



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Obtención de Lixiviados de lombricomposta a partir de diferentes tipos de residuos orgánicos empleando *Eisenia foetida*

RESUMEN: El objetivo principal del presente trabajo fue determinar el efecto de la materia orgánica en el tamaño de lombriz y tiempo de obtención de lixiviados de lombricomposta. Se generaron 4 tratamientos mezclando, individualmente, con suelo: poda de césped, desperdicio de cocina, estiércol equino y hojarasca (T1, T2, T3 y T4, respectivamente). El proceso involucró una fase de compostaje de 30 días, seguida de lombricompostaje durante 60 días empleando *Eisenia foetida*. Con relación al tamaño de la lombriz, en general, los resultados brutos indican diferencia en el tamaño; sin embargo, las pruebas estadísticas realizadas, muestran que, a un nivel de confianza del 95%, tal diferencia no es significativa, por lo que se recomienda cualquiera de los tratamientos utilizados en este estudio, para efectos del crecimiento de la lombriz. El vermicompostaje, se presenta como una biotecnología viable para el manejo adecuado de los residuos orgánicos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes; mitigando el impacto ambiental negativo, a la vez que se obtiene un producto con potencial uso como fertilizante orgánico.

PALABRAS CLAVE: *Eisenia foetida*, fertilizante orgánico, lixiviados de lombricomposta, lombricompostaje, residuos orgánicos.



Colaboración

Daniel Gerardo Bencomo Trejo, Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez, Martín González Moncada, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes

ABSTRACT: The main objective of the present study was to determine the effect of organic material on the worm length and time of obtaining worm-bed leachates with fertilizer properties. Four treatments were generated mixing individually with soil: grass cutting, kitchen waste, equine manure and waste leaves (T1, T2, T3, and T4, respectively). The study involved a composting stage for 30 days followed by vermicomposting with *Eisenia foetida* for 60 days. Relative to worm length, in general, gross results indicate a difference in worm length; however, statistical tests made, show evidence that such a difference, at 95% confidence level, is not significant, so any of the treatments used in this study are recommended, for the effects of worm growth. Vermicomposting is presented as a viable biotechnology for the proper management of organic waste generated at Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes; Mitigating the negative environmental impact, obtaining a product with potential use as organic fertilizer.

KEYWORDS: *Eisenia foetida*, organic fertilizer, organic waste, vermicomposting, worm-bed leachates.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [1], señala que el manejo de los desperdicios sólidos es uno de los grandes desafíos ambientales globales, debido al incremento en la población y la urbanización. En México, se producen grandes cantidades de residuos sólidos urbanos, de los cuales aproximadamente el 50% corresponde a basura del tipo orgánico provenientes de comida, jardines y materiales orgánicos similares [2]. Asimismo, en el Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes (ITS-NCG), se generan cantidades considerables de residuos orgánicos (RO), que son desechados sin obtener beneficio alguno. Debido a la elevada producción de RO, es importante proponer e implemen-

tar alternativas que permitan su adecuada disposición. Cabe señalar que, debido a la gran cantidad de elementos químicos presentes en los RO, principalmente N, P y K [3, 4], estos son de gran interés para su reutilización o reciclaje en la agricultura, horticultura y como mejoradores de suelos [5, 2].

Una manera sustentable de gestionar dicho manejo, se encuentra en el tratamiento y reprocesamiento del desperdicio existente a fin de generar productos aprovechables. El compostaje es una forma económica, efectiva y sustentable para la disposición de desperdicios orgánicos [6, 7]. Sin embargo, el proceso es lento y en ocasiones resulta en una composta inmadura con efectos negativos en suelo y plantas [8, 9]. El compostaje seguido por lombricompostaje son técnicas efectivas comúnmente utilizadas para la biodegradación de desperdicios orgánicos [10]. El lombricompostaje es un proceso que involucra lombrices y microorganismos asociados para la descomposición y estabilización de la materia orgánica [11], acelerando el proceso de biodegradación y disminuyendo efectos fitotóxicos [12, 13]. De entre todas las lombrices, *Eisenia foetida* es la más utilizada debido a su amplio rango de tolerancia a la temperatura, contenido de humedad, pH y metales pesados [14], de igual manera por su gran potencial para la degradación de diferentes tipos de desperdicios orgánicos y a la calidad de lombricomposta que produce [15].

Además, el lombricompostaje es un proceso eficaz para convertir desperdicios orgánicos en valiosos fertilizantes orgánicos [16, 17]. El producto final del proceso de lombricompostaje es la lombricomposta, la cual se puede obtener en dos presentaciones: sólida y líquida. La lombricomposta sólida es llamada lombricomposta o humus de lombriz y ha sido ampliamente estudiada. Por otro lado, la lombricomposta líquida, sobre la cual hay menos trabajo reportado al respecto [18], puede ser obtenida principalmente de dos maneras: a) por preparaciones de té de lombricomposta [19] y b) por lixiviados de lombricomposta [20]. Estos últimos, son un líquido orgánico, obtenido generalmente mediante drenado del riego utilizado durante el proceso de lombricompostaje; compuesto mayormente de material digerido y excretas de la lombriz [21].

El objetivo general de este proyecto fue determinar el efecto de la materia orgánica en el tamaño de lombriz y tiempo de obtención de lixiviados de lombricomposta. Los objetivos específicos fueron (1) diseñar y construir camas o lechos a nivel piloto, para la obtención de lixiviados de lombricomposta y (2) determinar el efecto del tipo de materia orgánica en el tamaño de lombriz y tiempo de obtención de lixiviados con características de fertilizante. Se tiene la hipótesis de que el tipo de materia orgánica afectará tanto el tamaño de la lombriz como el tiempo de obtención de lixiviados. Por otra parte, se espera que el diseño de las camas de lombriz-

compostaje, nos proporcione una eficiente recolección de los lixiviados de lombricomposta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos de cocina, podas de césped y hojarasca, fueron recolectados en el Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes (ITSNCG). Se utilizó estiércol equino como testigo, el cual se obtuvo de un rancho de la región de Nuevo Casas Grandes.

Obtención de La lombriz

La lombriz utilizada (*Eisenia foetida*) para este estudio fue obtenida de una empresa dedicada a la lombricultura, denominada "Tierra Nueva" en la ciudad de San Ignacio Cerro Gordo, Jalisco.

Diseño y construcción de camas

Para el diseño de las camas o lechos (se utilizará cama de aquí en adelante) se consideraron los materiales a utilizar, observación de camas construidas de manera empírica por lombricultores de la región, clima de la región y la necesidad de recolectar los lixiviados de las camas, entre otros.

El diseño de las camas se realizó empleando el software "SolidWorks". El diseño de dichas camas consta de una estructura de madera que forma las paredes de aproximadamente 2m x 1m x 0.48 m (largo, ancho y alto). La base consta de una plancha de cemento en el fondo de la cama con una pequeña inclinación lateral que lleva a un tubo de polivinilcloruro ranurado, el cual se espera facilite la recolección del lixiviado. Se construyeron un total de cuatro camas. Las camas experimentales se mantienen bajo sombra mediante una estructura metálica cubierta con maya-sombra, para evitar el contacto directo de la lombriz con la luz solar.

Preparación del experimento

Se llevó a cabo un experimento para determinar el efecto que tiene la materia orgánica en propiedades físicas de la lombriz y en el tiempo de obtención de lixiviados. Los experimentos fueron llevados a cabo en las 4 camas construidas. Los residuos orgánicos seleccionados para este experimento fueron: desperdicios de cocina, podas de césped, hojarasca y estiércol equino. Las mezclas de composteo consistieron en los diferentes tipos de desechos orgánicos mezclados individualmente con suelo en una relación 1:1 [en peso seco]. Los tratamientos generados en el experimento fueron los siguientes: (T1) poda de césped/suelo; (T2) desperdicio de cocina/suelo; (T3) Estiércol equino/suelo; y (T4) hojarasca/suelo. Un total de 10 kg de mezcla (5 kg desechos más 5 kg suelo) fueron composteados al aire libre sobre el suelo en forma de surcos de aproximadamente 3 m de largo por 0.8 m de ancho, con riegos cada tercer día. Después de 30 días de composteo, fase termofílica, las diferentes mezclas fueron introducidas, por separado, en las camas para iniciar con el

proceso mesofílico de lombricompostaje. Luego, en cada cama se incorporaron un total de 6 kg de pie de cría de aproximadamente 3 - 4 cm de largo. La duración del experimento fue de 60 días a partir de que se sembró la lombriz.

El agua utilizada fue agua proveniente de la planta tratadora de agua, de la junta municipal de agua y saneamiento (JMAS) de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. Para mantener la humedad se llevaron a cabo ciclos de riego de 2 minutos cada tercer día, empleando una manguera conectada a la red morada.

Los diferentes lixiviados obtenidos del experimento se fueron depositando en contenedores de plástico evitando el contacto con la luz, ya que algunos componentes del fertilizante orgánico son foto-sensibles.

Evaluación física de la lombriz

Se determinó el efecto de la materia orgánica en la lombriz mediante una evaluación física de la misma. La evaluación se realizó al final de las semanas 1, 2, 3 y 4 del proceso de lombricompostaje. Se evaluaron las propiedades físicas tamaño, cantidad y espesor de lombriz. Para llevar a cabo la evaluación física de la lombriz, se consideró lo siguiente: para el tamaño de lombriz, se obtuvo un promedio de una muestra aleatoria de 50 lombrices por cama; Para el espesor se generó una escala con las siguientes especificaciones: lombriz delgada (1.5-3mm), mediana (3.0-5.0mm) y gruesa (5.0 -7.0 mm); en cuanto a cantidad, sólo se observó si hubo aumento o disminución, por lo que únicamente se mencionó si hubo poco, regular o abundante cantidad de reproducción de lombriz.

Tiempo de obtención de lixiviados

Para determinar el tiempo en que se obtenía lixiviado de lombricomposta con propiedades de fertilizante orgánico, se tomó en cuenta lo siguiente. Para considerar fertilizante a un lixiviado de lombricomposta, debe tener un color y olor característicos (color negro-rojizo y olor a tierra húmeda, respectivamente). Por lo tanto, se contaron los días (a partir de la incorporación de lombriz) en que cada cama arrojó por primera vez, lixiviados con características de fertilizante. Esta medición del tiempo en días, se consideró el tiempo de obtención de lixiviados. Cuando se obtenían lixiviados con olor a pudrición y color no característico, no se consideraban lixiviados y se ciclaban en sus camas correspondientes.

Análisis estadístico

Para evaluar la característica "tamaño de lombriz", se realizó un Análisis de Varianza de una vía (ANOVA One-way), así como pruebas de Normalidad para cada uno de los grupos, pruebas de diferencia de medias de Fisher y Dunnet, además de la gráfica de Intervalos para el resultado.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Diseño y construcción de camas

El diseño de las camas se realizó en el programa SolidWorks, el cual se muestra en la Figura 1.

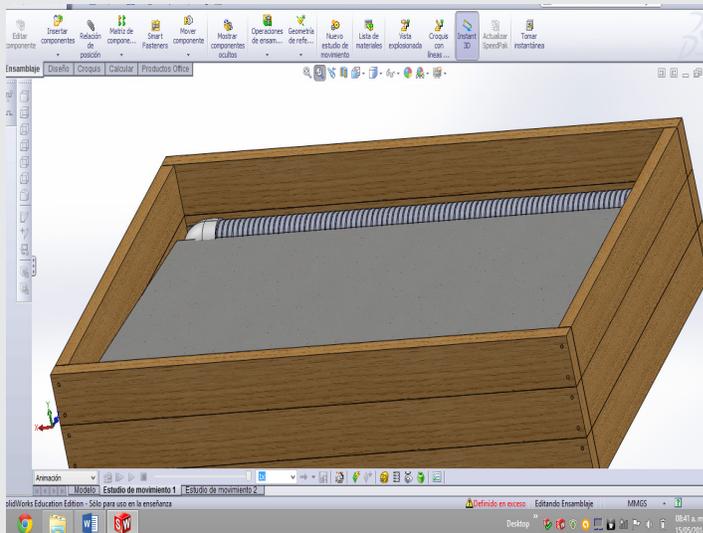


Figura 1. Diseño de cama para obtención de lixiviados de lombricomposta en SolidWorks.

Se construyeron un total de 4 camas para lombricompostaje. Las camas construidas dieron un resultado favorable en cuanto a la recolección de lixiviados de lombricomposta. Una de las camas construida se muestra en la Figura 2, donde se puede observar el tubo de PVC recolector de lixiviados y una ligera inclinación que cae al tubo recolector.



Figura 2. Cama construida para la recolección de lixiviados. Tubo recolector (flecha normal) y ligera inclinación al tubo recolector (flecha con inicio ovalado).

Evaluación física de la lombriz

En la Tabla 1. Se muestran los resultados de la evaluación física de la lombriz en la semana 1, 2, 3 y 4 del proceso de lombricompostaje, de los 4 tratamientos, con el fin de determinar el efecto de los diferentes residuos orgánicos sobre la lombriz.

Tabla 1. Datos de la evaluación física de la lombriz.

	T1	T2	T3	T4
Semana 1				
Cantidad	P	P	P	P
Espesor	D	D	D	D
Tamaño	4.98	4.9	4.92	4.9
Semana 2				
Cantidad	P	R	R	P
Espesor	D	M	M	D
Tamaño	6.98	7.02	8	7.02
Semana 3				
Cantidad	R	Ab	Ab	R
Espesor	M	G	G	M
Tamaño	7	9	9	7.02
Semana 4				
Cantidad	Ab	Ab	Ab	Ab
Espesor	M	G	G	M
Tamaño	7.98	10	10.2	7.94
\bar{x} Tamaño	6.73	7.73	8.03	6.72
s Tamaño	1.260	2.257	2.260	1.289

NOTA: P = poca, R = regular, Ab = abundante, D = delgada, M = Mediana, G = grande, tamaño en cm.

Como se observa en la Tabla 1, durante la cuarta semana todos los tratamientos mostraron una cantidad de lombriz abundante. Respecto a espesor de la lombriz, el T1 y T4, obtuvieron el menor espesor, en comparación con los tratamientos T2 y T3, debido a que el T3, estiércol equino es el testigo, el T2, desperdicio de cocina, dio el valor más alto de espesor, de entre los desperdicios generados en el ITSNGC. El parámetro tamaño de lombriz, muestra un comportamiento similar que el anterior (espesor), debido a que las camas 1 y 4 obtuvieron el menor tamaño de lombriz en comparación con las camas 2 y 3, en las cuales se observó un tamaño de lombriz promedio de 10 cm.

Con el registro de la medición semanal del tamaño de lombriz. Primeramente, se realizó una prueba de normalidad para cada tratamiento, como se muestra en la Figura 3, efectuándose después un ANOVA de una vía, como se muestra en la Figura 3.

Como puede apreciarse en la Figura 3, los datos correspondientes a cada tratamiento cumplen con el requisito de normalidad para la realización del ANOVA, ya que cada uno de ellos arroja un valor $P > 0.05$.

En la Figura 4, se muestra el ANOVA, en el que se obtuvo un valor $p = 0.6610$, esto indica que no hay diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de confianza del 95%, entre los tratamientos.

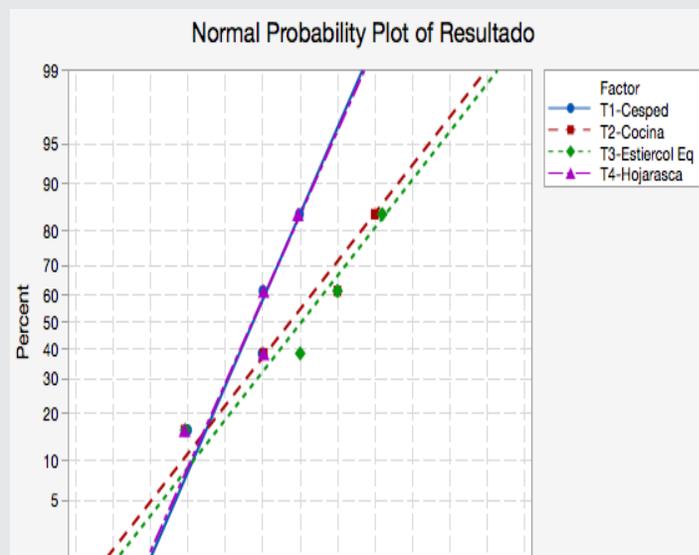


Figura 3: Prueba de Normalidad de Anderson - Darling para cada tratamiento.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Materia Organica	3	5.4935	1.83116	0.54	0.6610
Error	12	40.3427	3.36189		
Total	15	45.8362			

Figura 4: Análisis de Varianza de una vía para la materia orgánica.

También se realizó una comparación de medias de Fisher a un 95% de confianza (ver Figura 5), en este proceso se compararon todas las combinaciones posibles de pares de medias, para determinar si alguno de los tratamientos fue significativamente mejor a los otros.

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Materia Organica	N	Mean	Grouping
T3-Estiercol Eq	4	8.030	A
T2-Cocina	4	7.730	A
T1-Césped	4	6.7350	A
T4-Hojarasca	4	6.7200	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher Individual Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2-Cocina-T1-Césped	0.995	1.297	(-1.830, 3.820)	0.77	0.4577
T3-Estiercol Eq-T1-Césped	1.295	1.297	(-1.530, 4.120)	1.00	0.3376
T4-Hojarasca-T1-Césped	-0.015	1.297	(-2.840, 2.810)	-0.01	0.9910
T3-Estiercol Eq-T2-Cocina	0.300	1.297	(-2.525, 3.125)	0.23	0.8209
T4-Hojarasca-T2-Cocina	-1.010	1.297	(-3.835, 1.815)	-0.78	0.4511
T4-Hojarasca-T3-Estiercol Eq	-1.310	1.297	(-4.135, 1.515)	-1.01	0.3322

Simultaneous confidence level = 81.57%

Figura 5: Comparación de medias de Fisher

Como se muestra en la Figura 5, en todos los casos se obtuvo un valor $P > 0.05$ (o que todas pertenecen al Grupo A), lo cual indica que no hay diferencia estadísticamente significativa en el tamaño de la lombriz con cada uno de los tratamientos.

Por último, se realizó la prueba de Dunnett, mostrada en la Figura 6.

Dunnett Simultaneous Tests for Level Mean - Control Mean

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T1-Césped-T3-Estiercol Eq	-1.295	1.297	(-4.773, 2.183)	-1.00	0.6386
T2-Cocina-T3-Estiercol Eq	-0.300	1.297	(-3.778, 3.178)	-0.23	0.9910
T4-Hojarasca-T3-Estiercol Eq	-1.310	1.297	(-4.788, 2.168)	-1.01	0.6310

Individual confidence level = 98.01%

Figura 6: Comparación de tratamientos Vs testigo

En esta prueba se compara cada uno de los tratamientos contra el testigo (Estiercol Equino), obteniéndose en cada comparación valores $P > 0.05$, lo que nos indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y el testigo.

Tiempo de obtención de lixiviados

Se midió el tiempo en que cada tratamiento arrojó por vez primera un lixiviado con color característico de un fertilizante. Los resultados de esta medición se muestran en la Tabla 2.

de obtención de lixiviados, se midió, considerando el tiempo en días que llevó para que se arrojará por primera vez un lixiviado con color característico de un fertilizante orgánico. Los resultados del tiempo en que se obtuvo por primera vez lixiviado en cada una de las cuatro camas, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de obtención de lixiviados.

Tratamiento	Color de lixiviado obtenido (característico de fertilizante)	Tiempo en obtener el primer lixiviado
T1; cama 1	Negro-rojizo	40 días
T2; cama 2	Negro-amarillento	60 días
T3; cama 3	Negro-rojizo	30 días
T4; cama 4	Negro-amarillento	68 días

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 2, se determinó que la cama 3 obtuvo la mejor productividad de fertilizante orgánico, ya que se obtuvo en un menor tiempo (30 días); este resultado era esperado por ser nuestro testigo. El tratamiento de la cama 1, mostró un tiempo de productividad de 40 días. Por lo anterior, se puede decir que la cama 1, en términos de tiempo de productividad, fue el mejor tratamiento para la obtención de fertilizante orgánico. Caso contrario, se puede mencionar que el T2 y T4 arrojan lixiviados de lombricomposta en un mayor tiempo. Esto puede deberse al tamaño de partícula de la materia orgánica, ya que poda de césped se proporcionó triturada por la acción de la máquina de podar, mientras que desperdicio de cocina y hojarasca son generados en tamaños más grandes de partícula. Esto es congruente con algunos estudios donde partículas de materia orgánica

entre 1 - 2 mm es óptima para el proceso de lombricompostaje [22].

CONCLUSIONES

El proceso de compostaje seguido por lombricompostaje, proporcionan una efectiva biodegradación de los residuos orgánicos generados en el ITSNGC. La evaluación física de la lombriz, reveló que desperdicio de cocina (T2), arrojó el valor bruto más alto de tamaño de lombriz, cercano al testigo, por lo que se esperaba que se obtuviera lixiviados en un menor tiempo. Sin embargo, se observó que poda de césped (T1) generó lixiviados en el menor tiempo, por lo tanto, en términos de productividad, poda de césped es el residuo orgánico más recomendado para producir lixiviados de lombricomposta en el ITSNGC, no obstante, cualquiera de los tratamientos utilizados en este proyecto, muestra el mismo efecto en el crecimiento de la lombriz. Con base en lo anterior, se puede concluir que tamaño y espesor de lombriz, no es un factor determinante en el tiempo de producción de lixiviados.

RECOMENDACIONES

Como siguiente paso, se recomienda hacer mezclas de los diferentes desperdicios, para determinar la mejor. Para trabajos posteriores, se recomienda hacer estudios de optimización de parámetros para el proceso de lombricompostaje en el ITSNGC; con base en lo anterior, proponer sistemas de producción en masa de lombricomposta a partir de residuos orgánicos generados en el ITSNGC. Estudios de nutrientes agrícolas de los lixiviados son requeridos, para determinar su posible uso como fertilizante en áreas verdes del ITSNGC; posteriormente transferirlo a los sectores de interés de la región, como la agricultura.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Global Food Losses and Food Waste—Extent, Causes and Prevention*. Rome. (2011). Consultado el día 14 de octubre de 2016, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), página electrónica: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>.

[2] *Generación estimada de residuos sólidos urbanos por tipo de residuo*. (2013). Consultado el día 23 de septiembre de 2016, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), página electrónica: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RS-M01_03&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce.

- [3] Jeyabal, A., Y Kuppaswamy, G. (2001). Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *European Journal of Agronomy*, 15(3), 153-170.
- [4] Tejada, M., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., Y Garcia, C. (2008). Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. *Bioresource Technology*, 99(14), 6228-6232.
- [5] Gutiérrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Montes Molina, J. A., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Oliva Llaven, M. A., Rincón-Rosales, R., Y Dendooven, L. (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology*, 98(15), 2781-2786.
- [6] Nair, J., Sekiozoic V., Y Anda M. (2006). Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology*, 97(16), 2091-2095.
- [7] Ravindran, B., y Mnkeni, P. (2016). Bio-optimization of the carbón-to-nitrogen ratio for efficient vermicomposting of chicken manure and waste paper using *Eisenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(17), 16965-16976.
- [8] Bernal, M.P., Alburquerque, J.A., Y Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453.
- [9] Ravindran, B., Wong, J.W.C., Selvam A., Y Sekaran, G. (2016). Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. *Bioresource Technology*, 217, 200-204.
- [10] Nigussie A., Kuyper T.W., Bruun S., Y de Neergaard, A. (2016). Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. *Journal of Cleaner Production*, 139, 429-439.
- [11] Lim, S.L., Lee, L.H., Y Wu, T.Y. (2015). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111(Part A), 262-278.
- [12] Brewer, L.J. Y Sullivan, D.M. (2003). Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science & Utilization*, 11(2), 96-112.
- [13] Mupondi, L.T., Mnkeni, P.N.S., Y Muchaonyerwa, P. (2010). Effectiveness of combined thermophilic composting and vermicomposting on biodegradation and sanitization of mixtures of dairy manure and waste paper. *African Journal of Biotechnology*, 9(30), 4754-4763.
- [14] Ravindran, B., Dinesh, S.L., John Kennedy, L., Y Sekaran, G. (2008). Vermicomposting of Solid Waste Generated from Leather Industries Using Epigeic Earthworm *Eisenia foetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 151(2), 480-488.
- [15] Das, D., Bhattacharyya, P., Ghosh, Y B.C., Banik P. (2016). Bioconversion and biodynamics of *Eisenia foetida* in different organic wastes through microbially enriched vermicomposting technologies. *Ecological Engineering*, 86, 154-161.
- [16] Nagavallema, K. P., Wani, S. P., Stephane Lacroix, Padmaja V. V., Vineela, C., Babu Rao, M., Y Sahrawat, K.L. (2004). Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on Agrecosystems (Report no. 8)*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh, India.
- [17] Punde, B. D., Y Ganorkar, R. A. (2012). Vermicomposting-Recycling waste into valuable organic fertilizer. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(3), 2342-2347.
- [18] Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Y Arancon, N. Q. (2011). Effects of Vermicompost Tea (Aqueous Extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological Properties. *Compost Science & Utilization*, 19(4), 279-292.
- [19] Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Y Greytak, S. (2006). Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle*, 47(5), 28-29.
- [20] Gutiérrez-Miceli, F. A., Oliva Llaven, M. A., Mendoza Nazar, P., Ruíz Sesma, B., Álvarez-Solís, J. D., Y Dendooven L. (2011). Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *Journal of Plant Nutrition*. 34(11), 1642-1653.
- [21] Chinsamy, M., Kulkarni, M. G., Y Van Staden J. (2013). Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. *Plant Growth Regulation*, 71(1), 41-47.
- [22] Pandit, N. P., Y Maheshwari, S. K. (2012). Optimization of vermicomposting technique for sugarcane waste management by using *Eisenia fetida*. *International Journal of Biosciences*, 2(10), 143-155.