

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS DE MANGLE POR PETRÓLEO CRUDO

Requena Pavón G.C.^{*1}; Agraz-Hernández, C.M¹; Vazquez Botello, A²; Osti-Saénz, J¹; Reyes Castellanos J.E. ¹; Chan Keb C. ¹; García Zaragoza C. ¹

¹*Centro EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n ²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Correo electrónico:grp40@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó una investigación donde se examinaron los efectos acumulativos después de un vertido de petróleo y donde se ha valorado el impacto derivado del petróleo en una zonificación típica con plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* bajo condiciones controladas de temperatura ambiental, humedad, hidroperiodo, salinidad y microtopografía en un invernadero. Es relevante mencionar que este estudio tuvo una fase de estabilización de 40 días y posteriormente se realizó el vertido de petróleo al experimento que tuvo una duración de 183 días; los efectos negativos que se encontraron en las tres especies antes mencionadas, han sido localizadas en términos de altura e incremento diametral, al presentar menores tasas diametral en el DCPC (0.0043, 0.0037 y 0.0031 mm/día), comparado con el DT (0.067, 0.0052 y 0.0044 mm/día). Donde el mayor efecto se observó en *Rhizophora mangle* presentando una disminución del crecimiento diametral, debido al impacto inmediato y al mayor tiempo de residencia del petróleo crudo.

En el caso del crecimiento en altura, los efectos del petróleo fueron más evidentes para *Rhizophora mangle* disminuyendo en un 50% y en *Avicennia germinans* en un 58%, comparado con las plántulas de referencia. Esta última especie es afectada debido a la concentración del hidrocarburo en el sedimento por percolación, estimulado por la menor amplitud y frecuencia de inundación, evidenciado por el incremento de la alcalinidad en el sedimento, derivado de la hidrofobia de los compuestos del petróleo, en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* (8.1 ± 0.04 y 8.4 ± 0.47), a diferencia de DT (5.8 ± 0.4 y 7.0 ± 0.2).

Palabras clave: petróleo, vegetación, manglares.

INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios sobre el efecto de los derrames de petróleo se desarrollaron principalmente en los ecosistemas costeros, debido a los impactos antropogénicos en las costas, como resultado del aumento de las poblaciones y accidentes generados por la industria petroquímica (Neff (1979); Contreras (1986); Calva (1997). Los

impactos ocasionados por los derrames de petróleo en la línea de costa, han ocasionado la pérdida de la cobertura de mangle (Duke, 1999). Autores como Kleskowskiet al., (1994) menciona que los ecosistemas de manglar están expuestos continuamente a la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos. Estableciéndose un riesgo para la conservación de estos ecosistemas, debido a que se le atribuye una alta productividad y abundante detritus orgánico; lo cual lo convierten en un ecosistema altamente susceptible a la acumulación de los compuestos del petróleo (Suprayogi& Murray (1999) y Zhang et al., 2004). Es por ello, que es importante evaluar el efecto del petróleo crudo en la morfología de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans*, 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 elaboro 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 reflujos 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. Los monitoreos mensuales de los parámetros químicos del suelo y del agua intersticial se hicieron en cada estanque por especie. El equipo utilizado para pH y Eh del suelo fue el DUAL pH TECHNOLOGY y para el agua intersticial fue un YSI pH 100pH. Con respecto a la salinidad se utilizo un refractómetro ATAGO 0 A 100 ups). Las mediciones morfológicas y fisiológicas de las plántulas se realizaron con un pie de Rey de 0 a 150 mm, de marca TRUPER) en tres plántulas cada mes, tanto en el testigo como en el estanque con petróleo crudo. Es relevante mencionar que en el estanque designado para simular el derrame de petróleo crudo, fueron vertidos 10 litros en total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es relevante mencionar que la respuesta morfológica en las tres especies de plántulas de mangle utilizadas para este estudio, fue similar en ambos dispositivos experimentales durante la fase de “referencia”. Esto sustentado con base a los resultados obtenidos durante la fase de “estabilización”, ya que en esta fase se definió homogeneidad y similitud entre dispositivos experimentales con respecto a los parámetros físicos y químicos en el agua intersticial y el sedimento.

Posteriormente las respuestas morfológicas para las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans* utilizadas para este estudio, registraron que el efecto generado por el petróleo crudo en las tres especies de plántulas de mangle para este estudio, se registró directamente en los procesos de desarrollo óptimo, traduciéndose esto en una reducción de las

tasas de crecimiento en términos de altura e incremento diametral. Esto atribuido por el los cambios de los parámetros fisicoquímicos del agua y del sedimento hasta establecer intervalos intolerantes para la sobrevivencia de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans*; provocándose principalmente la muerte por asfixia. Esto es validado al decaer la concentración de oxígeno disuelto en el agua intersticial de oxicos (-44.3 mV a -173.7 mV) a oxicohipoxicos (posterior al vertido. -173.0 a -209 mV). En conjunto de la obstrucción de la función de captación del oxígeno atmosférico que realizan las lenticelas; al adherirse el petróleo crudo (Agraz-Hernández, 2007).

Las respuestas en términos de crecimiento en altura total para las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Avicenniagerminans*, registraron diferencias significativas entre los dispositivos DT y DCPC; caso contrario, para las plántulas de *Lagunculariaracemosa*. Esta disminución en la tasa del crecimiento

de *Rhizophora mangle*, es atribuida al mayor tiempo de contacto con el petróleo crudo y al cambio en las condiciones del pH y oxígeno en el agua intersticial y en el sedimento (Figura 1).

En el caso de *Lagunculariaracemosa* por ubicarse de acuerdo a la zonificación de las especies, en la parte intermedia, se presentó un menor tiempo inundación y contacto, percolación y acumulación del petróleo en comparación a *Rhizophora mangle* y *Avicenniagerminans*; reflejando los efectos a largo plazo (Figura 1). Sin embargo, en *Avicenniagerminans* se registró también disminución en la tasa de crecimiento, al acumularse el hidrocarburo en el sedimento por percolación, estimulado por la menor amplitud y frecuencia de inundación (Figura 1).

Esto es sustentado con base a donde autores como Martínez et al., (2001) señalan que la textura del suelo es un factor que define el grado de impacto en el ecosistema e incluso establece la potencialidad para su

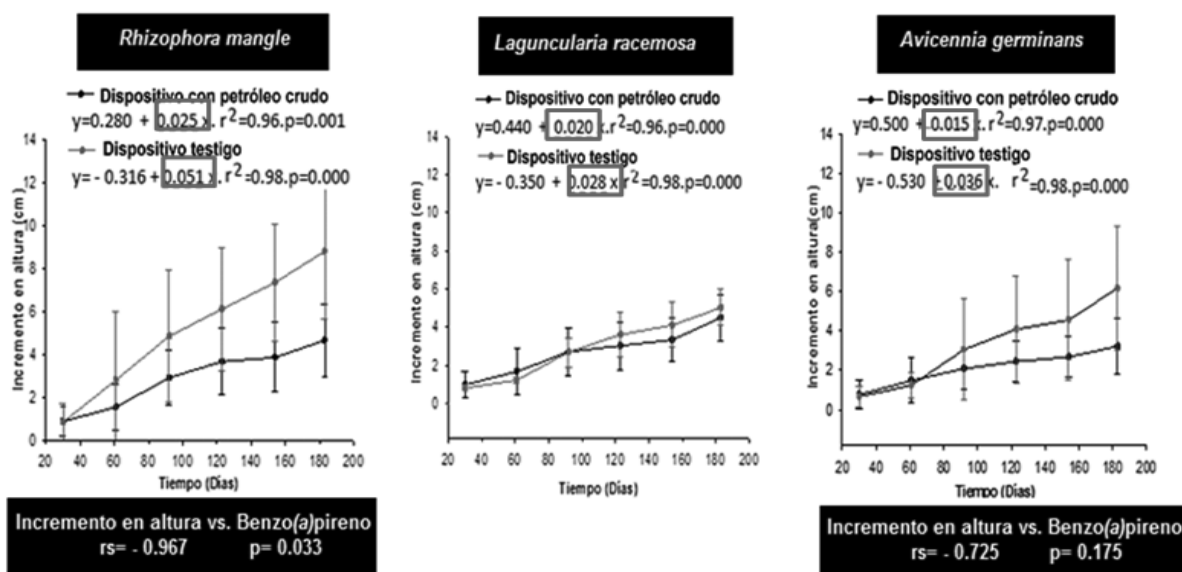


Figura 1. Ecuaciones de regresiones lineales simples del incremento en altura en plántulas de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, presente durante la fase del Vertido con petróleo crudo, en los dispositivos experimentales (DT y DCPC).

remediación. Siendo entonces, el tipo de sustrato no consolidado más vulnerable a la penetración o enterramiento de los hidrocarburos (aceites) derivados del petróleo crudo derramado; persistiendo más tiempo en la turba mangle, con mayor difícil limpieza e impactos biológicos a largo plazo ((Gupta&Lin, (1993); Totscheet al.,(1997); Gutiérrez & Zavala,(2002)). Aunado a lo descrito por Suprayogi& Murray et al., (1999), donde indican que a cinco concentraciones de dos tipos de petróleo (crudo y condensado) se presenta un efecto sobre el crecimiento de cuatro especies de plántulas de mangle (*Rhizophorastylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Cerriopstagal* *Avicennia marina*); determinando que *A. marina* fue la especie que mostro mayor acumulación de hidrocarburos.

Por otra parte, las respuestas en términos de incremento diametral, mostraron que el DCPC, presentaron diferencias significativas, en las tres especies de mangle

utilizadas para este estudio, observándose menores tasas de crecimiento en los dispositivos que con respecto a las plántulas del DT(Figura 2).

Esto coincide con lo reportado por Proffitt&Devlinet al., (1998), donde observaron efectos negativos en el crecimiento en términos de incremento diametral con respecto al control al efectuar un vertido de petróleo con plántulas de *Rhizophora mangle*. Sin embargo, autores como Draper& Smith et al.,(1998), revela que no siempre los efectos de toxicidad del petróleo se registran en las tasas de crecimiento diametral, puesto que esto dependerá de las condiciones ambientales en las que se desarrollen las plántulas (grados de estrés en que se encuentren) y a su fenotipo. Finalmente de acuerdo con Cintrón &Schaeffer-Novelli et al., (1984), mencionan que las alteraciones que presentan los bosque de manglar, tales como la reducción en la densidad de los bosques,

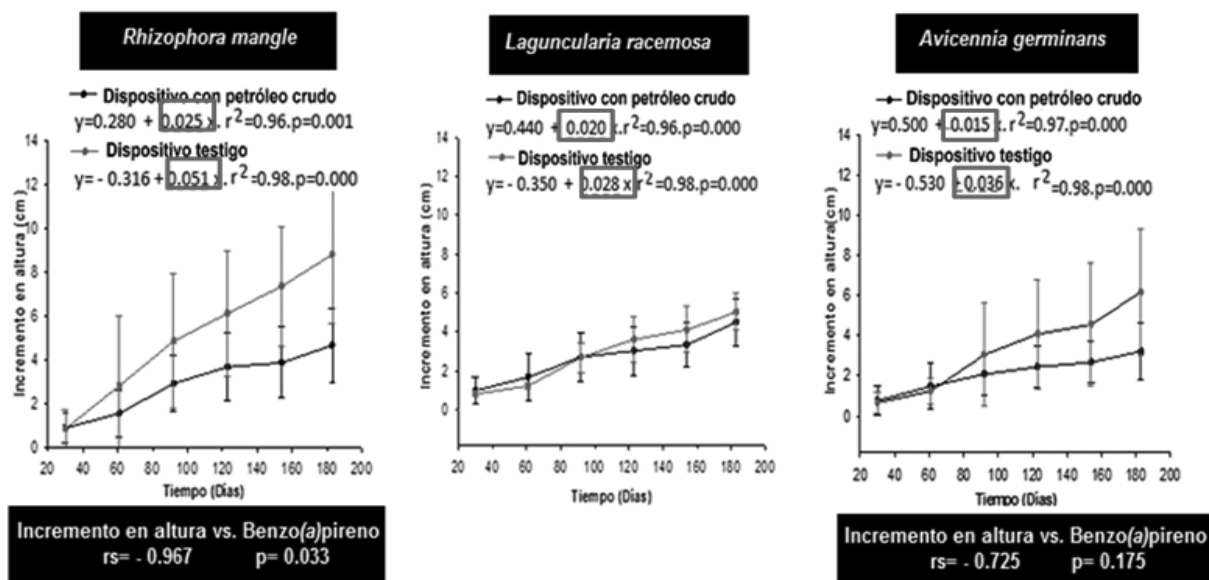


Figura 2. Ecuaciones de regresiones lineales simples sobre el incremento diametral en tres especies de manglar (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) con dos tratamientos, durante la fase vertido con petróleo crudo.

aumento del área basal y el diámetro promedio, es el resultado de competencia por la sobrevivencia entre especies ante tales desastres como lo son los derrames de petróleo en manglares.

En términos de número de nodos producidos en las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans*, registraron que no existe diferencia significativa, para ambos dispositivos experimentales (DT y DCPC). Este resultado, se puede comparar con lo que encontró Duke y Pinzon *et al.*, (1992), después de un derrame de petróleo en plantas de *Rhizophora mangle* en el cual indican que el número de nodos permanece relativamente constante, alrededor de 3.7 ± 0.3 nodos / año, después de un derrame de petróleo. Es relevante mencionar que existen pocos estudios que validen y determinen los factores que pudiesen afectar la producción de nodos. Sin embargo, y al igual que lo sustentado en la producción de hojas de este estudio; se puede mencionar que el efecto del petróleo crudo en el dispositivo experimental, no llegó a alterar este proceso fisiológico.

En términos de producción en número de hojas para cada especie (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) de mangle utilizada en ambos dispositivos experimentales en este estudio (DT y DCPC), no evidenciaron diferencias significativas. Esto a pesar de que otros autores han registrado efectos de defoliación en plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicennias germinans* al contacto con petróleo crudo ((Rodrigues *et al.*, (1990), Lugo *et al.*, (1980) y Ponte *et al.*, 1990)). Esto es atribuido a que las condiciones ambientales (físicas y químicas del agua intersticial y en la turba) no rebasaron el grado de tolerancia,

que estimulara a las plántulas a utilizar la energía en tolerar el estrés y no en producir biomasa fotosintética o el mismo proceso fotosintético.

CONCLUSIONES

Los mayores efectos en las plántulas de mangle al contacto con el petróleo crudo, se reflejó en *Rhizophora mangle* al presentar la mayor disminución de la tasa de crecimiento en comparación a *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. Debido al mayor contacto superficial, menor percolación e incremento en el tiempo de residencia del petróleo crudo. Las tasas de crecimiento en términos de altura fueron más evidentes en *Rhizophora mangle*, disminuyéndose en *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en un 50%, 28% y 58%, respectivamente; al disminuir el proceso de percolación, acumulación, contacto y espesor del petróleo crudo durante el hidropériodo (flujo y reflujos de la marea); esto derivado de la hidrofobia de los del petróleo crudo.

Las menores tasas de crecimiento en términos de incremento diametral se detectaron en las plántulas de *Avicennia germinans*, derivado de la mayor percolación, permanencia y acumulación del petróleo crudo en el sedimento, así como por la adhesión y contacto del petróleo en el tejido del tallo y obstrucción de las lenticelas en los pneumatoforos. Posteriormente se incrementó la tasa de crecimiento en un 19.3% en *Laguncularia racemosa* con respecto a *Avicenniagerminans*, también derivado de la adhesión y contacto del petróleo en el tejido del tallo. Finalmente con menor efecto y mayor incremento diametral las plántulas de *Rhizophora mangle* presentaron un incremento de 16.2%.

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

- Agraz-Hernández, C. M.; Osti-Sáenz, J.; Jiménez-Zacarías, J.; García-Zaragoza, C.; Arana Lezama, R.; Chan Canul, E.; González-Duran, L.; Palomo-Rodríguez, A. 2007. Restauración con manglar: Criterios y técnicas hidrológicas, de reforestación y forestación. 1era. edición. Universidad Autónoma de Campeche, Comisión Federal de Electricidad, Comisión federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal. ISBN: 968-5722-54-4. 132 pp.
- Calva, L.G.B. 1997. Hidrocarburos Fósiles en Lagunas Costeras. Contactos, 3ra. Época, 21:16-22.
- Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1984. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur de América. Ciencia Interamericana. Vol. 25 (1-4): 4-15.
- Contreras, F.E. 1986. Ecosistemas Costeros Mexicanos. CONABIO-UAMI. 415 pp.
- Draper NR & Smith H. 1998. Applied Regression Analysis (3rd edition). New York: Wiley.
- Duke, N. C. and K.A. Burns. 1999. Fate and effects of oil and dispersed oil on mangrove ecosystems in Australia. Australian Institute of Marine Science and CRC. Research Centre. 17 pp.
- Duke, N. C. and Z.S. Pinzon. 1992. Aging Rhizophoraseedlings from leaf scar nodes: a method for studying recruitment and growth in tropical mangrove forests. Biotropica, 24(2).
- Duke, N.C.; W.R., y Williams, W.t. 1981. Growth ring and rainfall correlation in a mangrove tree of the genus *Diospyros* (Ebenacea). Aust. S.Bot..29: 135-42.
- Gupta, G. and Y. J. Lin. 1993. Toxicity of aquos-leachate through sand-clay columns. J. Environ. Sci. Health. A 28(4):933-940.
- Gutiérrez C., M. C. Zavala C. 2002. Rasgos hidromorficos de suelos tropicales contaminados con hidrocarburos. Terra Latinoamericana. 20:101-111.
- Klekowski, Jr.; E.J.; Corredor, J.E.; Morell, J.M. and DelCastillo, C.A. 1994. Petroleum pollution and mutation in mangroves. Marine Pollution Bulletin. 28: 166-169.
- Lugo, A.E. 1980. Mangrove ecosystems: sucesional or stady state. Biotropica, 12: 67-72.
- Martínez M., V.E. y, F. López S. 2001. Efecto de hidrocarburo en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. Terra. 19: 9-17.
- Neff, M.F. 1979. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in aquatic environment.

Sources, Fates and Biological Effects.
Applied Science Publisher. U.K. 262 pp.

Ponte, A.C.E.; Fonseca, I.A.Z. & Claro, M.C.A. 1990. Produção de serapilheira em bosque impactado por petróleo. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Síntese dos Conhecimentos, Cananéia, São Paulo: ACIESP, v2, 241-253 pp.

Proffitt E.C. y Devlin D.J. 1998. Are there cumulative effects in red mangroves from oil spill during seedling and sapling stages. *Ecol. Appl.* Vol.8: 121-127.

Rodrigues, F.O.; Moura, D.O. & Lamparelli, C.C. 1999. Environmental impact in mangrove ecosystems Sao Paulo, Brazil. In: *Ecossistemas de Manglar en América Tropical*. A. Yañez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (eds). Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ ORMA, Costa Rica, NOAA/ NMFS Silver Spring MD, USA. 380 pp.

Suprayogi B. y Murray F. 1999. A field experiment of the physical and chemical effects of two oils on mangroves. *Environ. Exp. Bot.* 42, 221-229.

Totsche, K.U., J. Danzer and I. Kogel-Knaber. 1997. Dissolved organic matter-enhanced retention of polycyclic aromatic hydrocarbons soil miscible displacement experiments. *J. Environ. Qual.* 26:1090-1

