

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

Effect of oil concentration and contamination period on seed germination of corn (*Zea mays* L.) cv. Himeca 95.

Jesús Rafael Méndez-Natera*, Celymar Roque, Kharym Zapata y Víctor Alejandro Otahola-Gómez

Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente.
E-mail: jmendezn@cantv.net. * Autor para correspondencia

RESUMEN

Venezuela es el tercer país productor de petróleo de la OPEP con más de 2.717.000 barriles por día, esta alta producción conlleva a riesgos por contaminación debido a derrames de petróleo. La fitorremediación emplea plantas para eliminar la contaminación del medio ambiente. El objetivo del presente trabajo fue evaluar 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. El estudio se realizó en el Invernadero de Postgrado de la Universidad de Oriente en Maturín, estado Monagas. Se pesaron 2 kg de suelo por cada maceta y 60 y 120 g de petróleo para una contaminación de 3 y 6 %, respectivamente. Se dejó un tratamiento sin petróleo (testigo). La siembra de las semillas de maíz cv. Himeca 95 se realizó a los 0, 7 y 14 días después de contaminado el suelo con las diferentes concentraciones de petróleo. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar en arreglo factorial con tres repeticiones. En general, se encontró que los mejores resultados fueron para las semillas que se sembraron después de 1 a 2 semanas de ocurrida la contaminación petrolero indicando que en suelos afectados por petróleo debería realizarse la siembra un poco tiempo después de la contaminación y no inmediatamente después.

Palabras clave: *Zea mayz*, germinación de semillas, contaminación petrolera, fitorremediación

ABSTRACT

Venezuela is the third petroleum producer country of OPEC with 2,717,000 b/day, this huge production lead to contamination risks because of oil spills. Phytoremediation use plants to eliminate the contamination of environment. The objective of this work was evaluate the effect of different oil concentrations (0, 3 and 6 %) and three periods of sowing after oil spill occurrence on seed germination of corn cv. Himeca 95. The study was carried out at greenhouse of Postgraduate School of the Universidad de Oriente in Maturin, Monagas state. Two kg of soil were weighted for each pot and 60 and 120 g of oil for a contamination level of 3 and 6 %, respectively. A treatment without oil contamination was used as a control. Seed sowing of corn cv. Himeca 95 was carried out at 0, 7 and 14 days after contamination of soil with different levels of oil. A 3 x 3 factorial experiment in a randomized complete block design was used with three replications. It was founded that the best results were for the seeds sowed after 1 or 2 weeks of oil contamination, suggesting that in soils affected by oil spills the sowing should be made after a period of time instead of immediately after oil contamination.

Key word: *Zea mayz*, seed germination, oil spill contamination, phytoremediation

INTRODUCCIÓN

Venezuela produjo 2.615.000 barriles de petróleo por día en el mes de octubre del 2004, lo que la convierte en el tercer país miembro de la OPEP más productor de petróleo en el mundo sólo superada por Arabia Saudita e Irán (OPEC, 2004). Tal volumen de producción puede generar la contaminación de suelos y aguas por derrames petroleros, de allí que hay que evaluar técnicas o metodologías que permitan la descontaminación de tales áreas. La fitorremediación o fitocorrección emplea plantas para

eliminar la contaminación del medio ambiente. Las plantas ayudan a eliminar muchos tipos de contaminación como metales, plaguicidas, explosivos y el petróleo en el suelo y las aguas subterráneas. Las plantas también contribuyen a impedir que el viento, la lluvia y las aguas subterráneas extiendan la contaminación a otras zonas. La fitorremediación es más eficaz en los sitios donde hay baja concentración de contaminantes (EPA 2001). Según Infante (1998), las bondades de las técnicas de biorremediación permiten recuperar de una forma ambientalmente segura, suelos contaminados por derrame de crudo,

áreas de disposición temporal de desechos orgánicos así como realizar un tratamiento continuo de desechos impregnados con hidrocarburos, generados durante la perforación. La contaminación puede inhibir la germinación, inducir un inadecuado desarrollo y comportamiento radicular, provocando achaparramiento, clorosis, amorfismo en las hojas, etc. El efecto detrimental de la fuente contaminante decrece a medida que es degradado hasta límites no tóxicos, incorporándose a la materia orgánica del suelo (Dibble y Bartha, 1979).

Se han reportado ensayos sobre el efecto de suelos contaminados con petróleo sobre la germinación de semillas y caracteres de las plántulas en numerosos cultivos. Cermeño (1997) quien trabajó con el producto comercial Eoicasorb, en condiciones de campo y encontró que a los 14 días después de la siembra y con una dosis de 1875 kg del producto/ha se obtuvo el mayor porcentaje de germinación en frijol y maíz, es decir, la aplicación de un remediador aseguró la germinación de las semillas de maíz y frijol. Hernández-Valencia y Mager (2003), trabajando con las gramíneas *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*, indicaron que no existieron diferencias significativas entre la cantidad de semillas que germinaron y el tiempo promedio de emergencia de las plántulas en los suelos con adición de hidrocarburos de petróleo, respecto al control y sugirieron que la contaminación con hidrocarburos de petróleo a una concentración del 3 % no afectó la capacidad germinativa de las semillas. Quiñones-Aguilar *et al.* (2003), en un experimento con cuatro concentraciones de petróleo en el suelo (0, 15.000, 25.000 y 35.000 mg.kg⁻¹ de suelo) y once tipos de maíz, encontraron que las concentraciones de 25.000 y 35.000 mg.kg⁻¹ de suelo favorecieron una mayor emergencia del maíz, después del testigo e indicaron que a concentraciones mayores de 15.000 mg.kg⁻¹ de suelo, las plantas de maíz germinan y emergen sin graves problemas de toxicidad por petróleo. 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) 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. Méndez-Natera *et al.* (2001) evaluaron dos tipos de maíz (grano blanco y grano amarillo) ante la contaminación con 20 % de petróleo y encontraron que los mayores porcentajes de germinación para ambos tipos de maíces se lograron con la siembra de las semillas 30 días después de la aplicación del petróleo y 15 días después de la aplicación del remediador.

La fitorremediación aprovecha procesos naturales de las plantas. Requiere menos equipamiento y trabajo que otros métodos ya que las plantas hacen la mayor parte de las tareas. Además, los árboles y las plantas pueden hacer más atractivos los sitios. Se puede limpiar un sitio sin necesidad de cambiar el suelo contaminado ni de extraer el agua subterránea contaminada por bombeo. De ese modo se puede evitar que los trabajadores entren en contacto con las sustancias químicas dañinas (EPA 2001).

Según Merkl *et al.* (2004), la fitorremediación es el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología *in situ* no destructiva y de bajo costo y en el caso de la contaminación por petróleo está basada en la estimulación de microorganismos degradadores de hidrocarburos petroleros en la rizósfera, estos autores indicaron que las investigaciones acerca de esta tecnología en los trópicos son escasas.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de petróleo (0, 3 y 6 %) y tres tiempos después de ocurrido el derrame petrolero sobre la germinación de las semillas de maíz cv. Himeca 95.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Invernadero de Postgrado de la Universidad de Oriente en Maturín, estado Monagas. Se pesaron 2 kg de suelo por cada maceta y 60 y 120 g de petróleo para una contaminación de 3 y 6 %, respectivamente. Se dejó un tratamiento sin petróleo (testigo). La siembra de las semillas de maíz cv. Himeca 95 se realizó a los 0, 7 y 14 días después de contaminado el suelo con las diferentes concentraciones de petróleo. La siembra se realizó a 2 cm de profundidad. Se determinaron los porcentajes de germinación a los 4, 5, 6, 7, 8, 12 y 16 días después de la siembra, con el número de semillas germinadas en los tiempos anteriores se calcularon el

número medio de días a total germinación (Hartmann *et al.* (1993) e índice de la velocidad de germinación (Khan y Ungar, 1984). El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar en arreglo factorial con tres repeticiones. Un factor estuvo constituido por las tres concentraciones de petróleo (0, 3 y 6 %) y el otro factor fueron los periodos posteriores a la contaminación petrolera en relación a la siembra de las semillas de maíz (0, 7 y 14 días después de contaminado el suelo con petróleo). Se realizó el análisis de varianza convencional y las diferencias entre tratamientos se detectaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1980): Se utilizó un nivel de significación de 5 % para todos los análisis. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa MSTAT-C versión 2.10 (Bricker, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas para la concentración de petróleo, época de siembra y la interacción de ambos factores para los cuatro caracteres estudiados a excepción de la concentración de petróleo para el número medio de días a total germinación (Cuadro 1).

La germinación a los 4 días después de la siembra de las semillas de maíz cv. Himeca 95 en este experimento, mostró diferencias, los mayores porcentajes se observaron a concentraciones de 3 % de petróleo y los menores ocurrieron con una contaminación de 6 y 9 % en las semillas sembradas inmediatamente después de la aplicación del petróleo (Figura 1). Para la evaluación a los 8 días después de

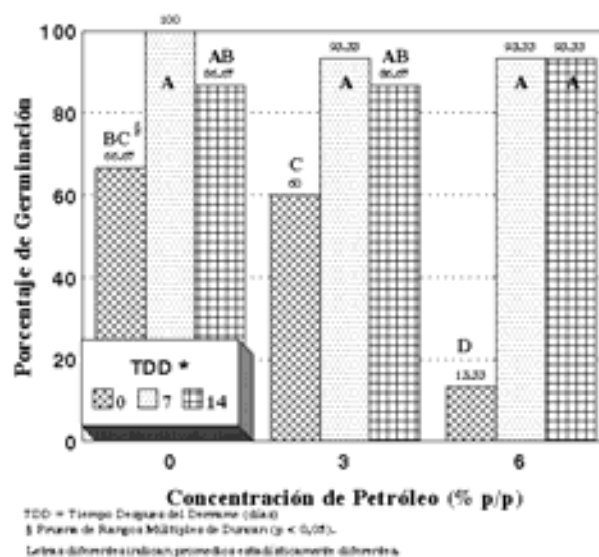


Figura 1. Porcentaje de germinación a los cuatro días después de la siembra de las semillas de maíz cv. Himeca 95 bajo tres concentraciones de petróleo y tres periodos de siembra posteriores a la contaminación petrolera.

la siembra (Figura 2), se observa una germinación similar en todos los tratamientos, a excepción de aquel compuesto por la concentración más alta de petróleo (6 %) sembrado inmediatamente después de la contaminación. En cuanto al número medio de días a total germinación (Figura 3) se observa que todos los tratamientos duraron el mismo tiempo para germinar, exceptuando a aquellos constituidos por las concentraciones de petróleo (3 y 6 %) sembrados inmediatamente después de la contaminación

Cuadro 1. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación a los cuatro y ocho días después de la siembra, número medio de días a total germinación e índice de la velocidad de germinación de las semillas de maíz cv. Himeca 95 bajo tres concentraciones de petróleo y tres periodos de siembra posteriores a la contaminación petrolera.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Germ 4 dds 1/	Ger 8 dds 2/	NMD 3/	IVG 4/
Repetición	2	59,259 ns	44,444 ns	0,365 ns	0,049 ns
Concentración de Petróleo	2	770,370 *	844,444 *	0,535 ns	2,299 *
Época de Siembra	2	6325,926 *	2133,333 *	6,546 *	6,396 *
CP x ES	4	925,926 *	844,444 *	0,843 *	2,413 *
Error Experimental	16	159,259	77,778	0,253	0,116
Total	26				
Coefficiente de Variación (%)	---	16,38	9,68	12,01	7,72

* : Significativo ($p \leq 0,05$) ns : No significativo ($p > 0,05$)

1/ y 2/ Porcentajes de germinación a los 4 y 8 días después de la siembra (dds), respectivamente
 3/ NMD : Número medio de días a total germinación 4/ Índice de la velocidad de germinación

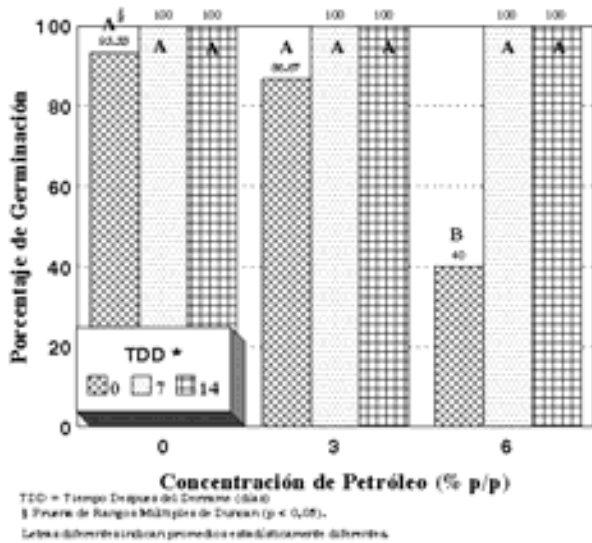


Figura 2. Porcentaje de germinación a los ocho días después de la siembra de las semillas de maíz cv. Himeca 95 bajo tres concentraciones de petróleo y tres periodos de siembra posteriores a la contaminación petrolera.

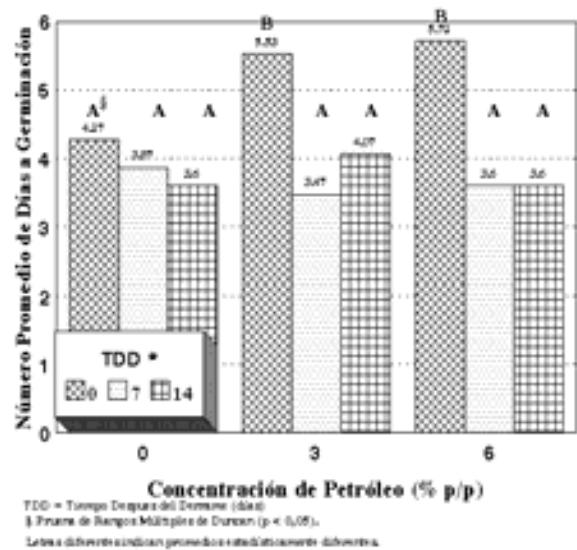


Figura 3. Número medio de días a total germinación de las semillas de maíz cv. Himeca 95 bajo tres concentraciones de petróleo y tres periodos de siembra posteriores a la contaminación petrolera.

petrolera. Resultados similares se encontraron para el índice de la velocidad de germinación (Figura 4), aunque las semillas más lentas en germinar correspondieron al tratamiento de 6 % de petróleo y semillas sembradas inmediatamente después de la contaminación.

En general, se encontró 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. Méndez-Natera *et al.* (2000), indicaron que la siembra de frijol 30 días antes de la contaminación petrolera y 15 días después de la aplicación de un remediador fue el mejor tratamiento para la germinación de las semillas, siendo mucho mejor que aquel cuando las semillas se sembraron inmediatamente después de la contaminación. En otro estudio, Méndez-Natera *et al.* (2001), evaluaron dos tipos de maíz (grano blanco y grano amarillo) ante la contaminación con 20 % de petróleo y encontraron que los mayores porcentajes de germinación para ambos tipos de maíces se lograron con la siembra de las semillas 30 días después de la aplicación del petróleo y 15 días después de la aplicación del remediador. Resultados similares fueron reportados por Hernández-Valencia y Mager (2003), quienes trabajando con las gramíneas *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*, indicaron que no existieron diferencias significativas entre la

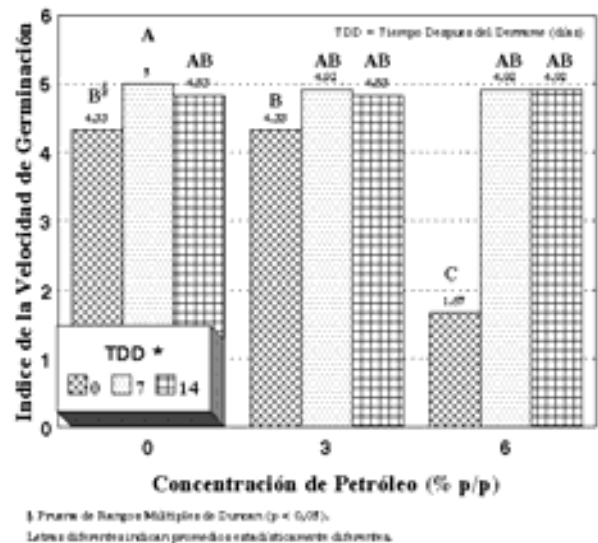


Figura 4. Índice de la velocidad de germinación de las semillas de maíz cv. Himeca 95 bajo tres concentraciones de petróleo y tres periodos de siembra posteriores a la contaminación petrolera.

cantidad de semillas que germinaron y el tiempo promedio de emergencia de las plántulas en los suelos con adición de hidrocarburos de petróleo, respecto al control y sugirieron que la contaminación con hidrocarburos de petróleo a una concentración del 3 % no afectó la capacidad germinativa de las semillas.

Brown *et al.* (2004) evaluaron plantas de diferentes especies para su tolerancia a los hidrocarburos totales de petróleo en la cámara de crecimiento y en el campo e indicaron que debería usarse para los tratamientos de la fase I (pretratamiento con biorremediación convencional o a través de plantas usando plantas agronómicas tolerantes a los TPH), un límite de 3 a 5 % de TPH en los suelos y una profundidad de suelo de 15 a 20 cm deberían usarse, mientras que para la fase II un tratamiento combinado mediado por plantas con una revegetación final usando gramíneas nativas e indicaron que las gramíneas nativas fueron menos tolerantes a los TPH en el suelo que las especies agronómicas y su uso puede requerir pretratamiento de aproximadamente 1 % de TPH en el suelo.

En conclusión, la germinación de las semillas y los caracteres de la germinación (número medio de días a total germinación e índice de la velocidad de germinación) resultaron mejores cuando se esperó para sembrar 14 días después del derrame petrolero y no hubo un efecto detrimental de las concentraciones mas altas de petróleo (3 y 6 %).

LITERATURA CITADA

- Bricker, B. 1990. User's guide to MSTAT-C. A software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University. U. S. A.
- Brown, J. L.; L. Martin. y R. J. Nadeau. 2004. Soil Quality Improvement as a Prerequisite for Conventional or Plant-Mediated Bioremediation of Petroleum Contaminated Soil. Annual International Conference on Contaminated Soils, Sediments, and Water. Session 2: Phytoremediation. <http://www.umasssoils.com/abstracts2001/wednesday/phytoremediation.html>. Última visita 30 de octubre de 2004.
- Cermeño, J. 1997. Biorremediación con el producto Eoicasorb en un suelo de sabana afectado por derrame de petróleo. *In* Resúmenes del IV Congreso Interamericano sobre el medio ambiente realizado entre el 8 y 11 de diciembre de 1997. Universidad Simón Bolívar, Caracas. Venezuela. p. 150-151.
- Dibble, J. T. and R. Bartha. 1979. Rehabilitation of oil inundated agricultural land: a case history. *Soil Sci.* 28:56-60.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2001. A Citizen's Guide to Phytoremediation. EPA 542-F-01-002. 2 p.
- Hernández-Valencia, I. y D. Mager. 2003. Uso de *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha* para fitorremediar suelos contaminados con un crudo de petróleo liviano. *BIOAGRO* 15 (3): 149-155.
- 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.
- Hartmann, H. T.; D. E. Kester y F. T. Davies, Jr. 1993. Plant propagation. Principles and practices. Fifth Edition. Prentice-Hall International. New Delhi, India. 647 p.
- Khan, M. e I. Ungar. 1984. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Triaguaris wild*. *American Journal of Botany* 71 (4): 481-489.
- 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.
- Méndez-Natera, J. R.; R. Salazar-Garantón y A. Velásquez. 2001. Efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de las semillas y desarrollo de plántulas en dos tipos de maíz (*Zea mays* L.) en el Oriente Venezolano. Programa y Resúmenes del XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo, del 11 al 16 de noviembre de 2002, Varadero, Cuba. P. 170.

- Méndez-Natera, J. R.; R. Salazar-Garantón y A. Velásquez. 2000. Efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación y el crecimiento de girasol (*Helianthus annuus* L.), frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) y patilla (*Citullus lannatus* (Thum.) Mansf.). Revista de Agricultura y Biología de Suelos (RABSU) 1 (2): 71-78.
- Merkel, N.; R. Schultze-Kraft y C. Infante. 2004. Phytoremediation of petroleum-contaminated soils in the tropics - Pre-selection of plant species from eastern Venezuela. Journal of Applied Botany and Food Quality 78 (3):185-192.
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). 2004. Monthly Oil Market Report. November. 39 p.
- Quiñones-Aguilar, E. E.; R. Ferrera-Cerrato, F. Gavi-Reyes, L. Fernández-Linares, R. Rodríguez-Vásquez y A. Alarcón. 2003. Emergencia y crecimiento de maíz en un suelo contaminado con petróleo crudo. Agrociencia 37: 585-594.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A Biometrical Approach. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, New York, U. S. A. 633 p.