

Evaluación de la fitotoxicidad de abonos orgánicos comerciales usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y pepino (*Cucumis sativus*)

Evaluation of the phytotoxicity of commercial organic fertilizers using seeds of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cucumber (*Cucumis sativus*)

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

Montes Castillo, Katherine. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. katherine.montes@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0614-8463>

Díaz Vergara, Maira. Empresas Melo, S.A., Panamá. mairadiaz@grupomelo.com <https://orcid.org/0000-0002-2308-883X>

RESUMEN

La producción de abonos orgánicos mediante el proceso de compostaje permite el aprovechamiento de los residuos agropecuarios que de otra forma se convertirían en contaminantes. Sin embargo, su uso en la preparación de almácigos y fertilización orgánica está limitada por la presencia de sustancias fitotóxicas asociadas al tiempo de maduración del producto. La industria de la producción de abonos orgánicos en Panamá es reciente y al carecer de valoraciones que nos permitan determinar su calidad, proponemos usar la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga para valorar la madurez del compost y determinar su uso seguro en la fertilización orgánica de los cultivos y almácigos. Nuestros resultados indicaron que el abono orgánico T1 no presentó evidencias de fitotoxicidad cuando fue aplicado a las semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*), en comparación con los otros abonos utilizados. Las semillas de lechuga presentaron una mayor sensibilidad al uso de los distintos abonos orgánicos, siendo ideal como bioindicadora en las pruebas de fitotoxicidad de los bioensayos de germinación.

PALABRAS CLAVE: compost, madurez, inhibidores, almácigos

ABSTRACT

The production of organic fertilizers through the composting process allows agricultural waste that would otherwise become pollutants. However, its use in preparing seedlings and organic fertilization is limited due to the presence of phytotoxic substances associated with the maturation period of the product. The industry for the production of organic fertilizers in Panama is recent

and needed evaluations to determine its quality; the researchers propose using the phytotoxicity test on lettuce seeds to assess the composting maturation and determine its safe use in the organic fertilization of crops and seedlings. The results indicated that the organic fertilizer T1 did not show phytotoxicity evidence when applied to the seeds of cucumber (*Cucumis sativus*) and lettuce (*Lactuca sativa*), in comparison with the other fertilizers used. Lettuce seeds showed greater sensitivity to the use of different organic fertilizers, being ideal as a bioindicator in the phytotoxicity tests of germination bioassays.

KEYWORDS: compost, maturity, inhibitors, seedlings

INTRODUCCIÓN

La producción de abonos orgánicos mediante el proceso de compostaje permite el manejo de los residuos de las actividades agropecuarias. En las últimas décadas ha cobrado importancia por ser una estrategia que genera un producto con múltiples beneficios para el suelo a nivel químico y físico (López-Mtz et al., 2001; Atravia et al., 2010; Ramos Agüero y Terry Alfonso, 2014; Huerta Muñoz et al., 2015). El uso de estas enmiendas en el suelo contribuyen en el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos. Considerando que los abonos orgánicos pueden contener una mezcla de diversos materiales, existen factores extrínsecos que intervienen en la calidad del abono como lo es: la composición de los residuos, el lugar de procedencia, la duración del proceso y el contenido de humedad; los cuales afectarán directamente la estabilidad y madurez del producto (López-Mtz et al., 2001).

El grado de madurez del compost es de suma importancia para garantizar que no se presenten efectos adversos sobre la disponibilidad de nutrientes para la planta (Celis Hidalgo et al., 2007; Ramos et al., 2016). La madurez de un compost se relaciona con la presencia de amonio, ácidos volátiles, algunas sales y en algunas ocasiones metales pesados que pueden afectar el proceso de germinación de algunas semillas (Wu et al., 2000; Varnero M. et al., 2007; Mazzarino et al., 2012; Cruz-Hernández et al., 2015). La germinación y los primeros días de desarrollo de una planta, son puntos clave en su ciclo de vida, por lo que una sustancia tóxica en esta etapa puede interferir en los procesos fisiológicos y amenazar la supervivencia del cultivo (Ramos et al., 2016; Escobar et al., 2012).

En diversos estudios científicos se emplean semillas de especies vegetales sensibles a los compuestos fitotóxicos orgánicos, permitiendo evaluar los efectos de estas sustancias en la germinación y el crecimiento del cultivo (Emino y Warman, 2004; Varnero M. et al., 2007). Tal es el caso de especies vegetales como el berro, rábano, col china, la cebada, el guisante y la lechuga (*Lactuca sativa*) (Acosta et al., 2006; Varnero et al., 2007). En nuestro estudio utilizaremos la lechuga como especie bioindicadora por su alta sensibilidad a los compuestos fitotóxicos y su disponibilidad en el mercado. En Panamá, la fitotoxicidad generada por los abonos orgánicos que se ofrecen en el mercado, no ha sido estudiada. En ese sentido, el objetivo de este estudio fue

evaluar la fitotoxicidad de cuatro abonos orgánicos comerciales mediante el establecimiento de bioensayos de germinación de semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio, se escogieron cuatro abonos orgánicos comerciales empacados en bolsa plástica, recomendados para todo tipo de cultivos. Estos abonos han sido elaborado a partir de distintas materias primas principalmente de restos vegetales procedentes de fincas cafetaleras y de estiércol de fincas avícolas (Ver tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los abonos orgánicos.

Tratamiento ^a	Descripción	Materia prima
T1	Abono maduro con adición de microorganismo promotores del crecimiento y madurado	Cáscara de café, estiércol de ave y bovino
T2	Abono peletizado de color marrón	Estiércol de ave y bovino
T3	Abono orgánico sin período de estabilización	Estiércol de ave, aserrín y astillas de madera.
T4	Abono orgánico estabilizado durante un mes.	Estiércol de ave y aserrín

Nota: ^aNomenclatura dada para la identificación de los abonos orgánicos evaluados en el ensayo.

Se seleccionaron las semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y de lechuga (*Lactuca sativa*) para evaluar su potencial uso como bioindicadores de fitotoxicidad. Para observar el efecto del extracto de los abonos orgánicos en estas dos especies se realizaron mediciones de la elongación de la raíz y porcentaje de germinación durante tres días. Para el desarrollo de los extractos provenientes de los abonos orgánicos y 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 mezclaron durante 1 hora y se centrifugaron a 4°C durante 15 minutos a 3 000 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 pepino (*Cucumis sativus*) o de lechuga (*Lactuca sativa*), de manera que quedaran separadas. Posteriormente, se agregaron 4 ml del extracto de los abonos en la placa identificada con la hora y fecha exacta de contacto entre el sustrato y las semillas. Los ensayos se compararon con el tratamiento control, al cual se le agregaron 4 ml de agua destilada.

El ensayo fue realizado utilizando tres unidades experimentales por tratamiento y el control, tanto para semillas de pepino (*Cucumis sativus*), como para semillas lechuga (*Lactuca sativa*). Las placas se mantuvieron a temperatura ambiente. Se observaron y contabilizaron las semillas germinadas cada día a la misma hora. Al tercer día de iniciado el ensayo, se registró el porcentaje de germinación, se midieron el hipocótilo y el epicótilo de la semilla. 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).

$$CRR = \frac{\text{elongación de raíz en el extracto}}{\text{elongación de raíz en el testigo}} \times 100$$

$$PGR = \frac{\text{nº de semillas germinadas en el extracto}}{\text{nº de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

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

El peso seco de las plantas fue medido al final del experimento, luego de secar el material a estufa 70 °C hasta peso constante. El peso seco total de las plantas fue dividido en hipocótilo y radícula, para analizar la partición de materia seca.

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado. Los datos de acumulación de biomasa por tratamiento y partición de biomasa fueron analizados mediante análisis de la varianza ANOVA (Snedecor y Cochran, 1980), en donde, para el análisis de acumulación de biomasa, las variables dependientes fueron cada uno de los compartimientos en que fue dividida la planta (hipocótilo y epicótilo) y la variable de clasificación fueron los tratamientos. Para evaluar el tratamiento más fitotóxico de todos los abonos orgánicos en las diferentes especies utilizadas, se empleó la prueba de comparación de medias por Tukey, con un nivel de significancia de 5%. Los análisis fueron procesados en el software estadístico InfoStat (Dirienzo et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la tabla 2, muestran diferencias marcadas en cada especie, respecto a las variables biomasa de la parte aérea (epicótilo), biomasa de la radícula (hipocótilo), el crecimiento radicular relativo (CRR), porcentaje de germinación relativo (PGR) y el índice de germinación (IG).

Tabla 2. Comparación de los distintos abonos orgánicos para las semillas bioindicadoras de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*).

Especie	Tratamientos ^d	Biomasa aérea (tallos)	Biomasa radical	CRR ^a	PGR ^b	IG ^c
Pepino	T1	1,27 ^a	3,57 ^{ab}	105,00 ^{ab}	96,67 ^a	101,00 ^{ab}
	T2	0,70 ^{bc}	2,60 ^c	76,33 ^c	96,67 ^a	73,67 ^d
	T3	0,63 ^c	2,70 ^{bc}	79,33 ^{bc}	93,33 ^a	74,00 ^{cd}
	T4	0,80 ^{bc}	4,17 ^a	122,67 ^a	96,67 ^a	118,33 ^a
	C	1,07 ^{ab}	3,23 ^{bc}	95,00 ^{bc}	100,00 ^a	95,00 ^{bc}
Lechuga	T1	1,00 ^a	0,94 ^a	27,65 ^a	93,33 ^a	42,00 ^a
	T2	0,00 ^b	0,02 ^b	0,49 ^b	3,33 ^b	0,33 ^b
	T3	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
	T4	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b	0,00 ^b
	C	0,74 ^a	1,04 ^a	30,59 ^a	100,00 ^a	30,67 ^a

Nota: ^aCrecimiento radicular relativo (%); ^bPorcentaje de germinación relativo (%); ^cíndice de germinación (%); ^dTratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

El análisis estadístico de la distribución de biomasa para cada uno de los tratamientos implementados, utilizando como especie indicadora el pepino, evidenció una mayor partición de biomasa hacia la radícula (figura 1) para el abono T4 (4,17g), seguido por los abonos T1 (3,57g) el tratamiento C (3,23g) y por ultimo los abonos T3 (2,7g) y T2 (2,6g). A diferencia de los resultados obtenidos con el cultivo de lechuga en donde el tratamiento control C (1,04g) obtuvo la mayor partición de biomasa radicular, al igual que el abono T1 (0,94g).

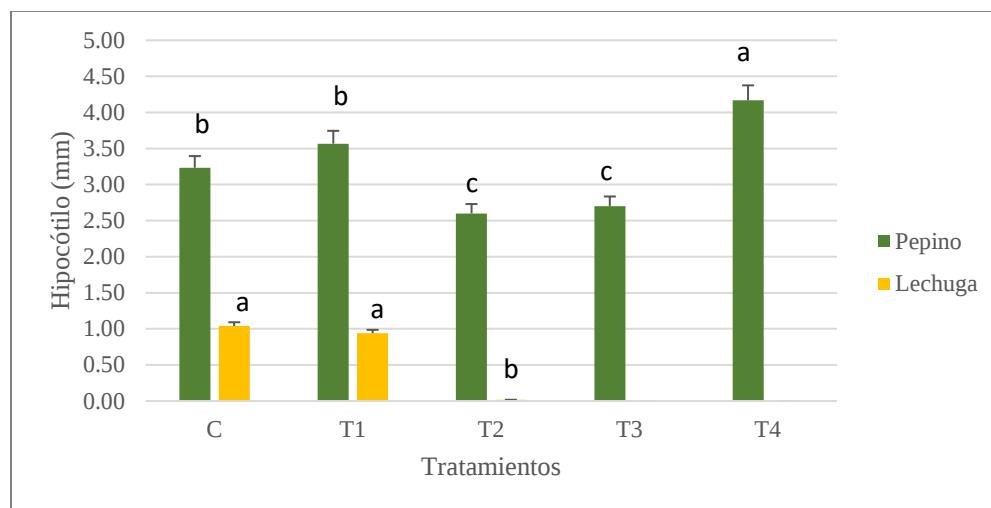


Figura 1. Efecto de la adición de distintos abonos orgánicos en el desarrollo del hipocótilo de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*). Barras con la misma letra, para cada cultivo, no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

En las muestras T2, T3 y T4, las semillas de lechuga no resistieron los efectos fitotóxicos de los abonos orgánicos utilizados. En cuanto a la partición de biomasa hacia el epicótilo (figura 2) en el caso del pepino hubo una mayor partición de biomasa para el abono T1 (1,27g) y el C (1,07g), seguidos por los tratamientos T4 (0,8g), T2 (0,7g) y T3 (0,6g) que presentaron los menores incrementos. En el caso del cultivo de lechuga, el abono T1 (1,0g) y el abono C (0,7g) presentaron los mayores valores de partición de biomasa hacia el epicótilo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por los autores Emino y Warman, (2004); Varnero M. et al., (2007) y Huerta Muñoz et al., (2015), quienes indican que el desarrollo de las especies puede verse afectado por la presencia de metabolitos fitotóxicos en los abonos, los cuales estarían limitando el crecimiento de las plantas y en el caso de las semillas de lechuga, estarían impidiendo la germinación de la misma. En algunos ensayos los efectos generados por una baja concentración de metabolitos fitotóxicos no impiden la germinación de las semillas por lo que podemos indicar que para los abonos orgánicos T2 T3 y T4, utilizados en este ensayo, estos metabolitos se encontraban en altas concentraciones lo que impidió la germinación de las semillas de lechuga.

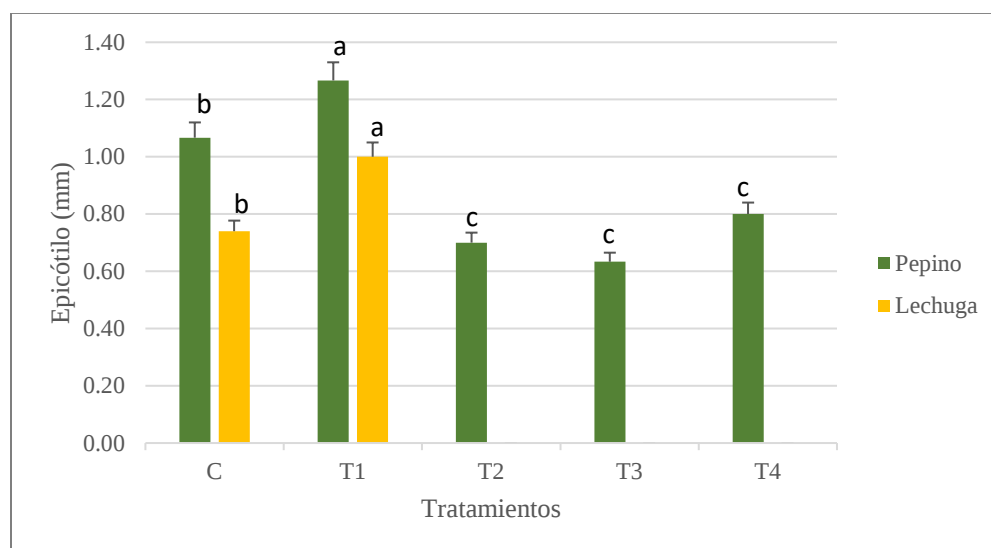


Figura 2. Efecto de la adición de distintos abonos orgánicos en el desarrollo del epicótilo de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*). Barras con la misma letra, para cada cultivo, no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Para la variable de (CRR), podemos observar dos perspectivas diferentes (tabla 2). Por un lado, la especie indicadora de pepino mostró valores altos de (CRR) para el tratamiento T4 y T1, 122,7% y 105,0%, respectivamente; valores bajos de 79,3% para el abono T3 y 76,3% para el abono T2; y en el tratamiento control reporta un 95%. Esto nos indica que tanto los abonos T4 y T1 beneficiaron el desarrollo radicular del pepino con respecto al tratamiento control y a los demás abonos. En cuanto, a la lechuga no se observó crecimiento radicular en los abonos T2, T3, T4, excluyendo para el abono T1 y tratamiento control con valores de 27,7 y 30,6%, respectivamente. lo que debe estar relacionado a la presencia de agentes moderadamente fitotóxicos que impiden la germinación de las semilla, y por ende; el desarrollo de la radícula. No obstante, se observó desarrollo radicular para el abono T1 y tratamiento control con valores de 27,7 y 30,6%, respectivamente.

En la variable (PGR), las semillas de pepino germinaron con todos los abonos orgánicos estudiados, mostrando valores mínimos de 93,3% para el abono T3, valores máximos de 96,7% para todos los demás tratamientos y en el tratamiento control presentando un 100% de germinación. En cambio, los tratamientos con la semilla de lechuga presentaron valores inferiores al 5% para los abonos T2, T3 y T4, exceptuando T1 con 93,3% y el tratamiento control 100%. Según Varnero et al. (2007), valores inferiores al 80% de germinación se consideran residuos orgánicos inmaduros, es decir que presentar agentes fitotóxicos que no se han metabolizado completamente.

El índice de germinación (IG) es un prueba utilizada para observar el comportamiento de la planta bajo la presencia de agentes tóxicos presentes en los abonos orgánicos. Si el abono orgánico no ha sido estabilizado y madurado de la forma correcta, se encontrarán sustancias fitotóxicas que puedan estar afectando la germinación de la semilla (Thivierg & Seito, 2005; Varnero et al., 2007). Este índice (IG) mostró que el pepino presentó valores de 118,0% y 101,0% en los abonos T4 y

T1, respectivamente. Seguido del tratamiento control que arrojó valores de 95%, y por último, los abonos T2 y T3 que mostraron valores por encima del 60% (tabla 2 y figura 3). Estos resultados nos indican que esta especie no tuvo problemas en la germinación de la semilla con los abonos estudiados. En el caso de la lechuga, esta se vió afectada con algunos abonos orgánicos estudiados. Para los abonos orgánicos T1, T2, T3, T4 mostraron (IG) menor de 50%; incluyendo el tratamiento control. Según los criterios propuestos por Zucconi et al. (1981), los valores de $IG \geq 80\%$ indican que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración; si el $IG \leq 50\%$ indican que hay una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y si se obtiene un valor entre 50% y 80% se interpretará como la presencia moderada de estas sustancias. Sin embargo, en el tratamiento control, se puede inferir que la variable de crecimiento radicular relativo afectó el índice de germinación de estas plantas, razón por la cual, se observaron valores que se encuentran por debajo de los criterios establecidos. En tal sentido, la diferencia en los índices de germinación se debe a la sensibilidad hacia las sustancias tóxicas presentes en los abonos.

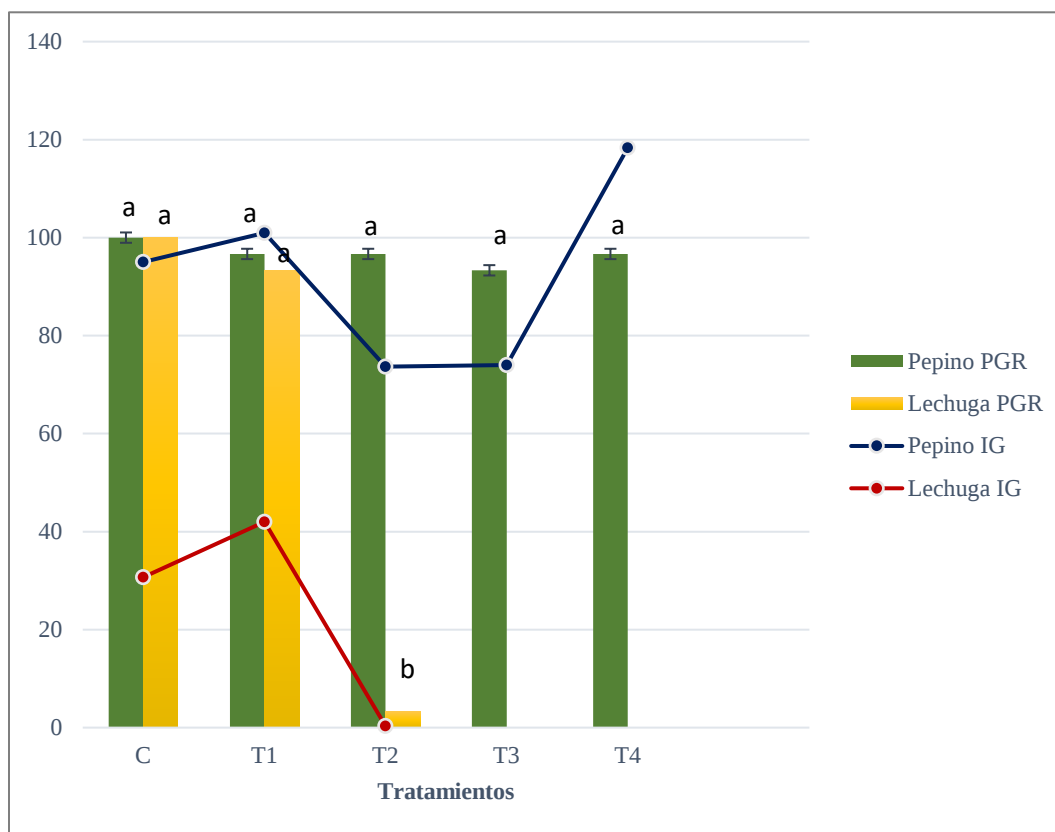


Figura 3. Efecto de la adición de distintos abonos orgánicos en el porcentaje de germinación relativo (PGR) y el índice de germinación (IG) de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*), Barras con la misma letra, para cada cultivo, no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Algunos autores concluyen que las pruebas de toxicidad a través de los bioensayos de germinación no son fáciles de padronizar, ya que se debe elegir una planta apropiada (Wichuk &

McCartney, 2010). Todavía no existe un protocolo estandarizado, por lo cual, se han utilizado semillas de pepino, tomate, entre otros descartándose porque no detectaban efecto tóxico. La lechuga por ser bioindicador de compuestos fitotóxicos ha sido utilizada ampliamente en estos bioensayos (Wang, 1991; IDRC/IMTA, 2004; Tibu et al., 2019). En este estudio, la semilla de lechuga fue más sensible a los abonos evaluados, con excepción del abono orgánico T1, el cual resultó ser el menos tóxico en este ensayo. Esto podría deberse a que el abono T1 está compuesta por tierra negra mezclada con abono orgánico, es decir, que ya hay una dilución del abono y sus sustancias fitotóxicas. Otro aspecto a considerar es el tiempo que tiene el proceso de cada uno de los abonos analizados, lo cual no se detalla en la bolsa del producto ya que se espera que a mayor duración del proceso, mayor será la madurez del producto.

CONCLUSIÓN

El abono orgánico T1 no mostró fitotoxicidad para las semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en los bioensayos de germinación, en comparación con los otros abonos aplicados.

La semilla de lechuga, al mostrar una mayor sensibilidad a los compuestos fitotóxicos presentes en los abonos, es ideal como bioindicadora en las pruebas de fitotoxicidad establecidas a partir de bioensayos de germinación, constituyéndose en una herramienta de bajo costo y de fácil acceso para valorar el uso seguro del compost en la fertilización orgánica y como sustrato para semilleros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, Y., Cayama, Y., Gómez, E., Reyes, N., Rojas, D., García, H. 2006. Respiración microbiana y prueba de toxicidad en el proceso de compostaje en una mezcla de residuos. Multiciencias, N° 3 Vol. 6.
- Atravia, S., Uribe, L., Saborío, F., Arauz, L.F., Castro, L., 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). Agron. Costarric. 34, 17–29.
- Celis Hidalgo, J., Sandoval Estrada, M., Briones Luengo, M., 2007. Bioensayos de fitotoxicidad de residuos orgánicos en lechuga y ballica anual realizados en un suelo alfisol degradado. Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg. 7, 51–60. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912007000300005>
- Cruz-Hernández, J., Acevedo-Alcalá, P., Báez-Cruz, G., 2015. Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección. Rev. Científica Biológico Agropecu. 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., Warman, P.R., 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Sci. Util.* 12, 342–348.
- Escobar, J; Pereira, L; Martínez, Y y Sánchez, N. 2012: Evaluación de la fitotoxicidad de lodos residuales de industrias alimenticias y papeleras. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina
- Huerta Muñoz, E., Cruz Hernández, J., Aguirre Álvarez, L., Caballero Mata, R., Pérez Hidalgo, L.F., Huerta Muñoz, E., Cruz Hernández, J., Aguirre Álvarez, L., Caballero Mata, R., Pérez Hidalgo, L.F., 2015. Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga. *Terra Latinoam.* 33, 179–185.
- IDRC/IMTA. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Editado por Gabriela Castillo
- López-Mtz, J.D., Estrada, A.D., Rubin, E.M., Cepeda, R.D.V., 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoam.* 19, 293–299.
- Mazzarino, M, Satti, P y Roselli, L 2012. Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. En el Libro *Compostaje en la argentina: Experiencias de producción, calidad y uso*. Primera ed. ISBN978-987-9260-93-7
- Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultiv. Trop.* 35, 52–59.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G., 1980. *Statistical methods*, 7th ed. Iowa University Press., Iowa, USA.
- Thivierge, C., & Seito, M. (2005). Nuevas tecnologia de viveros. MAGFOR-PROFOR..
- Tiquia, S.M. 2000. Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig - on- litter system. En P.R. Warman y B.R. Taylor, Ed., *Proceeding of the International Composting Symposium*, CBA Press Inc. Truro, NS, p: 625-647.
- Tibu, C., Annang, T. Y., Solomon, N., & Yirenya-Tawiah, D. 2019. Effect of the composting process on physicochemical properties and concentration of heavy metals in market waste with additive materials in the Ga West Municipality, Ghana. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(4), 393-403.
- Varnero M., M.T., Rojas A., C., Orellana R., R., 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Rev. Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 7, 28–37. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>

- Wang, W. (1991). Literature review on higher plants for toxicity testing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 59(3-4), 381-400.
- Wichuk, K. M., & McCartney, D. (2010). Compost stability and maturity evaluation—a literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(11), 1505-1523.
- Wu, L. y Martinez, G.A. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*, 29:424-429
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., De Bertoli, M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *En: Biocycle* 22: 54-57.