

Efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas en dos tipos de maíz (*Zea mays* L.)

Effect of simulated oil spill and application of remediator on seed germination and seedling growth of two corn (*Zea mays* L.) types

Jesús Rafael Méndez Natera*, Reizabeth SalazarGarantón y Aura Velásquez

Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente, Maturín, 6201, estado Monagas, Venezuela. Email: jmendezn@cantv.net

* Autor para correspondencia

Recibido: 20/09/2006

Fin de arbitraje: 20/10/2006

Revisión recibida: 03/11/2006

Aceptado: 12/11/2006

RESUMEN

Se estudió el efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas en dos tipos de maíz (Cariaco de grano blanco y Criollo de grano amarillo). El trabajo se realizó bajo condiciones de invernadero. Cada bolsa contenía 1 kilogramo de suelo Ultisol de sabana, el cual fue contaminado de forma artificial (simulando una contaminación de 20%). Se aplicaron 50 g del producto remediador. El diseño estadístico utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Friedman y la diferencia entre rangos se detectó mediante la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. Los tratamientos fueron: 1) control: sin petróleo y sin remediador, sólo siembra; 2) aplicación del producto inmediatamente después del petróleo y siembra el mismo día; 3) aplicación del producto inmediatamente después del petróleo, siembra después de 15 días; 4) después de 15 días de haber aplicado petróleo, aplicación del remediador y siembra inmediatamente y 5) después de 15 días de haber aplicado petróleo, aplicación del remediador y siembra después de 15 días. Se fertilizó con 500 kilogramos de 12-24-12/ha. Los dos tipos de maíz respondieron de manera diferente al derrame petrolero y a la aplicación del remediador. Los tratamientos 3 y 5 fueron similares al testigo en todos los caracteres evaluados para maíz grano blanco, mientras que para maíz grano amarillo, los tratamientos 4 y 5 fueron similares al testigo en todos los caracteres.

Palabras clave: Biorremediación, derrame petrolero, maíz, *Zea mays*

ABSTRACT

The objective of the present work was to determine the effect of the simulated oil spill and the application of the remediator on the germination and growth of two corn types (Cariaco of white grain and Criollo of yellow grain). Each bag contained 1 kilogram of soil, which was contaminated in an artificial way (simulating a contamination for petroleum of approximately 20%). After the contamination, the remediator was applied to the soil, adding 50 g in each one of the bags. The experiment consisted of five treatments: 1) control: without contamination for oil and without the remediator, only sowing; 2) application of the product immediately after having applied the oil and sowing the same day; 3) application of the product immediately after having applied the oil, sowing after 15 days; 4) after 15 days of having applied the oil the product was applied and sowing immediately and 5) after 15 days of having applied the oil the remediator was applied and sowing after 15 days. 500 kilograms of 12-24-12/ha were applied. The results indicated that the two corn types responded in a different way to oil spill and application of the remediator. Treatments 3 and 5 were similar to check treatment in all traits evaluated for white grain corn, while for yellow grain corn, treatments 4 and 5 were similar to check one in all traits.

Key words: Contamination, bioremediation, oil spill, corn, *Zea mays*

INTRODUCCIÓN

Los derrames petroleros, ya sean en ríos, lagos, océanos, así como en los suelos producen un gran daño ecológico, causando la muerte de la mayoría de los animales y vegetales silvestres, además estos derrames en suelos agrícolas ocasionan un daño económico debido a la inutilización de éstos

suelos para la producción de cultivos ó ganadería. El término bioestimulación, se refiere a la aplicación del proceso de biodegradación, sin adición de productos con microorganismos, en este caso se estimula la microflora autóctono por acción de mejoras abióticas, tales como: adición de nutrientes, oxigenación, humedad y surfactantes entre otros (Infante 1998).

La red de oleoductos troncales del Oriente de Venezuela, transporta diariamente 1.550.000 barriles de crudo y 60.000 barriles de Orimulsión. Dichos volúmenes son recibidos en las terminales de embarque Jose y Puerto La Cruz en el estado Anzoátegui, para ser colocados en los mercados internacionales. El sistema de transmisión de hidrocarburos a través del cual se transporta crudo, Orimulsión y productos de refinería tiene una extensión de 1320 kilómetros en sus ramales principales cubriendo los estados Guárico, Monagas y Anzoátegui. El sistema de transmisión de hidrocarburos en su recorrido, atraviesa ríos, morichales, bosques, centros poblados y unidades de producción agrícolas y pecuarias que pueden verse afectadas en caso de ocurrencia de accidentes, especialmente derrames petroleros (Figuera *et al.*, 1999).

Se ha evaluado la respuesta del maíz a condiciones de contaminación por petróleo y otros compuestos derivados del mismo. Méndez-Natera *et al.*, (2004) evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de petróleo (0, 3 y 6 %) y tres periodos de siembra después de ocurrido el derrame petrolero sobre la germinación de las semillas del maíz cv. Himeca 95. En general, encontraron que los mejores resultados fueron para las semillas que se sembraron después de 1 a 2 semanas de ocurrida la contaminación petrolera indicando que en suelos afectados por petróleo debería realizarse la siembra un poco tiempo después de la contaminación y no inmediatamente después.

El objetivo de este experimento fue determinar el efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de las semillas y desarrollo de las plántulas en un cultivo de importancia económica en Venezuela como lo es el maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la población de El Corozo, a unos 15 km de la ciudad de Maturín, Capital del estado Monagas, Venezuela y se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. El suelo utilizado correspondió a un Ultisol de sabana y la muestra se tomó en los primeros 25 centímetros del suelo. Se usaron bolsas de plástico de 2 kilogramos de capacidad y dos tipos de maíz (Cariaco de grano blanco y Criollo de grano amarillo) como indicador de la recuperación agrícola del suelo. Cada bolsa

contenía 1 kilogramo de suelo, el cual fue contaminado de forma artificial. Se agregaron 200 ml de petróleo por cada 1000 g de suelo (simulando una contaminación por petróleo de aproximadamente 20 %). Después de la contaminación, a todo el suelo se le aplicó el producto recuperador o remediador, el cual consiste en una formulación a base de biomasa vegetales que combina diferentes partes aéreas de plantas en proporciones específicas que suministran nutrientes, particularmente nitrógeno, a los procesos de biorremediación, agregando 50 gramos de dicho producto en cada una de las bolsas de cada tratamiento, el producto se mezcló en forma manual con el suelo, de tal forma que todo el suelo quedara saturado del producto, como testigo se dejó una unidad experimental de cada tipo de maíz sin aplicar el remediador. Se aplicó una dosis de fertilizante equivalente a 500 kg de 12-24-12/ha (60, 120 y 60 kg de N, P₂O₅ y K₂O/ha, respectivamente) debido a que los suelos Ultisoles de sabana poseen bajos niveles de fósforo, por otra parte, según Issoufi *et al.*, (2006) el petróleo esta compuesto de aproximadamente 85 % de carbono, cuando se derrama sobre el suelo puede causar la inmovilización de nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno y fósforo, resultando en interacciones antagónicas entre las plantas y los microorganismos.

El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones. Se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Friedman y la diferencia entre rangos se detecto mediante la Prueba de Dunnett, siendo el control el tratamiento sin contaminación por petróleo y sin el remediador.

El ensayo constó de cinco tratamientos: 1) control: sin contaminación por petróleo y sin el remediador, sólo siembra; 2) 0 días de remediación – 0 días de siembra: se le aplicó el remediador inmediatamente después de haber aplicado el petróleo y se sembró el mismo día. 3) 0 días de remediación - 15 días de siembra: Se aplicó el remediador inmediatamente después de haber aplicado el petróleo, después de 15 días se sembró. 4) 15 días de remediación - 0 días de siembra: después de 15 días de haber aplicado el petróleo se le suministró el remediador e inmediatamente se sembró 5) 15 días de remediación - 15 días de siembra: después de 15 días de haber aplicado el petróleo se le suministro el remediador y después de 15 días se sembró. Se sembraron dos tipos locales de maíz: Criollo (grano amarillo) y Cariaco (grano blanco). La cosecha se realizó a los 30 días después de la siembra (DDS).

RESULTADOS

El cuadro 1 muestra la prueba de Friedman y la prueba de Dunnett para los caracteres evaluados en el cultivo de maíz tipo Cariaco (grano blanco). Todos los tratamientos fueron similares al control o testigo en los caracteres porcentaje de germinación a los 5 días después de la siembra y la relación altura de las plántulas/longitud de las raíces. Mientras que el tratamiento control sólo superó al tratamiento 2 para los caracteres porcentaje de germinación a los 30 días, número medio de días a total germinación, índice de germinación, número de hojas y relación peso seco de la parte aérea de las plántulas/peso seco de las raíces. El testigo fue superior a los tratamientos 2 y 4 en los caracteres altura de las plántulas, longitud de las raíces, peso seco de la parte aérea de las plántulas y peso seco de las raíces. Los tratamientos 3 y 5 fueron similares al testigo en todos los caracteres evaluados.

El cuadro 2 muestra la prueba de Friedman y la prueba de Dunnett para los caracteres evaluados en el cultivo de maíz tipo Criollo (grano amarillo). Todos los tratamientos fueron similares al control o testigo en el carácter relación altura de las plántulas/longitud de las raíces. El testigo fue superior a los tratamientos 2 y 3 en el resto de los caracteres evaluados. Los tratamientos 4 y 5 fueron similares al testigo en todos los caracteres.

DISCUSIÓN

Estos resultados indican que la aplicación del remediador 15 días después del derrame y la siembra 30 días después del derrame fue el mejor tratamiento en ambos tipos de maíz, sugiriendo que la flora bacteriana autóctona contribuyó con el mejoramiento de las condiciones del suelo. Gómez y Castillo (1997) indicaron que los suelos petrolizados

Cuadro 1. Prueba de Friedman y prueba de Dunnett para la suma de rangos de los caracteres evaluados en el ensayo en el cultivo de maíz tipo Cariaco (grano blanco) en un suelo contaminado con petróleo y recuperado con un remediador a diferentes fechas de aplicación del remediador y de siembra.

Tratamiento †	Germinación		Número medio Días a Germin.	Índice de Germinación	Altura de las Plántulas	Número de Hojas
	5 DDS ‡	30 DDS ‡				
1	13,5 A §	13,5 A	4,5 A	14,0 A	15,0 A	14,0 A
2	5,0 A	4,5 B	13,5 B	4,5 B	4,5 B	4,5 B
3	7,0 A	7,0 A	9,0 A	7,0 A	10,0 A	10,5 A
4	5,5 A	6,5 A	12,5 A	6,5 A	6,5 B	7,0 A
5	13,5 A	13,5 A	5,5 A	13,0 A	9,0 A	9,0 A
Friedman ¥	11,5000	10,923	10,400	10,792	9,2365	7,6296
Valor de X^2	0,0215	0,0274	0,0342	0,0290	0,0555	0,1061
g. l.	4	4	4	4	4	4

Cuadro 1. Continuación

Tratamiento †	Longitud de Raíces	Peso Seco de Vástago	Peso Seco de Raíces	Relación Altura Planta /Longitud de Raíces	Relación Peso Vástago/Peso Raíces
2	4,5 B	4,5 B	4,5 B	4,5 A	4,5 B
3	10,0 A	10,0 A	8,0 A	8,0 A	12,0 A
4	6,5 B	5,5 B	5,5 B	6,5 A	6,5 A
5	9,0 A	10,0 A	12,0 A	14,0 A	9,0 A
Friedman ¥	9,2364	10,255	11,418	8,9455	7,4909
Valor de X^2	0,0555	0,0364	0,0222	0,0625	0,1121
g. l.	4	4	4	4	4

§ Letras iguales indican similitud estadística ($p \leq 0,05$) con el tratamiento 1 (testigo) según la prueba de Dunnett.

† Tratamiento = Ver Materiales y Métodos ‡ DDS = Días Después de la Siembra

¥ Estadístico de Friedman. Todos estos valores se obtuvieron por corrección por empates

pueden ser biotratados con colonias bacterianas autóctonas, aprovechando las condiciones climáticas de la zona (ambientes de sabana) como fue el suelo donde se realizó este experimento. Soto *et al.* (1997) presentaron un estudio que mostró el comportamiento de la flora microbiana aislada de un suelo contaminado con hidrocarburo, la cual fue capaz de biodegradar las distintas fracciones del crudo presente (saturados, aromáticos, resinas y asfáltenos), seleccionaron dos cepas bacterianas del género *Bacillus* y encontraron que las cepas aisladas realizaron una remoción del 66 % en los hidrocarburos totales.

En general, los tratamientos donde se aplicó el remediador inmediatamente y la siembra inmediatamente o 15 días después del derrame petrolero simulado arrojaron los peores resultados, indicando el efecto tóxico del petróleo. Numerosos autores han indicado el efecto detrimental del petróleo sobre el cultivo de maíz. Ekundayo *et al.*, (2001) determinaron el efecto de un derrame de petróleo crudo sobre el crecimiento, productividad y absorción

de nutrimentos en la variedad de maíz Suwan 1 en un experimento de macetas y encontraron que la germinación fue retrasada y el porcentaje de germinación fue significativamente afectado por la contaminación con petróleo y el crecimiento fue pobre en los suelos contaminados usando los caracteres altura de planta, diámetro del tallo, altura de la mazorca y área foliar a los cuatro semanas después de la siembra. Issoufi *et al.*, (2006) evaluaron seis cultivos agrícolas, maíz, alfalfa, ryegrass perenne, trigo, soya y *Vicia villosa* en un suelo contaminado con 0, 1, 5 y 10 % de petróleo artificialmente temperizado y encontraron que la emergencia de plántulas a los 7 días después de la siembra del tratamiento con 1 % de contaminación no difirió estadísticamente del control, pero la emergencia de plántulas fue significativamente reducida para maíz, trigo y soya en el suelo contaminado con 5 % de petróleo crudo comparado con el control, mientras que la altura de la planta a los 28 días después de la siembra fue significativamente más alta en maíz que la mayoría de las especies a 5 % de contaminación del suelo. Quiñones-Aguilar *et al.*,

Cuadro 2. Prueba de Friedman y prueba de Dunnett para la suma de rangos de los caracteres evaluados en el ensayo en el cultivo de maíz tipo Criollo (grano amarillo) en un suelo contaminado con petróleo y recuperado con un remediador a diferentes fechas de aplicación del remediador y de siembra.

Tratamiento †	Germinación		Número medio Días a Germin.	Índice de Germinación	Altura de las Plántulas	Número de Hojas
	5 DDS ‡	30 DDS ‡				
1	15,0 A §	14,5 A	4,0 A	15,0 A	15,0 A	15,0 A
2	5,5 B	5,0 B	13,0 B	5,0 B	5,5 B	5,5 B
3	5,5 B	5,0 B	13,0 B	5,0 B	5,5 B	5,5 B
4	7,0 A	8,0 A	10,0 A	8,0 A	8,0 A	8,0 A
5	12,0 A	12,5 A	5,0 A	12,0 A	11,0 A	11,0 A
Friedman ¥	11,529	11,396	11,385	11,556	10,275	10,275
Valor de X^2	0,0212	0,0225	0,0226	0,0210	0,0360	0,0360
g. l.	4	4	4	4	4	4

Cuadro 2. Continuación

Tratamiento †	Longitud de Raíces	Peso Seco de Vástago	Peso Seco de Raíces	Relación Altura Planta /Longitud de Raíces	Relación Peso Vástago/Peso Raíces
2	5,5 B	5,5 B	5,5 B	5,5 A	5,5 B
3	5,5 B	5,5 B	5,5 B	5,5 A	5,5 B
4	8,0 A	8,0 A	8,0 A	7,0 A	8,0 A
5	12,0 A	11,0 A	12,0 A	14,0 A	11,0 A
Friedman ¥	9,3333	10,275	9,333	10,902	
Valor de X^2	0,0533	0,0360	0,0533	0,0277	
g. l.	4	4	4	4	4

§ Letras iguales indican similitud estadística ($p \leq 0,05$) con el tratamiento 1 (testigo) según la prueba de Dunnett.

† Tratamiento = Ver Materiales y Métodos ‡ DDS = Días Después de la Siembra

¥ Estadístico de Friedman. Todos estos valores se obtuvieron por corrección por empates

(2003) realizaron un experimento con la finalidad de conocer la capacidad del maíz para emerger y crecer en un suelo contaminado artificialmente con petróleo crudo, se estableció un experimento en invernadero en Montecillo, Estado de México, se sembraron 10 recolecciones procedentes de Minatitlán, Veracruz, y el híbrido Jornalero en diferentes concentraciones de petróleo en el suelo (0, 15.000, 25.000 y 35.000 mg/kg de suelo). La recolección MV08 presentó valores más altos de emergencia en todas las concentraciones de petróleo crudo en el suelo. Respecto al crecimiento de las plantas de maíz, las recolecciones MV06 y MV08 tuvieron mayor potencial para utilizarse en experimentos en suelos contaminados con petróleo. La concentración de petróleo 25.000 mg/kg de suelo favoreció el crecimiento de las plántulas de maíz. Las plantas cultivadas en el suelo sin contaminar superaron significativamente a las plantas de los suelos contaminados (15.000, 25.000 y 35.000 mg/kg de suelo) en todas las variables de crecimiento (altura de la parte aérea, longitud de la raíz principal, volumen radical, peso seco total), en cuanto a las tres concentraciones, los valores para dichas variables no fueron diferentes, excepto para la longitud de la raíz principal, cuyo valor disminuía a medida que aumentaba la concentración de petróleo. Este efecto puede atribuirse a que el petróleo formó sobre la raíz una capa hidrofóbica, la cual limitó la absorción de agua y nutrientes. Méndez-Natera *et al.*, (2003) encontraron que los menores porcentajes de germinación a los 8, 16, 24 y 32 días después de la siembra, ocurrieron en las máximas concentraciones de petróleo (6 y 9 %) y la germinación fue similar en las concentraciones de 0 y 3 % en los dos suelos estudiados (El Tejero y Caripito, estado Monagas, Venezuela) e indicaron que igual tendencia se observó para el número promedio de días a total germinación e índice de la velocidad de germinación y concluyeron que el maíz podría utilizarse como un cultivo recuperador de suelos afectados por petróleo cuando los niveles de contaminación del suelo no sean tan severos.

Esta disminución de los caracteres a concentraciones altas de petróleo en el suelo también ha sido reportada para otras especies de plantas. Rivera-Cruz *et al.*, (2005) evaluaron cuatro leguminosas (*Crotalaria* sp., *Leucaena* sp., *Mimosa* sp. y *Mimosa pigra*) a diferentes concentraciones de petróleo en el suelo y encontraron que el crecimiento vegetativo de las cuatro leguminosas mostró diferencias estadísticas significativas entre las medias

de los tratamientos. La altura de la planta fue severamente afectada por las tres concentraciones más altas de los petróleos intemperizado (79.457 mg de hidrocarburos totales/kg de suelo) y nuevo (100.000 y 150.000 mg de hidrocarburos totales/kg de suelo). La mayor reducción en la altura se presentó en las leguminosas *Mimosa* sp. y *Mimosa pigra*, donde las plantas no lograron sobrevivir al efecto de la concentración más alta de petróleo (150.000 mg/kg de hidrocarburos totales), en cambio la planta de *Leucaena* sp. fue menos sensible a la exposición de la concentración más alta de petróleo nuevo, ya que sobrevivió a su efecto y creció un poco al pasar de 8 cm de altura al momento inicial a 13 cm después de 120 días de exposición. Rivera-Cruz y Trujillo-Narcía (2004) evaluaron las especies *Echinochloa polystachya*, *Brachiaria mutica*, *Cyperus articulatus*, *Cyperus* sp. y *Mimosa pigra* y prepararon tres concentraciones de petróleo (50.000, 100.000 y 150.000 mg/kg) para compararlas con petróleo intemperizado (79.457mg/kg) y encontraron que hubo diferencias significativas en todas las variables en plántulas y plantas de las cinco especies. La germinación se asoció positivamente con las mayores concentraciones de petróleo intemperizado, pero se redujeron crecimiento, longitud de la raíz, biomasa y número de nódulos en plántulas. En plantas todas las variables fueron reducidas. Las especies más sensibles, mejores fitoindicadoras de niveles tóxicos, fueron *E. polystachya* y *B. mutica* en plántulas, y *M. pigra* en plantas. Por otra parte, Li *et al.*, (1997) estudiaron la respuesta de las plantas a contaminantes de hidrocarburos comparando el crecimiento de cebada sobre un suelo control, un suelo contaminado con petróleo (40.000 mg/kg de hidrocarburos totales extraíbles y un suelo contaminado con petróleo tratado mediante biorremediación (20.000 mg/kg de hidrocarburos totales extraíbles) y encontraron que el crecimiento y rendimiento de la cebada fue significativamente reducido por la contaminación petrolera. Larenas-Parada y De Viana (2005) estudiaron la respuesta de germinación y supervivencia de *Tithonia tubaeformis* a contaminantes derivados del petróleo, realizaron un bioensayo analizando: contaminantes (gasoil: 0; 1,96 y 3,93 % y aceite usado de auto: 0; 2,75 y 5,5 %) y nutrientes (con y sin adición) y encontraron diferencias en el porcentaje y la velocidad de germinación. El gasoil en ambas concentraciones fue el más tóxico y produjo inhibición en todas las variables consideradas. La mayor concentración empleada (3,93%) inhibió completamente la germinación. En cambio, el aceite usado de auto en

ambas concentraciones no se diferenciaron del control y permitió la germinación y supervivencia de las plántulas. La velocidad de germinación y la supervivencia (a los 20 y 40 días) mostraron la misma tendencia.

Xu y Johnson (1995) indicaron que la contaminación por hidrocarburos reduce el crecimiento de la planta porque los hidrocarburos pueden cubrir las raíces de las plantas influenciando la absorción de agua y nutrientes, después penetrando dentro de los tejidos vegetales, las moléculas de hidrocarburos pueden dañar las membranas celulares causando un derrame de los contenidos celulares y bloqueando los espacios intercelulares reduciendo el transporte de metabolitos y la tasa de respiración. Según Pérez-Vargas *et al.*, (2002) las propiedades físicas del suelo se ven muy afectadas por la contaminación con hidrocarburos: al aglutinarse las partículas del suelo se generan estructuras más gruesas que cubren la superficie de las partículas y el espacio poroso y afectan la aireación del suelo. La película que cubre las partículas es hidrófoba y disminuye la retención de agua. Por otro lado el contenido de materia orgánica del suelo se incrementa notablemente, así como la acidificación y la saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico. Todos estos factores acarrearán una disminución de la fertilidad del suelo. El impacto que la contaminación de hidrocarburos del petróleo produce en el equilibrio ecológico de la rizósfera: cuando las concentraciones son tóxicas, los hidrocarburos del petróleo inhiben la mesofauna del suelo; en casos de toxicidad aguda, se inhibe la germinación y el rebrote de meristemos y la elongación radicular disminuye, así como el contenido de clorofila y la fotosíntesis. No obstante, se ha observado que a bajas concentraciones, los hidrocarburos estimulan el crecimiento de los vegetales.

Por ser un estudio preliminar del remediador utilizado, se recomienda para futuros estudios un riguroso monitoreo de la biodegradación, basado en la disminución de crudo y sus componentes, respirometría y determinación del número de bacterias como ha sido sugerido por Infante (1998)

CONCLUSIONES

Los dos tipos de maíz respondieron en forma diferente al derrame petrolero y a la aplicación del remediador. El tratamiento 5 (aplicación del

remediador 15 días después del derrame petrolero + siembra 30 días después del derrame) resultó ser el más adecuado para la recuperación de suelos afectados por derrames petroleros bajo condiciones de invernadero.

LITERATURA CITADA

- Ekundayo, E. O.; T. O. Emede and D. I. Osayande. 2001. Effects of crude oil spillage on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in soils of Midwestern Nigeria. *Plant Foods for Human Nutrition* 56 (4): 313 - 324.
- Figuera, F.; A. Aguilera; M. Martínez y D. Machado, D. 1999. Estudio de sensibilidad ambiental y plan de contingencia contra derrames de hidrocarburos SAPCO. *In* I Jornadas Venezolanas de Impacto Ambiental realizado en Maturín, Venezuela entre el 2 al 5 de marzo de 1999.
- Gómez, E. y M. Castillo. 1997. Plan de saneamiento ambiental en áreas de producción petrolera en ambientes de sabana. *In* Resúmenes del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado en Caracas, Venezuela entre el 8 y 11 de diciembre de 1997. Universidad Simón Bolívar, Caracas. p. 151.
- Infante, C. 1998. Biorremediación de derrames de hidrocarburo en ambientes naturales. Memorias del IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente realizado en Caracas, Venezuela entre el 8 y 11 de diciembre de 1997. Colección *Simposia*, Volumen II. p 325-328. Compilador Roger J. Carrillo Castellanos. Editorial Equinoccio, Ediciones de la Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- Issoufi, I., R. L. Rhykerd and K. D. Smiciklas. 2006. Seedling growth of agronomic crops in crude oil contaminated soil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 192: 310-317.
- Larenas-Parada, G. y M. L. De Viana. 2005. Germinación y supervivencia del pasto cubano *Tithonia tubaeformis* (Asteraceae) en suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. *Ecología Austral* 15: 177-181.
- Li, X.; Y. Feng and N. Sawatsky. 1997. Importance of soil-water relations in assessing the endpoint of

- bioremediated soils. I. Plant growth. *Plant and Soil* 192: 219–226.
- Méndez-Natera, J. R.; C. Roque; K. Zapata y V. A. Otahola-Gómez. 2004. Efecto de la concentración y tiempo de contaminación de un suelo por petróleo en la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Himeca 95. *Revista Científica UDO Agrícola* 4 (1): 66-71.
- Méndez-Natera, J. R.; C. F. Mujica-Blanco y F. B. Pino-Morales. 2003. Efecto de la contaminación con petróleo sobre la germinación de las semillas de maíz (*Zea mays* L.) en dos suelos del estado Monagas. Programa y Libro de Resúmenes del V Congreso Venezolano de Ecología del 03 al 07 de noviembre de 2003. Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta. P. 118.
- Pérez-Vargas, J.; G. García-Esquivel y F. Esparza-García. 2002. Papel ecológico de la flora rizosférica en fitorremediación. *Avance y Perspectiva* 21: 297-300.
- Quiñones-Aguilar, E. E.; R. Ferrera-Cerrato; F. Gavi-Reyes; L. Fernández-Linares; R.; Rodríguez-Vázquez y A. Alarcón. 2003. Emergencia y crecimiento de maíz en un suelo contaminado con petróleo crudo. *Agrociencia* 37 (6): 585-594.
- Rivera-Cruz, M. del C. y A. Trujillo-Narcía. 2004. Estudio de toxicidad vegetal en suelos con petróleos nuevo e intemperizado. *Interciencia* 29 (7): 369-376.
- Rivera-Cruz, M. del C.; A. Trujillo-Narcía; M. A. Miranda de la Cruz y E. Maldonado-Chávez. 2005. Evaluación toxicológica de suelos contaminados con petróleos nuevo e intemperizado mediante ensayos con leguminosas. *Interciencia* 30 (6): 326-331.
- Soto, G.; F. Borges; C. Cárdenas; I. Araujo y J. Delgado. 1997. Biorremediación de un suelo contaminado con hidrocarburo utilizando bacterias autóctonas, Maracaibo, estado Zulia, 1997. *In* Resúmenes del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado en Caracas, Venezuela entre el 8 y 11 de diciembre de 1.997. Universidad Simón Bolívar, Caracas. p. 147-148.
- Xu, J. G. and R. L. Johnson. 1995. Root growth, microbial activity and phosphatase activity in oil-contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. *Plant and Soil* 173: 3-10.

Indexaciones suplementarias de la Revista Científica UDO Agrícola

Adicionalmente está indexada en Biblioteca Virtual de Biotecnología para las Américas, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México (<http://biblioteca.ibt.unam.mx/virtual/letra.php?letra=R>); BiblioVie, Le portail d'information scientifique des unités CNRS en Sciences de la Vie. Francia. http://bibliovie.inist.fr/revues_chercher.php?id=2821&adv=&search=&searchAdv=&lettre=acces=&dom=BIO&sousdom=AGR&port=&ed=&limit=0&numsel=89, E-Journals, Zugänglich für TU BS, Universitätsbibliothek der TU Braunschweig, Pockelsstr, Braunschweig. Alemania. <http://www.biblio.tu-bs.de/db/cool/grec.php?urN=45295> y Electronic Journals Library http://rzblx1.uniregensburg.de/ezeit/warpto.phtml?bibid=AAAAA&colors=7&lang=en&jour_id=56398.