



# KUKULKAB'

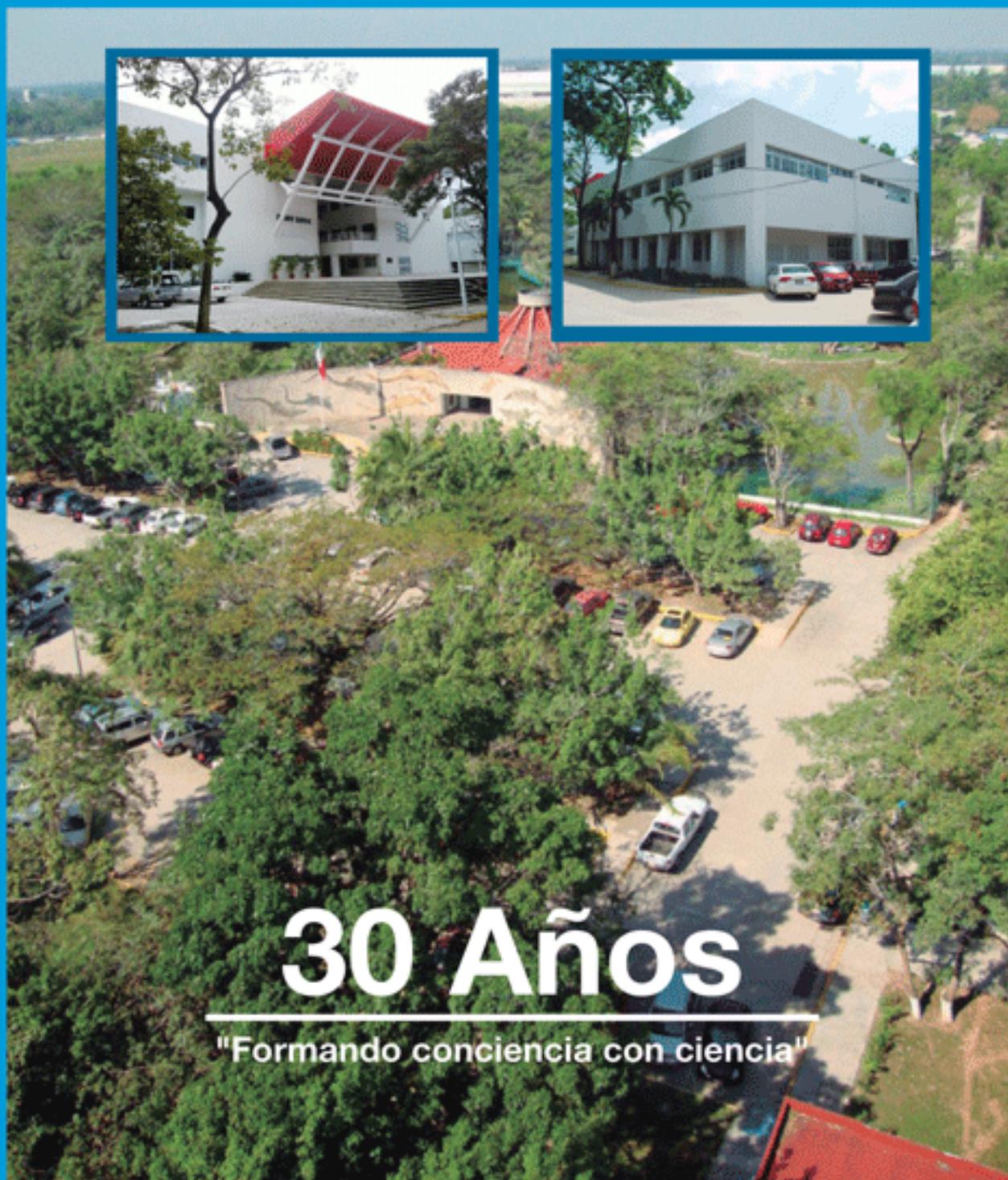
REVISTA DE  
DIVULGACIÓN

ISSN 1665-0514

División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XVIII • Número 35 • Julio - Diciembre 2012 •

**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



## 30 Años

"Formando conciencia con ciencia"

## REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza*

### CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo  
**Editor en jefe**

Dr. Randy Howard Adams Schroeder  
Dr. José Luis Martínez Sánchez  
**Editores Adjuntos**

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo  
**Editor Asistente**

### COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

**Dra. Silvia del Amo**  
Universidad Veracruzana

**Dr. Bernardo Urbani**  
Universidad de Illinois

**Dr. Guillermo R. Giannico**  
Fisheries and Wildlife Department,  
Oregon State University

**Dr. Joel Zavala Cruz**  
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

**Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez**  
División Académica de Ciencias Biológicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA, índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.  
Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>  
<http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. C.P. 86039 Teléfono Conmutador: 3581500 ext.6400 Teléfono Divisional: 3544308, 3379611. Dirección electrónica: <http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/kuxulkab> Imprenta: M.A. Impresores, S.A. de C.V. Av. Hierro No. 1 Mza. 3 Ciudad Industrial C. P. 86010 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039 Villahermosa, Tabasco.

### **Nuestra Portada**

Edificios emblemáticos de la DACBiol-UJAT; el Centro de Investigación para la Conservación de Especies Amenazadas (CICEA), el Centro de Investigación para la Conservación y Aprovechamiento de Recursos Tropicales (CICART) y el Herbario UJAT.

### **Diseño de:**

Lilianna López Gama

### **Fotografías:**

Lilia María Gama Campillo, Rafael Sánchez Gutiérrez y Juan Pablo Quiñonez Rodríguez.

Personal docente de la DACBiol - UJAT.

**Estimados lectores:**

**E**ste año se llevó a cabo un importante número de eventos para festejar el 30 aniversario de la enseñanza de las ciencias ambientales en la UJAT, tuvimos la oportunidad de conocer a investigadores que enriquecieron con sus participaciones los conocimientos de todos los que formamos la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas.

La Universidad se encuentra en un proceso, que sin duda alguna, fortalecerá todos los medios de comunicación que forman parte de la misma, como lo es nuestra revista. El Área Editorial se encuentra ya funcionando como fortaleza no solo de Kuxulkab' sino de otros aspectos de divulgación y editoriales de la DACBIol. El programa de reorganización del sistema de manejo de Kuxulkab', permite hoy en día, brindar una respuesta mucho más rápida a todos aquellos artículos sometidos para publicar; igualmente nos encontramos participando en la implementación de un nuevo sistema propuesto por el Departamento de Publicaciones Periódicas de la Universidad, para la administración de manuscritos que permita agilizar el vínculo con la impresión como parte de la estrategia del plan de mejoras de dichas revistas.

Este número cuenta con un conjunto de cinco artículos y seis notas de temas de actualidad relacionados a las áreas de investigación que se llevan a cabo en la DACBIol y desarrollados por investigadores, estudiantes y colegas en la región. Como siempre agradecemos a todos los autores que nos enriquecen con sus contribuciones, así como a los revisores que amablemente se han tomado el tiempo de colaborar con nosotros y que cada día forman un grupo más nutrido, lo que nos fortalece en la revisión de una mayor diversidad de temas. Los invitamos a seguir considerando y usar esta opción de publicación como una ventana para compartir sus investigaciones, así como el desarrollo de temas de interés, tanto para nuestros colegas, alumnos y compañeros de la DACBIol y de la región.

**Lilia Gama**  
Editor en Jefe

**Rosa Martha Padrón López**  
Directora

**División Académica de Ciencias Biológicas**  
**Universidad Juárez Autónoma de Tabasco**



---

# Aplicación y beneficios de los inóculos bacterianos en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos

Sara Pérez Montero, Idefonso Jesús Ramírez Díaz  
& Erika Escalante Espinosa

División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco  
Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas; Entronque a Bosque de Saloya. C.P. 86039  
Villahermosa, Tabasco, México  
montero\_sara1@hotmail.com

## Resumen

El presente trabajo es una revisión bibliográfica con información referente a uso de los inóculos bacterianos para mejorar la remoción de contaminantes durante la fitorremediación. Esta tecnología ha adquirido auge por ser un procedimiento pasivo, estéticamente agradable, útil para remediar una gran variedad de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. Los procedimientos de inoculación deben de ser baratos y fáciles de aplicar además de mejorar la colonización bacteriana para acelerar los procesos de degradación. El uso eficiente de cepas microbianas específicas es el primer paso a la aplicación de las plantas en un suelo contaminado.

## Introducción

La actividad humana doméstica, agrícola e industrial ha conducido a la movilización de toneladas de elementos y compuestos orgánicos e inorgánicos fuera de sus compartimentos geoecológicos. Lo anterior tiene como consecuencia negativa diversos problemas ambientales, tanto en países desarrollados, como en países en vías de desarrollo, mismos que impactan directamente a la salud humana y la diversidad biológica (Wania y Mackay, 1996). En México y otros países productores de petróleo, algunos suelos agrícolas muestran alteraciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas causadas por la contaminación con hidrocarburos derivados del petróleo (Sangabriel *et al.*, 2006).

Los hidrocarburos son perjudiciales no sólo al desarrollo de las plantas sino también a los procesos microbianos que ocurren en el suelo (Nie *et al.*,

2011). Para suelos contaminados con hidrocarburos, su remediación puede llevarse a cabo con los microorganismos que habitan el suelo, particularmente en la rizósfera de plantas ahí establecidas, esto último es mejor conocido como fitorremediación (Hernández-Acosta *et al.*, 2003a). La fitorremediación, definida como el uso de plantas y sus microorganismos asociados, desde un punto de vista ecológico es una técnica atractiva para el tratamiento de estos suelos (Pilon-Smits, 2005; Olsón *et al.*, 2008) y su eficacia depende en gran medida del establecimiento de las interacciones planta-microorganismos (Nie *et al.*, 2011). La degradación de compuestos orgánicos en ambientes naturales esta mediado, principalmente, por dos grupos de microorganismos: bacterias y hongos. Las bacterias representan el grupo de microorganismos con mayor diversidad, encontrándose en todos los ambientes; sus características de crecimiento y metabolismo rápido, plasticidad genética y su alta posibilidad de adaptación a una gran variedad de condiciones hacen que sea éste el grupo microbiano más utilizado en los procesos de biorremediación (Hernández-Acosta *et al.*, 2003b).

La inoculación de las plantas con bacterias degradadoras es uno de los planteamientos para mejorar los procesos de remediación, pero su aplicación no es exitosa en todos los casos debido a la competencia con los microorganismos autóctonos (Afzal *et al.*, 2012). Un inoculante bacteriano es una formulación que contiene una o más cepas bacterianas benéficas, debe ser fácil de usar y económico. Los efectos deseados de los inóculos en el crecimiento de la planta pueden incluir la fijación de nitrógeno, el control biológico de las

enfermedades transmitidas por microorganismos del suelo y mejorar la absorción de los minerales (Bashan, 1998). Bajo este contexto, el objetivo de la presente revisión está enfocado en los métodos de aplicación y beneficios de los inóculos bacterianos para mejorar la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

### Los inoculantes y su aplicación

Durante varias décadas se han introducido bacterias en los suelos para incrementar el crecimiento de los cultivos a través de la inoculación del suelo o el recubrimiento de las semillas, raíces y tubérculos. Hoy en día, existe un interés creciente en este aspecto considerando las posibilidades actuales de mejorar las cepas por medio de la biotecnología moderna. La mayoría de los microorganismos degradadores de contaminantes específicos y/o bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés) que son aplicados deben competir con los microorganismos de la rizósfera, siendo esto un factor crucial en el éxito de los inoculantes (Afzal, 2010).

Se han realizado diversas investigaciones acerca del uso de microorganismos aplicados en suelo o semillas para promover el crecimiento de las plantas (Robles y Barea, 2004; Santillana *et al.*, 2005; López *et al.*, 2012), en muchos casos adicionando cepas bacterianas individuales, con éxito variable. Sin embargo, la aplicación de varias cepas en combinación puede dar resultados más eficaces comparados con los aislados solos. La aplicación exitosa de los microorganismos específicos seleccionados como inoculantes es un primer paso para mejorar la fitorremediación de suelos contaminados. También es importante que los microorganismos puedan colonizar el ambiente que rodea las raíces de la planta (Afzal *et al.*, 2012). Algunos inoculantes integrados por bacterias de vida libre pueden interactuar positivamente con diferentes microorganismos simbióticos de la planta, tales como, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Frankia* y hongos micorrízicos (Kloepper *et al.*, 1989).

Muchos suelos y especialmente bacterias de la rizósfera pueden estimular el crecimiento de los cultivos, en ausencia de un patógeno importante, al

influir en el metabolismo de la planta. Los microorganismos más estudiados pertenecen a géneros diferentes, incluyendo: *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Anabaena*, *Arthrobacter*, *Azoarcos*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Frankia*, *Hydrogenophaga*, *Kluyvera*, *klebsiella*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Microcoleus*, *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptomyces*, y *Vibrio*. Uno de los ejemplos más conocidos es la simbiosis leguminosa-*Rhizobium* que culmina con la formación de un nódulo, una nueva estructura vegetal bien organizada y funcionalmente reguladas (Bashan *et al.*, 2008; Loredó-Osti *et al.*, 2004). La inoculación en semillas o plantas con microorganismos principalmente las pertenecientes a los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* han sido utilizados exitosamente para el control de los patógenos (Bacilio-Jiménez *et al.*, 2001).

Existen varios métodos para la introducción de bacterias en las plantas: a) inoculación de la semilla, b) empapar el suelo, c) aspersión foliar y d) inmersión de la raíz (Afzal *et al.*, 2012). Para mejorar el proceso de inoculación se ha sugerido la inoculación por aspersión del inóculo en el suelo o directamente en las plantas en crecimiento (Weyens *et al.*, 2009). Los métodos para la inoculación ya sea con bacterias Gram positivas o Gram negativas requieren el uso de un vehículo para liberar el inóculo en el suelo y permitir que las células se mezclen con este. Esto puede incluir acarreadores de bajo costo como la turba que se mezclan con las suspensiones de microorganismos y posteriormente se secan. La colocación del inóculo a una profundidad adecuada también es un factor importante que puede influir en los beneficios de la inoculación del suelo (Kyei-Boahen *et al.*, 2002). La eficiencia de la inoculación depende en gran medida de las interacciones de competencia de las bacterias adicionadas con las de la rizósfera de la planta por los nutrientes o aceptores de electrones (Martínez-Viveros *et al.*, 2010). De la misma manera, las cepas inoculadas pueden ser afectadas por la depredación (Chauhan *et al.*, 2008).

Una de las técnicas menos costosas que pueden ser utilizados para introducir microorganismos en suelo es el recubrimiento de las

semillas con las bacterias apropiadas. Para esto, las bacterias necesitan adherirse a las semillas. También es esencial mantener su viabilidad en ambas técnicas para asegurar la supervivencia y un número elevado de microorganismos, que sean de fácil manejo en condiciones de campo y que su producción y precio sean costeables (Afzal, 2010; Ríos-Lozano, 2010). En las prácticas agrícolas y forestales de inoculación, la mezcla de dos o más especies microbianas a menudo tiene más efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas que el uso de una sola bacteria (Rojas *et al.*, 2001).

### Efecto de la inoculación en la remoción de hidrocarburos

En las situaciones en que la población nativa de microorganismos degradadores de hidrocarburos es inexistente o muy baja, debido a la toxicidad intrínseca de la matriz contaminante o por ser un enclave contaminado muy recientemente, el uso de inóculos exógenos puede ser beneficioso. En realidad se han descrito numerosas situaciones en las que la bioaumentación ha funcionado, en suelos, lodos y aguas subterráneas contaminadas. Sin embargo, es necesario en cada caso particular estudiar la necesidad o no de aplicar inóculos exógenos así como sus condiciones óptimas de aplicación (Viñas-Canals, 2005).

Las plantas y los microorganismos están involucrados directa e indirectamente en la degradación o transformación de los contaminantes en productos que generalmente son menos tóxicos y con menor persistencia en el ambiente (Luque, 2009), esta relación es favorable para la remoción de los hidrocarburos ya que estos disminuyen debido a los microorganismos presentes en la rizósfera o bien, mediante la modificación a través de la excreción de exudados de las raíces (Teng *et al.*, 2011). Como efectos de la inoculación se ha encontrado que la adición de microorganismos produce un aumento en la velocidad de biodegradación y reduce los tiempos del proceso de biorremediación de los hidrocarburos de bajo peso molecular; también se ha reportado que la disminución en la concentración de los microorganismos del inóculo es debido a que la dinámica del suelo evoluciona hacia el restablecimiento de la comunidad original y en otros casos, el establecimiento de los microorganismos

inoculados no produjo un aumento significativo en la actividad degradadora de la comunidad. La acumulación de productos de degradación, la baja disponibilidad de los contaminantes y la competencia con la flora nativa son factores que podrían afectar la actividad del inóculo (Madueño *et al.*, 2009).

Las plantas pueden incrementar la remoción de xenobióticos por lo menos dos mecanismos principales: a) captación directa y transformaciones a metabolitos menos tóxicos y b) estimulación de la actividad microbiana y transformación bioquímica en la zona de la raíz a través de la liberación de exudados y enzimas (Jardahl *et al.*, 1997). La interacción raíz-microorganismo contribuye significativamente en la remoción, degradación o estabilización de los contaminantes (Sangabriel *et al.*, 2006). Varios estudios son ejemplo del efecto de la inoculación en la remoción de hidrocarburos en fitorremediación. Teng *et al.* (2011) encontraron que la remoción incrementó significativamente en el tratamiento con plantas (alfalfa) que recibieron el rizobio *Rhizobium meliloti* en comparación con el tratamiento con planta sin el rizobio. Xu *et al.* (2010) mostraron que la remoción de bifenilos policlorados (BPC) en la rizósfera del suelo fue mayor en los tratamientos sembrados, un promedio de 36% de disminución en los niveles de BPC en comparación con una disminución del 5.4% en el suelo sin planta, y aún más cuando las plantas se inocularon con el rizobio *Rhizobium meliloti* (43%) a los 90 días después de la siembra. Miranda-Martínez *et al.* (2007) reportaron que a los 60 días después de la inoculación, la degradación de fenantreno fue mayor en plantas de *Echinochloa polystachya* inoculadas con *Azospirillum brasilense* cd (57%), así como el consorcio microbiano integrado por las cepas RM1S, RM10S, RM12A y *Azospirillum halopraeferens* (59%) en comparación con el control sin planta (41.7%). Castro-Carrillo *et al.* (2008) reportaron que la menor remoción de fenantreno (45%) se observó en *Azolla caroliniana* sin el consorcio microbiano formado por *Bacillus stearothermophilus* y *Oscillatoria* sp. BST.

### Efecto de la inoculación en las plantas

Los efectos más sobresalientes de la inoculación de plantas son los diversos cambios morfológicos. Estos se encuentran directamente relacionados con

la concentración del inóculo: cuando este es superior a los niveles óptimos tiene efectos inhibitorios, mientras que dosis bajas no causan efecto. Los efectos positivos de la inoculación se reflejan en diversos parámetros morfológicos, principalmente de la raíz: incremento en la longitud y en el número, aumento en el peso seco, mayor densidad y aparición temprana de pelos radiculares en la superficie de la raíz, promoción de la división celular en el meristemo y estimulación de la exudación radicular (de-Bashan *et al.*, 2007). La inoculación de plantas en fitorremediación de hidrocarburos ha recibido poca atención. Alarcon *et al.* (2008) reportaron que la fitorremediación de petróleo crudo medio con *Lolium multiflorum* inoculadas con un hongo micorrizico arbuscular (AMF) y una mezcla de microorganismos degradadores de petróleo, la bacteria *Sphingomonas paucimobilis* (Sp), el hongo filamentoso *Cunninghamella echinulata* (Ce, SpCe), o la combinación con los microorganismos (AMF+SpCe) y la fertilización con altos niveles de fosforo incrementaron el área de la hoja, el número de hojas y pseudotallos así como la biomasa de la planta total en comparación con los controles. Así, la inoculación y el aumento de fertilización mejoraron el crecimiento de la planta y disminuyeron los efectos adversos de los hidrocarburos. Fernet (2008) reportó que en un suelo contaminado con fenantreno la germinación de festuca roja (*Festuca rubra*) y el crecimiento de los brotes fue afectado negativamente por la adición de *Rahnella aquatilis*. Sin embargo, cuando se inoculó con *Sphingomonas yanoikuyae* se estimuló la germinación al inicio del experimento. La aplicación del inoculante no afectó el crecimiento de raíces. El crecimiento de las raíces se estimuló por *Rahnella aquatilis*, donde el crecimiento de la raíz fue dos veces mayor que en el control.

Al-Zalzaleh *et al.* (2009) llevaron a cabo dos experimentos para evaluar el crecimiento de plantas ornamentales en suelos biorremediados y agrícolas con y sin la adición de la micorriza arbuscular vesicular (VAM). En el experimento 1, evaluaron el efecto de la inoculación con (VAM) en la altura de las plantas seleccionadas: *Prosopis chilensis*, *Ficus infectoria* y *Conocarpus lancifolia*. La altura de la planta fue significativamente mayor en los tratamientos inoculados con VAM en comparación

con los tratamientos no inoculados a los 120 días, siendo significativamente mayores en los tratamientos no inoculados en todas las especies estudiadas. Las plantas ornamentales utilizadas en el experimento 2 fueron *Acacia acuminata*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis spicigera*, *Nerium oleander* y *Vitex negundo*. Las plantas inoculadas con VAM mostraron mayor incremento en la altura que las plantas no inoculadas a los 180 y 270 días después de la plantación, excepto para *Vitex negundo*.

## Conclusión

El conocimiento y comprensión de las interacciones planta-microorganismo puede traducirse en a un mayor éxito de la aplicación de inóculos bacterianos a las plantas presentando ventajas como la estimulación del crecimiento, el aumento en la supervivencia y producción de biomasa, la disminución del efecto tóxico de xenobióticos así como el incremento en la degradación de los hidrocarburos en la rizósfera, considerándose de esta manera un gran potencial biotecnológico para mejorar la aplicabilidad y la eficiencia de la fitorremediación. Para consolidar el establecimiento de interacciones de sinergismo entre los microorganismos y la planta es indispensable seleccionar las especies a inocular, ya que diversas especies tienen comportamientos diferentes dependiendo de la planta con la que se asocie para garantizar la supervivencia y el desarrollo de la misma aunado a la capacidad del inoculante de sobrevivir y mantener su capacidad de degradación en el suelo. A corto y mediano plazo, las investigaciones deberán enfocarse al desarrollo de inoculantes con cepas microbianas específicas y eficientes para acelerar los procesos de remoción de hidrocarburos a través de la fitorremediación.

## Literatura citada

**Alarcón, A.; Davies, Jr.; Fred, T.; Autenrieth, R. L. & Zuberer, D. A.** 2008. Arbuscular mycorrhiza and petroleum-degrading microorganisms enhance phytoremediation of petroleum-contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation*, 10(4): 251-263.

- AL-Zalzaleh, H. A.; AL-Zalzaleh, M. A. & Mathew, A. R.** 2009. VAM inoculation for selected ornamental plants in bioremediated and agricultural soils. *European Journal of Scientific Research*, 25(4): 559-566.
- Afzal, M.** 2010. *Plant-microbe interactions for the remediation of hydrocarbon contaminated soil*. Tesis de Doctorado. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Afzal, M.; Yousaf, S.; Reichenauer, T. G. & Sessitsch, A.** 2012. The inoculation method affects colonization and performance of bacterial inoculant strains in the phytoremediation of soil contaminated with diesel oil. *International Journal of Phytoremediation*, 14: 35-47.
- Bashan, Y.** 1998. Inoculants plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology Advances*, 16(4): 729-770.
- Bacilio-Jiménez, M.; Aguilar-Flores, S.; Del Valle, M. V.; Pérez, A.; Zepeda, A & Zenteno, E.** 2001. Endophytic bacteria in rice seeds inhibit early colonization of roots by "Azospirillum brasilense". *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 167-172.
- Bashan Y.; Puente M. E.; de Bashan L. E. & Hernández J. P.** 2008. Environmental uses of plant growth-promoting bacteria. *Plant-Microbe Interactions*. Pp: 69-93
- Castro-Carrillo, L. A.; Delgadillo-Matínez, J.; Ferrera-Cerrato, R. y Alarcon, A.** 2008. Remoción de fenantreno por *Azolla caroliniana* utilizando bioaumentación con microorganismos hidrocarbonoclastas. *Interciencia*, 33(8): 591-597.
- Chauhan, A.; Fazlurrahman; Oakeshott, J. G.; Jain, R. K.** 2008. Bacterial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons: strategies for bioremediation. *Indian Journal of Microbiology*, 48: 95-113.
- de-Bashan, L. E.; Holguin, G.; Glick, B. R. y Bashan, Y.** 2007. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propositos agrícolas y ambientales. En: Ferrera-Cerrato, R. y Alarcon, A. (Eds.) *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismos*. Trillas, Pp. 170-224.
- Fernet, J. L.** 2008. *Plant bacterial inoculants to remediate hydrocarbon polluted soil*. Tesis Maestría en Ciencias. Departamento de Ciencias del Suelo. Universidad de Saskatchewan Saskatoon, Canada.
- Hernández-Acosta, E.; Ferrera-Cerrato, R.; Gutiérrez-Castorena, M. C.; Rodríguez-Vázquez, R.; Rubiños-Panta, J. E. y Fernández-Linares, L.** 2003a. Bacterias y hongos hidrocarbonoclastas de rizósfera frijol y maíz, en un suelo contaminado con petróleo. *TERRA Latinoamericana*, 21(4): 493-502.
- Hernández Acosta, E.; Ferrera-Cerrato, R. y Rodríguez, V. R.** 2003b. Bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno atmosférico en rizósfera de frijol contaminada con queroseno. *TERRA Latinoamericana*, (2): 81-89.
- Jardahl, J.L.; Foster, L.; Schnoor, J. L.; Alvarez, P. J. J.** 1997. Effect hybrid poplar trees on microbial populations important to hazardous waste bioremediation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(6): 1318-1321.
- Kloepper, J. W.; Lifshitz, R. & Zablutowicz, R. M.** 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *TIBTECH*, 7(2): 39-34.
- Kyei-Boahen, S.; Slinkard, A. E. & Walley, F. L.** 2002. Evaluation of rhizobial inoculation methods for Chickpea. *Agronomy Journal*, 94: 851-859.
- Loredo Osti, C.; López-Reyes, L. y Espinosa-Victoria, D.** 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. *Terra Lationoamericana*, 22(2): 225-239.
- López, B. R.; Tinoco-Ojanguren, C.; Bacilio, M.; Mendoza, A. y Bashan, Y.** 2012. Endophytic bacteria of the rock-dwelling cactus *Mammillaria fraileana* affect plant growth and mobilization of elements from rocks. *Environmental and Experimental Botany*, 81: 26-36.
- Luque, J. L.** 2009. *Desempeño de cuatro especies vegetales para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos en Patagonia*. Tesis de Maestría. Universidad de Maimónides, Buenos Aires, Argentina.

- Madueño, L. B. M.; Coppotelli, I. y S. Morelli.** 2009. Efecto de la inoculación de la cepa *Sphingomonas paucimobilis* 20006FA sobre la composición de un consorcio bacteriano degradador de fenantreno. *Revista Argentina de Microbiología*, 41: 65-72.
- Martínez-Viveros, O.; Jorquera, M. A.; Crowley, D. E.; Gajarso, G. & Mora, L. A.** 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 10(3): 293-319.
- Miranda-Martínez, M. R.; Delgadillo-Martínez, J.; Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R.** 2007. Degradación de fenantreno por microorganismos en la rizósfera del pasto alemán *TERRA Latinoamericana*, 25: 25-33.
- Nie, M.; Wang, Y.; Yu, J.; Xiao M, Jiang, L.; Yang, J.; Fang, C.; Jiakuan, C., & Li, B.** 2011. Understanding Plant-Microbe Interactions for Phytoremediation of Petroleum-Polluted Soil. *PLoS ONE*, 6(3): e17961. doi:10.1371/journal.pone.0017961
- Olson, P. E.; Castro, A.; Joern, M.; Duteau, N. M.; Pilon-Smits, E. & Reardon, K. F.** 2008. Effects of Agronomic Practices on Phytoremediation of an Aged PAH-Contaminated Soil. *Journal of Environmental Quality*, 37: 1439–1446.
- Pilon-Smits, E.** 2005. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56: 15-39.
- Ríos-Lozano, M. M.** 2010. *Producción de inóculos para incrementar la producción de cultivos de "Carica papaya"*. Tesis de Maestría. México.
- Rojas, A.; Holguin, G.; Glick, B. R.; Bashan, Y.** 2001. Synergism between *Phyllobacterium* sp. (N2- $\phi$ xer) and *Bacillus licheniformis* (P-solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. *FEMS Microbiology Ecology*, 35: 181-187.
- Robles, C. y Barea, J. M.** 2004. Respuesta de la planta y del suelo a inoculación con "Glomus intraradices" y rizobacterias en maíz en cultivo intensive. *TERRALatinoamericana*, 22: 59-69.
- Santillana, N.; Arellano, C. y Zúñiga, D.** 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Ecology aplicada*, 4(1, 2): 47-51.
- Sangabriel, W.; Ferrera-Cerrato, R.; Trejo-Aguilar, D.; Mendoza-López, M. R.; Cruz-Sánchez, J. M.; López-Ortiz, C.; Delgadillo-Martínez, J. y Alarcón, A.** 2006. Tolerancia y capacidad de fitorremediación de combustóleo en el suelo por seis especies vegetales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 22(2): 63-73.
- Teng, Y.; Shen, Y.; Luo, Y.; Sun, X.; Sun, M.; Fu, D.; Li, Z. & Christie P.** 2011. Influence of "*Rhizobium meliloti*" on phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons by alfalfa in an aged contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 186:1271-1276.
- Viñas-Canals, M.** 2005. *Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica*. Tesis de Doctorado en Biología. Universidad de Barcelona.
- Weyens, N.; Van der Lelie, D.; Taghavi, S.; Newman, L. & Vangronsveld, J.** 2009. Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation. *Trends in Biotechnology*, 27: 591-598.
- Waina, F. & Mackay, D.** 1996. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environmental Science & Technology*, 30(9): 390-396.
- Xu, L.; Teng, Y.; Zhen-Gao, L.; Norton, J. M. & Yong-Ming, L.** 2010. Enhanced removal of polychlorinated biphenyls from alfalfa rhizosphere soil in a field study: The impact of a rhizobial inoculums. *Science of the Total Environment*, 408: 1007–1013.



<b>Fósforo disponible en dos fuentes orgánicas por acción de bacterias solubilizadoras de fósforo aisladas de un suelo cultivado con piña (<i>Ananas comosus</i>)</b> YOLANDA CÓRDOVA BAUTISTA, MARCIA EUGENIA OJEDA MORALES, MIGUEL ÁNGEL HERNÁNDEZ RIVERA, GABRIEL MARTÍNEZ VÁZQUEZ & GABRIEL MARTÍNEZ PEREYRA.....	5
<b>Digestores anaerobios: una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y aprovechamiento del biogás</b> JOSÉ AURELIO SOSA OLIVIER & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	11
<b>Sorción de hidrocarburos en raíces de plantas fitorremediadoras</b> MARTHA GABRIELA ZURITA CRUZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOZA.....	17
<b>Las colecciones del Jardín Botánico J. N. Rovirosa de la DACBiol y su importancia en la educación ambiental</b> SILVIA CAPPELLO GARCÍA, LUISA DEL CARMEN CÁMARA CABRALES, MA. GUADALUPE RIVAS ACUÑA, ELÍAS JOSÉ GORDILLO CHÁVEZ, RODRIGO GARCÍA MORALES & MARÍA DEL ROSARIO BARRAGÁN VÁZQUEZ.....	23
<b>Freshwater rotifer: (part II) a laboratory study of native freshwater rotifers <i>Brachionus angularis</i> and <i>B. quadridentatus</i> from Tabasco</b> JEANE RIMBER INDY, SALOMÓN PARAMO DELGADILLO, LENIN ARIAS RODRÍGUEZ, GABRIEL MÁRQUEZ COUTURIER, HENDRIK SEGERS, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ GONZÁLEZ & WILFRIDO MIGUEL CONTRERAS SÁNCHEZ.....	31
<b>Aplicación y beneficios de los inóculos bacterianos en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos</b> SARA PÉREZ MONTERO, ILDEFONSO JESÚS DÍAZ RAMÍREZ & ERIKA ESCALANTE ESPINOSA.....	39
<b>Transformación genética de eucariotas</b> YAZMIN HERNÁNDEZ DÍAZ & ALINNE AUDREI MARTÍNEZ LÓPEZ.....	45
<b>Áreas de oportunidad para mejorar el plan de monitoreo y gestión de la calidad de aire en Tabasco</b> GABRIELA SASTRE DE DIOS, YESICA LÓPEZ RODRÍGUEZ, AIDA ARACELY RAMÍREZ ALEJANDRE, CLAUDIA CRISTELL AGUILAR CÓRDOVA, LUIS ALBERTO MARTÍNEZ GARCÍA & ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS.....	53
<b>Códigos de Barras de ADN una nueva herramienta para la sistemática</b> CARLOS MANUEL BURELO RAMOS, LIDIA IRENE CABRERA MARTÍNEZ, PATRICIA ROSAS ESCOBAR, MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA & NELLY DEL CARMEN JIMÉNEZ PÉREZ.....	61
<b>Análisis y perspectivas del derecho ambiental en Tabasco</b> OCTAVIO MIRANDA AGUADO.....	65
<b>Casas VIETAB: construcción verde y azul</b> CARLOS RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, NOEMÍ MÉNDEZ DE LOS SANTOS, MERCEDES WADE ALEJO & JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA.....	71

