



El Colegio de la Frontera Sur

Caracterización química de vermicompostas y su efecto en  
*Capsicum chinense* Jacquin en fase de vivero

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural  
Con orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales

Por

Jesse Joel Edson David Santoya

2017



# El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco, 06 de junio de 2017.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

**Jesse Joel Edson David Santoya**

---

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

**“Caracterización química de vermicompostas y su efecto en *Capsicum chinense* Jacquin en fase de vivero”**

para obtener el grado de **Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.**

	Nombre	Firma
Director	Dr. Regino Gómez Álvarez	_____
Asesor	M. en C. Aarón Jarquín Sánchez	_____
Asesor	Dr. Gilberto Villanueva López	_____
Sinodal adicional	Dr. Rodimiro Ramos Reyes	_____
Sinodal adicional	Dr. Juan Manuel Pat Fernández	_____
Sinodal suplente	Dr. Everardo Barba Macías	_____

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mis padres y a toda mi familia por su apoyo incondicional.
- A mi director, el Dr. Regino Gómez Álvarez por darme la oportunidad de trabajar junto a él.
- A mis asesores, el M. en C. Aarón Jarquín Sánchez y al Dr. Gilberto Villanueva López, por su apoyo y dedicación durante este proceso.
- A los profesores con los que compartí aulas, muchas gracias por las lecciones.
- Al CONACYT por la beca otorgada para realizar mis estudios.
- A mis compañeros de generación y en especial a Grecia, Alejandra, Mariana y Paco, por su amistad la cual fue incomparable.

## **DEDICATORIA**

*A mi padre:*

*Por tú esfuerzo y dedicación, tus sueños siempre fueron los míos y los míos siempre los tuyos.*

*A mi madre:*

*Porque no hay palabras para describir cuanto te amo, lo has hecho perfectamente bien.*

*A Vilma:*

*Porque siempre estas presente en nuestros pensamientos.*

*A mis hermanos:*

*Por los momentos memorables que hemos vivido juntos.*

*A Ángeles:*

*Por acompañarme en esta aventura y por ser la compañera perfecta.*

*A Sophia:*

*Porque eres la ramita que faltaba en este árbol, Bienvenida.*

## CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN GENERAL	2
JUSTIFICACIÓN	5
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
OBJETIVOS GENERALES	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
HIPÓTESIS	6
<b>CAPITULO II</b>	<b>7</b>
ARTÍCULO CIENTÍFICO	7
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>36</b>
CONCLUSIONES GENERALES	36
LITERATURA CITADA	37
<b>ANEXOS</b>	<b>40</b>
GUÍA PARA EL AUTOR	
(Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, ERA)	40

## CAPÍTULO I

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y productividad de la lombriz *Eisenia andrei* en cinco sustratos orgánicos y sus combinaciones. También se estudió el efecto de las diferentes vermicompostas en la germinación y crecimiento del *Capsicum chinense* Jacquin en condiciones de vivero. Los tratamientos utilizados fueron: Estiércol de ovino (EO), *Gliricidia sepium* (G), Bocashi (B), Residuos vegetales (RV), Cascarilla de cacao (CC) y las mezclas de estos materiales. El EO incrementó la biomasa y longitud de las lombrices y al aplicarle G se afectó el número de cocones y lombrices juveniles incrementándose la mortandad. Al utilizar B y RV se obtuvo un efecto positivo en la biomasa, longitud, número de cocones y lombrices juveniles. Con la CC no se presentaron buenos resultados en la mayoría de los indicadores, por lo que no es recomendable su uso de forma directa para alimentar la *Eisenia andrei*. En el porcentaje de germinación de las semillas los mejores tratamientos fueron B, B+G+RV, RV y las combinaciones con CC. Para incrementar la biomasa de lombrices, población, longitud, número de cocones y lombrices juveniles se recomienda usar sustratos elaborados con RV, B y sus combinaciones. Al utilizar CC combinada con G y B también se obtienen altas cantidades de cocones y lombrices juveniles. Los mejores indicadores nutricionales del *Capsicum chinense* Jacquin se presentaron en la combinación de EO y G.

**Palabras clave:** *Eisenia andrei*, Chile habanero, abonos orgánicos, desechos orgánicos.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Los abonos orgánicos son importantes para mantener la fertilidad del suelo y enmendar aquellos que han sido afectados por su uso intensivo. En años recientes la demanda de los abonos orgánicos se ha incrementado por ser mejoradores del suelo y sustituir a los fertilizantes químicos en la producción de alimentos orgánicos (Herrán *et al.* 2008) . La producción de los abonos orgánicos forma parte importante del manejo sustentable de los agroecosistemas, ya que se obtiene un insumo con recursos de la misma parcela o área de producción (Ramos y Terry 2014). En la búsqueda de innovaciones tecnológicas económicamente viables, ambientalmente sostenibles y socialmente aceptables para producir abonos orgánicos nos encontramos con el vermicompostaje, un proceso biotecnológico que consiste en alimentar a las lombrices con desechos orgánicos y obtener a través de sus deyecciones un producto final, con un alto poder nutritivo, rico en elementos como fósforo, nitrógeno y potasio (Liu, Zhu y Xue 2012). Estos elementos al ser integrados al suelo aportan cantidades importantes de micro elementos, mejoran el estado vegetativo y sanitario de los cultivos, aumentan el porcentaje de germinación y aceleran la velocidad de crecimiento de las plantas (Garg *et al* 2006). Este método de compostaje es muy diferente del método tradicional y se puede llevar a cabo durante todo el año, siempre que se proporcionen las condiciones adecuadas.

**Especies de lombrices utilizadas para el vermicompostaje.** Las especies de lombrices que se utilizan en el vermicompostaje deben tener un alto consumo, digestión y tasa de asimilación de la materia orgánica. Deben ser eficientes en convertir su alimento en proteínas para que sus tasas de crecimiento sean altas.

Las lombrices deben tener amplia adaptabilidad a factores medioambientales (condiciones de temperatura variables), tolerancia a enfermedades, producir gran número de cocones. Los cocones deben tener un tiempo de incubación corto de modo que la conversión de la materia orgánica y la multiplicación sea rápida (Gajalakshmi y Abbasi 2004). Si las condiciones físicas son adecuadas, entonces el número de lombrices aumenta hasta que el alimento se convierte en un factor limitante. Las especies de uso común y que cumplen con las características anteriores son *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei* (Sharma *et al.* 2009). Estas especies son consumidoras prolíficas y pueden alimentarse de una amplia variedad de desechos orgánicos, además exhiben una alta tasa de crecimiento.

**Residuos orgánicos utilizados para el vermicomposteo.** Toda materia orgánica existente tiene el potencial para ser reciclado, estos materiales van desde los desechos animales como los estiércoles (Garg *et al.* 2005), residuos vegetales de cocina (Chatterjee *et al.* 2014), residuos de jardinería (Wani *et al.* 2013), aguas negras (Liu *et al.* 2012), *residuos de café* (Adi y Noor 2009) y *muchas otras que se generan diariamente tanto en las zonas rural como urbanas. Todos estos residuos orgánicos pueden ser asimilados por la lombriz Eisenia andrei*, siempre que se cumplan ciertas condiciones como pH, temperatura, humedad y nutrientes (Singh *et al.* 2011).

**Efecto de la vermicompostas en el crecimiento de las plantas.** Se ha demostrado que la vermicomposta utilizado como sustratos aumenta considerablemente el crecimiento y productividad de una gran cantidad de hortalizas como el chícharo (Khan y Ishaq 2011), tomate y lechuga (Atiyeh *et al.*



2000, Ali *et al.* 2007 y Lazcano *et al.* 2009), chile habanero (Rodríguez-Canché *et al.* 2010, López-Arcos *et al.* 2012), melón (Manh y Wang 2014), rábano (Warman y AngLopez 2010), zanahoria (Chatterjee *et al.* 2014), plantas medicinales como la menta (Ayyobi *et al.* 2014) y en experimentos en campo se han encontrado respuestas positivas de las vermicompostas en el maíz (Guo *et al.* 2015). A diferencia de los agroquímicos y otros tipos de fertilizantes, las vermicompostas liberan lentamente los nutrientes, teniéndolos disponibles cuando las plantas lo requieran (Khan y Ishaq 2011). Además las respuestas de las plantas se han atribuido a mejoras en las propiedades y estructura del suelo (Moradi *et al.* 2014), a una mayor disponibilidad de nutrientes, minerales y a una mayor población microbiana (Chauhan *et al.* 2009).

Por otra parte las investigaciones sugieren que las vermicompostas estimulan aún más el crecimiento de las plantas, incluso cuando ya están recibiendo una nutrición óptima. Hay una serie de trabajos en la literatura que demuestran que los microorganismos producen sustancias reguladores del crecimiento, tales como ácidos indolacéticos (auxinas), giberelinas y citoquinas, y se ha sugerido que la promoción de la actividad microbiana por parte de las lombrices promueve la producción de cantidades significativas de estas sustancias (Olle 2016). La actividad de la lombriz acelera la humificación de la materia orgánica y el aumento de las poblaciones microbianas y la presencia de auxinas y sustancias similares a las giberelinas, así como de ácidos húmicos (Atiyeh *et al.* 2002).

## **JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años y en particular en las zonas urbanas, debido a las actividades humanas se han generado cantidades elevadas de residuos orgánicos sólidos, desechos de animales y vegetales, que en su mayoría son residuos con un alto potencial para el reciclaje. Esta técnica conocida como lombricultura es una forma simple y económica de utilizar materiales biodegradables y convertirlos en sustratos capaces de devolver energía a los suelos de baja fertilidad. En la actualidad es necesario buscar tecnologías alternativas que estén al alcance de la población que permitan minimizar la cantidad de residuos orgánicos que terminan en los vertederos o que simplemente no son aprovechados. Con la utilización de los fertilizantes orgánicos (compostas y vermicompostas), se pueden minimizar los costos de producción e incrementar la productividad de los cultivos. Sin embargo, es importante conocer la composición fisicoquímica de los diferentes sustratos y cuál de ellos son los mejores para la alimentación de la lombriz, así como evaluar las dosis de humus sólidos necesarias para una óptima nutrición de plantas desarrolladas en condiciones de vivero.

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cuáles son las principales características químicas de las diferentes vermicompostas producidas a partir de sustratos orgánicos existentes en la región?
2. ¿Cómo influyen los diferentes sustratos evaluados en el aumento de la biomasa, crecimiento y desarrollo de la lombriz *Eisenia andrei*?
3. ¿Cuáles son los efectos de las vermicompostas en el cultivo del Chile habanero para incrementar su crecimiento y desarrollo?

4. ¿Cuáles son los contenidos de ácido húmico en los diferentes sustratos orgánicos y vermicompostas evaluadas en estos experimentos?

### **OBJETIVOS GENERALES**

- Evaluar la productividad de la lombriz *Eisenia andrei* en los cinco sustratos orgánicos utilizados y sus combinaciones.
- Determinar la influencia de la aplicación de las vermicompostas en el cultivo del Chile habanero en fase de vivero.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición química de las vermicompostas producidas.
- Evaluar el efecto de las diferentes vermicompostas en la germinación y crecimiento del chile habanero (*Capasicum chinense* Jacquin) en condiciones de vivero
- Determinar los contenidos de nutrientes en las plantas de chile habanero al aplicarle las diferentes vermicompostas en fase de vivero.

### **HIPÓTESIS**

De acuerdo al tipo de sustrato utilizado como alimento para la lombriz *Eisenia andrei* se obtendrá un mayor crecimiento, multiplicación y biomasa de lombrices. La aplicación del humus sólido incrementará el crecimiento del cultivo de Chile habanero desarrollado en fase de vivero.

## CAPITULO II

### ARTÍCULO CIENTÍFICO

#### Vermicompostas, su efecto en *Capsicum chinense*

##### Caracterización química de vermicompostas y su efecto en *Capsicum chinense* Jacquin en fase de vivero

##### Chemical characterization of vermicomposts and their effect on *Capsicum chinense* Jacquin in nursery condition

Jesse Joel Edson David Santoya, Regino Gómez Álvarez\*, Gilberto Villanueva López, Aarón Jarquín Sánchez. El Colegio de la Frontera Sur, carretera a Reforma Km 15.5 s/n, Ra. Guineo Segunda Sección, Municipio Centro, CP 86280, Villahermosa, Tabasco.

\*Autor de correspondencia: [regomez@ecosur.mx](mailto:regomez@ecosur.mx)

**RESUMEN.** El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y productividad de la lombriz *Eisenia andrei* en cinco sustratos orgánicos y sus combinaciones. También se estudió el efecto de las diferentes vermicompostas en la germinación y crecimiento del *Capsicum chinense* Jacquin en condiciones de vivero. Los tratamientos utilizados fueron: Estiércol de ovino (EO), *Gliricidia sepium* (G), Bocashi (B), Residuos vegetales (RV), Cascarilla de cacao (CC) y las mezclas de estos materiales. El EO incrementó la biomasa y longitud de la lombriz y al aplicarle G se afectó el número de cocones y lombrices juveniles incrementándose la mortandad. Al utilizar B y RV se obtuvo un efecto positivo en la biomasa, longitud, número de cocones y lombrices juveniles. Con la CC no se presentaron buenos resultados en la mayoría de los indicadores, por lo que no es recomendable su uso de forma directa para alimentar la *Eisenia andrei*. En el porcentaje de germinación de las semillas los mejores tratamientos fueron B, B+G+RV, RV y las combinaciones con CC. Para incrementar la biomasa de

lombrices, población, longitud, número de cocones y lombrices juveniles se recomienda usar sustratos elaborados con RV, B y sus combinaciones. Al utilizar CC combinada con G y B también se obtienen altas cantidades de cocones y lombrices juveniles. Los mejores indicadores nutricionales del *Capsicum chinense* Jacquin se obtuvieron en la combinación de EO y G.

**Palabras clave:** *Eisenia andrei*, Chile habanero, abonos orgánicos, desechos orgánicos.

**SUMMARY.** The objective of the present study was to evaluate the growth and productivity of the worm *Eisenia andrei* in five organic substrates and their combinations. The effect of the different vermicompost on the germination and growth of the *Capsicum chinense* Jacquin under nursery conditions was also studied. The treatments used were: Sheep manure (SM), *Gliricidia sepium* (G), Bocashi (B), Vegetable waste (VW), Cocoa husk (CH) and mixtures of these materials. The SM increased the biomass and length of the worms and when G was applied the number of cocoons and juvenile worms were affected increasing the mortality. When using B and VW, a positive effect was obtained on biomass, length, number of cocoons and juvenile worms. The CH did not show good results in most of the indicators so it is not recommended to use directly to feed *Eisenia andrei*. In germination percentage of the seeds, the best treatments were B, B+G+VW, VW and combinations with CH. To increase the biomass of worms, population, length, number of cocoons and juvenile worms it is recommended to use substrates made with VW, B and their combinations. When CH was used in combination with G and B, high amounts of juvenile worms and cocoons were also

obtained. The best nutritional indicators of *Capsicum chinense* Jacquin were presented in the combination of SM and G.

**Key words:** *Eisenia andrei*, habanero pepper, organic fertilizers, organic waste.

## **INTRODUCCIÓN**

El vermicompostaje es un método usado para el manejo de residuos sólidos orgánicos lo cual implica la utilización de ciertas lombrices de tierra y microorganismos (Acosta 2013, Bhat *et al.* 2015), los cuales rompen y digieren los desechos orgánicos transformándolos en materiales finos, humificados, microbiológicamente activos, conocidos como vermicompostas. Las excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas de las vermicompostas las convierten en excelentes fertilizantes orgánicos usados en la fertilización de los cultivos y como sustratos para plantas desarrolladas en viveros (McGinnis *et al.* 2009). Las propiedades de estos abonos orgánicos dependen en gran medida de la naturaleza de los residuos y la transformación de estos por las lombrices. Los estudios que se realizado han tratado de obtener mejores calidades en las vermicompostas que se producen, para usar las mismas en mejora de los sustratos, aplicándolas de forma líquida y/o sólida a los cultivos y sustratos que se usan en viveros e invernaderos (Moreno *et al* 2005 y Rodríguez *et al.* 2007, 2008). En las áreas rurales del estado de Tabasco, la cría de ganado y aves generan grandes cantidades de estiércoles y residuos de cosechas, los que pueden ser utilizados para transformarlos en compostas y vermicompostas (Reines *et al.* 2001 y Soto *et al* 2002). Se han usado las lombrices en la descomposición de una amplia gama de residuos orgánicos, incluyendo lodos de aguas negras, desechos de animales, residuos de cultivos, y residuos industriales, para generar

vermicompostas (Atiyeh *et al.* 2000). Además existen otras actividades productivas como la producción de cacao en los estados de Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Guerrero, que generan gran cantidad de residuos (hojas y frutos) que también pueden ser aprovechados para producir compostas y vermicompostas, estas pueden ser aplicadas con éxito al suelo para su mejoramiento y en la producción del cacao y de otros cultivos como hortalizas y forestales (Castillo *et al.* 2000 y Arancón *et al.* 2004). La estabilidad de un abono orgánico se refiere a la etapa específica de descomposición de la materia orgánica y la madurez a la acción de la materia orgánica para su aplicación al suelo como mejorador y en la producción y crecimiento de las plantas (Bazrafshan *et al.* 2016). La utilización de una vermicomposta inmadura inhibe el crecimiento de las plantas por la producción de sustancias fitotóxicas (compuestos aromáticos halogenados, nitrosaminas, ésteres ftálicos y otros) las cuales causan deficiencias de nitrógeno y una reducción en la concentración de oxígeno en el sistema radical (Majlessi *et al.* 2012). El uso de vermicompostas humificadas estables y maduras al aplicarlas a los cultivos se han obtenido excelentes resultados (Kurien y Ramasamy 2006). La acción continua de las lombrices en los residuos orgánicos produce transformaciones bioquímicas a un ritmo acelerado y se eliminan los agentes fitotóxicos que se presentan. También estas transformaciones producen un efecto significativo en la producción de sustancias húmicas. La continua alteración y combinación de estos compuestos producen sustancias orgánicas que favorecen el crecimiento de las plantas, este proceso se conoce como humificación, donde actúan descomponiendo la materia orgánica los microorganismos y los factores

ambientales, produciéndose CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, iones minerales y MO estabilizada, rica en sustancias húmicas (Soto *et al.* 2002, Pereira y Zezzi-Arruda 2003).

Al aplicar las vermicompostas a los cultivos se ha incrementado el crecimiento de las plantas, producción de flores y contenidos de nutrientes (McGinnis *et al.* 2009).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y productividad de la lombriz *Eisenia andrei* en cinco sustratos orgánicos y sus combinaciones, estudiándose el efecto de las diferentes vermicompostas en la germinación y crecimiento del *Capsicum chinense* Jacquin en condiciones de vivero.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Área de estudio.** Los experimentos se realizaron en el campo experimental de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Villahermosa, ubicado en la Ra. Guineo Segunda Sección del municipio Centro Tabasco, situado entre las coordenadas 17° 54' LN y 93° 2' LO, a una altitud de 12 msnm. La temperatura media anual promedio fue de 27.2 °C, la humedad relativa de 84 % y la precipitación anual acumulada fue de 1 749.7 mm.

**Experimentos y tratamientos.** El periodo de los experimentos fue del primero de marzo al 14 de diciembre de 2016. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó la producción de vermicomposta en cinco sustratos orgánicos (Estiércol de ovino (EO), Residuos vegetales (RV), Bocashi (B), hojas y tallos de *G. sepium* (G) y Cascarilla de cacao (CC) y sus combinaciones, las cuales se describen en la **(Tabla 1)**.

### **(Tabla 1)**

El EO provino del Centro de Capacitación y Reproducción de Especies Menores (CECAREM) del municipio Centro, Villahermosa, Tabasco. La hojarasca fresca y



seca se recolectó en áreas de campo, la G y la CC en terrenos aledaños al Colegio de la Frontera Sur.

**Bocashi (B).** Para elaborar el B se colocaron en capas los diferentes materiales en el siguiente orden: suelo, estiércol, cenizas, cal industrial, melaza, aserrín colado por malla 0.25 cm, levadura, carbón y agua. Posteriormente se mezclaron, humedecieron, se cubrieron con polietileno. Se continuó mezclando dos veces al día durante una semana y posteriormente cada dos días hasta llegar a dos semanas de compostaje (Ramos y Terry 2014). Para elaborar las compostas con los residuos orgánicos, los mismos se precompostearon durante 30 días, para realizar una fermentación donde se estabiliza la temperatura.

**Vermicompostaje de los sustratos.** Para la transformación de los materiales orgánicos de los diferentes tratamientos se utilizó la lombriz *Eisenia andrei* (Bouché 1972), obtenidas de la unidad experimental de lombricultura de ECOSUR. Se introdujeron 50 lombrices de 3.0 cm de longitud promedio y 0.12 g de biomasa en macetas de plástico a las cuales se le agregaron 2.8 Kg de sustrato precompostado (de las diferentes compostas elaboradas y sustratos). Se mantuvo la humedad al 60 % mediante riegos continuos según lo recomendado por (Batham *et al.* 2014). Las macetas se mantuvieron bajo sombra. Posterior a los 60 días de vermicompostaje se contaron y midieron las lombrices evaluándose el porcentaje de mortalidad, biomasa y longitud promedio de los individuos adultos, lombrices juveniles y número de cocones (**Tabla 3**). Para realizar estas mediciones y conteos las lombrices se separaron del recipiente original manualmente, se tomaron 500 g de la vermicomposta resultante de los diferentes tratamientos, se secaron al aire a temperatura ambiente y se almacenaron en

bolsas de plástico herméticas para su posterior análisis químico-físico en laboratorio.

**Análisis químico.** Los análisis químicos del suelo (**Tabla 2**) y de las vermicompostas (**Tabla 4**) se realizaron en el laboratorio de Biogeoquímica de ECOSUR, unidad Villahermosa. El pH se determinó mediante el método AS-02 (NOM-021-SEMARNAT-2000) en un extracto vermicomposta - suelo, relación 1:5. La materia orgánica (MO) y el carbono orgánico total (COT) se determinaron por el método de calcinación o pérdida por ignición (LOI). El carbono orgánico total se calculó en base al 58 % de la materia orgánica. El nitrógeno total se estimó a partir del carbono total, mediante el método AS-25 (NOM-021-SEMARNAT-2000). La relación C:N se calculó a partir de los valores iniciales del carbono de la materia orgánica y el nitrógeno total. El fósforo total se realizó mediante el método colorimétrico de azul de molibdeno. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) y los cationes intercambiables ( $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ) se determinaron mediante el método AS-12 (NOM-021-SEMARNAT-2000). Los ácidos húmicos se determinaron por extracción alcalina utilizando pirofosfato de sodio.

**Bioensayo en plantas.** Para determinar la calidad de las diferentes vermicompostas producidas se llevó a cabo un experimento de germinación en condiciones de vivero utilizando semillas de chile habanero *Capsicum chinense* Jacquin. Este cultivo fue elegido por sus características de crecimiento y por utilizarse en muchos experimentos con enmiendas orgánicas. Las semillas fueron recolectadas de frutos frescos y secadas al aire antes de comenzar los experimentos de germinación. Se mezclaron cada una de las vermicompostas

producidas con suelo en una proporción (1:1). El suelo utilizado en este experimento se describe en la **Tabla 2** *Fluvisol eútrico* de textura arcilla limosa (Palma *et al.* 2007), el cual fue colectado en las áreas experimentales de ECOSUR.

**(Tabla 2)**

Las mezclas de sustratos se colocaron en bandejas de germinación con capacidad para 80 plántulas y posteriormente se sembraron tres semillas en cada cavidad. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las charolas con chile se regaron diariamente para asegurar que la humedad no fuera un factor limitante. Las variables a evaluar fueron: Germinación de semillas durante 21 días la cual se consideró completa cuando la radícula emerge a través de la capa de semilla (testa) y el endospermo (Pua y Davey 2010), respuesta posterior a los 60 días posterior a la siembra, biomasa fresca, número de hojas, altura de la planta, longitud de raíz y área foliar. Se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas para conformar una réplica (30 plantas por tratamiento). Se realizaron análisis de NPK para la determinación de los contenidos totales en la biomasa vegetal. El contenido de N se determinó mediante el método Semi-micro Kjeldahl. El contenido total de P y K por colorimetría y espectrofotometría de llama (NOM-021-RESEMARNAT-2000).

**Análisis estadístico.** Los datos se analizaron con el Paquete Estadístico R Studio Versión 0.98.1103 2009. Para los análisis de crecimiento de las lombrices y características químicas de las vermicompostas se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ); también se realizaron análisis de correlaciones para las distintas variables. Para los parámetros de

crecimiento de las plantas se utilizaron análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

### Caracterización de la lombriz *Eisenia andrei* ante los diferentes sustratos

**orgánicos.** La supervivencia inicial de lombrices en los diferentes sustratos se evaluó a las 24 h después de la inoculación (**Tabla 3**), ya que inferimos que es el tiempo en el que se estabiliza el sistema. El mayor porcentaje de mortandad de lombrices se observó en el tratamiento T012 (100 % G.) con un 100 %, el tratamiento T02 (50 % EO y 50 % G.) con un 27 % y por último el tratamiento T05 (100 % RV) con un 21 %. No se presentaron pérdidas de lombrices en los tratamientos T07, T09 y T010. Después de 60 días de vermicomposteo, se observó un incremento poblacional en todos los tratamientos excepto en T02, donde no se encontraron lombrices juveniles. La máxima población se observó en T03 con 389 lombrices. En la producción de cocones se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las mezclas y la mayor producción se encontró en tratamiento T05 con 422, y una mínima producción en el tratamiento T01 (100 % EO) con 16. No se contabilizaron cocones en el tratamiento T02 (50 % EO+50 % G.). Las mayores cantidades de lombrices juveniles con 342 se registraron en el tratamiento T03 (B 100%) y las menores cantidades en los tratamientos T01 (100% EO) y T02. El tratamiento T03 (100 % B) presentó una correlación positiva con la relación C:N (0.95) y con el porcentaje de ácidos húmicos totales (0.84). Asimismo, se registró una fuerte correlación negativa (-0.76) entre el número de lombrices juveniles y la producción de cocones. Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre Las biomásas de las lombrices adultas en los

distintos tratamientos, obteniendo el mayor valor en T02 con 0.43 g. Las vermicompostas en base a CC no difirieron significativamente entre ellas y sí con el resto de los tratamientos (T07, T08, T09, T010 y T011). En estos tratamientos se registraron los menores pesos promedios. Se observaron patrones similares en la longitud promedio de las lombrices, donde se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. Las mayores longitudes se presentaron en los tratamientos T02 con 5.7 cm y T01 con 5.1 cm y las menores en los tratamientos con CC (de 3.2 a 3.5 cm) como se observa en la **Tabla 3**.

**(Tabla 3)**

Como aspecto general se encontró que los tratamientos que contenían Cascarilla de cacao presentaron los menores valores tanto en longitudes como en biomásas de lombriz.

**Caracterización de las vermicompostas.** En la **Tabla 4** se exponen las principales características químicas de las diferentes vermicompostas producidas por la *Eisenia andrei*. Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para los valores de pH. Estos oscilaron entre 7.9 y 8.1 lo que se considera aceptable para los sustratos orgánicos a utilizar en los cultivos agrícolas.

**(Tabla 4)**

Para los porcentajes de MO (72 a 82 %), C (42 a 47 %) y N (1.4 a 1.6 %) se obtuvieron los mejores valores en los tratamientos donde se usaron Residuos vegetales y Cascarilla de cacao, así como cuando se combinaron estas con *Gliricidia sepium* (RV, RV+G, CC y CC+G).

Cuando se usa Cascarilla de cacao disminuyen los valores del carbono en los ácidos húmicos (4.3 a 5.3 %) y se incrementan el porcentaje de ácidos húmicos

(0.26 a 0.28 %) y de la relación C:N.(0.24 a 0.38 %) (**Tabla 4**). La mayoría de los tratamientos tuvieron una relación C:N entre 20 y 30, lo que significa una lenta tasa de mineralización, por lo que no existieron pérdidas significativas de carbono durante el proceso de vermicomposteo.

Los tratamientos que presentaron los valores más altos para la capacidad de intercambio catiónico (CIC) a los 60 días del vermicompostaje fueron el Bocashi, los Residuos vegetales, la Cascarilla de cacao y la combinación de CC+RV+G. El valor más alto fue para la Cascarilla de cacao con  $101.5 \text{ cmol kg}^{-1}$  y el más bajo para el Bocashi con  $44.3 \text{ cmol kg}^{-1}$ .

Para el potasio los valores más altos se encontraron en los tratamientos con Cascarilla de cacao los que presentaron valores entre  $61.4$  y  $86.3 \text{ cmol kg}^{-1}$ . Los mínimos valores se obtuvieron en los Residuos vegetales, combinación de B+G+RV y el Bocashi ( $11.9$ ,  $16.2$  y  $16.8 \text{ cmol kg}^{-1}$ ).

Para el calcio el valor más alto se obtuvo en el tratamiento CC+G+EO con  $33.7 \text{ cmol kg}^{-1}$  y los valores más bajos al usar CC con  $13.7 \text{ cmol kg}^{-1}$ , CC+G+B con  $13.7 \text{ cmol kg}^{-1}$  y CC+G. con  $16.8 \text{ cmol kg}^{-1}$ .

Para el fósforo los mayores contenidos de este elemento se encontraron en los tratamientos donde se utilizó EO y EO+G (1.4 y 1.3 %), y los menores en la mayoría de los tratamientos donde se utilizó CC (0.2 a 0.4 %).

**Bioensayo vegetal.** El experimento de germinación de semillas de *Capsicum chinense* (**Tabla 5**) se realizó durante 21 días. Las primeras semillas emergieron en el día siete, donde el tratamiento T03 (B+Suelo) reflejó el mayor porcentaje de germinación (36 %) y el menor porcentaje se registró en el tratamiento T04 (B+G+RV+Suelo) con 13 %. El Control presentó el 2 % de germinación en los

primeros siete días. A los 21 días se presentaron los mayores porcentajes de germinación en los tratamientos T03 (B+Suelo) 41 %, T05 (RV+Suelo) 38 % y el Control 33%

**(Tabla 5)**

A pesar de presentar un alto porcentaje de germinación las plántulas en el tratamiento Control tuvieron bajo crecimiento, lo que confirma que este sustrato no suministró los nutrientes para el buen desarrollo del cultivo. En los tratamientos T01 y T02 existieron dificultades en la germinación y desarrollo de las plántulas de chile, esto se explica por la baja degradación del Estiércol ovino y *G.sepium*, también se presentaron en este tratamiento altos contenidos de N, el cual influyó en la germinación, crecimiento y desarrollo del cultivo por producción de sustancias tóxicas nitrogenadas y elevación de la temperatura en la zona de la raíz.

**Altura de la planta, área foliar y número de hojas.** La combinación de vermicomposta/Suelo (1:1) incrementó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) la altura y el área foliar en las plántulas de Chile habanero en comparación con el tratamiento Control. La mayor altura se encontró en B+Suelo (8.4 cm) y la mayor área foliar en CC+G+EO+Suelo (3.0 cm<sup>2</sup>). Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en las longitudes de las raíces, obteniendo las mayores en los tratamientos B+Suelo (8.8 cm), CC+G+EO+Suelo (7.9 cm) y CC+G+Suelo (6.3 cm). Las menores se presentaron en el tratamiento Control (4.7 cm), RV+Suelo y en CC+G+B+Suelo (5.0 cm). Los tratamientos que presentaron mayor número de hojas fueron CC+G+EO (8.7), B+G+RV+Suelo (8.3) mientras que el control fue el de menor

valor (6.1). Para el indicador biomasa el mayor valor se encontró en CC+G+EO+Suelo (0.5 g) y el menor en el Control (0.2 g).

En la **Tabla 6** se muestran los porcentajes de NPK foliar, donde el valor mayor fue para el N en el tratamiento B+G+RV+Suelo (3.9 %), seguido por B+Suelo (3.4 %), el valor más bajo se obtuvo en el control (2.4 %) el cual fue significativamente diferente al resto de los tratamientos. El mayor porcentaje de P se presentó en el tratamiento CC+G+RV+Suelo (0.3 %), los demás tratamientos oscilaron entre 0.1 y 2.0 %. El mayor contenido de K se encontró en el tratamiento CC+G+Suelo (7.4 %), seguido por CC+G+EO+Suelo (7.2 %) y el contenido más bajo se registró en el Control (4.9 %).

#### **(Tabla 6)**

### **DISCUSIÓN**

**Desarrollo de la lombriz.** La supervivencia inicial de las lombrices en los sustratos es un buen indicador de la calidad y estabilidad del alimento. Evans *et al.* (2014) señalan que los residuos orgánicos pueden contener agentes tóxicos si no se alcanza la estabilidad después del pre-composteo, lo que podría explicar la elevada tasa de mortandad en el tratamiento T12 (100 % G). Los tiempos de pre-composteo necesarios para la asimilación del sustrato por la lombriz depende del origen de los materiales (Mupondi *et al.* 2011). Los bajos porcentajes de mortandad en los tratamientos es una indicación que el lapso de 30 días fue suficiente para la estabilización de la materia orgánica como mencionan Ndegwa y Thompson (2001). La nula mortalidad en los tratamientos (T07, T09 y T010) se puede explicar por sus altos porcentajes de materia orgánica, lo que indica una alta disponibilidad del alimento y buena relación C:N (López *et al.* 2013). Las



diferencias en la producción de cocones se relacionan con el tipo de alimento y la misma influye en el desarrollo y reproducción de la lombriz (Manivannan *et al.* 2009). A pesar de registrarse un mayor peso en el tratamiento T02 no existió producción de cocones. Según (Garg *et al.* 2005) las lombrices utilizan la energía de ciertos alimentos para la producción de biomasa y en menor proporción para la producción de cocones. El mayor número de lombrices juveniles que se encontraron en los tratamientos T03 y T05 se explica por su alta relación C:N, lo que coincide con lo reportado por Aira *et al.* (2006) los que encontraron relaciones C:N similares a las obtenidas en este experimento. El número de lombrices juveniles en estos tratamientos presentaron correlaciones negativas con la relación C:N.

La biomasa y crecimiento de las lombrices está directamente relacionado con la calidad del alimento suministrado (Tripathi y Bhardwaj 2004). El tratamiento T02 el cual registró el mayor peso promedio correlacionó de forma negativa (-0.56) con la materia orgánica lo cual indica una buena asimilación del sustrato orgánico por parte de las lombrices. Estos resultados coinciden con los reportados por Senarathne y Langamudali (2015) en donde las lombrices presentaron los mayores pesos cuando se alimentaron con mezclas de estiércol de ovino y *G. sepium*. Según Garg *et al.* (2005) el incremento en biomasa de la lombriz no solo depende de la calidad del sustrato sino de la competencia por el alimento. Las bajas biomásas en lombrices alimentadas con Cascarilla de cacao se pueden explicar por la relación C:N mayor de 20, lo que indica una lenta asimilación y degradación de la materia orgánica. Los patrones de crecimiento de las lombrices en la Cascarilla de cacao y sus combinaciones pueden explicarse por la

disponibilidad y la calidad del alimento. La calidad de esta no fue la mejor ya que durante el vermicompostaje se encontraron residuos de cascarilla de cacao los cuales pudieron haber impedido una buena asimilación el sustrato, afectando el desarrollo de la lombriz. Esto se corrobora por las correlaciones negativas entre la longitud y la relación C:N en estos tratamientos (T07 -0.30, T08 -0.84, T09 -0.23, T010 -0.86 y T011 -0.65).

**Características químicas de las vermicompostas.** Los contenidos de N total de las vermicompostas dependieron del nitrógeno inicial presente en los sustratos y del grado de descomposición de la materia orgánica (Garg *et al.* 2006), también de la mineralización de materiales ricos en carbono por la acción conjunta de las lombrices y las bacterias fijadoras de nitrógeno (Abu *et al.* 2014). Se encontró una correlación positiva entre los contenidos totales de carbono y nitrógeno en los tratamientos T03 (0.81), T05 (0.99), T06 (0.95), T09 (0.46) y T010 (0.62), estos a excepción de T03 presentaron los mayores contenidos de carbono y N, a pesar de que el tratamiento T03 (B 100 %) presentó el menor valor de N se consideran valores aceptables según lo reportado por Álvarez *et al.* (2016). Los pH alcalinos de las vermicompostas pueden atribuirse a la descomposición inicial de la materia orgánica y a la formación de iones amonio (Shrimal y Khwairakpam 2010). Lo anterior demuestra las correlaciones positivas entre el pH y nitrógeno (0.93) en el tratamiento T03 (100% B).

La diferencia en los porcentajes de carbono podría estar relacionada con el origen de los sustratos y sus combinaciones. Los mayores valores de C presentes en la Cascarilla de cacao y en sus combinaciones, coinciden con los valores reportados por Sánchez *et al.* 2007. Los bajos valores de C en el tratamiento T03 (100 % B)

pueden explicarse por los contenidos de azúcares y levaduras que aceleraron la proliferación de microorganismos e insectos que degradan la materia orgánica durante los meses del compostaje del Bocashi, aunado a la acción de las lombrices (Boechat *et al.* 2013). La correlación negativa (-0.51) entre el número de lombrices juveniles y el carbono en el tratamiento T03 indica la disminución del carbono por la creciente población de lombrices. La relación C:N refleja el grado de mineralización y estabilización de la materia orgánica durante el proceso de vermicomposteo (Suthar 2009). Todos los tratamientos en este experimento con excepción del T10, registraron una relación C:N por debajo de 30, lo que se considera una proporción adecuada ya que los microorganismos requieren 30 partes de C por unidad de nitrógeno (César y Munguía 2009). Según Sánchez *et al.* (2007) la relación C:N es el factor más importante para la actividad biológica durante la degradación de la materia orgánica ya que los microorganismos requieren del carbono y el nitrógeno como fuente de energía para crecer y multiplicarse. Las relaciones C:N que se obtuvieron en los diferentes tratamientos indican la continua mineralización de los sustratos durante el proceso de vermicompostaje. Lo anterior coincide con correlaciones negativas en todos los sustratos entre el nitrógeno total y la relación C:N, lo que significa que aumentos en el contenido de nitrógeno fueron seguidos por lentas disminuciones de la relación C:N. De acuerdo con Yadav y Garg (2009) una disminución en esta relación implica un aumento en el grado de humificación de la materia orgánica. Los contenidos de fósforo pueden explicarse por la composición del sustrato original. En el caso de T01 y T02 su principal constituyente fue Estiércol de ovino, el cual fue sometido a compostaje durante varios meses alcanzado la estabilidad.

Los lentos incrementos de fósforo observado en el resto de los tratamientos reflejan la lenta mineralización y movilización del fósforo por las bacterias y las enzimas fosfatasas en el organismo de las lombrices. Se encontró una fuerte correlación positiva entre el fósforo total y el ácido húmico en los tratamientos T02 (0.91), T05 (0.96) y T06 (0.94).

La capacidad de intercambio de cationes se refiere a la capacidad de los suelos para mantener los iones cargados positivamente son un indicador importante de la fertilidad del suelo. Generalmente los valores de CIC aumentan en el contenido de la fracción coloidal, cantidad, tipo de arcilla y materia orgánica. En el caso de los tratamientos T07, T08 y T011 se encontraron altos valores de la materia orgánica, lo que influyó en la elevación de la CIC. La Capacidad de intercambio catiónica es un excelente indicador para estimar el estado físico-químico de un suelo. Expresa la cantidad potencial de cationes que pueden neutralizar las cargas negativas del suelo.

Los cambios en los contenidos de potasio se pueden atribuirse al tipo de material utilizado como alimento, las combinaciones de estos y la asimilación de este nutriente por parte de las lombrices durante el vermicompostaje (Yan *et al.* 2013).

Los cationes como el K muestran normalmente una correlación positiva con la capacidad de intercambio catiónico. Esto lo demuestran los tratamientos T07 (0.33), T08 (0.84) y T010 (0.93) donde la cascarilla de cacao formaba parte del alimento.

Las glándulas calcíferas en la mayoría de las lombrices son responsables de la liberación de carbonatos de calcio durante la ingestión de materia orgánica. El carbonato de calcio ajusta los niveles de pH, controla la ingesta de calcio y la

cantidad de carbonato de calcio liberado en su ambiente (Yan *et al.* 2013). La liberación de carbonato cálcico también es responsable de la neutralización de ácidos orgánicos en los alimentos proporcionados a las lombrices, por lo que existe una correlación positiva entre los porcentajes de ácidos húmicos y contenidos de calcio. En este experimento existieron altas correlaciones positivas entre el carbono de los ácidos húmicos y el calcio en los tratamientos T011 (0.57), T05 (0.28) y T06 (0.98). Las mezclas originales de estos tratamientos fueron Cascarilla de cacao y Residuos vegetales que contienen altas cantidades de lignina.

Los valores más bajos de ácidos húmicos en este experimento se encontraron en aquellos tratamientos que contenían Cascarilla de cacao y difieren de resultados obtenidos por Sánchez *et al.* (2007) que encontraron los valores más altos de ácidos en es estos sustratos. Como menciona Loh *et al.* (2005), los contenidos de ácidos húmicos pueden atribuirse a la calidad de los sustratos y las técnicas de extracción empleadas (Asing *et al.* 2009).

**Germinación del Chile habanero.** Los índices de germinación de las plántulas de Chile habanero, contrastan con lo encontrado por diversos autores al utilizar diferentes combinaciones de vermicomposta/Suelo. Warman y AngLopez (2010) encontraron bajos índices de germinación en rábano, girasoles y berenjenas cuando utilizaron un suelo franco arenoso como sustrato de germinación en contraste con una combinación vermicomposta/Suelo, similar a lo obtenido por Zaller (2007). Los índices de germinación y crecimiento también se pueden explicar por la variedad de Chile habanero utilizado y por los orígenes de los materiales para la producción de vermicompostas (Atiyeh *et al.* 2000).

En este experimento las vermicompostas a base Estiércol de ovino y su combinación con *G. sepium* (1:1) tuvieron efectos inhibidores en la germinación del Chile habanero, también se presentaron en estos tratamientos altos contenidos de N, el cual influyó de manera negativa en la germinación y desarrollo del sistema radical y crecimiento del cultivo. Las vermicompostas a base de Bocashi presentaron los mejores índices de germinación y las mejores respuestas en los diferentes parámetros de crecimiento de las plantas. De acuerdo a Boechat *et al.* (2013).

Las vermicompostas en base a Cascarilla de cacao también brindaron buenas respuestas en el crecimiento del Chile habanero. Huerta *et al.* (2010) encontraron las mejores respuestas al crecimiento de *Capsicum annum var. Glabriusculum* al utilizar vermicompostas a base de Cascarilla de cacao.

Los contenidos de NPK estimulan cambios bioquímicos en el suelo, lo que promueve el crecimiento de las plantas (Martínez *et al.* 2011). El alto contenido de N obtenido en la parte aérea del Chile puede explicarse por la obtención de mayores áreas foliares las cuales correlacionaron positivamente con el N foliar. El alto contenido de potasio que se obtuvo en la biomasa vegetal se explica por contener las plántulas menos fibra que las plantas con mayor desarrollo (Rodríguez *et al.* 2007).

## **CONCLUSIONES**

Entre los tratamientos evaluados se destacaron los de Residuos vegetales, Bocashi y sus combinaciones con los mejores parámetros de biomasa, población, longitud, número de cocones y lombrices juveniles. Cuando se usa Estiércol de ovino se obtiene altas biomásas y longitudes de lombrices tanto cuando se usa

solo o combinada con *G. sepium*. Los tratamientos con Cascarilla de cacao no tuvieron buenos resultados, sólo se obtuvieron altas cantidades de cocones y lombrices juveniles en los tratamientos combinados con *G. sepium* y Bocashi. En la caracterización de las vermicompostas: los mayores porcentajes de MO se registraron con 100 % Cascarilla de cacao y en la combinación de estos con Estiércoles y *G. sepium*. El mayor porcentaje de N y P se obtuvo en el Estiércol de ovino y en la combinación Estiércol de ovino+*G. sepium*. En relación a las respuestas del Chile habanero a la aplicación de las vermicompostas: se encontraron respuestas positivas del *Capsicum chinense* Jacquin, favoreciendo la germinación de las semillas, destacándose con un 41 % el tratamiento Bocashi+Suelo y con un 38.7 %, el tratamiento Residuos vegetales+Suelo. La mayor altura de las plantas se encontró en el tratamiento Bocashi+Suelo.

## LITERATURA CITADA

- Abu Bakar A, Gawi SNASM, Mahmood NZ and Abdullah N (2014) Vermicomposting of vegetable waste amended with different sources of agro-industrial by-product using *Lumbricus rubellus*. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 23(5): 1491-1498.
- Acosta-Durán CM, Solís-Pérez O, Villegas-Torres OG y Cardoso-Vigueros L (2013) Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. Agronomía Costarricense Vol.37 (1): 127-139.
- Aira M, Monroy F and Domínguez J. (2006) C to N ratio strongly affects population structure of *Eisenia foetida* in vermicomposting systems. European Journal of Soil Biology, 42: S127- S131.
- Álvarez-Solís JD, Mendoza-Núñez JA, León-Martínez NS, Castellanos-Albores J y Federico A Gutiérrez - Miceli (2016) Effect of Bokashi and Vermicompost Leachate on Yield and Quality of Pepper (*Capsicum annum*) And Onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. Ciencia e Investigación Agraria 43 (2): 243 - 252.
- Arancón NQ, Edwards CA, Atiyeh R and Metzger JD (2004) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology 2004 Jun 93(2): 139-144.
- Asing J, Wong NC and Lau S (2009) Optimization of extraction method and characterization of humic acid derived from coals and composts. Journal of

- Tropical. Agriculture and Fd. Sc. 37(2): 211-223.
- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD and Shuster W (2000) Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579–590.
- Batham M, Arya R and Tiwari A. (2014) Time Efficient Co-composting of Water Hyacinth and Industrial Wastes by Microbial Degradation and Subsequent Vermicomposting. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 5:222.
- Bazrafshan E, Zarei A, Kord Mostafapour F, Poormollae N, Mahmoodi S and Zazouli MA (2016) Maturity and stability evaluation of composted municipal solid wastes. *Health. Scope* 5(1): e33202.
- Bhat SA, Singh J and Vig AP (2015) Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm *Eisenia fetida* and production of vermicompost. *Springerplus* 2015, 4: 11.
- Boechat CL, Santos JAG, and AMDA Accioly (2013) Net mineralization nitrogen and soil chemical changes with application of organic wastes with “Fermented Bokashi Compost”. *Acta Scientiarum Agronomy* Vol.35(2): 257-264.
- Castillo A; Quarín S y Iglesias M (2000) Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica* 60, 74-79.
- César J and Munguía M. (2009) Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia* Vol XI No1, Enero-Abril.
- Castillo A, Quarín S y Iglesias M (2000) Caracterización química y física de compost de lombrices elaborado a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica*. 60(1): 74-79.
- Evans KJ, Percy AK, Antil RS, Raj D, Abdalla N, Inubushi K, Evans KJ and Percy AK. (2014). Composting for Sustainable Agriculture. Editors: Maheshwari, Dinesh K. (Ed. 2014). *Ecological Intensification through Nutrients Recycling and Composting in Organic Farming. A Review*. En: *Compost Teas in the Management of Fruit and Foliar Diseases for Sustainable Crop Yield and Quality*. Vol.3. pp.173 -198.
- Garg P, Gupta A and Satya S (2006) Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology* 2006 Feb;97(3): 391-395.
- Garg V, Chand S, Chhillard A and Yadav A (2005) Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Applied Ecology and Environmental Research* 3(2): 51-59.
- Huerta E, Vidal O, Jarquin A, Geissen V and Gomez R. (2010) Effect of vermicompost on the growth and production of amashito pepper, interactions with earthworms and rhizobacteria. *Compost Science & Utilization* 18(4): 282-288.
- Kurien J and Ramasamy EV (2006) Vermicomposting of Taro (*Colocasia esculenta*) with two epigeic earthworm species. *Bioresource Technology* 97 1324-1328.
- Loh TC, Lee YC, Liang JB and Tan D (2005) Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance.



- Bioresource Technology 2005 Jan;96(1): 111–114.
- López-Méndez C, Ruelas-Ayala RD, Sañudo-Torres RR, Armenta-López C and Félix-Herrán JA. (2013) Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua* Vol. VII, No. 2, Mayo-Agosto 2013: 81–87.
- Majlessi M, Eslami A, Najafi Saleh H, Mirshafieean S and Babaii S. (2012) Vermicomposting of food waste: assessing the stability and maturity. *Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering* Vol. 9(1):25.
- Manivannan S, Balamurugan M, Parthasarathi K, Gunasekharan G and Ranganathan R. 2009 Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology* 30, 275- 281.
- Martínez N, Velázquez A y Campos E (2011) Predicción de la transferencia de nutrientes de lodos vermicomposteados a suelos forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Quivera*, Vol. 13, No. 1, Enero-Junio, 2011, pp. 16-34 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México.
- McGinnis MS, Warren SL and Bilderback TE (2009) Replacing conventional nursery crop nutrient inputs with vermicompost for container production of *Hibiscus moscheutos* L. "Luna Blush". *HortScience* 44(6):1698-1703.
- Moreno-Reséndez A, Zarate T y Valdés PMT (2005) Desarrollo del tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65:27-34.
- Mupondi LT, Mkeni PN and Muchaonyerwa P (2011) Effects of a precomposting step on the vermicomposting of dairy manure-waste paper mixtures. *Waste Management & Research* 29: 219-228.
- Ndegwa PM and Thompson SA (2001) Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* 2001 Jan; 76(2): 107–112.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el diario oficial de la federación el 23 de abril de 2003.
- Palma-López DJ, Cisneros-Domínguez J, Moreno CE y Rincón-Ramírez JA (2007) Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México. ISBN: 968-839-552-8.
- Pereira MG and Zezzi-Arruda MA. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. *Journal of Brazilian Chemical Society* 14(1): 39- 47.
- Pua EC and Davey MR (2010) Plant developmental biology. *Biotechnological Perspectives*. Volume 2 Editors: Eng Chong Pua and Michael R. Davey, ISBN: 978-3-642-04669-8 (Print) 978-3-642-04670-4.
- Ramos D y Terry E (2014) Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* Oct-Dic 2014, Vol.35(4): 52-59.
- Reines M, A Loza y S Contreras 2001. Lombricultura. Conocer y cuidar las lombrices para obtener abono orgánico. Fundación Produce Jalisco.

- México. pp. 9-26
- Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Favela-Chávez E, Figueroa-Viramontes U, Paul-Álvarez V de P, Palomo-Gil A, Márquez-Hernández C y Moreno-Reséndez A (2007) Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 185-192.
- Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Palomo GA, Favela Che, Álvarez RVP, Márquez HC y Moreno RA (2008) Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3): 265-272.
- Sánchez R, Ordaz VM, Valdes SB, Palma DJ and Bolón J (2007) Chemical characteristics of several vermicomposts in México. *Compost Science & Utilization*. 15(1): 47-52.
- Senarathne SH and Llangamudali IMPS (2015) Utilization of different plant species available in coconut plantation to produce nutrient rich vermicompost. *COCOS 2015*, 21: 33-42.
- Shrimal S and Khwairakpam M (2010) Effect of C/N ratio on Vermicomposting of Vegetable Waste. *Global Science Books* 2010,123–126.
- Soto G, Luna P, Wagger M, Smyth TJ y Alvarado A 2002 Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrimentos en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(2):43-51.
- Soto G y Muñoz C (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Agricultura orgánica. Manejo integrado de plagas y agroecología* 65: 123-129.
- Suthar S (2009) Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecological Engineering* 2009 Vol.35 No.5 pp. 914-920.
- Tripathi G and Bhardwaj P (2004) Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). *Bioresource Technology* 2004 May 92(3): 275-283.
- Warman PR and AngLopez MJ (2010) Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology* 2010, Jun 101(12): 4479-4483.
- Yadav A and Garg VK (2009) Feasibility of nutrient recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. *Journal Hazardous Materials* 2009, Aug 30, 168(1): 262-268.
- Yan YW, Azwady AAN, Shamsuddin ZH, Muskhazli M, Aziz SA and Teng SK (2013) Comparison of plant nutrient contents in vermicompost from selected plant residues. *African Journal of Biotechnology* Vol. 12(17), pp. 2207-2214.
- Zaller JG (2007) Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology* 43:332-336.

## Tablas

**Tabla 1.** Sustratos utilizados durante los 60 días de vermicompostaje utilizando la lombriz *Eisenia andrei*.

**Table 1.** Substrates used during the 60 days of vermicomposting using the worm *Eisenia andrei*.

Tratamientos	Composición	Porcentaje
T01	Estiércol ovino (EO)	100%
T02	Estiércol ovino + <i>Gliricidia sepium</i> (EO+G.)	50 % + 50 %
T03	Bocashi (B)	100%
T04	Bocashi + <i>Gliricidia sepium</i> + Residuos vegetales (B+G.+RV)	50 % + 25 % +25 %
T05	Residuos vegetales (RV)	100%
T06	Residuos vegetales + <i>Gliricidia sepium</i> (RV+G.)	50 % + 50 %
T07	Cascarilla de cacao (CC)	100%
T08	Cascarilla de cacao + <i>Gliricidia sepium</i> (CC+G.)	50 % + 50 %
T09	Cascarilla de Cacao + <i>Gliricidia sepium</i> + Bocashi (CC+G.+B)	50 % + 25 % +25 %
T10	Cascarilla de cacao + <i>Gliricidia sepium</i> + Residuos vegetales (CC+G.+ RV)	50 % + 25 % +25 %
T11	Cascarilla de cacao + <i>Gliricidia sepium</i> + Estiércol ovino (CC+G.+EO)	50 % + 25 % +25 %
T12	<i>Gliricidia sepium</i> (G.)	100%

**Tabla 2.** Principales características físicoquímicas del suelo *Fluvisol eútrico*  
**Table 2.** Main physicochemical characteristics of soil *Fluvisol eútrico*

<b>Características</b>	<b>Contenido</b>
pH	6.7
Arena (%)	10.0
Limo (%)	48.0
Arcilla (%)	42.0
Clasificación	Arcilla limosa
Materia orgánica (%)	8.4
CIC (cmol kg <sup>-1</sup> )	12.2
Nitrógeno Total (%)	0.14
Fósforo Total (%)	0.024
Potasio (cmol kg <sup>-1</sup> )	0.85

**Tabla 3.** Indicadores de calidad de la lombriz *Eisenia andrei* en los diferentes sustratos orgánicos utilizados.

**Table 3.** Quality indicators of the worm *Eisenia andrei* in the different organic substrates used.

Tratamientos	Composición	Relación	Biomasa Final (g)	Población final (N° lombrices)	Longitud final (cm)	N° Cocones	N° Juveniles	Mortalidad (%)
T01	EO	1	0.28 cd	86 e	5.1 ab	16 fg	41 ef	8
T02	EO+G	1:1	0.43 a	37 f	5.7 a	0	0	27
T03	B	1	0.26 d	389 a	4.7 b	138 cd	342 a	6.5
T04	B+G+RV	2:1:1	0.29 cd	240 b	4.6 b	162 c	110 cd	4.5
T05	RV	1	0.37 ab	249 b	5.2 ab	422 a	206 b	4.5
T06	RV+G	1:1	0.33 bc	182 c	4.7 b	220 b	113 cd	20.5
T07	CC	1	0.16 e	113 de	3.2 c	129 de	63 e	0
T08	CC+G	1:1	0.15 e	163 c	3.2 c	153 cd	114 cd	1.5
T09	CC+G+B	2:1:1	0.17 e	177 c	3.5 c	147 cd	127 c	0
T10	CC+G+RV	2:1:1	0.17 e	123 d	3.5 c	103 e	73 de	0
T11	CC+G+EO	2:1:1	0.17 e	96 de	3.5 c	40 f	48 e	4
□	-	-	0.25	168.4	4.3	139	112	7.6
<b>CV %</b>			11.5	6.5	7.4	9.4	16.9	-

Medias con letras diferentes difieren significativamente entre si según la test de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

**Tabla 4.** Principales características químicas de las vermicompostas.  
**Table 4.** Main chemical characteristics of vermicomposts.

Tratamientos	C:N	pH	MO	C	N	AH	CAH	P	K	Ca	CIC
						%			cmol/kg		
<b>T01 (EO)</b>	<b>18.0 c</b>	8.1 ab	47.0 g	28.0 g	1.5 bc	<b>0.3 a</b>	8.8 bc	<b>1.4 a</b>	20.4 d	25.0 bcd	60.8 d
<b>T02 (EO+G)</b>	<b>23.0 bc</b>	8.0 ab	53.0 f	31.0 f	1.4 bc	0.2 abc	<b>11.2 ab</b>	<b>1.3 a</b>	45.4 c	27.5 abc	63.1d
<b>T03 (B)</b>	26.0 b	8.0 abcd	36.0 i	21.0 i	0.8 e	0.2 bc	8.7 bc	0.6 c	16.8 d	20.0 cde	44.3 e
<b>T04 (B+G+RV)</b>	25.0 b	7.8 bcd	43.0 h	25.0 h	1.0 de	<b>0.3 abc</b>	6.7 bc	0.6 c	16.2 d	20.6 cde	52.2 e
<b>T05 (RV)</b>	28.0 b	7.8 abcd	73.0 c	42.0 c	1.5 bc	<b>0.3 abc</b>	<b>11.8 ab</b>	0.4 def	11.9 d	<b>30.6 ab</b>	77.0 c
<b>T06 (RV+G)</b>	25.0 b	8.0 abc	72.0 c	42.0 c	<b>1.6 ab</b>	0.2 c	<b>14.1 a</b>	0.5 cd	22.3 d	<b>29.3 ab</b>	71.0 c
<b>T07 (CC)</b>	38.0 a	7.9 abcd	<b>82.0 a</b>	<b>47.0 a</b>	1.3 cd	0.3 abc	4.6 c	0.2 g	<b>66.5 b</b>	13.7 e	<b>101.4 a</b>
<b>T08 (CC+G)</b>	24.0 b	7.7 d	<b>77.0 b</b>	<b>45.0 b</b>	<b>1.8 a</b>	<b>0.3 abc</b>	5.1 c	0.3 efg	<b>86.3 a</b>	16.8 e	<b>101.5 a</b>
<b>T09 (CC+G+B)</b>	28.0 b	7.9 abcd	61.0 e	35.0 e	1.3 cd	<b>0.3 abc</b>	5.2 c	0.4 de	<b>61.4 b</b>	13.7 e	71.0 c
<b>T10 (CC+G+RV)</b>	24.0 b	<b>8.1 a</b>	64.0 d	37.0 d	1.5 bc	<b>0.3abc</b>	5.3 c	1.1 b	<b>62.7 b</b>	19.3 de	71.2 c
<b>T11 (CC+G+EO)</b>	29.0 b	7.8 cd	<b>80.0 a</b>	<b>47.0 a</b>	<b>1.6 ab</b>	0.3 ab	5.2 c	0.2 fg	<b>71.6 b</b>	<b>33.7 a</b>	91.0 b
□	26.4	7.9	62.6	36.3	1.4	0.25	7.9	0.6	43.8	22.8	73.1
<b>CV %</b>	9.0	1.4	1.3	1.3	8.9	16.2	26.8	10.2	13.0	14.3	4.3

Medias con letras diferentes difieren significativamente entre si según la test de Tukey  $p \leq 0.05$

**Tabla 5.** Dinámica de germinación de Chile habanero en diferentes vermicompostas+suelo

**Table 5.** Dynamics of germination of habanero pepper in different vermicompost+soil.

Tratamientos	Vermicompostas	Proporción	Día 1	Día 7	Día 9	Día 15	Día 21
			% Germinación				
T01	EO+Suelo	1:1	0	0	0	0.35	2.43
T02	EO+G.+Suelo	1:1	0	0	0	0	0
T03	B+Suelo	1:1	0	36.1	40.5	41.0	41.0
T04	B+G.+RV+Suelo	1:1	0	12.7	28.7	31.0	32.4
T05	RV+Suelo	1:1	0	4.6	24.5	28.0	38.7
T06	RV+G.+Suelo	1:1	0	0	3.0	4.6	22.5
T07	CC+Suelo	1:1	0	6.9	9.7	9.4	9.4
T08	CC+G.+Suelo	1:1	0	10.1	12.2	18.1	23.3
T09	CC+G.+B+Suelo	1:1	0	1.9	8.3	30.1	32.2
T10	CC+G.+RV+Suelo	1:1	0	0.5	3.7	30.8	33.8
T11	CC+G.+EO+Suelo	1:1	0	8.0	11.8	19.1	22.9
T12	Suelo (Control)	1	0	1.4	16.9	32.4	33.3

**TABLA 6.** Indicadores de crecimiento y contenidos de nutrientes en plántulas de chile habanero.

**TABLE 6.** Growth indicators and nutrient content in habanero pepper seedlings.

Tratamientos	Sustratos	Indicadores de crecimiento					Contenido de Nutrientes (%)		
		Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Altura de planta (cm)	Longitud de raíz (cm)	Número de hojas	Biomasa fresca (g)	N	P	K
<b>T03</b>	B+Suelo	<b>2.3 ab</b>	<b>8.4 a</b>	<b>8.8 a</b>	<b>7.6 bc</b>	<b>0.4 ab</b>	<b>3.4 ab</b>	<b>0.2 ab</b>	<b>5.5 abc</b>
<b>T04</b>	B+G+RV+Suelo	<b>2.3 ab</b>	7.1 bc	6.0 bc	<b>8.3 ab</b>	0.4 abc	<b>3.9 a</b>	0.1 d	5.9 abc
<b>T05</b>	RV+Suelo	1.6 bc	4.7 d	5.0 c	6.4 d	0.2 cd	3.0 abc	0.2 bc	6.5 abc
<b>T06</b>	RV+G+Suelo	1.6 bc	5.4 de	5.4 c	7.1 cd	0.2 cd	3.2 abc	0.1 cd	5.3 bc
<b>T08</b>	CC+G+Suelo	<b>2.2 ab</b>	6.8 e	6.3 bc	<b>8.0 abc</b>	0.3 bcd	3.2 abc	<b>0.2 ab</b>	<b>7.4 a</b>
<b>T09</b>	CC+G+B+Suelo	<b>2.1 ab</b>	6.3 cd	5.0 c	<b>8.1 abc</b>	0.4 abc	2.8 bc	<b>0.2 ab</b>	6.8 abc
<b>T10</b>	CC+G+RV+Suelo	<b>2.3 ab</b>	7.3 abc	5.8 c	<b>8.2 ab</b>	<b>0.4 ab</b>	3.2 abc	<b>0.3 a</b>	6.3 abc
<b>T11</b>	CC+G+EO+Suelo	<b>3.0 a</b>	<b>8.1 ab</b>	<b>7.9 ab</b>	<b>8.7 c a</b>	<b>0.5 a</b>	3.2 abc	<b>0.2 ab</b>	<b>7.2 ab</b>
<b>T12</b>	Suelo (Control)	0.9 c	5.0 e	4.7 c	6.1 d	0.2 d	2.4 c	0.2 abc	4.9 c
□		2.1	6.6	6.1	7.6	0.35	3.1	0.19	6.2
<b>CV %</b>		79.6	12.7	22.6	9.8	35.7	9.4	11.3	10.9

Medias con letras diferentes difieren significativamente entre si según test de Tukey  $p \leq 0.05$ ).



### CAPÍTULO III

#### CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados sugieren que el mejor sustrato para la adaptación y reproducción de *Eisenia andrei* es el bocashi. Los materiales utilizados en su elaboración aportan una gran cantidad de microorganismos (hongos y bacterias) que favorecen la disponibilidad de alimento, reflejándose en una mayor producción de lombrices juveniles en relación a los otros sustratos. La mezcla Estiércol de ovino:*G.sepium* (T02) produjo lombrices con mayor peso promedio, sin embargo no se obtuvieron cocones ni lombrices juveniles, lo cual lo convierte en un sustrato apto para la producción de biomasa. A pesar de presentar bajas cantidades de cocones y juveniles los tratamientos con cascarilla de cacao manifestaron los menores porcentajes de mortandad lo que refleja la estabilidad necesaria que deben presentar los sustratos orgánicos durante el proceso de vermicompostaje. La respuesta de las lombrices a los sustratos orgánicos (EO,B, RV y combinaciones con G y RV) tienen una aplicación práctica para la producción de biomasa de lombriz, así como pie de cría. Los resultados de germinación y desarrollo de plántulas sugieren que las vermicompostas en base a cascarilla de cacao son las de mejores características, sin embargo las otras vermicompostas producidas en este experimento presentan buenas características y pueden recomendarse como enmiendas orgánicas para el Chile habanero. Se recomienda extender el periodo de composteo de los residuos de leguminosas, para estabilizar el material y para evitar la mortandad de las lombrices. Los organismos biológicos y compuestos orgánicos complejos (como el ácido húmico) que se obtienen durante el

vermicompostaje son muy importantes para mejorar la calidad del abono orgánico. El uso de los diferentes sustratos orgánicos en la alimentación de las lombrices son de gran importancia en el trópico húmedo, por lo que estudios en esta temática favorecen la obtención de tecnologías para la producción de vermicompostas. La lombricultura sirve como alternativa para el manejo de los residuos orgánicos como los utilizados en este trabajo. Estas tecnologías pueden ser adaptadas y aplicadas en las comunidades para aprovechar los recursos locales, contribuir a la sostenibilidad de los cultivos y mejorar los ingresos de los productores locales.

## LITERATURA CITADA

- Adi AJ and Noor ZM (2009). Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology* Jan 100 (2) :1027–1030.
- Ali M, Griffiths AJ, Williams KP and Jones DL. (2007) Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology* 43: 316-319.
- Atiyeh RM, Domínguez J, Subler S and Edwards CA. (2000). Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia (Jena)*.709–724.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ and Metzger JD (2002) The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84:7-14.
- Ayyobi H, olfati JA and Peyvast GA. (2014). The effects of cow manure vermicompost and municipal solid waste compost on peppermint (*Mentha piperita* L.) in Torbat-e-Jam and Rasht regions of Iran. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*.Vol.3 (4): 147-153.
- Chatterjee R, Bandyopadhyay S, Jana JC. (2014) Evaluation of vegetable wastes

- recycled for vermicomposting and its response on yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. June 3:60.
- Chauhan, Krunalkumar, Herat, Sunil, Sinha, Rajiv, Valani, Dalsukhbhai (2009). Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Conventional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security. American Eurasian. Journal of. Agricultural & Environmental Sciences 5:1-55.
- Gajalakshmi S and Abbasi SA. (2004) Earthworms and vermicomposting. Indian Journal Biotechnology. 3: 486-494.
- Garg P, Gupta A and Satya S (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. Bioresource Technology 97:391-395.
- Garg VK, Chand S, Chhillard A and Yadav A (2005) Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. Applied. Ecology and Environmental. Research. 3(2): 51-59.
- Guo L, Wu G, Li C, Liu W, Yu X, Cheng D and Jiang G. (2015). Vermicomposting with maize increases agricultural benefits by 304%. Agronomy for Sustainable Development. 35:1149-1155.
- Herrán JAF, Sañudo Torres RR, Rojo Martínez GE, Martínez Ruiz R y Olalde Portugal V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai 4:57-67.
- Khan A, Ishaq F. 2011. Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*. Asian Journal of Plant Science & Research. 1:116-130.
- Lazcano C, Arnold J, Tato A, Zaller J and Domínguez J. (2009) Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. Spanish Journal of Agricultural Research 7: 944-951.
- Liu F, Zhu P and Xue J (2012) Comparative Study on Physical and Chemical Characteristics of Sludge Vermicomposted by *Eisenia Fetida*. Procedia Environmental Sciences. 16: 418-423.
- López Arcos M, Poot Matu JE y Mijangos Cortez MA (2012) Respuesta del Chile

- habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. Revista. Científica UDO Agrícola 12(2): 307-312.
- Manh VH and Wang CH. (2014) Vermicompost as an Important Component in Substrate: Effects on Seedling Quality and Growth of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). APCBEE Procedia 8: 32-40.
- Moradi H, Fahramand M, Sobhkhizi A, Adibian M, Noori M, Abdollahi S and Rigi K (2014) Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties. International Journal of Farming and Allied Sciences Vol. 3 (3): 333-338.
- Olle M. 2016. Short communication: the effect of vermicompost based growth substrates on tomato growth. Agraart. J. Agric. Sci. XXVII:38-41.
- Ramos D y Terry E. (2014) Generalidades de los abonos orgánicos : Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos. Tropicales. 35: 52-59.
- Rodríguez-Canché LG, Cardoso-Vigueros LGL, Carvajal-León J and S de la C Poot D (2010). Production of Habanero Pepper Seedlings With Vermicompost Generated From Sewage Sludge. Compost Science & Utilization. 18:42-46.
- Sharma S, Kumar A, Pratap A and Padma S (2009). Earthworms and vermitechnology. A review. Dynamic soil dynamic plant 3:1-2.
- Singh RP, Singh P, Araujo ASF, Hakimi Ibrahim M and Sulaiman O (2011) Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option. Resources, Conservation and Recycling 55:719-729.
- Wani KA, Mamta and Rao RJ (2013) Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*. Saudi Journal of Biological Sciences 20(2): 149-154.
- Warman PR, AngLopez MJ. 2010. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. Bioresource Technology 101(12): 4479-4483.

## ANEXOS

### GUÍA PARA EL AUTOR

#### **Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios (ERA).**

Es una revista que se publica en forma cuatrimestral por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco desde 2014. Publica resultados de investigaciones científicas originales e inéditas en la modalidad de Artículos Científicos, Notas Científicas, Artículos de Revisión y Cartas al Editor, relacionados con la Ciencias Agrícolas, Ciencia Animal, Ciencias Ambientales, Fauna Silvestre, Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Naturales, y Ecología. La revista está incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica (CONACYT), SCIELO, Citation Index, SCIELO México y otros índices nacionales e internacionales, se distribuye a centros de investigación e instituciones de educación superior nacionales e internacionales.

Los manuscritos deben enviarse mediante el gestor de la revista ([www.ujat.mx/era](http://www.ujat.mx/era)), anexando carta de originalidad y solicitud de posible publicación firmada por los autores. Los manuscritos se reciben en español o inglés, en el caso de los artículos en inglés en los que el idioma materno del o de los autores no sea el inglés, se debe presentar certificado de traducción de Oxford Science Editing, Proofreading services o American Journal Experts. Los artículos de revisión y números especiales son publicados a criterio del Comité Editorial, todos los manuscritos son objetos de revisión editoriales y arbitrados mediante doble ciego por al menos dos especialistas del área. Los autores deben proponer tres posibles árbitros de reconocido prestigio académico de instituciones diferentes a la de los autores, quienes pueden ser

considerados por los Editores en el proceso de arbitraje. En caso de enviar manuscritos que incluyan lista de especímenes colectados o revisados, se debe incluir el número de acceso y el nombre de la colección científica o museo donde se depositan. El establecimiento de nuevas taxa y los nombres científicos que se citen deben cumplir los códigos internacionales de nomenclatura (International Code of Botanical Nomenclature and International Code of Zoological Nomenclature).

El contenido y la originalidad es responsabilidad de los autores. El autor responsable, una vez recibido el dictamen de aceptación del manuscrito, firmará la carta de conformidad de las pruebas de galera y cesión de derechos de autor.

Errata - Esta sección proporciona un medio para corregir errores de edición o impresión de un artículo publicado. Enviar la errata en tres columnas intituladas página? párrafo, “dice” y “debe decir”.

Cargos y costos de la publicación - La impresión de los manuscritos es sin cargo para el autor. Sin embargo, las políticas de publicación de la revista pueden cambiar.

### **GUÍA PARA LA PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS**

**Indicaciones generales** - Escribir a doble espacio el manuscrito en procesador Microsoft Word con letra Arial Narrow 12, márgenes de 2.5 cm, con páginas y líneas numeradas. Las Figuras y Tablas se deben poner después del apartado de literatura citada. El texto debe estar redactado en tercera persona, los números del cero al nueve se deben escribir con letra, excepto cuando estén precedidos por unidad de medida, y del 10 en adelante con números. Usar las unidades y abreviaturas aceptadas por el Sistema Internacional de Unidades (Consultar el apartado Unidades básicas).

**Títulos del manuscrito** - Todos los manuscritos deben contar con dos títulos (corto y principal). El título principal debe estar en español e inglés, en mayúsculas, negritas y centrado, con un máximo de 15 palabras. El título corto debe estar escrito en el idioma del manuscrito con mayúsculas y minúsculas, alineado a la derecha con un máximo de seis palabras. En caso de ser necesario incluir el nivel taxonómico para facilitar la ubicación del o de los organismos estudiados; no abreviar nombres científicos, separar los nombres del phylum, clase, orden y familia. En el caso de uso subsecuente del nombre científico se puede abreviar el género.

**Nombres de autores y direcciones** - Anotar los nombres completos de los autores, iniciar con el (los) nombre (s) y después los apellidos, separar los autores con coma. Para identificar los autores poner un superíndice numérico, el cual debe relacionarse con la dirección de adscripción. En caso de que todos los autores estén adscritos a la misma institución no es necesario utilizar el superíndice numérico. Escribir el nombre de la institución con la dirección postal completa de los autores, el autor responsable se debe identificar con un asterisco e incluir su correo electrónico.

**Resumen** - Escribir el resumen en cada idioma, en un máximo de 250 palabras para artículos científicos y artículos de revisión, y de 150 para notas científicas.

**Palabras clave** - Colocar cinco palabras clave que no estén incluidas en el título del manuscrito, en ambos idiomas después del resumen y del abstract.

**Títulos de primer y segundo orden** - Los títulos de primer orden se utilizan para identificar las secciones, estos deben alinearse al margen izquierdo, con mayúsculas, negritas y sin punto (ejemplo: MATERIALES Y MÉTODOS) y continuar con el texto en el siguiente renglón. Los títulos de segundo orden se utilizan para identificar los apartados en cada sección, deben alinearse al margen izquierdo, en

negritas, con mayúsculas y minúsculas, colocar punto y seguido para continuar con el texto (ejemplo: Diseño experimental. Se utilizó...).

**Literatura citada** - La literatura debe reflejar el manejo especializado y actualizado de los temas relacionados con el manuscrito. La información obtenida en las páginas electrónicas se aceptan si proviene de instituciones cuya información esté certificada y actualizada (FAO, UNESCO, NOM, INEGI, Secretarías de Gobierno). No debe incluirse literatura de difícil acceso, como tesis, publicaciones de memorias de congresos o literatura con distribución limitada.

Citar en el texto (1) el apellido del autor seguido del año, Núñez-García y Fuentes-Carrasco (2012) afirman..., (2) el apellido entre paréntesis sin coma y seguido del año, si lo dicho por el (los) autor(es) no forma parte del texto (Williams y de la Croix 2015); y (3) el apellido del autor seguido del año con una letra que permita distinguir más de una referencia publicada el mismo año por él o los mismos autores (Santillana 2015a, 2015b). En el caso de que la idea sea apoyada por más de una cita, la literatura se pone en orden cronológico, en el ii GUÍA PARA EL AUTOR caso de existir dos o más autores del mismo año se ordenan de forma alfabética (Pérez 2015, Pereira y López 2015, Reséndez y Salvadores - Baledón 2015). Si se trata de más de dos autores, después del primer autor se pone et al. en cursivas con punto, seguido del año, por ejemplo Guadarrama et al. (2015) o (Guadarrama et al. 2015) dependiendo de su posición en el texto. Cuando se mencione información coincidente del mismo autor de diferentes citas colocar solo la más reciente.

En la sección de literatura citada, escribir las referencias sin espacios utilizando sangría tipo francesa. En caso de revistas anotar el nombre completo de la revista, volumen, seguido de dos puntos y las páginas (separadas por un guion) y un punto



al final. En caso de apellidos con preposiciones (de la, von, etc.), éstas se escribirán iniciando con mayúscula antes del apellido. Cuando se cite un documento con más de seis coautores, se anotarán los primeros seis y se añade et al. Cuando el artículo esté en prensa, añadir el DOI (Digital Object Identifier) al final de la cita. **Ejemplos**

#### **Artículo**

**Kursat CH**, Lupeanu ME, Rennie AEW, Neagu C, Akinci I (2013) Product re-design using advanced engineering applications and function analysis: a case study for greenhouse clips. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 35: 305-318.

**Shi Q**, Dong Y, Qiao D, Wang Q, Ma Z, Zhang F, et al. (2015) Isolation and characterization of ZmERF1 encoding ethylene responsive factor-like protein 1 in popcorn (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Biotechnology* 120: 747-756.

#### **Libros**

**Zar JH** (2009) *Biostatistical analysis*. 5th Edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 66p

#### **Capítulo de libro**

**Sánchez AJ**, Florido R, Salcedo MA, Ruiz-Carrera V, Montalvo-Urgel H, Raz-Guzman A (2012) Macrofaunistic diversity in *Vallisneria americana* Michx. in a tropical wetland, southern Gulf of Mexico. In: Mahamane A (ed) *Ecosystems I*. InTech. Rijeka, Croatia. pp: 1-26.

**López LR**, Ruíz AO (2014) Necesidades hídricas y programación del riego para caña de azúcar en Tabasco, México. En: Mendoza PJD, De la Cruz LE, Martínez ME, Osorio OR, Estrada BMA (ed). *Tópicos selectos en agronomía tropical*. Vol 2. Tabasco, México. pp: 171-181.

## **Internet**

**Paliwal RL**, Granados G, Latte HR, Violic AD, Marathée JP (2001) El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm>. Fecha de consulta 5 de agosto de 2015.

**FAO (2012)** Capacidades de pasta y papel. Estudio 2011-2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 97 p. <http://www.fao.org/docrep/016/i3005t/i3005t.pdf>. Fecha de consulta 5 de agosto de 2013.

## **EDICIÓN DE TABLAS Y FIGURAS**

Tablas y figuras - Estas se deben incluir al final del manuscrito, en hojas separadas con títulos en el idioma en que se presenta el manuscrito.

**Tablas** - Se deben numerar con arábigos. El título debe ser corto y explicativo, de manera que se entienda por sí mismo sin necesidad de leer el texto. Incluir punto y seguido después del número de la Tabla (ejemplo - Tabla 1. Aspectos socioeconómicos, tecnológicos y comerciales en las unidades de producción ganadera). Las Tablas se elaboran con el editor de tablas del procesador de texto, en blanco y negro con fondo blanco. Si las Tablas son cargadas de información se recomienda sopesar otra forma de reportarla o dividir la Tabla. Las columnas no se separan por líneas. Las comparaciones de medias se identificarán con letras minúsculas en superíndice (a, b, etc.). Incluir la probabilidad de F del análisis. El tamaño de la Tabla es proporcional a la cantidad de información que se presente.

**Figuras.** Las Figuras corresponden a dibujos, gráficas, diagramas, mapas y

fotografías. Se numeran con arábigos. El título debe ser corto y explicativo, de manera que se entienda por sí mismo sin necesidad de leer el texto. Incluir punto y seguido después del número de la Figura (ejemplo: Figura 2. Crecimiento de la *Amphora* sp a diferentes salinidades). Las fotografías deben tener un contraste adecuado para su impresión y enviarse en digital, las cuales deben tener un mínimo de 300 dpi (puntos por pulgada). En el caso de fotografías macro y microscópicas, y de información cartográfica, se debe incorporar la escala de referencia. En una Figura lo que interesa destacar es el contenido y no los ejes. Consecuentemente, el grosor de estos últimos conviene que sea menor que en las líneas interiores. Para indicar las dimensiones de los ejes se sugiere elegir escalas apropiadas, que destaquen lo que se desea mostrar. Los símbolos utilizados en la Figura deben describirse en el pie de página. El formato para enviar las figuras es JPG o PNG. El tamaño máximo de la Figura es de media cuartilla, que permita su reducción hasta un cuarto del tamaño original, sin perder legibilidad y detalles. Evitar sobrecargar las Figuras. La información que se presente en Figuras no se debe duplicar en el texto. Simbología y abreviaturas. Para el uso de símbolos, utilizar las fuentes del procesador de Microsoft Word. La primera vez que se utilicen abreviaturas en el manuscrito, se debe poner el nombre completo y encerrar entre paréntesis la abreviatura. Las oraciones no deben iniciar con símbolos, abreviaturas o números.

## **FORMATOS ESPECÍFICOS**

### **1. FORMATO PARA EL ARTÍCULO CIENTÍFICO**

Orden - Estructurar el manuscrito en el siguiente orden: título corto, título principal en español e inglés, autor(es), resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones,

agradecimientos (opcional) y literatura citada. La extensión máxima del manuscrito es de 25 cuartillas, incluyendo Tablas y Figuras en hojas separadas al final del manuscrito.

**Resumen.** El resumen debe incluir el objetivo, procedimientos empleados, resultados sobresalientes y conclusión, todo en un solo párrafo, con máximo de 250 palabras. No incluir citas en este apartado.

**Palabras claves** Colocar cinco palabras que no estén contenidas en el título, en orden alfabético y separadas por punto y coma.

**Abstract y Key Words:** El contenido de estos apartados deben ser iguales al resumen y a las palabras clave en español. Los autores son responsables de la traducción al inglés.

**Introducción** - Señalar de forma clara la importancia, justificación, antecedentes y finalizar con el objetivo del estudio. Incluir literatura relevante del estudio, preferentemente de los últimos cinco años y publicada en revistas científicas de reconocido prestigio.

**Materiales y Métodos** - En este apartado se indica donde, cuando y como se realizó el estudio (incluir localización del área de estudio, diseño experimental, variables evaluadas, análisis estadístico, etc.). La información de este apartado debe ser congruente con el objetivo del estudio. Por lo tanto, se describirán de forma concisa, clara y completa, los materiales y la metodología empleada, de tal forma que el estudio sea reproducible por otros investigadores.

**Resultados** - Se deben de organizar en forma concisa, con Tablas y/o Figuras. La descripción de éstos se debe enfocar en destacar los aspectos relevantes del estudio.

**Discusión** - Se debe basar en la interpretación de los resultados y su comparación objetiva e imparcial con estudios similares, fundamentada con referencias pertinentes.

**Conclusiones** - Anotar en forma breve y concisa las aportaciones al campo del conocimiento, avaladas por los resultados obtenidos.

**Agradecimientos** - Son opcionales, se empleará para dar crédito a personas, instituciones que financiaron, asesoraron o auxiliaron durante la realización del trabajo.

**Literatura Citada** - Se integra en orden alfabético y cronológico con todas las referencias citadas en el texto.

## **2. NOTA CIENTÍFICA**

Como Nota científica serán:

Resultados preliminares, modificaciones de algún método o técnica experimental, metodologías estadísticas, ampliaciones de ámbito geográfico de especies, descripción de nuevas variedades, aparato o instrumento de campo o laboratorio.

La Nota Científica contendrá los siguientes apartados: título corto, título principal en español e inglés, autor(es), resumen (máximo 150 palabras), palabras clave, abstract, key words, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, agradecimientos (opcional) y literatura citada. Las conclusiones se incluirán en un párrafo al final del apartado de resultados y discusión. La extensión máxima es de 15 cuartillas incluyendo Tablas y Figuras.

**3. ARTÍCULOS DE REVISIÓN** La publicación de este tipo de manuscrito está sujeto a consideración del Comité Editorial. Los tópicos que se discutirán serán los que se encuentran dentro del alcance de la revista, su redacción preferentemente será en

inglés, y su extensión máxima es de 35 cuartillas. Los apartados que integran estas contribuciones son: título principal, título corto, resumen, palabras clave, abstract, key words, introducción, desarrollo del tema (con los apartados que sean necesarios en el trabajo a criterio del autor o autores), conclusiones y literatura citada.

**4. CARTAS AL EDITOR** - En esta sección se aceptaran escritos relacionados con análisis críticos de libros publicados en los últimos cinco años, remembranzas del quehacer científico de investigadores de renombre, comentarios de temas de interés y de artículos publicados en la revista. La extensión máxima de estas contribuciones será de cuatro cuartillas, en formato libre. Si en el texto se incluyen citas bibliográficas, estas deberán citarse al final del manuscrito de acuerdo con las normas editoriales de la revista. Unidades Básicas ampere - A Litro- L candela - cd Metro - m Caloría - cal Miligramo - mg Centímetro - cm Minuto - min Centímetro cúbico-cm<sup>3</sup> Mililitro - ml Día - d milisegundo - ms Grado Celsio - °C Milivoltio - mv Gramo - g Mol - mol Hectárea - ha Nanómetro - nm Hectómetro - hm Miligramos por litro - mg l<sup>-1</sup> Hora - h Segundo - s Kilogramo - kg Tonelada- t - Kilómetro - km Voltio - v

## **CONSIDERACIONES**

Las abreviaturas son iguales en singular y plural (1 cm, 15 cm), no colocar punto después de la abreviatura, excepto al final de la oración.

**Particularidades del Sistema Internacional** - Dejar un espacio entre el número y la unidad de medida.

Correcto: 15 m, 30 %, 37 °C.

Incorrecto: 15m, 30 %, 37°C.

No dejar espacio entre el número y la unidad cuando se trate de ángulos y medidas

de longitud o latitud.

Correcto: 30° 15 5 Norte

Incorrecto: 30 o 15 5 Usar espacios para dividir los números de más de tres dígitos, tanto a la izquierda como a la derecha del punto decimal.

Correcto: 21 345 678.00

Incorrecto: 21345678.00

No mezclar sustantivos con unidades de medida. Correcto: El contenido de agua es 30 ml kg<sup>-1</sup>

Incorrecto: El contenido es 30 ml H<sub>2</sub>O/kg; el contenido es 30 ml agua/kg.

No comenzar las oraciones con números. Correcto: En el bosque se colectaron 30 especímenes

Incorrecto: 30 especímenes se colectaron en el bosque, Treinta especímenes se colectaron en el bosque.

Abreviar las unidades de medida cuando están precedidas de dígitos, pero no cuando son sustantivos.

Correcto: La tortuga pesó 15 kg; El peso se expresó en kilogramos; Sucedió en 15 % de los casos.

Incorrecto: La tortuga pesó 15 kilogramos; El peso se expresó en kg; Sucedió en el 15 por ciento de los casos.

No usar símbolos como sustantivos en frases.

Correcto: esta es mayor que la otra.

Incorrecto: esta es >que la otra.

Representar los números con palabras cuando se componen de un sólo dígito (cero a nueve), y con dos dígitos representarlos con número.

Correcto: se tomaron tres muestras,...de las 10 localidades

Incorrecto: se tomaron 3 muestras,...de las diez localidades

Abreviar las fechas consistentemente. En la redacción formal no usar rayas oblicuas en las fechas.

Correcto: 10 de diciembre de 2002

Incorrecto: 10/12/02.

Expresar la hora mediante el sistema de 24 horas:

Correcto: 08:00, 21:30.

Incorrecto: 8:00 a.m., 9:30 p.m.

Expresar exponenciales usando exponentes: insertar fórmula con formato de Word:

Correcto:  $X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

Incorrecto:  $X = \frac{-b^2 \pm (b^2 - 4ac)^{0,5}}{(2a)}$

En el título solo debe de ir el nombre científico de la especie:

Correcto: FENOLOGÍA DE LA FLORACIÓN Y CICLOS REPRODUCTIVOS DEL NANCHE (*Byrsonima crassifolia*) EN NAYARIT.

Incorrecto: FENOLOGÍA DE LA FLORACIÓN Y CICLOS REPRODUCTIVOS DEL NANCHE [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK] EN NAYARIT,...Nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, (*Malpighiales: Malpigiaceae*) |Nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Malpigiaceae*)

Abreviar los nombres de los géneros después de usarlos por primera vez. Si dos o más géneros comienzan con la misma letra.

**INFORMES:** Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Secretaria de Investigación Posgrado y Vinculación Av. 27 de Febrero 626 Villahermosa, Centro Tabasco, México. CP. 86000. Tel: (01-993) 3581500 Ext. 5041 Email: era@ujat.mx