, cada estanque fue dividido en tres zonas, y simulada la distribución microtopografía por especie. Así mismo, el flujo y el reflujó de la marea fue representada mediante un sistema cerrado (con bomba y un timer), con base a la tabla de marea. En cada sección del estanque se sembraron 40 plántulas por especie y se dio un mes para estabilizar el sistema y acondicionamiento de las plántulas.

Para la realización de la extracción de HAP's, derivados de los compuestos petróleo crudo, se llevó a cabo con la extracción de las plántulas de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*), Dr. Vázquez Botello, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Autónoma de México, utilizando la técnica propuesta por la UNEP/IOC/IAEA (1992). El vertido del petróleo crudo se efectuó en uno de los dispositivos experimentales (DVPC (dispositivo para el vertido del petróleo crudo)) posterior al periodo de estabilización y de referencia de las plántulas; derramándose 10 lt en total. La cantidad del vertido fue determinado con base a Alatorre *et al.*, 2005.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cuantificar los HAP's emanados del análisis cromatográfico de gases, se utilizó el método del estándar externo a partir de una mezcla que contiene 16 HAPs: Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a)antraceno, Criseno,

Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno, Indeno(1,2,3-cd) pireno, Dibenzo(a,h) antraceno y Benzo(g,h,i) perileno. La concentración final de cada compuesto está dada en $\mu\text{gg-1}$ peso seco. En el análisis de los compuestos del petróleo crudo de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, extraídas mensualmente; registraron las mayores concentraciones de Antraceno ($124.6 \mu\text{gg-1} \pm 98.3$), Pireno ($99.1 \mu\text{gg-1} \pm 70.2$) y Benzo (a) antraceno ($97.8 \mu\text{gg-1} \pm 10.0$), respectivamente. La concentración más baja se determinaron solo para Naftaleno en las tres especies antes citadas, con $0.2 \mu\text{gg-1} \pm 0.2$, $2.3 \mu\text{gg-1} \pm 2.0$ y $4.7 \mu\text{gg-1} \pm 1.0$, respectivamente.

A partir de las concentraciones obtenidas de los compuestos del petróleo crudo, se realizaron pruebas de correlación de Pearson entre el incremento en altura y los compuestos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos detectados en las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, estableciendo una correlación positiva y significativa. En el caso de las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* con respecto al incremento diametral; se estableció una correlación inversamente proporcional y significativa

En general, el efecto de los compuestos HAP's con respecto al incremento diametral en las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, registraron una estrecha correlación inversa (Cuadro 1); al inmediato contacto con del petróleo crudo a causa de la zonificación e inundación (frecuencia y amplitud) que caracteriza a estas especies; de mayor a menor tiempo de residencia del petróleo por columna de agua (adherencia en el tallo) y de menor

a mayor en el proceso de percolación por sedimento en el tiempo. En el caso de las plántulas de *Avicennia germinans* no se detectó efecto (Cuadro 1). Sin embargo, las plántulas mostraron en su sistema de raíz aéreo (pneumatoforos) efectos flacidez e incremento en el diámetro de las lenticelas, al percolar el petróleo crudo durante la fase de reflujo de marea y acumularse este en el sedimento.

El mayor grado de afectación a causa de la concentración del compuesto benzo (a) pireno en las plántulas de mangle, se vio reflejado en *Rhizophora mangle* debido al contacto inmediato con del petróleo crudo a causa de la zonificación de las especies y al mayor tiempo de residencia de este vía columna de agua (adherencia en el tallo) y por percolación por sedimento en el tiempo. Esto validado por la mayor correlación inversa que se registro entre la tasa de crecimiento en altura total, con respecto a la concentración del compuesto benzo (a) pireno; puesto que Botello et al., (1995); Riser- Roberts et al., (1998) y Kerret al., (2001), señalan a los HAP's de 4 o 5 anillos bencénicos son considerados compuestos de mayor persistencia en el ambiente.

Con respecto al efecto ocasionado por compuesto benzo (a) pireno en las plántulas de *Avicennia germinans*, al igual que *Rhizophora mangle* mostró un comportamiento similar; pero con menor efecto (Cuadro 1); esto atribuido a la ubicación referida en la zonificación de las especies; ya que esta se caracteriza por presentar baja frecuencia y amplitud de inundación en comparación con *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*. Definiéndose con ello, el mecanismo de percolación del petróleo crudo; afectándose directamente al sistema raíz y posterior a los procesos fisiológicos de la plántulas; lo

Cuadro 1. Correlación de Pearson, durante la fase del “vertido con petróleo crudo”, para cada una de las especies de mangle (*R. mangle*= *Rhizophora mangle*, *L. racemosa*= *Laguncuararacemosa* y *A. germinans*= *Avicenniagerminans*), con un nivel de significancia $\alpha = 0.005$, bajo condiciones experimentales.

Especie	Correlación de Pearson r^2 estimada	p
<i>R. mangle</i>	Incremento en altura vs. 5 anillos	-0.967 0.033
<i>A. germinans</i>	Incremento en altura vs. 5 anillos	-0.725 0.017
<i>R. mangle</i>	Incremento diametral vs. Conc. total del Hc	-0.997 0.05
<i>L. racemosa</i>	Incremento diametral vs. Conc. total del Hc	-0.999 0.023

antes expuesto se sustenta con los resultados obtenidos en el DCPC con respecto a la biomasa del tejido vegetal, área foliar y la relación entre el compuesto benzo (a) pireno y la tasa de crecimiento en términos de altura.

CONCLUSIONES

El grado de estrés que las plántulas presentan ante el derrame del petróleo, se encuentran definidas con base a: la frecuencia y amplitud de mareas, distribución microtopográfica y tiempo de residencia del agua que caracteriza a cada especie (“zonificación”). Así como, por el volumen, tiempo de contacto y capacidad de percolación del petróleo en el sedimento por franja y especie.

La concentración del compuesto Benzo (a) Pireno presentó una relación altamente significativa e inversa al crecimiento en términos de altura de las plántulas de *R. mangle* y *A. germinans*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos del proyecto: “Lineamientos básicos para los programas de restauración,

manejo sostenido y caracterización de los efectos tóxicos de petróleo en plántulas de manglar” financiado por CONAFOR – CONACYT., a los que se agradece el apoyo en la realización de estos proyectos, así como también la colaboración del Laboratorio de Humedales Costeros con especialidad en manglares en el Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche.

LITERATURA CITADA

Botello, A.V., S. Villanueva, G. Díaz & Y. Pica .1995. Contaminación por hidrocarburos aromáticos poli cíclicos en sedimentos y organismos del puerto de Salinas Cruz, Oaxaca, México. In: Golfo de México, Contaminación e Impacto ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da. Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 11 (1): 21-30.

Chunlong, Z. Z., H.G. Gregory & L. George. 2003. Potential PAH release from contaminated sediment in Galveston

Bay-Houston Ship Channel. University of Houston-Clear Lake, Environmental Institute of Houston. Annual Report.

Kerr J., M., J. McMillen S., I. Magaw R., R. Melton H. y Naughton G. 2001. Risk-based soil screening levels for crude oil: The role of polyaromatic hydrocarbons. The petroleum environmental research forum, USA.

National Research Council (U.S.). 1985. Steering Committee for the Petroleum in the Marine Environment Update. 601 pp.

Olguín, E.J., Hernández, M.E. y Sánchez-Galván G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburo y estrategias de Biorremediación, Fitorremediación y Restauración. Rev. Int. Contam. Ambient. Vol. 23 (3): 139-154.

Riser-Roberts, E. 1998. Remediation of petroleum contaminated soils. In: Biological, physical, and chemical processes. 1a ed. Lewis publishers, United States of American. 542 pp.

Simpson, C.D.; Mosi AA; Cullen WR, Reimer KJ. 1996. Composition and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surficial marine sediments from Kitimat Harbour, Canada. Sci Total Environ, 181: 265-278.

