

EFFECTO FITOTÓXICO DE EXTRACTOS DILUIDOS DE ABONOS ORGÁNICOS EN SEMILLAS DE LECHUGA

PHYTOTOXIC EFFECT OF DILUTED EXTRACTS OF ORGANIC FERTILIZERS ON LETTUCE SEEDS

Urriola, Leanne^{1*}, Montes Castillo, Katherine², Díaz Vergara, Maira^{3*}

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. *Autor para correspondencia: leanne.urriola@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9858-4985>

² Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá. katherine.montes@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-2308-883X>

³ Universidad Especializada de las Américas, Facultad de Biociencias y Salud Pública. Panamá. maira.diaz.852@udelas.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0614-8463>

Recepción: 20 de septiembre de 2022

Aprobación: 10 de octubre de 2022

Resumen

El uso de materiales orgánicos como abono y su grado de madurez, puede generar efectos positivos o negativos sobre la germinación y crecimiento de los cultivos. La maduración y estabilización de estos materiales orgánicos puede evitar que se generen efectos fitotóxicos sobre las semillas, además de ello el empleo de diluciones para estos abonos orgánicos puede reducir grandemente estos efectos negativos sobre la germinación y el crecimiento de las semillas. Con el objetivo de estudiar el efecto fitotóxico de extractos diluidos de abonos orgánicos utilizando la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga como planta bioindicadora, fue establecido, en el laboratorio de Criobiología de la Universidad de Panamá, un ensayo de evaluación de tres abonos orgánicos comerciales, con distintos componentes y grados de estabilización y sus diluciones, sobre el porcentaje de germinación

relativo, el crecimiento radicular relativo y el índice de germinación de plantas de lechuga. Los resultados obtenidos, mostraron que el abono orgánico proveniente del estiércol de ave con aserrín no estabilizado (T3) diluido al 25 % fue el de mejor respuesta para las variables de crecimiento evaluadas en la planta, seguido del abono peletizado de estiércol de ave y bovino (T2) diluido al 25%. Esto indica que la dilución al 25% de los abonos orgánicos inmaduros, reduce el efecto fitotóxico de éstos al disminuir la presencia de compuestos nocivos sobre las semillas sensibles como la lechuga. Este procedimiento de evaluación de los abonos orgánicos es rápido y económico y permite el uso seguro de los productos de compostaje disponibles en el mercado.

Palabras clave: Bioindicadora , diluciones, estabilización, madurez.

Abstract

The use of organic materials as fertilizer and their degree of maturity can generate positive or negative effects on the germination and growth of crops. The maturation and stabilization of these organic materials can avoid the generation of phytotoxic effects on the seeds. In addition to this, the use of dilutions for these organic fertilizers can greatly reduce these negative effects on the germination and growth of the seeds. An evaluation trial of three commercial organic fertilizers was established at the Cryobiology Laboratory of the University of Panama, to study the phytotoxic effect of diluted extracts from organic fertilizers using the phytotoxicity test on lettuce seeds as a bioindicator plant and using different components and degrees of stabilization and their dilutions on the relative germination percentage, the relative root growth and the germination index of lettuce plants. The results obtained showed that the organic fertilizer from poultry manure with non-stabilized sawdust (T3) diluted to 25% was the best response for the growth variables

evaluated in the plant, followed by the pelletized fertilizer from poultry and bovine manure (T2) diluted to 25%. This indicates that the 25% dilution of immature organic fertilizers decreases their phytotoxic effect by reducing the presence of harmful compounds on sensitive seeds such as lettuce. This evaluation procedure for organic fertilizers is fast, economical and allows the safe use of composting products available on the market.

Keywords: Bioindicator, dilutions, stabilization, maturity.

INTRODUCCIÓN

La madurez y estabilidad de un abono orgánico está ligada al grado de descomposición del material orgánico, el cual es influenciado por la actividad microbiana ejercida sobre los productos orgánicos. Esta madurez puede ser definida como el grado de descomposición de los compuestos fitotóxicos orgánicos, los cuales se producen durante la fase del compostaje y puede ser evaluada con la implementación de bioensayos, utilizando plantas indicadoras (Wu *et al.* 2000; CCREF 2001; Adani *et al.* 2006; Gómez Brandon *et al.* 2008; Artavia, *et al.* 2010).

Los efectos fitotóxicos que pueden generar los materiales orgánicos que se encuentran inmaduros, en altas concentraciones, afectan desde la germinación de las semillas, hasta el correcto desarrollo de los cultivos. Los mismos están relacionados con el contenido de amonio, metales pesados, sales y algunos ácidos volátiles orgánicos presentes en los materiales inmaduros (Varnero *et al.*, 2007; Huerta Muñoz *et al.*, 2015).

La realización de bioensayos utilizando semillas sensibles a la presencia de fitotoxinas, ha sido investigado por algunos autores (Zucconi *et al.* 1981; Huerta Muñoz *et al.*, 2015), en especial en aquellas especies como la lechuga (*Lactuca sativa*), que son sensibles a la

presencia de elementos tóxicos y a variaciones en la cantidad y dilución del extracto necesario para la germinación de las semillas (Huerta Muñoz *et al.*, 2015; Urriola *et al.*, 2021). Esta especie ha demostrado una mayor sensibilidad a sustancias fitotóxicas presentes durante la fase termofílica del compostaje de residuos agroindustriales (Varnero *et al.*, 2006; Varnero *et al.*, 2007).

Autores como Bagur-González *et al.*, (2011) y Rodríguez Romero *et al.*, (2014); indican que esta prueba permite evaluar los efectos fitotóxicos de abonos, diluciones o mezclas de estos sobre el desarrollo de las plántulas en los primeros días de crecimiento, ya que de haber sustancias fitotóxicas en el producto aplicado podría afectar el proceso de elongación radicular y del epicótilo.

La incorporación de abonos orgánicos en campo puede ser de forma directa o, mediante diluciones o mezclas del producto; que en ocasiones el fabricante recomienda en la etiqueta del producto. Las diluciones del producto permiten reducir los efectos negativos en la germinación y crecimiento de plantas sensibles, siendo atribuido al tipo de material utilizado en el proceso, al grado de madurez, de humificación y estabilidad de los abonos (Cruz - Hernández *et al.*, 2015).

Por lo cual, el empleo de parámetros como las pruebas de germinación y evaluación del crecimiento de las plantas, en especies sensibles a la presencia de elementos tóxicos, han mostrado los resultados más adecuados para la evaluación del efecto fitotóxico de un compuesto (Lisaridi y Stentiford, 1998; Emino y Warman, 2004; Celis-Hidalgo *et al.*, 2007; Varnero *et al.*, 2007; Estévez-Schwartz *et al.*, 2009; Huerta Muñoz *et al.*, 2015;). Trabajos como Urriola *et al.*, 2021 permiten observar como los abonos orgánicos con diferentes

materias primas y procesos de compostaje pudieron causar efectos fitotóxicos sobre bioensayos de germinación con plantas indicadoras, utilizados directamente en la semilla. Estos efectos fitotóxicos no solo pueden llegar a afectar el crecimiento del cultivo, sino que también sus componentes pueden llegar a contaminar el suelo. Entre estos componentes destacan el contenido de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales (Varnero *et al.*, 2007)

Es por esta razón que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto fitotóxico de extractos diluidos de abonos orgánicos utilizando la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga como planta bioindicadora. Es importante generar más información respecto al tema, ya que a pesar de que ha sido investigado por algunos autores, todavía existen aspectos que requieren respuesta y para los cuales no hay información que aporte a su resolución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando las instalaciones del Centro de Investigación en Criobiología (CIC), Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología - Universidad de Panamá, se eligieron tres abonos orgánicos comerciales, empacados en bolsa plástica y recomendados para todo tipo de cultivos, sobre los cuales fue evaluado, previamente, su efecto fitotóxico¹. Uno de ellos, compuesto de estiércol de ave y de bovino peletizado (T2) y los otros dos de estiércol de ave con aserrín no estabilizado y estabilizado por un mes, (T3) y (T4) respectivamente. Para el desarrollo de los extractos de los abonos orgánicos utilizados en el ensayo, se pesaron 10 g de cada muestra y se disolvieron en 100 ml de agua destilada (relación 1:10). Luego se

¹ El tratamiento (T1) no fue considerado en este estudio, debido a que no presentó efecto fitotóxico en la primera fase del experimento realizado con bioensayos de germinación con semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) (Urriola *et al.*, 2021).

mezclaron durante 1 hora y se centrifugaron a 4°C durante 15 minutos a 3000 rpm. Se midió el pH y la conductividad eléctrica de cada extracto. El ensayo fue realizado en plato Petri, cubriendo el fondo con tres capas de papel filtro Whatman No. 1. En cada plato Petri, se colocaron 10 semillas de lechuga, de manera que quedaran separadas. Los ensayos se compararon con el tratamiento testigo, a los cuales se le agregó 4 ml de agua destilada. Para determinar el efecto fitotóxico de cada dilución se muestreó la longitud de la raíz y porcentaje de germinación durante los tres días, los resultados fueron presentados por Urriola et al., (2021).

Dilución de los extractos

Se diluyeron extractos de cada abono orgánico, preparándose en proporciones porcentuales de (25, 50, 75, 100%), en relación 1:10, es decir se diluyeron 4g de las muestras, en 40 ml de agua destilada. Por ejemplo, para preparar la dilución de abono al 25%; se pesó 1 g del abono y 3 g de tierra negra que se mezclaban para ser diluidos en 40 ml de agua destilada, y así respectivamente para las demás proporciones. En el caso de la dilución al 100% (tratamiento testigo), se utilizaron los abonos orgánicos, en agua destilada, luego se mezclaron durante 1 hora y se centrifugaron a 4°C durante 15 minutos a 3000 rpm. Se comparó los tratamientos con los abonos orgánicos al 100%, para observar el efecto fitotóxico de los mismos con distintas diluciones y conocer la posibilidad de uso agrícola al ser mezclados con tierra o con otros subproductos agrícolas para la preparación de sustratos.

Las placas se mantuvieron a temperatura ambiente durante 10 días. Se observaron y contabilizaron las semillas germinadas cada día. Al tercer día de iniciado el ensayo, se registró el porcentaje de germinación. Si la semilla no germinaba, la longitud de la raíz no se tomaba en cuenta. Se evaluó el porcentaje de germinación relativo, el crecimiento radicular relativo y el índice de germinación, según metodología descrita por Tiquia (2000).

$$CRR = \frac{\text{elongación deradículas en extracto}}{\text{enlogación deradícula en el testigo}} \times 100$$

$$PGR = \frac{\text{n° de semillas germinadas en extracto}}{\text{n° de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

Donde,

CRR: Crecimiento Radicular Relativo

PGR: Porcentaje de Germinación Relativo

IG: Índice de Germinación

Análisis estadístico

El diseño experimental empleado fue un bloque completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. En el caso de los datos utilizados para la determinación de la fitotoxicidad de los extractos diluidos de los abonos orgánicos, se empleó la prueba de comparación de medias por LSD Fisher, con un nivel de significancia de 5%. Los análisis fueron procesados en el software estadístico InfoStat (Dirienzo et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de longitud radicular, crecimiento radicular relativo (CRR) e índice de germinación (IG) presentaron diferencias significativas para el efecto de abonos orgánicos (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre variables de germinación en la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*)

Variable	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-valor	Pr > f
Longitud radicular	0.97	0.48	17.94	<0.0001
Porcentaje de Germinación relativo	3832.14	1916.07	5.80	0.0088
Crecimiento radicular relativo	10492.72	5246.36	18.05	<0.0001
Índice de germinación	9310.17	4655.08	16.02	<0.0001

La evaluación del crecimiento radicular de *Lactuca sativa*, cuando se da el agregado de cuatro tipos diferentes de diluciones de los abonos orgánicos evaluados (Figura 1), muestra que el mayor crecimiento radicular se presenta cuando la dilución del abono de estiércol de ave con aserrín no estabilizado es de un 25% (1 g de abono + 3 g de tierra negra), en donde se alcanzó un crecimiento promedio de 1,38 mm. Seguidamente se observa que este mismo abono, también presenta un crecimiento considerable bajo la dilución al 50% (2 g de abono + 2 g de tierra negra), obteniendo un crecimiento promedio de 1,07 mm.

Cuando fueron evaluados el abono compuesto de estiércol de ave y de bovino peletizado (T2) y el abono de estiércol de ave con aserrín estabilizado por un mes (T4), en las 4 diluciones, los resultados obtenidos no se diferenciaron entre sí, presentando un crecimiento radicular intermedio. El abono T2, cuando fue utilizado sin presentar ninguna dilución, obtuvo el menor crecimiento radicular, con un crecimiento promedio de 0,02 mm.

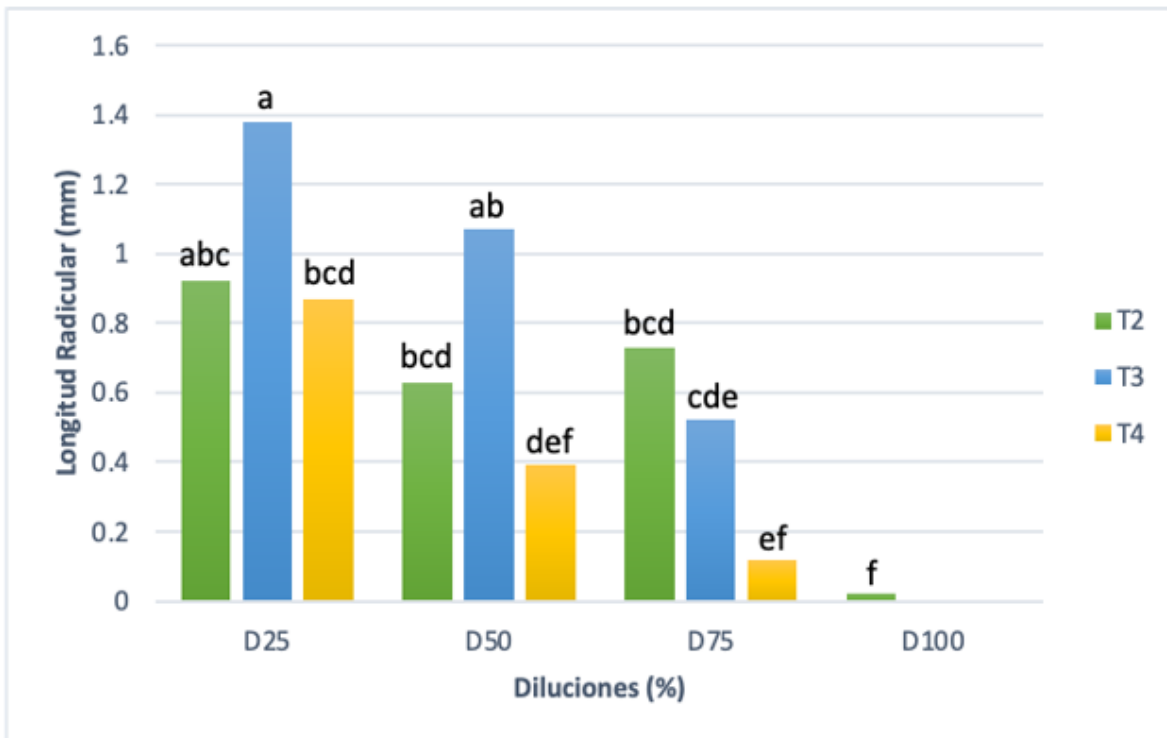


Figura 1. Evaluación del crecimiento radicular de *Lactuca sativa* evaluada utilizando 3 tipos de abonos orgánicos (T2, T3, T4), bajo 4 diferentes de diluciones (D25, D50, D75, D100). Columnas con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas ($p>0,05$)

Es conocido que esta especie actúa como un indicador sensible, ante el grado de madurez de los abonos orgánicos (Wang, 1991; Emimo, & Warman, P. 2004; Lallana, et al. 2013). La respuesta de crecimiento radicular estuvo condicionada al grado de dilución del abono y la composición y grado de estabilización de este (Ortega-Martinez, et al. 2010; Acevedo-Alcalá, et al. 2020) demostrando que, entre más diluido, menor fitotoxicidad generará sobre la planta y se dará un mayor crecimiento radicular en esta.

En cuanto a la variable de porcentaje de germinación relativo (PGR), no mostró diferencias estadísticamente ($p=0,0088$); sin embargo, se pudo observar un comportamiento variable entre los abonos y distintas diluciones. Los abonos T2 y T3 diluidos al 25% presentaron valores de 86,66 y 76,67%, respectivamente (Tabla 2). En contraste, se encontró que ambos abonos orgánicos al no ser diluidos afectaron el proceso de germinación de la planta. Para el

tratamiento 4, se registraron los valores de PGR más bajos en las diferentes de diluciones con porcentajes máximos de 51%. Esto indica que existe la presencia de residuos orgánicos inmaduros que, aún siendo diluidos, afectan el proceso germinativo de la planta (Varnero et al., 2007).

Tabla 2. Efecto fitotóxico de los tres de abonos orgánicos en diferentes diluciones en variables de germinación en la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*)

Tratamiento	Dilución	PGR ¹	CRR ²	IG ³
2	25	86.66 a	96.00 ab	83.67 ab
2	50	56.67 ab	65.00 ab	37.67 bc
2	75	57.78 ab	76.00 ab	46.33 bc
2	100	2.22 c	1.67 c	0.00 c
3	25	76.67 a	143.67 a	112.33 a
3	50	65.55 ab	111.33 a	73.00 ab
3	75	34.44 abc	54.67 ab	20.00 c
3	100	0.00 c	0.00 c	0.00 c
4	25	51.11 abc	90.33 ab	47.33 bc
4	50	15.56 bc	40.33 abc	5.33 c
4	75	7.78 c	12.33 abc	1.33 c
4	100	31.11 bc	0.00 c	0.00 c

Medias con grupo de letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba LSD Fisher ($P \leq 0.05$). ¹Porcentaje de germinación relativo (%), ²Crecimiento radicular relativo (%), ³Índice de germinación (%). El tratamiento 2 corresponde a abono peletizado de estiércol de ave y bovino, tratamiento 3 = abono sin estabilizar de estiércol de ave, aserrín y astillas de madera, y tratamiento 4 = abono estabilizado de estiércol de ave y aserrín.

La evaluación del IG indicó que el T3 y T2 en la dilución de 25% obtuvieron valores de 112,33 y 83,67%, respectivamente (Tabla 2). Para las diluciones al 50% y 75% de abono estudiado, exceptuando el T3 al 50%, se registraron valores por debajo del 80%, lo cual representa efectos fitotóxicos para la planta según Emino y Warman (2004). Por otro lado, el T3 al 50% al presentar 73% en IG indica que su nivel fitotóxico es moderado según el criterio de evaluación de los autores Emino y Warman (2004). Esta variable es un indicador de gran importancia ya que expresa la interacción de los factores que promueven o inhiben la

germinación, así como de los respectivos factores que favorecen o impiden el crecimiento de la radícula (Rodríguez-Romero et al., 2014).

CONCLUSIÓN

Del presente estudio, se concluye que los abonos orgánicos de estiércol de ave con aserrín (no estabilizado) (T3) diluido al 25% muestra los valores más altos para las variables de germinación y crecimiento utilizando la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*), seguido del abono peletizado de estiércol de ave y bovino (T2) diluido al 25%. Es importante resaltar que en el caso del T3, según los criterios de IG; se considera apto para uso en diluciones máximas de 50% presentando niveles de fitotóxicos moderados. Esto indica que los efectos fitotóxicos generados por el uso de abonos orgánicos inmaduros se reducirán al usar diluciones del 25%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J., & Taboada-Gaytán, O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Artavia, Silvia, Uribe, Lidieth, Saborío, Francisco, Arauz, Luis Felipe, Castro, Leida. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 17-29. Retrieved July 20, 2022, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100002&lng=en&tlng=es.
- Bagur-González, M. G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., & Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid) s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of soils and sediments*, 11(2), 281-289.
- Celis-Hidalgo, J., M. Sandoval-Estrada y M. Briones-Luengo. (2007). Bioensayos de fitotoxicidad de residuos orgánicos en lechuga y ballica anual realizados en un suelo Alfisol degradado. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7: 51-60.

- Composting Council Research and Education Foundation (CCREF) 2001. Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC). Disco compacto. Houston, USA. United States Composting Council (USCC), USDA. 2001, August 21.
- Cruz-Hernández, J., Acevedo-Alcalá, P., & Báez-Cruz, G. (2015). Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección. *Revista Científica Biológico Agropecuario*. Tuxpan, 3, 964-971.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. versión 24-03-2011. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/>
- Emino, E. R. and P. R. Warman. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Sci. Util.* 12: 342-348. DOI: [10.1080/1065657X.2004.10702203](https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702203)
- Estévez-Schwartz, I., S. Seoane, A. Núñez, and M. E. López-Mosquera. 2009. Characterization and evaluation of compost utilized as ornamental plant substrate. *Compost Science & Utilization*. Util.17: 210-219.
- Gómez-Brandón M., Lazcano C., Domínguez J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere* 70:436-444.
- Huerta Muñoz, Elena, Cruz Hernández, Javier, Aguirre Álvarez, Luciano, Caballero Mata, Raymundo, & Pérez Hidalgo, Luis Felipe. (2015). Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 179-185. Recuperado en 20 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200179&lng=es&tlng=es.
- Lallana, M. D. C., Foti, M. N., Lallana, V. H., Elizalde, J. H., & Billard, C. E. (2013). Determinación de reducción del crecimiento radical (CE50) por una formulación de glifosato utilizando lechuga y trigo como especies bioindicadoras. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(1), 0-0.
- Lisaridi, K. E. and E. I. Stentiford. 1998. Biological parameters for compost stability assessment and process evaluation. *Acta Horticultural*. 469: 119-128.
- Ortega-Martínez L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz y J. Ocampo-Mendoza (2010) Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Ra Ximhai* 6:365-372.
- Rodríguez Romero, A. J., Robles Salazar, C. A., Ruíz Picos, R. A., López López, E., Sedeño Díaz, J. E., & Rodríguez Dorantes, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 307-316.
- Varnero, MT., Orellana, R., Rojas, C., Santibañes, C. 2006. Evaluación de especies sensibles a metabolitos fitotóxicos mediante bioensayos de germinación. *El Medioambiente en*

Iberoamérica: Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Editor Juan F. Gallardo Lancho. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Badajoz, España. Tomo III, 363-369.

Varnero, M. T., C. Rojas y R. Orellana. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*.7: 28-37.

Wang, W. (1991). Literature review on higher plants for toxicity testing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 59(3), 381-400.

Wu L., Ma L.Q., Martinez G.A. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29:424-429.

Zucconi, F., A. Pera, M. Forte, and M. de Bertoli. 1981. Evaluations toxicity in immature compost. *BioCycle* 22: 54-57.