

## EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO PESADO SOBRE PLÁNTULAS DE *Mauritia flexuosa* L.f.

Evaluation of the toxicity of soil contaminated with heavy  
oil on seedings of *Mauritia flexuosa* L.f.

Ismael Hernández Valencia<sup>1\*</sup>, Daniel Guitián<sup>2</sup> y  
Valois González Boscán<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Facultad de Ciencias, Universidad  
Central de Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Perú.  
\*ismael.hernandez@ciens.ucv.ve.

### RESUMEN

Se realizó una prueba de toxicidad aguda con plántulas de *Mauritia flexuosa* expuestas a suelos contaminados en concentraciones de 0, 4, 8, 16, 32 y 64% de un crudo pesado. Concentraciones de hasta 16% no afectaron significativamente la sobrevivencia de las plántulas, mientras que a 64% no sobrevivió ninguna plántula. En correspondencia con la sobrevivencia, la biomasa del vástago y la biomasa total disminuyeron a partir de una concentración de petróleo pesado de 16%, mientras que la biomasa de raíces y la relación vástago/raíz no evidenció diferencias entre las concentraciones en donde sobrevivieron las plántulas. Los resultados indican una alta tolerancia del moriche a la contaminación del suelo con petróleo pesado, lo que muestra su potencial en labores de revegetación de áreas contaminadas con este tipo de crudo.

**Palabras clave:** contaminación del suelo, moriche, sobrevivencia de plántulas.

**Keywords:** Soil contamination, moriche, seedling survival.

### INTRODUCCIÓN

En Venezuela, los palmares de *Mauritia flexuosa* L.f., también conocidos como "morichales", constituyen una comunidad de plantas dominada por individuos de esta especie. Los morichales están asociados a suelos hidromórficos u orgánicos presentes en las tierras bajas de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, al este de la isla de Trinidad, así como en las áreas costeras sub-recientes de la región oriental de América del Sur desde Guyana a Brasil (González-Boscán, 2016). En los Llanos Orientales venezolanos la ubicación de los morichales en la zona más baja del relieve de valle que colinda con las altiplanicies y su íntima asociación con los ejes fluviales, los hacen susceptibles a la contaminación por sustancias que pueden ser transportadas por gravedad o por el agua. Ejemplo de ello es la contaminación producida por la exploración, producción, transporte y refinación del petróleo, que se generan a través de fugas, derrames y disposición inadecuada (Hernández Valencia y col., 2018). Aun conociendo la alta vulnerabilidad de los ecosistemas de

morichal y su importancia, ecológica y socioeconómica, son muy escasos los trabajos relativos a los efectos de las actividades antrópicas sobre éstos, especialmente los producidos por la contaminación con petróleo. Tomando en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer el impacto de la contaminación por petróleo sobre la sobrevivencia de plántulas y parámetros biométricos de esta especie.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

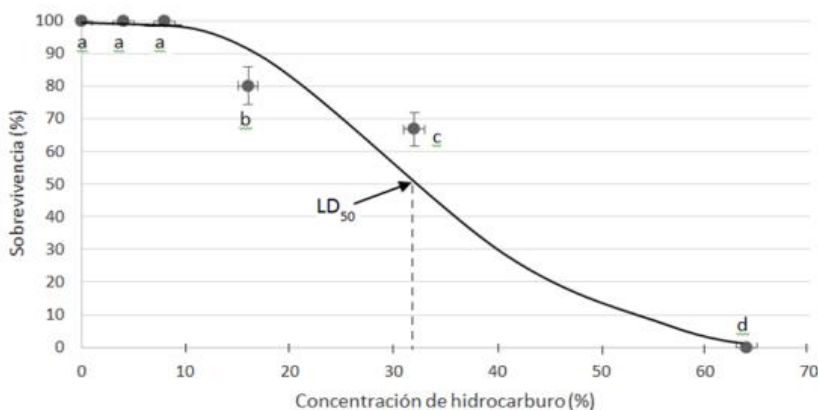
Se realizó una prueba de toxicidad aguda con plántulas de *Mauritia flexuosa* expuestas a diferentes concentraciones en el suelo de un crudo pesado de 16° API en condiciones de invernadero. Las plántulas se obtuvieron a partir de semillas colectadas del Morichal Lambedero, en la localidad de Mapire, al sur del estado Anzoátegui y fueron germinadas en suelo arenoso no contaminado proveniente del mismo morichal hasta obtener plántulas entre 20 y 25 cm de altura con hojas expandidas y buena condición (Hernández Valencia *y col.*, 2017a). Luego, las plántulas fueron expuestas a durante 60 días a suelos contaminados con petróleo en concentraciones de 0, 4, 8, 16, 32 y 64% (concentraciones gravimétricas). Cada tratamiento constó de tres testigos de 10 plántulas.

Para las comparaciones entre medias se usó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y como prueba a posteriori comparaciones por pares de Mann-Whitney (Siegel, 2009). El uso de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se justificó por el no cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad de los datos que requiere una la prueba paramétrica de ANOVA. La concentración letal media ( $CL_{50}$ ) se calculó con ayuda del programa Trimmed Spearman-Kärber (TSK), versión 1.5 de uso frecuente por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, 1992).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Concentraciones de hasta 16% de petróleo pesado no afectaron significativamente ( $P > 0,05$ ) la sobrevivencia de plántulas de moriche (Figura 1), la cual fue de 100% a los 60 días. A 32% de la concentración de crudo, la sobrevivencia se redujo a 64,3%, mientras que en la máxima concentración de hidrocarburo empleada de 64% no sobrevivió ninguna plántula. Vale destacar que la mortalidad de plántulas se observó posterior a un mes de iniciado el ensayo para la máxima dosis empleada de 64% de crudo. La concentración letal media o concentración que produjo la mortalidad del 50% de las plántulas con su intervalo de confianza al 95% fue de  $31,34\% \pm 2,57\%$ ; ésta fue calculada con el programa Trimmed Spearman-Kärber (TSK) (USEPA, 1992). Este valor supera ampliamente al límite de limpieza que deben alcanzar los suelos contaminados con

hidrocarburos en Venezuela, el cual es de 1% de aceites y grasas para desechos de hidrocarburos esparcidos en el suelo y 3% para desechos de hidrocarburos confinados (Decreto 2635; República de Venezuela, 1998). En lo que respecta a las concentraciones que usualmente se encuentran en los sedimentos de fosas petroleras, Deuel y Holliday (1997) encontraron para fosas del estado de Oklahoma en los Estados Unidos, que estas oscilan entre 0 y 20% de aceites y grasas en más del 90% de los casos, lo que podría ser un indicativo de la alta tolerancia de *M. flexuosa* a los intervalos de contaminación típicos de lugares de acopio y de suelos afectados por la contaminación con hidrocarburos de petróleo.



**Figura 1.** Sobrevivencia de plántulas de *M. flexuosa* a diferentes concentraciones de crudo pesado (16°API). Letras diferentes corresponden a medias diferentes (prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y comparación por pares de Mann-Whitney  $P \leq 0,05$ ).

En correspondencia con la sobrevivencia, la biomasa del vástago y la biomasa total disminuyeron a partir de una concentración de petróleo pesado de 16%, mientras que la biomasa de raíces y la relación vástago/raíz no mostraron diferencias entre las concentraciones en donde sobrevivieron las plántulas (Tabla 1). Los efectos tóxicos crónicos y agudos observados a concentraciones superiores a 16% pueden estar relacionados a factores variados como: (a) el agotamiento del oxígeno generado con el incremento de la actividad microbiana (Abu y Atu, 2008), (b) la interferencia física que produce el petróleo en la raíz, lo cual limita la incorporación de agua y nutrimentos (Mathew y col., 2006, Hernández Valencia y col., 2017b), y (c) en condiciones extremas puede disolver y producir la lisis celular de la membrana celular (Figueroa y Dávila, 2004), con la consecuente pérdida del contenido celular, además del bloqueo de los espacios intercelulares y la reducción del transporte de nutrientes y metabolitos, así como la tasa de respiración (Pezeshki y col., 2000).

**Tabla 1.** Biomasa del vástago, raíces y total de plántulas de *Mauritia flexuosa*, expuestas a diferentes dosis de petróleo pesado durante 60 días. Valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

Concentración de petróleo pesado (%)	Biomasa vástago (g)	Biomasa raíces (g)	Biomasa total (g)	Relación Vástago/raíz
0	2.1 (0.3) A	2.4 (0.6) a	4.5 (0.3) a	0.9 (0.4) A
4	1.8 (0.2) A	2.3 (0.6) a	4.1 (0.5) a	0.9 (0.4) A
8	1.9 (0.2) A	2.1 (0.3) a	4.0 (0.3) a	0.9 (0.2) a
16	1.6 (0.3) Ab	2.0 (0.2) a	3.6 (0.4) b	0.8 (1.0) A
32	1.2 (0.4) B	1.9 (0.3) a	3.2 (0.7) b	0.6 (0.1) A
64		No hubo sobrevivencia		

Medias dentro de la misma columna con ninguna letra en común indican diferencias estadísticamente significativas. (Ps 0,05; Kruskal Wallis).

Lieth y Markert (1990) destacan que la contaminación por petróleo puede impedir o retardar el crecimiento de la vegetación sobre el área afectada, lo cual dependerá de la magnitud del impacto, como también de los constituyentes y cantidad de petróleo derramado, condiciones ambientales y de la especie de planta. Se ha señalado que se pueden diferenciar los daños producidos por la contaminación con hidrocarburos, entre aquellos daños agudos o rápidos causados por los petróleos livianos que poseen mayor contenido de compuestos más tóxicos (aromáticos y saturados) y los daños crónicos o lentos resultado de los petróleos pesados con menor contenido de éstos (Fernando Morales, comunicación personal, Universidad Simón Bolívar, Venezuela). Ello justificaría los resultados obtenidos en este estudio en donde se observó un amplio intervalo de tolerancia a la contaminación por parte de *M. flexuosa* debido al uso de un petróleo pesado.

Urich *y col.* (2008) midieron varios parámetros fisiológicos en morichales contaminados por petróleo hace 2 y 15 años y un morichal prístino. Los resultados mostraron que el contenido de carbohidratos solubles, el potencial hídrico, la tasa instantánea de fotosíntesis y la tasa instantánea de transpiración fueron más bajas en los morichales contaminados; sin embargo, la tasa fotosintética a flujo fotónico fotosintético saturante, la eficiencia cuántica y la conductancia estomática no mostraron diferencias significativas entre los ecosistemas perturbados y no perturbados. Estos hallazgos muestran el potencial de *M. flexuosa* para tolerar y recuperarse de los impactos producidos por derrames de petróleo y su uso en labores de reforestación de áreas contaminadas, en especial aquellas contaminadas con petróleo pesado. Otros tipos de investigaciones deben ser realizadas con diferentes tipos de crudos, como medianos, livianos, extrapesados, los cuales difieren en su toxicidad (Hernández Valencia *y col.* 2017b).

## CONCLUSIONES

La exposición a concentraciones de hasta 16% de petróleo pesado de plántulas de *Mauritia flexuosa* no afectó significativamente su sobrevivencia, mientras que a 64% no sobrevivió ninguna plántula. En correspondencia con la sobrevivencia, la biomasa del vástago y la biomasa total disminuyeron a partir de una concentración de petróleo pesado de 16%, mientras que la biomasa de raíces y la relación vástago raíz no mostraron diferencias entre las concentraciones en donde sobrevivieron las plántulas. Los resultados indican una alta tolerancia del moriche a la contaminación del suelo con petróleo pesado, lo que muestra su potencial en labores de revegetación de áreas contaminadas con este tipo de crudo.

## LITERATURA CITADA

- Abu, G. O. y N. D. Atu. 2008. An investigation in oxygen limitation in microcosm model in the bioremediation of a typical Niger Delta soil ecosystem impacted with crude oil. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 12(1) 13 – 22.
- Deuel Jr., L. E y G. H. Holliday. 1997. *Soil remediation for the petroleum extraction industry*. PennWell. Tulsa, Oklahoma. 242p.
- Figueruelo, J. E. y M. Dávila. 2004. *Química física del medio ambiente y de los procesos ambientales*. Editorial Reverté. Ciudad de México. México. 614p.
- González-Boscán, V. 2016. Los palmares de pantano de *Mauritia flexuosa* en Suramérica. En: Morichales, cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica. Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Lasso, C. A., G. Colonnello y M. Moraes, (eds.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 45-83 pp.
- Hernández Valencia, I., D. Guitián y V. González. 2017a. Efectos del tamaño de la semilla y escarificación del endocarpio sobre la germinación de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae). *Acta Bot. Venezuel.* 40(1):97-118.
- Hernández Valencia, I., L. M. Lárez, y J. V. García. 2017 b. Evaluación de la toxicidad de un suelo contaminado con diferentes tipos de crudos sobre la germinación de dos pastos tropicales. *Bioagro* 29(2): 73-82.
- Hernández-Valencia, I., V. González-Boscán, E. Zamora-Ledezma, V. Carrillo-Carrillo, y A. Zamora-Figueroa. 2018. Environmental Impacts of the Oil Industry on the *Mauritia flexuosa* Swamp Palm Groves (Morichales) in Venezuela. En: Oil contamination: Impacts and offsets. Emilio Potter y Alyssa Vega (eds.). Nova Science Publisher Inc. pp. 33-72.
- Lieth, H. y B. Markert. 1990. *Element concentration Cadasters in ecosystems*. Methods of Assessment and Evaluation. VCH, Weinheim. New York, USA. 448 p.
- Mathew, M., X. Yang, M. Baxter y E. Senior. 2006. Bioremediation of 6% (w/w) diesel contaminated mainland soil in Singapore: Comparison of different biostimulation and bioaugmentation treatments. *Eng. Life. Sci.* 6 (1): 63-67.
- Pezeshki, S., M. Hester, Q. Lin, y J. Nyman. 2000. The effects of oil spill and clean-up on dominant US Gulf coast marsh macrophytes: a review. *Environ Pollut.* 108: 129-139.

- República de Venezuela. 1998. Decreto No. 2.635. Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No.5.245 Extraordinario.
- Siegel, S. 2009. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. Editorial Trillas. 4ta Edic. México. 344p.
- USEPA. 1992. User's guide-Trimmed Spearman-Kärber (TSK),” Version 1.5, Environment Monitoring Systems Laboratory. Ecological Monitoring Research Division. USEPA. Cincinnati, USA.
- Urich, R., I. Coronel, A. Cáceres, W. Tezara, C. Kalinhoff, V. Carrillo, A. Quillice y E. Zamora. 2008. Respuesta fotosintética y relaciones hídricas de especies de un bosque seco tropical y de morichales afectados por el impacto ambiental. Memorias del Instituto de Biología Experimental. Universidad Central de Venezuela 5: 229-232.