



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**LOMBRICOMPOSTA DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia  
crassipes*) EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULA DE  
ALBAHACA, ARÚGULA Y PAPAYA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
DESARROLLO RURAL**

**P R E S E N T A:**

**MICHELL ALEXANDER RIOS LIRA**

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Porfirio Juárez López

**CODIRECTOR DE TESIS**

Dr. Dagoberto Guillén Sánchez



Cuernavaca, Morelos.

Junio de 2021



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**JEFATURA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS DE POSGRADO**

Cuernavaca, Morelos, 07 de junio de 2021.

**Asunto:** Voto Aprobación de Tesis.

**DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ**  
**DR. IRÁN ALIA TEJACAL**  
**DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ**  
**DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES**  
**DR. MANUEL DE JESÚS SAINZ AISPURU**  
**COMITÉ EVALUADOR**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“LOMBRICOMPOSTA DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULA DE ALBAHACA, ARÚGULA Y PAPAYA”** que presenta la: **LIC. MICHELL ALEXANDER RIOS LIRA**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ** y la Codirección del **DR. DAGOBERTO GUILLEN SÁNCHEZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
***Por una humanidad culta***  
*Una universidad de excelencia*

**DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ**  
**Comité Evaluador**

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209  
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**PORFIRIO JUAREZ LOPEZ** | Fecha: 2021-06-07 13:43:15 | Firmante

b/PiZnfl/TcE//DXsks7gEbmW/6YkGyadBrIn+7YNgmaYo41ZjwM9xhfWgZOQWmPrnYoj2aw2CTtQLLnngt7EiROS3QtKcx3OPXII97OJkNGlICkzXQRO7YvxyGqhXq/zdfIMBAtqX2OMs3G8YRqXLK7t9E2w9VQGUr2U+pGYQ0SF45eSqp0PKr1tdjRRgm+5sFGLwRZCKr4CuVyM2UxVowTwoAXAb3MteEqFkmeCyEvlpgGkRjflIP54U1XeLwwK13AhkSGsTKmrG1EtCzSomZ2OV0KtIHE7cLo1X0c8NIWvHaqD5Vo3eEJI4PCHegqnygAHirTABQ==

**MANUEL DE JESUS SAINZ AISPURU** | Fecha: 2021-06-07 14:12:47 | Firmante

PnNjP0xG6CPHVlWclBgt0+8YOzn5yf+7qe/elPxRrVCcSAk7cn98YRWN3k6PwwTJWNTNYoBGcaMY0KfPz0tXHeBmYrvI7naS8UInYoThFY3Z32TXpp1IN0KMCV8BOt+p/H139XPiX0mt3ZcygH9LBr4oGL26bPddEoQTNL3Sg4r6AJtgSjeTWfE51hKxBuJvDO1ZXOzdw2VdS+Olugu0gclv2hHJrz4yZUBK5McaUamBMC18ZUaLVV2ljjbZipMkAmzakl2KmirbwR+VogsM7cpWlh9pLEogSeXKRrdYX725UazsLGHdvdthTCfYdq5qCocIEuSLkFf2F1A==

**IRAN ALIA TEJACAL** | Fecha: 2021-06-07 14:54:46 | Firmante

Nc0VVmF05Pt2Ufrp/InWlCw3jaywNg7ttz5WM4HWfsQ5Uf0vKp4ipHLqL9f7CrgdPdYDo82FvsxvboPlNCVRLf5OzvKYyGmtGrf+qahZwDsLqfRM2GasST9WDNurBcsfNSYK+W2cswdWX0uhWnmXuYcphU9eTRHyYehSbTksockDpyVKxR3RpCmKAJwT6fL/dfxQVgVbz3Zk4LSkPDITTI2SJX0ZLbY/56xDBUNJ+yaXsnkflbz7WRypzg4FVWycl0K4q+C8NPMT1LBkfswylep5wraeHhrSEW1vbL+PCooVa4LLP6ZOVwPy4YkmVUtuCtXeRmFjU0ebRQ==

**VICTOR LOPEZ MARTINEZ** | Fecha: 2021-06-07 15:55:34 | Firmante

m6z1+YPq0CD+xxb545CGKtMrV/d+KR5oglwly46lWMadxLN9girssW9R4e/kjZvGzad9EFL67DYygxRUMPRjV0p4VysC6AqvmxrpIwqJShhJG34LPKmA9zDepq/LpdVkesiob4WnqnFOTku0zaVEmn54FemoGwAtT83U1T+NnNRKEw1SBC4/XKb0pNcUm61QWY9ZCg1k0wmzPID8goWIXlq5vdyEUyRQR3biSrTkuMGYImktE1+YFEWq6CYCUpZabDA5RoxZfVW0yq0XlkfKgr4lctiPGg2/4cr3bZFGP8JO9FAGAQEw4UJnbaSn5ghBGy63S4u/Uf0ZIXDDuw==

**OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** | Fecha: 2021-06-07 17:58:50 | Firmante

iKhCBJ8BQ0N4gKoiL1Zu06wQ1oGo/LdkgJfnA1IP6EdYVsAn9W4JQIQWYO/Ah/D27I2JORdDMxN7nrPn6K6e9/XAX849zFPteMw1L2OvY2V5IKm7ukAuyUQN8qw7YsPYF12dLNhCJscORfAy1sLpYetpbTJPT1zSGZwRLRDTUOHGLdR72kdyxP7xbncHvxcPPUD+1WK926YA8wjmOkOYjPupf1gCc8tSh3Y6nmiz0E4ZmZA/kXgfjvDzey9Q9ZftOlwvawkRcAkBNJQxExzQ+QFaEsM9uMHWPSePWS7H85eWz+tyPW0vwx2kjbk2uXrVMUrQsTYnL6LLQSZVA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



1LrkC5

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/9d1VCEUWYzJUKFYXA31yt36dF9dP3AVC>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA  
2017-2023

## DEDICATORIA

A mi madre Leticia Lira y a mi hermana Jocelyn Rios , gracias por todo su apoyo y amor, todos mis logros son gracias a ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para estudios de Maestría.

A mi Comité Tutorial, quienes coadyuvaron en el logro de los objetivos y pulieron el trabajo.

Al Dr. Porfirio gracias por todo su apoyo y comprensión en estos dos años.

Al Dr. Dagoberto gracias por todo ,por ser una gran inspiración en mi vida.

Axl Joel Moreno , gracias por todo tu apoyo y cariño que me has brindado.

A Saul y Olivia por ayudarme para la recolección en el lirio .

A José Martínez por ayudarme en la elaboración de la composta.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
CAPITULO I .....	2
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	2
Objetivos .....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos .....	5
Hipótesis general .....	5
Literatura citada .....	6
CAPITULO II .....	13
Propiedades químicas de la lombricomposta a base de lirio acuático ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).....	13
Resumen.....	13
Introducción .....	14
Resultados y discusión .....	17
Conclusiones .....	27
Literatura citada .....	28
CAPÍTULO III .....	36
Lombricomposta de lirio acuático en el crecimiento de plántulas de albahaca , arúgula y papaya.....	36
Resumen.....	36
Introducción .....	37
Materiales y métodos.....	38
Resultados y discusión .....	39
Conclusiones .....	46
Literatura citada .....	47
Conclusiones generales .....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Propiedades químicas y humedad de lombricomposta a base de lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>).</b> .....	22
<b>Cuadro 2. Concentración de metales pesados en lombricomposta de lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>).</b> .....	27
<b>Cuadro 1. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de albahaca.</b> .....	41
<b>Cuadro 2. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de arúgula.</b> .....	43
<b>Cuadro 3. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de papaya.</b> .....	45

## **CAPITULO I INTRODUCCIÓN GENERAL**

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es originario de Brasil, fue introducido por Norteamérica y al resto los continentes, lo que ha extendido su distribución ampliamente en los últimos cien años, en la actualidad la planta es considerada como una las principales malezas acuáticas del mundo (Carrión *et al.*, 2012).

Es una planta hidrófila flotante altamente adaptable a una amplia gama de condiciones ambientales y climáticas. Su tasa de reproducción es muy elevada; además parece no tener depredadores naturales y varios intentos de control biológico han fracasado. Sin embargo, el frío al parecer afecta su crecimiento comedian la época de invierno, tanto el norte como las regiones altas del país (Jiménez-Moleón *et al.*, 2016).

Se reporta como invasora en ecosistemas acuáticos mexicanos en Sinaloa, Tamaulipas, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Distrito Federal, Morelos, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Chiapas y península de Yucatán (Croat *et al.*, 2010).

Esta especie se considera una de las peores malezas en los cultivos de arroz y el medio acuático, donde puede impactar directamente a las plantas nativas sumergidas y reducir la biodiversidad al impedir el intercambio de oxígeno. También dificulta actividades como la navegación y la pesca (Bertuzzi *et al.*, 2005).

Debido a que es considerada una maleza en todo el mundo (Agunbiade *et al.*, 2009) este puede ser aprovechado como sustrato para la producción de plántulas de importancia agrícola y forestal.

Existen diferentes tipos de sustratos; los orgánicos, inorgánicos y sintéticos, este caso abordaremos los sustratos orgánicos. Los de origen natural: tienen periodo de descomposición biológica, siendo la turba el material más empleado. Los sintéticos son materiales obtenidos por unión de dos compuestos principalmente polímeros orgánicos no biodegradables, los cuales son unidos por alguna reacción química, como la espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc (Berjón *et al.*, 2004).



Los subproductos y residuos de actividades productivas se deben procesar con algún tipo de compostaje, hasta obtener las características deseadas para su uso como sustrato, dentro de este grupo de materiales se encuentran principalmente la *Croton eluteria*, rastrojo y cascarilla de arroz de arroz, estiércoles, corteza de árboles, virutas, fibra de palma, corcho, lodos de depuración (Berjón *et al.*, 2004).

Se ha indicado que las aplicaciones de materia orgánica en cultivos de hortalizas, frutales y aromáticas pueden incrementar el rendimiento, debido a que mejora las propiedades físicas del suelo, aumentando la capacidad de retención de nutrimentos (Lolita y Henríquez, 2010). Con relación a la fertilización mineral, diversos estudios demuestran sus bondades en la producción y el crecimiento de plantas de albahaca (Bertuzzi *et al.*, 2005).

Dentro de las plantas aromáticas, la albahaca una especie importante debido a su uso como condimento, además de poseer aceites esenciales que emanan un agradable aroma y sabor. Tiene uso farmacéutico por sus propiedades diuréticas y estimulantes; en la industria se obtiene un aceite esencial que contiene cineol, metilchavicol, linalol, estragol, eugenol y timol, los cuales son de amplia aplicación en las industrias alimentarias, farmacéutica, cosmética y perfumería (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014). Su uso como especia está ampliamente difundido en diversos países. En México, además, tiene numerosas aplicaciones en medicina tradicional (Klimánková *et al.*, 2008).

La arúgula es una hortaliza es nueva en México, se conoce poco sobre su consumo y se desarrolla en ambientes cálidos tiende a florecer, rápidamente emitiendo un pedúnculo floral. Las porciones comestibles de la planta en fresco son las hojas jóvenes, pero también se puede cocinar. Existen formas domesticadas de las cuales se extrae un aceite de semillas, con altos contenidos de ácido erúxico de utilidad para la industria (Moreno *et al.*, 2011).

Uno de los principales frutales en producción tanto nacional e internacional es la papaya maradol, la tercera fruta tropical más consumida del mundo y, por lo tanto, una de las más importantes el punto visual económico y social al ser una fuente

de ingresos para miles de familias y es un medio de captación de divisas para los países, en 2019 se registró 951,000 toneladas de producción a nivel nacional (SIAP, 2019).

Los principales productores son la India, Brasil, Indonesia, Nigeria, México, Etiopía Guatemala, cuya producción entre 2001 y 2015 osciló alrededor de 58.162 toneladas . México destaca por su producción en papaya liderando de esta forma liderando las estadísticas mundiales; sin embargo, a diferencia otros países productores, a pesar de su vasta productividad participa con menos punto porcentual en el mercado de exportación, destinándose la mayoría al mercado interno (FAO, 2017).

Existe un gran potencial para el aprovechamiento del lirio acuático, sus grandes cantidades de potasio y fósforo puede servir para fuentes de nutrimentos en el cultivo de hortalizas, frutales y aromáticas además de posibles usos en la elaboración de alimentos, fármacos y biocombustibles, entre otros.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las propiedades físicas y químicas de la lombricomposta producido a partir del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y determinar la calidad de plántulas producidas con su incorporación.

### **Objetivos específicos**

- 1).- Determinar las características físicas, químicas y nutrimentales de la lombricomposta a base del lirio acuático.
- 2).- Evaluar el crecimiento de las plántulas de albahaca, arúgula y papayas producidas con lombricomposta a base de lirio acuático.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

La lombricomposta producida a base de lirio acuático presenta características físicas, químicas y nutrimentales adecuadas para la producción de plántulas y la combinación 20 % de lombricomposta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y 80 % de sunshine favorecerá el crecimiento de las plántulas de albahaca, arúgula y papaya.

## Literatura citada

- Abad, M., Noguera, P. y Carrión, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Tratado de Cultivo Sin Suelo. Editor M. Urrestarazu. Madrid, España. Mundi-Prensa. p.113–158
- Agunbiade, F. O., Olu-Owolabi, B. I., & Adebowale, K. O. (2009). Phytoremediation potential of *Eichhornia crassipes* in metal-contaminated coastal water. *Bioresource Technology* 100(19): 4521-4526. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.011>
- Antil, R. S., Bar-Tal, a., Fine, P., y Hadas, a. (2011). Predicting nitrogen and carbon mineralization of composted manure and sewage sludge in soil. *Compost science & utilization*, 19(1): 33-43. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10736974>
- Baldemar, H.C.O., Sánchez, H.R., Ordaz, C.V.M., López, N.U., Estrada, B.M.A. y Pérez, M.M.A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(6): 1273-1285.
- Berjón, M.A., Murray, P.N. y Benedito, C.C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. *Tratado de cultivo sin suelo, 2004, ISBN 84-8476-139-8, págs. 113-158, 113-158.*
- Bertuzzi, S.M., Rodriguez, V.A., Mazza, S. y Martínez, G. (2005). Incidencia de NPK y estiércol en el crecimiento y la productividad de plantas de mamonero, bajo cobertura plástica. *Agrotecnia* 0(14): 19-23. <https://doi.org/10.30972/agr.014431>

- Bohórquez, A., Puentes, Y.J. y Menjivar, J.C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Revista Corpoica* 15(1): 73-81.
- Camacho, Tamayo, J.H., Luengas, G.C. y Leiva, F.R. (2010). Análisis multivariado de propiedades químicas en Oxisoles con diferentes niveles de intervención agrícola. *Acta Agronómica* 59(3): 273-284.
- Carrión, C., Ponce-de León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. y Vanegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia* 46(6): 609-620.
- Castro, A., Henríquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministros de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(1): 31-43.
- Celaya, M.H. y Castellanos, V.A.E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana* 29(3): 343-356.
- Croat, T.B., Krömer, T. y Acebey, A. (2010). *Monstera florescanoana* (Araceae), una especie nueva de la región central de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(2): 225-228.
- Paula, J.R., Teixeira de M. A., Pimentel de M.M., Dos Santos P.M., Alberto, de A. C. (2013). Mineralização do carbono e nitrogênio de resíduos aplicados ao solo em campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 37(6): 1729-1741.
- Félix, H.J.A., Serrato, F.R., Armenta, B.A.D., Rodríguez, Q.G., Martínez, R.R., Azpiroz, R.H.S. y Olalde, P.V. (2010). Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica. *Revista Ra Ximhai*, 6(1): 105-113.

- Fernández, M.T. (2007). Fósforo: Amigo o enemigo. *ICIDCA* 41(2): 51-57.
- Figuroa, B.A., Álvarez, H.J.G., Forero, A.F., Salamanca, C. y Pinzón, L.P. (2012). Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. *Temas Agrarios* 17(1): 32-43.
- Galindo, P.F.V., Fortis, H.M., Preciado, R.P., Trejo, V.,R., Segura, C.M.A. y Orozco, V.J.A. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L .) bajo sistema protegido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(7): 1219-1232.
- Gallardo, A., Covelo, F., Morillas, L., y Delgado, M. (2009). Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: Especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Ecosistemas* 18(2): 4-19.
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J.L.& García, C. (2016). Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops—Effects on soil and plant. *Soil & Tillage Research* 160: 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.02.005>
- Hernández, M.T.M., Salcedo, P.E., Arévalo, G.G. y Galvis, S.A. (2007). Evaluación de la concentración de lignina como indicador de la capacidad de aporte de nitrógeno de residuos orgánicos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 5-13.

- Hernández, R.O.A., Hernández, T.A., Rivera, F.C., Arras, V.A.M., y Ojeda, B.D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana* 31(1): 35-46.
- Inzunza, I.M.A., Villa, C.M., Catalán, V.E.A. y Román, L.A. (2010). Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana* 28(3): 211-218.
- Isaza, A.G., Pérez, M.M., Laines, C.J., y Castañon, N.G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y Ciencia* 25(3): 233-243.
- Jiménez, M.M., Viñas, J. y Lucero, M. (2016). Estudios sobre diversas compostas de lirio acuático (*E. crassipes*) y lodo residual. *Terra Latinoamericana* 28(3): 211-218.
- Julca, O.A., Meneses, F.L., Blas, S.R. y Bello, A.S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA* 24(1): 49-61.
- Klimánková, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Čajka, T., Poustka, J. & Koudela, M. (2008). Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry* 107(1): 464-472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.062>
- Lashermes, G., Nicolardot, B., Parnaudeau, V., Thuries, L., Chaussod, R., Guillotin, M. L., Lineres, M., Mary, B., Metzger, L., Morvan, T., Tricaud, A., Villette, C., & Houot, S. (2009). Indicator of potencial residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science* 60:

297-310 doi: 10.1111/j.1365-2389.2008.01110.x.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01110.x>

Lolita, D.U. y Henríquez, C. (2010). El vermicompost: Su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana* 21:14-17 <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4914>

Maldonado, T.R., Almaguer, V.G., Álvares, S.M.E. y Robledo, S.E. (2008). Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. *Terra Latinoamericana* 26(4): 341-349.

Martínez, M.E., Corona, T.T., Avitia, G.E, Castillo, G.A.M., Terrazas, S.T. y Colinas, L.M.T. (2006). Caracterización morfométrica de frutos y semillas de nanche (*Byrsomina crassifolia* (L.) H.B.K.). *Revista Chapingo serie Horticultura* 12(1): 11-17.

Meneses, F.C. y Quesada, R.G. (2018). Crecimiento y rendimiento del pepino holandés en ambiente protegido y con sustratos orgánicos alternativos. *Agronomía Mesoamericana* 29(2):25 -34 <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28738> ©

Muñoz, V.J.A., Velásquez, V.M.A., Osuna, C.E.S., Macías, R., Hilarioín, M., Ceja, O., Rodríguez, M., Uso, E.L., Orgánicos, D.E.A., La, E.N. & Hortalizas, P.D. E. (2014). El uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Zonas Aridas* 13(1): 27-32. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza>.



- Nieves, G.F., Alejo, S.G., Juárez, L.P. y Luna, E.G. (2017). Diagnóstico nutrimental en lima Persa ( *Citrus latifolia* Tanaka ) con análisis estadístico por componentes principales. *Acta Agrícola y Pecuaria* 3(1): 8-13.
- Olivares, C.M.A., Hernández, R.A., Vences, C.C., Jáquez, B.J.L. y Ojeda, B.D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores del suelo. *Universidad y Ciencia* 28(1): 27-37.
- Preciado, R.P., Lara, H.A., Segura, C.M.A., Rueda, Puente, E.O., Orozco, V.J.A., Yesca, C.P. y Montemayor, T.J.A. (2008). Amonio y fosfato en el crecimiento de plántulas de chile jalapeño. *Terra Latinoamericana* 26(1): 37-42.
- Riera, N.I., Della, T.V., Rizzo, P.F., Butti, M., Bressan, F.M., Zarate, N., Weigandt, C. y Crespo, D.E.C. (2014). Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(1): 195-203.
- Rodas, G.H.A., Rodríguez, F.H., Ojeda, Z.M. del C., Vidales, C.J.A. y Luna, M.A.I. (2012). Curvas de absorción de macronutrientes en calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(5), 57-60.
- Sainz, R.H., Echeverria, H. y Angelini, H. (2012). Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38(1): 33-39.
- Salcedo, P.E., Galvis, S.A., Hernández, M.T.M., Rodríguez, M.R., Zamora, N.F., Bugarin, M.R. y Carrillo, G.R. (2007). La humedad aprovechable y su relación

con la materia orgánica y superficie específica del suelo. *Terra Latinoamericana* 25(4): 419-425.

## CAPITULO II

### Propiedades químicas de la lombricomposta a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

#### Resumen

La lombricomposta es una tecnología que utiliza la lombriz (*Eisenia foetida*) para tener la lombricomposta a partir de residuos orgánicos. El objetivo de la investigación fue evaluar las propiedades físicas y químicas de la lombricomposta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Se caracterizaron las propiedades físicas como {pH y conductividad eléctrica), y las propiedades químicas como concentración nutrimental, pH y CE}, macro y micronutrientes. En general se obtuvo una lombricomposta con valores físicos y químicos ideales para usarse como lombricomposta y sustituir parcialmente a sustratos comerciales.

**Palabras clave:** lombricomposta, nutrientes.

## Introducción

La lombricomposta es un proceso de compostaje que utiliza lombrices y microorganismos. Es un proceso eólico que se favorece con la estabilidad de la materia orgánica. Al igual que el composta maduro, el producto final es orgánico, pero los gusanos completan este proceso con la ayuda de microorganismos (Bravo 2017).

En este proceso, los minerales insolubles se disuelven y, cuando se aplica la composta al suelo las plantas pueden usarlo. De manera similar, otros compuestos orgánicos complejos como la celulosa se degradan parcialmente en compuestos más simples por las bacterias presentes en el tracto digestivo de la lombriz lo que aumenta la utilización de nitrógeno (López-Méndez *et al.*, 2013).

Para obtener la lombricomposta, la especie de lombriz más disponible comercialmente es *Eisenia foetida*, que, aunque es originaria de Europa, a menudo se la conoce como lombriz roja de California. La especie recibió el nombre de *foetida* por el olor de las secreciones que produce, lo que probablemente sea una adaptación anti-depredadora (Bohórquez *et al.*, 2014).

El alimento de esta especie requiere una elevada concentración de materia orgánica, así como ciertas condiciones ambientales, como temperatura óptima de 19 a 25 °C, humedad 80 % y pH de 6.5 a 7.5. La supervivencia de las lombrices depende de la cantidad de materia orgánica en el medio ambiente, y la tasa de supervivencia disminuye a medida que disminuye el porcentaje de materia orgánica (Salinas-Vásquez *et al.*, 2014).

Debido a la erosión, que conlleva a la reducción continua de materia orgánica en la mayoría de los suelos agrícolas se ha incrementado la demanda por el uso de fertilizantes orgánicos (Velecela *et al.*, 2019).

Una alternativa a este problema es utilizar composta, que se obtiene a través de un proceso de compostaje que implica la degradación de la materia orgánica en condiciones aeróbicas controladas para hacerla biológicamente estable. Esto da como resultado un producto final llamado composta que es estable, libre de patógenos vegetales y elementos fitotóxicos, y puede usarse para mejorar el suelo y los cultivos (Aguayo *et al.*, 2005).

Aunque la lombricomposta es un producto que tiende a variar ampliamente debido a la diversidad de los compuestos (materia orgánica) que produce y los métodos de compostaje utilizados, el composta se considera una excelente fuente de materia orgánica y humus y a menudo se usa para la restauración y mejora del suelo (Joshi *et al.*, 2015). El aumento en el uso de composta de residuos sólidos urbanos (RSU) ha motivado un análisis detallado para detectar la presencia de metales en el compost resultante, ya que su aplicación puede dañar la salud de las plantas, los organismos del suelo y la salud animal y el crecimiento humano. Este efecto se concentra principalmente en cómo incorporar estos elementos (metales pesados) a las plantas que crecen en el suelo, donde se incorporan los residuos sólidos urbanos con contenido metálico (Rodríguez-Torres *et al.*, 2010). La relación entre los metales pesados y la composta incluye aspectos como solubilidad en agua, intercambio iónico, precipitación, coprecipitación de óxidos metálicos y absorción de ligandos orgánicos. La etapa de asociación y la solubilidad de los metales cambian durante el proceso de compostaje, cambiando así las formas disponibles de metales. Obviamente, los efectos positivos del uso de composta superan con creces los posibles efectos negativos, pero es necesario realizar más investigaciones porque el reciclaje de materia orgánica para obtener composta para su uso en la agricultura es una tendencia actual. Hoy en día, representa un mercado para los productores de residuos y una fuente de materia orgánica y fertilizantes potenciales y baratos (Arrigoni 2016). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración de macronutrientes, micronutrientes y metales pesados en lombricomposta elaborada con lirio acuático

## **Materiales y métodos**

### **Sitio y elaboración de la lombricomposta**

La lombricomposta se elaboró en la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESUX) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicada en la Latitud Norte 18°44'51'y Longitud oeste 98°54'56'.

Se colectaron 70 kg de lirio acuático en el municipio de Cohuecan, estado de Puebla y 50 kg de estiércol vacuno procedente del rancho Los Pilares en Cuautla Morelos. Posteriormente, estos materiales se expusieron un mes a luz solar directa para su secado; después, se dispusieron en capas alterna de 5 cm y cuando la temperatura fue de 30° C se colocaron 3 kg de lombriz roja californiana.

Los materiales descritos se regaron con agua de pozo cada tres días, y la lombricomposta estuvo lista después de tres meses de haber colocado las lombrices. Para la obtención de la lombricomposta primeramente se colocó estiércol fresco para extraer las lombrices, se cernió y se guardaron en un costal.

### **VARIABLES EVALUADAS**

Se evaluó la concentración de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg; micronutrientes: Fe, B, Cu, Mn y Zn; metales: Ni, As, Ba, Cr, Cd ,Hg ,Si y Be mediante digestión húmeda con una mezcla de ácido perclórico-nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). Los extractos obtenidos se leyeron en un equipo de espectroscopía de emisión atómica (ICP-AES modelo Liberty II, Varian®). También se midió el pH, la conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, cenizas y digestión húmeda.

## **Resultados y discusión**

### **pH**

El pH de la lombricomposta fue de 8.96 (Cuadro 1), por lo que se considera alcalino. (Irshad *et al.*, 2013) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Estos mismos autores evaluaron la relación del pH con la aireación-microorganismos existentes en el proceso, y concluyeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso es síntoma de una adecuada descomposición.

Abad *et al.*(2004) determina que el pH adecuado para los sustratos tiene un intervalo de 5.2 a 6.3 , lo cual es muy inferior a lo encontrado en esta investigación (Cuadro 1),

### **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica presentó un valor de 5.8 (Cuadro 1); se ha reportado que valores superiores a 4.0 pueden producir un efecto de deshidratación en las plantas, sobre todo si se usa la composta como sustrato en proporciones elevadas en macetas, jardineras, entre otros (Irshad *et al.*, 2013). Por otro lado, Abad *et al.*(2004) reportaron que la conductividad eléctrica debe estar en 0.75 a 1.99, valores muy inferiores a los determinados en esta investigación (Cuadro 1).

### **Macronutrientes**

#### **Nitrógeno, fósforo y potasio**

La concentración de N total fue de 2.29 %, la cual se ubica dentro de los valores sugeridos por la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 que reporta para el humus de lombriz (lombricomposta) valores de 1 a 4 %. La concentración de N total

encontrados en el presente estudio fue superior a los de Durán y Henríquez (2007), quienes reportaron un valor de 1.8 % en una vermicomposta derivado de estiércol; asimismo, Bertuzzi *et al.* (2005) y Rodríguez-Torres *et al.* (2010) reportaron un valor de 1.77% de N total en vermicomposta derivado de estiércol de bovino. Por su parte, López-Méndez *et al.*, (2013) obtuvieron para N total un valor de 1.6 %, en una vermicomposta utilizado para la producción de lechuga, donde se utilizaron tres mezclas: rastrojo de frijol + estiércol de bovino, aserrín + estiércol de bovino + inóculo de aserrín-melaza-lactobacilos de suero de leche y aserrín + estiércol de bovino (T3). En el mismo sentido, Abad *et al.*(2004) reportan que las concentraciones de nitrógeno deben ser de 18.90.

En cuanto a fósforo y potasio, se encontraron concentraciones de 1.77 y 3.0 %, respectivamente, que son superiores a los reportados por Durán y Henríquez (2007) obtuvieron 2.0 % para fósforo y 1.1 % para potasio y Rodríguez-Torres *et al.* (2010) quienes reportaron concentraciones de 0.014 % de fósforo y 0.21 % para potasio en vermicomposta derivado de estiércol e bovino y mencionaron que la composición y concentración de nutrimentos están en función del origen del material vegetal utilizado. Por otro lado Abad *et al.*, (2004) reportaron concentraciones óptimas para fosforo de 18.90 y de 6 a10 para potasio, valores muy altos en comparación a los encontrados en esta (Cuadro 1) y otras .

### **Calcio y magnesio**

La composta a base de lirio acuático tuvo una concentración de calcio de 4.15 % (Cuadro 1), mientras que Carrión *et al.* (2012) reportan que los niveles de calcio para abonos compostados deben encontrarse en un rango de 6,0 a 11%. En cambio, la concentración de magnesio fue de 1.35 % (Cuadro 1) y es considerado bajo según Carrión*et al.* (2012) que de igual manera estable los mismos porcentajes para el magnesio. Por otro lado Abad *et al.* (2004) mencionan que los porcentajes óptimos para el calcio esta > 200 y para el magnesio >70, valores muy elevados a los de este y otros estudios.



## **Fe, B, Cu, Mn y Zn**

El hierro es un micronutriente en la mayoría de los organismos vivos y entra a la biosfera desde el suelo a través de las plantas, su límite permisible es de 100 ppm según Mahecha-Pulido *et al.*, (2015) esto sobrepasa los límites con lo encontrado en este estudio (Cuadro 1), mientras que Caruso *et al.*(2005) reportaron que el rango suficiente de Fe está entre 33 y 130 ppm. Según la descripción anterior, el valor de Fe obtenido de la composta fue de 11-52-00ppm, está fuera del rango. En el mismo sentido Bailón-Rojas y Florida-Rofner (2021), reportaron un porcentaje de Fe de 3500 ppm en una composta a base de residuos de un mercado municipal . Por otro lado Abad *et al.* (2004) reportan que el hierro debe tener una concentración de 0.3 a 3.0 ppm, valores muy inferiores a los encontrados en este estudio (Cuadro 1).

El cobre es un oligoelemento que existe en varias enzimas o proteínas durante la oxidación y reducción y al igual que el hierro su límite permisible es de 100 ppm según Mahecha-Pulido *et al.* (2015).

Mientras que Abad *et al.* (2004) mencionan que las concentraciones óptimas para el cobre son de 0.001-0.5ppm esto sobrepasa considerablemente las concentraciones encontradas en esta investigación (Cuadro 1).

Para el manganeso la concentración encontrada en composta de lirio acuático fue de 741 ppm (Cuadro 1), muy superior a lo reportado por Salinas *et al.* (2012) que fue de 350 ppm y Díaz *et al.* (2010) con 130 ppm. Por su parte Abad *et al.*(2004) mencionan que las concentraciones para el manganeso deben de estar en un intervalo de 0.02 a 3.0 ppm.

El zinc es muy importante en la regulación del crecimiento de las plantas y participa como activador de muchas enzimas como la anhidrasa carbónica y participa en la síntesis de proteínas. La deficiencia de zinc ocurre en los brotes de las plantas porque es un elemento inamovible. Su límite es de 29 ppm, que es muy inferior a lo encontrado en este estudio (Cuadro 1).

Hernández-Sigala *et al.*(2014) evaluaron la respuesta de diferente dosis de fertilizante orgánico complementada con inorgánico sobre la dinámica nutricional

foliar y el rendimiento en pistacho y reportaron micronutrientes en el que se encuentra el zinc, con un porcentaje de 29.25 ppm.

### **Sodio**

El sodio estimula el crecimiento a través del alargamiento celular y puede reemplazar al potasio como un soluto activo osmótico. Bohórquez *et al.*(2015) evaluaron la calidad de la composta elaborado con diferentes combinaciones de subproductos del proceso de molienda de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) encontró un porcentaje de sodio de 0.28 %. Mientras que Vázquez y Loli (2018) evaluaron el efecto de incorporar vermicomposta en comparación con composta, de procedencia común, preparados en base de residuos de podas de jardín y estiércol vacuno y reportaron un contenido de sodio de 0.41 %.

### **Carbono orgánico**

El contenido de carbono orgánico en lombricomposta de lirio acuático fue de 29.3 %, el cual es similar a los resultados de Lolita y Henríquez (2010) quienes obtuvieron de una vermicomposta derivado de estiércol de bovino 29 % de carbono orgánico, mientras que Hernández *et al.* (2010) reportaron 24 %, y Velecela *et al.* (2019) encontraron 25 % y Lolita y Henríquez (2010) obtuvieron un 29 %, mientras que Abad *et al.* (2004) reportan que los valores óptimos para el carbono orgánico son de 20 %, valores muy similares a los encontrados en este estudio (Cuadro 1).

### **Relación C/N**

La relación carbono nitrógeno (C/N) en la composta de lirio acuático, fue de 12.8. Este valor está dentro de lo sugerido por la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, al especificar una relación C/N igual a 20. Los resultados del presente estudio son aproximados a los de Zaller (2007) quienes en lombricomposta derivado de estiércol en el cual dicha relación C/N fue de 10.9. Por su parte, Joshi *et al.*,(2015) reportó relación C/N de 15.5. en vermicomposta de lechuga de agua con estiércol de vaca. Casco y Herrero (2008) reportaron una relación C/N de 17 en vermicomposta a base de estiércol de ganado vacuno. Un resultado similar fue

reportado por Casco y Herrero( 2008) quienes reportaron un valor de 17.8 en la relación C/N, utilizando como sustrato vermicompost de estiércol de vaca.

Se ha reportado que una relación promedio de C/N mayor a 30 genera problemas de inmovilización microbiana del N en el suelo, por tanto no hay una liberación inmediata de nitrógeno aprovechable del sustrato, asimismo, el proceso de vermicomposta se alarga provocando oxidación del carbono y la relación C/N descende (Bravo 2017). Sin embargo, una relación con valores entre 10 y 25 es un indicador de estabilidad en la composta (Olivares-Campos *et al.*, 2012). Por su parte, Bachman y Metzger (2008), indican que cuando los valores de la relación C/N es de 9 a 13 hay una mayor disponibilidad de nitrógeno por lo que la planta lo absorbe más fácilmente. Por otra parte Abad *et al.*(2004) establecen una relación C/N óptima de 20 a 40 que son superiores a los determinados en esta investigación (Cuadro 1).

### **Materia orgánica**

El contenido de materia orgánica de la composta a base de lirio acuático fue de 50.6 %. Los valores inferiores al 30 % de materia orgánica normalmente indican que la composta está mezclada con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral. En cambio, valores superiores al 60 % indican que los residuos no están suficientemente compostados (Navia-Cuetia *et al.*, 2013). Mientras que Abad *et al.* (2004) menciona que la materia orgánica debe tener una concentración igual o mayor a 80, valor superior a lo encontrado en este estudio.

Cuadro 1. Propiedades químicas y humedad de lombricomposta a base de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

<b>Determinación</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor óptimo</b>
pH	---	8.96	5.2 - 6.3
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	5.80	0.75 - 1.99
Carbono orgánico	%	29.3	20
Relacion C/N	---	19.8	20 – 40
Materia organica	%	50.6	> 80
Humedad	%	49.4	---
Cenizas	%	49.4	< 20
Nitrogeno total	%	2.29	18.90
Fosforo (P)	%	1.77	6 – 10
Potasio (K)	%	3.00	150 – 249
Calcio (Ca)	%	4.15	> 200
Magnesio (Mg)	%	1.35	> 70
Sodio (Na)	%	0.29	---
Azufre (S)	%	0.68	---
Hierro (Fe)	ppm	68885	0.3 – 3.0
Cobre (Cu)	ppm	76.6	0.001 – 0.5
Manganeso(Mn)	ppm	741	0.02 – 3.0
Zinc (Zn)	ppm	543	0.3 – 3.0
Boro (Br)	ppm	58.8	0.05 – 0.5

Valores óptimos tomados de Abad *et al.* (2004).

## Metales pesados

### Níquel (Ni)

Altas concentraciones de níquel en las plantas pueden provocar necrosis, clorosis, deficiencia de clorofila y afectar negativamente las actividades de los microorganismos y lombrices presentes en el suelo. Este metal suele encontrarse en cantidades muy pequeñas en los alimentos (Méndez *et al.* 2009).

Brito *et al.* (2016) reportan 31.5 ppm, también Mahecha-Pulido *et al.* (2015) reportó en una composta con base de desechos de mercado 23.93 ppm de valores que sobrepasan los límites máximos permisibles (López-Méndez *et al.* 2013), por el contrario, el resultado de esta investigación (Cuadro 2) está dentro de los límites permisibles. Por su parte Abad *et al.* (2004) mencionan que los límites permisibles para el níquel son de 50 ppm.

### Arsénico

El arsénico (As) es una de las diez sustancias químicas consideradas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como de mayor riesgo para la salud humana. Existe en las aguas subterráneas de diferentes países en forma inorgánica, incluidos Argentina, Bangladesh, Chile, China, India, México y los Estados Unidos de América. El límite máximo permitido en agua es  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  (OMS, 2016). De acuerdo con NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, el límite máximo permisible de As en suelos agrícolas, residenciales o comerciales es de  $22 \text{ mg kg}^{-1}$ , y el límite máximo permisible de As en suelos industriales es de  $260 \text{ mg kg}^{-1}$ .

En México, la NOM-201-SSA1-2002 estableció que el límite máximo permitido de arsénico en el agua potable es  $0.025 \text{ mg L}^{-1}$  siendo Zimapán, Hidalgo, uno de los lugares con mayor contenido de arsénico en el agua. El área minera es rica en minerales y contiene arsénico en su estructura. Cuando el estándar internacional solo determinó  $10 \mu\text{g/L}$ , alrededor de 40.000 residentes de la ciudad estuvieron expuestos a  $1.200 \mu\text{g/L}$  de arsénico en el agua (Méndez *et al.*, 2009).

En cuanto el porcentaje de arsénico (Cuadro 2) está en los límites permisibles según Hirano y Suzuki (1996) ya que menciona que la concentración anómala es arriba de 2.500ppm mientras que Abad *et al.* (2004) establecen que los límites permisibles para el arsénico son de 0.05, por lo cual el resultado de esta investigación está dentro de los límites (Cuadro 2).

### **Bario**

El bario es un metal blanco plateado que se puede encontrar en entornos naturales. Parece estar combinado con otros elementos químicos, como azufre, carbono u oxígeno. El contenido de bario en la corteza terrestre se sitúa en el puesto 18, con un contenido de 0.04 %, que se encuentra entre el calcio y el estroncio (otros metales alcalinotérreos). Los compuestos de bario se pueden obtener mediante la extracción y la conversión de dos minerales de bario. La barita o sulfato de bario es el mineral principal y contiene 65.79 % de óxido de bario (Grosso *et al.*, 2000).

Querol (2019) determinó los valores de fondo para el contenido metálico de los sedimentos de la Cuenca del río Sonora en cual uno de los elementos reportados fue bario y se obtuvo 139 ppm. Mientras que Pineda (2012) realizó un análisis de metales pesados en un río de la ciudad de México, encontró que el bario tenía una concentración de 0.01 ppm. Por otro lado Anón (2019) reportó que el límite permisible del bario es de 0.2 ppm, de igual manera Abad *et al.* (2004) menciona que el límite del bario debe ser 0.50 ppm, por lo cual el resultado de esta investigación (Cuadro 2) sobrepasa el límite permitido.

### **Cromo**

El cromo es el segundo metal más común en los acuíferos contaminados después del plomo. Con el crecimiento de las actividades industriales, las fuentes de contaminación del cromo y otros metales al medio ambiente han aumentado considerablemente. Las principales actividades relacionadas con la contaminación por cromo son la minería y la industria. Las fuentes potenciales de contaminación en el acuífero son los desechos sólidos y las aguas residuales líquidas (Castillo *et al.*, 2016).

Silva y Gutiérrez (2010) en un bioensayo para conocer el efecto de remediación en condiciones de casa sombra, emplearon lechuga y pasto reglas???, y reportaron una concentración de cromo del 75.87 ppm. Por otro lado Araujo y Kelly (2016) estudiaron el uso de la borra??? de café como bioadsorbente para tratar los efluentes provenientes de una curtiembre??? Local, donde encontraron una concentración total de 158 ppm.

Tintaya (2018) evaluó la capacidad fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmienda a suelos contaminados con metales pesados, encontró concentraciones de cromo de 47.40 ppm. Mientras que Escalante Arévalo y Rivas García (2014) reportan que el límite permisible del cromo es de 0.5 ppm, valor más alto al encontrado en este estudio (Cuadro 2), aunque, Abad *et al.* (2004) establece que el límite permisible para el cromo es de 150 ppm.

### **Cadmio**

El cadmio es un metal pesado, su presencia en el suelo puede ser natural o artificial y se acumula principalmente en la superficie. Es una de las sustancias más tóxicas de la cadena alimentaria y no sufre degradación química o microbiana (Chen *et al.*, 2010).

Natividad y Luis (2014) determinaron una concentración de cadmio en el suelo de 3.55 ppm.

Principe y Jhulinio (2019) evaluaron las características químicas del suelo que influyen en el contenido de cadmio de los granos de cacao clon CCN-51 y reportaron 0.21 ppm. En otros estudios Rincón *et al.*(2017) determinaron el contenido de Cr, Cd y Pb, principales metales utilizados en la fabricación de pesticidas, empleados frecuentemente en los cultivos de papa y zanahoria y el resultado de la concentración del cadmio fue de 0.003 ppm.

El límite permisible del cadmio es de 0.2 ppm según Santander-Ruíz y Mendieta - Taboada (2019) y Abad *et al.* (2004) reporta un límite permisible de 5 ppm, por lo cual el resultado obtenido en esta investigación (Cuadro 2) está en el rango permisible.

## **Mercurio**

Es un metal líquido a temperatura ambiente, además de estar en estado elemental, también se puede encontrar como derivados inorgánicos y derivados orgánicos. El mercurio elemental tiene poca solubilidad, por lo que no es muy tóxico cuando se ingiere, pero libera vapores tóxicos a cualquier temperatura y causa intoxicación aguda y crónica por inhalación (Arnous y Hassan, 2015). Abad *et al.* (2004) reportó que el nivel máximo de concentración del mercurio es de 5 ppm, valor superior al encontrado en este estudio (Cuadro 2).

## **Silicio**

El silicio (Si) es el segundo elemento más grande después del oxígeno y representa aproximadamente el 28% de la corteza terrestre. Solo se encuentra en forma mixta, como sílice y minerales de silicona (Castellanos-González *et al.*, 2015). Los silicatos son minerales que se encuentran en más del 95% de las rocas terrestres, meteoritos, aguas y atmósfera y se combina con oxígeno u otros elementos (como Al, Mg, Ca, Na, Fe, K, etc. Los minerales de sílice más comunes son el cuarzo, el feldespato alcalino y la plagioclasa (Fawe *et al.*, 2001). Abad *et al.* (2004) determinó que la concentración máxima del silicio es de 6.25 ppm valor muy inferior al determinado en este estudio (Cuadro 2).

## **Berilio**

El berilio es un elemento natural, existe en varios materiales como roca, carbón y petróleo, suelo y ceniza volcánica. Se pueden extraer comercialmente dos tipos de rocas minerales, bauxita y berilo. El berilo de alta pureza y calidad gema a menudo se llama aguamarina (azul-verde o azul-verde) o esmeralda (verde). El berilio es el metal más ligero. La diferencia importante entre los compuestos de berilio es que algunos compuestos son solubles en agua, mientras que muchos son insolubles (Anón 2019). Para este metal Abad *et al.* (2004) reportó que el nivel máximo de concentración del berilio es de 12.5 ppm, valor superior al encontrado en esta investigación (Cuadro 2).



Cuadro 2. Concentración de metales pesados en lombricomposta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

<b>Elemento</b>	<b>Concentración (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Valor límite (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
Níquel (Ni)	< 0.25	50
Cobalto	3.59	50
Arsénico (As)	< 0.05	0.05
Bario (Ba)	89.93	0.50
Cromo (Cr)	0.30	150
Cadmio (Cd)	< 0.005	5
Plomo (Pb)	< 12.5	600
Mercurio (Hg)	< 2.5	5
Silicio (Si)	129.2	6.25
Berilio (Be)	< 12.5	12.5

Valores límites tomados de Abad *et al.* (2004).

### **Conclusiones**

1).- La lombricomposta elaborada a base de lirio acuático, en general, tiene propiedades químicas adecuadas para usarse como sustrato y remplazar parcialmente a sustratos comerciales.

2).- La lombricomposta a base de lirio acuático contiene bajas concentraciones de macronutrientes como nitrógeno, fosforo y potasio y altas concentraciones de micronutrientes como hierro, cobre y manganeso.

3).- Con excepción de bario, la mayoría de los metales pesados determinados en la lombricomposta a base de lirio acuático está en los límites permisibles para su uso en sustrato.

### **Literatura citada**

Aguayo, F., Widman, F. Herrera y Cabañas V. 2005. El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. *Revista Corpoica* 15(1): 73-81.

Anón. 2019. Resumen de salud pública: bario (Barium) | PHS | ATSDR. Recuperado 7 de enero de 2021 ([https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs24.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html)).

Araujo, L., y Lesly K. 2016. Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 46(6):609-20

Arnous, M., y Mohamed A. 2015. Heavy metals risk assessment in water and bottom sediments of the eastern part of lake manzala, Egypt, based on remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences* 8(10):7899-7918. doi: 10.1007/s12517-014-1763-6.

Arrigoni, J. 2016. Optimización del proceso de compostaje de pequeña escala. Tesis doctorado. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina, 120 pp.

Bachman, R., y Metzger J. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99(8):3155-61. doi: 10.1016/j.biortech.2007.05.069.

- Bailón, R., Marlon, Ricardo. y Nelino F. 2021. Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE* 12(1):1-11.
- Bertuzzi, S., Víctor, A., Silvia, M. y Gloria, Martinez. 2005. Incidencia de NPK y estiércol en el crecimiento y la productividad de plantas de mamonero, bajo cobertura plástica. *Agrotecnia* 0(14):19-23.
- Bohórquez, A., Puentes, J. y Menjívar, J. C. F. 2014. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 15(1):73-81.
- Bravo, E. 2017. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 46(6):609-20
- Brito, H., Viteri, R., Guevara L., Villacrés M., Jara J., Jiménez S., Moya P., y Parra C. 2016. Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Riobamba. *European Scientific Journal* 12(1):1-11.
- Carrión,C., Ponce-de León,C. Silke, C., Sommer, Irene., Hernández M. y Vanegas, Cecilia. 2012. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia* 46(6):609-20.
- Caruso, T., Ettore, B., Marra, Francesco., Sottile, Francesco., La Mantia, M. y Pasquale,C. 2005. Effect of rootstock on growth, yield and fruit characteristics

in cv "Bianca" pistachio (*Pistacia vera* L.) trees. *Options mediterraneennes* 63:117-22.

Casco, J. M., y Moral, H. 2008. *Compostaje*. Mundi Prensa Libros. p. 75-92.

Castellanos, González., Renato, Prado. y Cid N. S. 2015. El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales* 36:16-24.

Castillo, E. Vargas, C., Brandão, F. B.y Ágreda, J. A.. 2016. Evaluación del proceso de remoción de Cr(VI) con compost de residuos de cultivo de clavel en disoluciones acuosas. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 82(4):389-402.

Han-Song, C., Qiao-Yun., Li-Na, Liu, P. C., Wei, L. y Ming, L. 2010. Poultry manure compost alleviates the phytotoxicity of soil cadmium: influence on growth of pakchoi (*Brassica Chinensis* L.). *Pedosphere* 20(1):63-70. doi: 10.1016/S1002-0160(09)60283-6.

Díaz, M. Vásquez, C., López, A., Fuentes, B. y Cote, E. 2010. Aceleración del proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 41:1-7.

Durán,L. y Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicomposta producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31.

- Escalante, A., Silvia., M. y Rivas, E. G. G. 2014. Determinación de la presencia de cromo hexavalente en muestras de agua del Lago de Ilopango por el método de absorción atómico. Tesis doctorado. Universidad de El Salvador. 120 pp.
- Fawe, A., James, G., Mohamed, C. y Bélanger, R. R. 2001. Chapter 9 Silicon and disease resistance in dicotyledons. Pp. 159-69 *Studies in Plant Science*. Vol. 8, *Silicon in Agriculture*, editado por L. E. Datnoff, G. H. Snyder, y G. H. Korndörfer. Elsevier.
- Baldemar, H.C.O., Sánchez, H.R., Ordaz, C.V.M., López, N.U., Estrada, B.M.A. y Pérez, M.M.A. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(6): 1273-1285.
- Forero, U., Fabio, E., Cely, P. A. S. y Balaguera-López, W. A. 2009. El aluminio en el suelo y algunas estrategias de manejo. *Ciencia y Agricultura* 7(1):19-28.
- Grosso, J. L., Sánchez L. E., Avendaño, D. y Restrepo, R. 2000. Retención de cloruros , Bario y cromo en dos especies de mangle *Avicennia Germinans* y *Rizophora Mangle* desarrolladas en aguas de producción de la industria petrolera mediante técnica de cultivo hidropónico . *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro* 2(1):57-67.

- Hernandez, A., Castillo, H., Ojeda-Barrios, D., Arras-Vota, A. M. G. y Sanchez, Esteban. 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:583-89.
- Hernández-Sigala, R., Chávez, E. S., Guerrero, S. M., Rivas, Bertha A. L. y Anchondo, Á. N. 2014. Fertilización orgánica complementada con inorgánica en pistacho: efecto sobre la dinámica nutricional foliar y rendimiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5(4):605-17.
- Hirano, S., y Suzuki, K. T. 1996. Exposure, metabolism, and toxicity of rare earths and related compounds. *Environmental Health Perspectives* 104(Suppl 1):85-95.
- Irshad, M., Eneji, A. E., Hussain, Z. y Ashraf M. 2013. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. *Journal of soil science and plant nutrition* 13(1):115-21. doi: 10.4067/S0718-95162013005000011.
- Joshi, R., Singh, J. y Adarsh, P. V. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14(1):137-59. doi: 10.1007/s11157-014-9347-1.
- Lolita, D.U., y Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana* 5(4):605-17
- López-Méndez, C., Ruelas-Ayala R.D., Sañudo-Torres, R. R., Armenta-López ,C. y Félix-Herrán, J. A. 2013. Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la

- lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*): *Tecnociencia Chihuahua* 7(2):81-87.
- Mahecha-Pulido, J. D., Trujillo-González J. M. y Torres-Mora, M. A. 2015. Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Orinoquia* 19(1):118. doi: 10.22579/20112629.345.
- Méndez, J. P., González, R. C. A., Román, A. D. G. y Prieto, F. G. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua *Tecnociencia Chihuahua* 5(8):85-87.
- Natividad, H. y José L. 2014. Efecto de la materia orgánica en la absorción de Cadmio en el suelo en la localidad de Supte. Tesis doctorado. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.
- Navia-Cuetia, C. A., Zemanate-Cordoba, Yuli., Morales-Velasco, S., Prado, F. A. y Albán, N. L. 2013. Evaluation of difference formulations from waste composting crop tomato (*Solanumlycopersicum*). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11(SPE):165-73.
- Olivares-Campos, M.A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C. y Jáquez-Balderrama, J.L. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 1(2):133-47.
- Pineda, O. R. 2012. Metodología de evaluación de riesgo ecológico de un ambiente lagunar estuarino. *Revista Corpoica* 15(1): 73-81

- Principe, E. y Bradly, J. 2019. Efecto del compost, dolomita y magnocal en el contenido de cadmio del suelo y los granos de cacao (*theobroma cacao l.*) del clon ccn-51. Tesis maestría. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.
- Querol, F. 2019. Lombricomposta de lechuga de agua en el crecimiento de plántulas de tomate. *Revista de Critica Literaria Latinoamericana* 46(6): 609-620
- Rodríguez, T. M. D-, Venegas, J. G., Angoa, M. V. P y Montañez, J. L. S. 2010. Extracción secuencial y caracterización fisicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 1(2):133-47.
- Salinas, S. J., Vizcarra, W. A. y Laureano, W. U. 2012. Efecto de los abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas en suelos degradados con maíz amiláceo (*Zea mays L.*). *Investigación Valdizana* 6(1):43-50.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L. y Sepúlveda-Chavera, G. 2014. Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)* 32(2):95-99. doi: 10.4067/S0718-34292014000200013.
- Santander, R., Wilson, E. y Mendieta, O. W. T. 2019. Cuantificación de los límites máximos permisibles de cadmio en suelos, frutos (cáscara, almendra fresca), granos fermentados, licor de cacao y chocolate, para garantizar una exportación de calidad en zonas productoras de las provincias de Huallaga y Bellavista en la región San Martín. Tesis doctoral. *Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto*.



- Silva, R. L. y Bonilla, H. G. 2010. Remediación de un suelo de la cuenca alta del río Bogotá contaminado con los metales pesados cadmio y cromo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 13(2):61-70. doi: 10.31910/rudca.v13.n2.2010.730.
- Tintaya, D. J. R. 2018. Estimación de la capacidad fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de industrias metalmeccánicas. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo* 4(1). doi: 10.17162/rictd.v4i1.1069.
- Ugarte, O. M., Rodríguez, M. A., Montero, A. Á. y Estévez, J. Á. 2015. Reseña bibliográfica El níquel en suelos y plantas de cuba. *Agronomía Costarricense* 33(1): 31-43
- Vázquez, J. y Loli, O. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* 9(1):43-52. doi: 10.17268/sci.agropecu.2018.01.05.
- Velecela, S., Meza, V., García, S., Alegre, J. y Salas, C. 2019. Microbial enrichment vermicompost under two production system and its effects on radish (*Raphanus sativus* L.) production. *Scientia Agropecuaria* 10:229-39. doi: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.08.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology* 43:S332-36. doi: 10.1016/j.ejsobi.2007.08.020.

## CAPÍTULO III

### **Lombricomposta de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de plántulas de albahaca , arúgula y papaya.**

#### **Resumen**

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una especie introducida, originaria de Brasil. En la actualidad esta planta es considerada como una de las principales malezas acuáticas del mundo. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la lombricomposta para la producción de plántulas albahaca, arúgula y papaya. Los tratamientos fueron las siguientes proporciones: 0, 20, 40, 80, 100 v/v de lombricomposta:sunshine. Se evaluó: altura, diámetro de tallo, clorofila, peso fresco aéreo, área foliar, peso seco aéreo, peso de raíz en plántulas de albahaca, arúgula y papaya. El mejor tratamiento en plántulas de albahaca fue 40 % lombricomposta ya que las variables evaluadas tuvieron los valores mayores, para arúgula 20 % lombricomposta y papaya 80 y 100% de lombricomposta. La mezcla de lombricomposta a base de estiércol de vaca y lirio acuático con sunshine puede mejorar significativamente el diámetro del tallo, el crecimiento de la planta, concentración de clorofila y área foliar en albahaca.

**Palabras clave:** crecimiento, agricultura orgánica.

## Introducción

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), originario de Brasil, se distribuye ampliamente en muchos países. En la actualidad, la planta está considerada como una de las principales malezas acuáticas del mundo.(Carrión *et al.*,2012).

Esta ha sido reportada como invasora en México y que ha sido trasladada a otros ecosistemas acuáticos mexicanos. Se distribuye en Sinaloa, Tamaulipas, Guanajuato, Hidalgo, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, México Distrito Federal, Morelos, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Chiapas y Yucatán (Croat *et al.*,2010).

Debido a que esta especie es considerada una maleza cosmopolita puede ser aprovechada para compostaje o como sustrato(Agunbiade *et al.*, 2009).

Gusain *et al.*,(2018) mezcló lirio acuático con excretas de vaca y midieron los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas, como resultado obtuvieron una alta actividad microbiana, lo que favorece altamente la transformación de la materia orgánica a compuestos inorgánicos más solubles (mineralización), los mejores resultados los mostró el tratamiento con 50 % de lirio acuático.

Otra investigación con esta misma especie que realizó en el año 2016 por Suthar *et al.*, (2017) a diferencia de la primera, realizaron lombricomposta mezclada con excretas de vaca en proporciones de 20, 40, 60 y 80 %, obteniendo la mejor mineralización con los tratamientos de 60 y 80 % sin afectar las lombrices; estos trabajos son importantes ya que permiten conocer la influencia de las excretas en el proceso de compostaje del lirio acuático, así como la proporción óptima para mezclar la maleza con excretas y obtener un producto con buenas características fisicoquímicas.

Nuka (2013), estudió el efecto de la composta del lirio acuático en el cultivo de cilantro, determinaron que al agregarla al suelo aumentó la disponibilidad de nutrientes generando una respuesta positiva en el cultivo; por otro lado, Rahman *et al.*,(2017) utilizaron composta de esta especie como abono orgánico en cultivos de trigo, obteniendo como resultados valores más altos en los parámetros estudiados como el potencial de hidrógeno (pH), contenido de humedad y de

materia orgánica; Balasubramanian *et al.*,(2013) investigaron el papel de la lombricomposta de lirio acuático en cultivo de arroz mediante el "mulch" que es una cubierta que se coloca sobre el suelo para su protección, aumentando las cantidades de carbono (restaurando la capacidad de secuestro de carbono y por consecuencia reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero), nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, afectando positivamente su fertilidad estos estudios permiten determinar que los abonos realizados con lirio acuático son aplicables en actividades agronómicas. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el crecimiento de plántulas de albahaca, arúgula y papaya.

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo se realizó en un invernadero de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESX) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos ubicada en la Latitud Norte 18°44'51'y Longitud Oeste 98°54'56'.

### **Elaboración de la lombricomposta**

Se recolectaron 70 kg de lirio acuático en una represa del municipio de Cohuecan, Puebla y 50 kg de estiércol vacuno en el rancho Los Pilares en Cuautla, Morelos. Posteriormente, estos materiales se expusieron un mes a luz solar directa para su secado; después, se dispusieron en capas alterna de 10 cm y cuando la temperatura fue de 30° C se colocaron 3 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Los materiales descritos se regaron con agua de pozo cada tres días, y la lombricomposta estuvo lista después de tres meses de haber colocado las lombrices. Para la obtención de la lombricomposta primeramente se colocó estiércol fresco para extraer las lombrices, se cernió, se colocó en costales y se guardó en una bodega a temperatura ambiente.

### **Tratamientos**

Se evaluaron mezclas de lombricomposta de lirio acuático y sustrato de sunshine en las siguientes proporciones: 0, 20, 40, 80, 100 v/v de lombricomposta:sunshine.

## **Siembra**

Cada una de las mezclas se colocaron en charolas de unicel de 200 cavidades previamente lavadas y sumergidas en cloro al 6%???. Posteriormente se sembraron las semillas de arúgula, albahaca y papaya maradol, 35 semillas por cada especie, una semilla por cavidad.

Las variables que se evaluaron en las plántulas fueron: altura (cm) con una regla, desde el cuello de la raíz hasta el meristemo apical, contenido relativo de clorofila (lecturas de SPAD) mediante con un SPAD Plus 502 Minolta, peso fresco (g) con una balanza analítica, diámetro de tallo (mm) con un vernier, área foliar con un medidor de área foliar Modelo ci-202, peso seco (g) y peso seco de raíz (g).

## **Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza y prueba de medias (Tukey,  $P \leq 0.5$ ) con el programa SAS V. 9.1.

## **Resultados y discusión**

Hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para las variables evaluadas con excepción de peso fresco y peso seco de raíz en albahaca. En altura se encontró que el tratamiento de 20 % composta fueron las más grandes y las más pequeñas en el tratamiento de 100 % lombricomposta. En la variable de área foliar el mejor tratamiento fue 20 por ciento composta y el que menor presentó fue 100 % composta, en el contenido de clorofila se encontró con mayor porcentaje el tratamiento de 60 % composta y con menor el tratamiento 100 % composta, en diámetro de tallo el mejor tratamiento fue de 40 % lombricomposta y el de menor diámetro fue 100 % composta (Cuadro 1). Reyes-Pérez *et al.* (2013) Veinte variedades se sometieron a tres concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 ) en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones en la que reportaron que, en altura de planta de albahaca, las

plántulas más grandes fueron de 2 cm y las más pequeñas fueron de 0.50 cm. Estos mismos autores encontraron que el mayor peso fresco aéreo fue de 0.24 g y el menor en 0.09 , estos estuvieron más pequeñas a comparación de lo reportado (Cuadro 1).

Moncayo-Luján *et al.* (2015) evaluaron los componentes de producción de albahaca producida con tres tipos de solución nutritiva orgánica en invernadero, una de las variables que reportaron fue la clorofila, se encontró una concentración de 39 unidades spad, este valor es más alto a lo encontrado en esta investigación (Cuadro 1), pero el trabajo anterior fue con plantas adultas, las plántulas producidas en este estudio presentaron una buena concentración de clorofila.

Yépez-Hernández *et al.* (2016) evaluaron el efecto de seis concentraciones de nitrógeno (N) (0, 12.5, 25, 50, 75 y 100 %) en el crecimiento y respuestas fisiológicas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) cultivada en condiciones de invernadero, en el área foliar encontró 6.9507 cm<sup>2</sup>, esto indica que el área foliar de plántulas de albahaca obtenida en esta investigación fue buena (Cuadro1).

Cuadro 1. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de albahaca.

Tratamiento	Altura (cm)	Área folia	Clorofila (lecturas SPAD)	Diámetro de tallo (mm)	Peso fresco (g)	peso seco de raíz(g)
Lombricomposta 100 %	4.58 c	2.208 b	27.38 a	1.38 a	0.242 b	0.0034 c
Lombricomposta 80 %	9.26 ab	0.242 a	19.10 b	0.75 b	0.239 b	0.0461 b
Lombricomposta 60 %	7.45 abc	3.997 ba	21.85 b	1.40 a	0.667 b	0.4470 b
Lombricomposta 40 %	7.35 abc	6.908 ba	21.18 b	1.45 a	0.616 ba	0.0466 b
Lombricomposta 20 %	10.83 a	13.518 a	22.78 ba	1.70 a	0.900 a	0.0610 ab
Testigo	6.15 bc	13.518 a	21.00 a	1.90 a	0.988 a	0.0859 a
CV	29.536	80.65	12.782	23.877	54.958	30.503
DMS	3.997	9.55	5.049	0.607	0.595	0.0261

\*Tratamientos con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente

En plántulas de arúgula hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas. En altura de planta se encontró que en el tratamiento de 20 % composta fueron las más grandes y las más pequeñas en el tratamiento de 100 % lombricomposta. En área foliar el mejor tratamiento fue 20 % composta y el que menor presentó fue 100 % lombricomposta; en el contenido de clorofila se encontró con mayor porcentaje el tratamiento de 20 % lombricomposta y con menor el tratamiento 80 % lombricomposta; en diámetro de tallo el mejor tratamiento fue el testigo y el de menor diámetro fue 80 % lombricomposta; en peso fresco el mejor tratamiento fue el testigo y el de menor peso fue el tratamiento 100 % composta; en peso seco de raíz en el tratamiento testigo se encontró el mayor peso y el menor en el tratamiento 60 % lombricomposta. Jara *et al.* (2017) realizó un experimento con lombricomposta a partir del desperdicio de-cambre (*Crambe abyssinica*) en plántulas de arúgula, uno de las variables que reportaron fue la altura de la plántula donde la más altas obtuvieron una altura de 10.25 cm y las más pequeña 10.38cm, en este experimento las plántulas más altas alcanzaron 10.83 cm y la más pequeña 4.50 cm, estos resultados fueron similares con excepción de las más pequeñas (cuadro3) que fueron de menor altura. En el caso de las demás variables evaluadas no se encontró información en la literatura consultada.



Cuadro 2. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de arúgula.

Tratamiento	Altura(cm)	Área foliar(cm <sup>2</sup> )	Clorofila (lecturas SPAD)	Diámetro de tallo(mm)	Peso fresco(g)	Peso seco(g)	Peso seco de raíz(g)
Lombricomposta 100 %	4.58 c	2.208 b	27.3 a	1.38 a	0.242 b	0.0263 c	0.0034 c
Lombricomposta 80 %	9.26 ab	0.242 a	19.10 b	0.75 b	0.239 b	0.0142 c	0.0461 b
Lombricomposta 60 %	7.45 bca	3.997 ba	21.85 b	1.40 a	0.667 b	0.0511 bc	0.4470 b
Lombricomposta 40 %	7.35 bca	6.908 ba	21.18 b	1.45 a	0.610 ba	0.0522 bc	0.0466 b
Lombricomposta 20 %	10.83 a	13.518 a	22.7 ba	1.70 a	0.900 a	0.1087 ba	0.0617 ab
Testigo	6.15 bc	13.518 a	21.00 a	1.90 a	0.988 a	0.1701 a	0.0859 a
CV	29.536	80.65	12.782	23.877	54.958	182.46	30.503
DMS	3.997	9.55	5.049	0.607	0.595	0.3065	0.0261

\*Tratamientos con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente

En plántulas de papaya hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas. En altura, el tratamiento 100 % lombricomposta presentó los valores mayores y los menores se registraron en el testigo. El área foliar mayor se logró en el tratamiento 80 % lombricomposta y el menor en testigo; en el contenido de clorofila se encontró con mayor porcentaje el tratamiento de 60 % lombricomposta y con menor el testigo; el diámetro de tallo mayor se registró en el tratamiento 80 % lombricomposta y el menor diámetro en el testigo; en peso fresco el tratamiento mejor fue el de 100% lombricomposta y el que menor peso registró fue el testigo.

Andrade-Rodríguez *et al.* (2008) realizaron un estudio de efecto de promotores de la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papaya en la cual reportaron alturas de 4.8 cm y 4.4 cm y peso seco de 24.4 y 21.5 g.

Lima-Neto *et al.* (2016) evaluaron el crecimiento de plántulas de papaya (*Carica papaya* L.) 'Golden' regadas con agua salina en suelo con y sin biofertilizante bovino, producido por fermentación anaeróbica de una mezcla de estiércol bovino fresco y agua, y reportó un área foliar mayor de 28.94 cm<sup>2</sup> y la menor de 18.49 cm<sup>2</sup>, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos en nuestra investigación (Cuadro 3).

Parés (2013) evaluó el efecto de la salinidad ocasionada por el NaCl sobre el crecimiento vegetativo y el estado nutricional de la papaya y una de las variables fue contenido relativo de clorofila (SPAD), donde reportó una concentración de 36, lo cual fue muy similar a lo encontrando en esta investigación (Cuadro 3), donde la mayor concentración fue de 41.25.

García *et al.* (2003) evaluaron el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica al suelo y foliar, sobre algunas variables agronómicas y fisiológicas de plantas de papaya y reportaron un diámetro de tallo de 7.3 cm, que fue superior a lo encontrado en nuestra investigación, donde el diámetro mayor fue de 6.06 (Cuadro 3) aunque hay que considerar que la nutrición aplicada solo fue orgánica.

En las variables de peso seco y peso fresco no se encontró información en la literatura consultada.

Cuadro 3. Pruebas de medias de las variables evaluadas en los diferentes tratamientos en plántulas de papaya.

<b>Tratamiento</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Área foliar(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Clorofila (lecturas SPAD)</b>	<b>Diámetro de tallo(mm)</b>	<b>Peso fresco(g)</b>	<b>Peso seco(g)</b>	<b>Peso seco de raíz(g)</b>
Lombricomposta 100%	18.16 a	85.55 a	35.100 bac	5.6 ba	4.67 ab	1.286 b	0.0525 a
Lombricomposta 80 %	17.50 a	97.050 a	41.075 a	6.06 d	5.63 b	1.370 a	0.0618 a
Lombricomposta 60 %	11.30 bc	34.030 b	41.25 a	4.80 bc	3.28 c	1.138 c	0.0464 a
Lombricomposta 40 %	12 b	48.055 b	36.86 ab	4.46 c	3.63 bc	1.167 c	0.0717 a
Lombricomposta 20 %	9.08 cd	3.748 c	28.43 bc	2.96 d	2.54 c	0.071 d	0.0069 b
Testigo	8.25 d	1.815 c	26.25 c	2.15 d	0.51 d	0.041 d	0.0064 b
CV	11.016	31.016	16.257	11.949	22.831	5.379	51.194
DMS	2.493	25.336	10.075	0.9255	1.377	0.0809	0.0389

## **Conclusiones**

1).- Se encontró una respuesta diferencial en el crecimiento de plántulas de albahaca, arúgula y papaya en función de la concentración de lombricompostas.

2).- El mejor tratamiento para las plántulas de albahaca fue 40 %, para arúgula fue 20 %, y para papaya 80 y 100 % de lombricomposta respectivamente, ya que esas concentraciones favorecieron las variables de crecimiento evaluadas.

3).- La lombricomposta a base de lirio acuático puede ser una alternativa para reducir el uso de sustrato Sunshine en la producción de plántulas de albahaca, arúgula y papaya, con lo cual se puede disminuir los costos de producción.

## Literatura citada

- Agunbiade, F. O., Olu-Owolabi, B. I., y Adebowale, K. O. (2009). Phytoremediation potential of *Eichhornia crassipes* in metal-contaminated coastal water. *Bioresourcetechology* 100(19),4521-4526.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.011>
- Balasubramanian, D., Arunachalam, K., Arunachalam, A. y Das, A. K. (2013). Water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.] engineered soil nutrient availability in a low-land rain-fed rice farming system of north-east India. *Ecologica engineering* 58, 3-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.001>
- Carrión, C., Ponce-de León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M. y Vanegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia* 46(6), 609-620.
- Croat, T. B., Krömer, T. y Acebey, A. (2010). *Monstera florescanoana* (Araceae), una especie nueva de la región central de Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(2), 225-228.
- de Lima-Neto, A. J., Cavalcante, L. F., Mesquita, F. de O., Souto, A. G. de L., dos Santos, G. P., dos Santos, J. Z. y de Mesquita, E. F. (2016). Papaya seedlings irrigation with saline water in soil with bovine biofertilizer. *Chilean journal of agricultural research* 76(2), 236-242. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000200014>
- García, J. L. E., Veloz, C. S., Damián, M. T. M., Garza, Á. M., García, P. S. y Hernández, R. M. S. (2003). Fertilización orgánica, mineral y foliar sobre el

desarrollo y la producción de papaya Cv. Maradol. *Terra Latinoamericana* 21(2), 157-166.

Gusain, R., Pandey, B. y Suthar, S. (2018). Composting as a sustainable option for managing biomass of aquatic weed *Pistia*: A biological hazard to aquatic system. *Journal of cleaner production* 177 803-812. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.261>

Jara, P., Rubio, F., Santos, F., Lorin, H. y Luiz, F. (2017). Crambe wastes vermicomposting in arugula seedlings production. *Revista de ciencias agrarias* 40, 45-52. <https://doi.org/10.19084/RCA15148>

Moncayo L, M. del R., Álvarez R. V., González C. G., Salas Pérez, L., Chávez S. J. A., Moncayo, L. M. del R., Álvarez, R. V. de P., González, C. G., Salas, P. L. y Chávez S. J. A. (2015). Producción orgánica de albahaca en invernadero en Comarca Lagunera. *Terra latinoamericana* 33(1), 69-77.

Nuka, L. (2013). The impact of water hyacinth manure on growth attributes and yields in Coriandrum. *IOSR Journal of environmental science, Toxicology and food technology* 5, 04-07. <https://doi.org/10.9790/2402-0530407>

Parés, J. (2013). Efecto del cloruro de sodio sobre el crecimiento y estado nutricional de plantas de papaya . 8. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(6): 869-880.

Rahman, M., Sultana, S., Mahmud, M. y Islam, K. (2017). Green manure potentials of water hyacinth and sewage sludge : the seed germination and seedling growth trials of Albizia Saman. *Research in: Agricultural y vet. Sci.*, 1, 18-31.

Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Reynaldo-Escobar, I. M. y Rueda-Puente, E. O. (2013). Germinación y

características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 4(6), 869-880.

Suthar, S., Pandey, B., Gusain, R., Gaur, R. Z. y Kumar, K. (2017). Nutrient changes and biodynamics of *Eisenia fetida* during vermicomposting of water lettuce (*Pistia* sp.) biomass: A noxious weed of aquatic system. *Environmental science and pollution research* 24(1), 199-207.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-016-7770-2>

Yépez-Hernández, F.J., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Delgadillo-Martínez, J., Mendoza-López, Ma. R. y García-Barradas, Ó. (2016). Fertilización nitrogenada en el crecimiento, contenido fenólicos y actividad antioxidante de albahaca. *Revista fitotecnia mexicana* 39(1), 33-40.  
<https://doi.org/10.35196/rfm.2016.1.33-40>

### **Conclusiones generales**

- 1).- La lombricomposta a base de lirio acuático y estiércol de ganado vacuno tiene propiedades químicas adecuadas para ser utilizado como sustrato en la producción de plántulas de especies aromáticas, hortalizas y frutales.
- 2).- La lombricomposta elaborada con lirio acuático y estiércol de ganado vacuno, tiene un bajo contenido de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, y un alto contenido de micronutrientes como hierro, cobre y manganeso.
- 3).- La lombricomposta a base de lirio acuático y estiércol de ganado vacuno presentó concentraciones elevadas de bario y silicio.
- 4).- La respuesta diferencial encontrada en el crecimiento de plántulas de albahaca, arúgula y papaya estuvo en función de la concentración de la lombricomposta.