

VERMICOMPOSTA COMO COMPONENTE DE SUSTRATO EN EL CULTIVO DE *Ageratum houstonianum* Mill. Y *Petunia hybrida* E.Vilm. EN CONTENEDOR

Carlos Acosta-Durán¹, Noelia Vázquez-Benítez², Oscar Villegas-Torres¹,
Lilia Beatriz Vence³ y Denisse Acosta-Peñaloza⁴

RESUMEN

La búsqueda de sustratos alternativos con bajo impacto al medio ambiente se hace indispensable para mantener la producción de cultivos ornamentales de importancia económica. En este trabajo se evaluó el efecto de la vermicomposta como componente de sustrato en los cultivos de *Ageratum houstonianum* y *Petunia hybrida* en contenedor. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de vermicomposta combinadas con un sustrato preparado con tierra de bosque, aserrín de pino y fibra de coco, en volúmenes iguales. En general se observaron diferencias significativas por efecto de los tratamientos aplicados en ambos cultivos. En las dos especies, el tratamiento que mostró los mejores resultados para la mayoría de las variables fue la dosis más alta de vermicomposta (100 %). La misma promovió una respuesta mayor en las variables de crecimiento y floración al tratamiento químico, y en las variables de crecimiento de raíz mostraron un comportamiento similar. En las dos especies, los tratamientos menos favorecidos fueron las dosis de 50 y 25 % de vermicomposta, y el testigo, los cuales mostraron valores estadísticos iguales entre ellos en la mayoría de las variables. Los resultados indican que es posible el cultivo de estas ornamentales en contenedor sustituyendo la aplicación de fertilizantes químicos por dosis de vermicomposta manteniendo la calidad de las plantas producidas. Se concluyó que la adición de dosis altas de vermicomposta, e incluso la utilización de vermicomposta al 100% como medio de crecimiento, ofrecen condiciones adecuadas para el cultivo de ambas especies en contenedor.

Palabras clave adicionales: Abono orgánico, medio de crecimiento, plantas ornamentales

ABSTRACT

Vermicompost as a substrate component in *Ageratum houstonianum* Mill. and *Petunia hybrida* E.Vilm in container culture

The search for alternative substrates with low impact on the environment is essential to maintain the production of economically important ornamental crops. In this study, the effect of vermicompost as a growing media component on *Ageratum houstonianum* and *Petunia hybrida* container production was evaluated. Treatments consisted of different doses of vermicompost combined with a substrate prepared with equal volumes of forest soil, pine sawdust and coconut fiber. Significant differences as a result of the treatments applied in both crops were observed. In both species, the treatment which showed the best results in most of the variables was the highest doses of vermicompost (100 %). This treatment was superior in most growth and flowering variables to chemical treatment, and similar to it in root growth variables. In both species, the less favorable treatments were 50 and 25 % vermicompost and the control treatment, and they were statistically equal to each other in most variables. The results showed that it is possible to grow these ornamental species in containers, replacing chemical fertilizers by vermicompost, maintaining the quality of produced plants. It was concluded that addition of high doses of vermicompost, or using only vermicompost as growing media, can provide adequate conditions for container growing of both species.

Additional key words: Compost, growing media, ornamental plants

INTRODUCCIÓN

Debido a la progresiva demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores que los

prefieren libres de agroquímicos, los productores agrícolas, forestales y ornamentales han comenzado a adoptar nuevas tecnologías agrícolas para la producción de cultivos que satisfagan las

Recibido: Mayo 1, 2013

Aceptado: Abril 18, 2014

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Av. Universidad 1001, CP 62209, Cuernavaca, Morelos. México. e-mail: acosta_duran@yahoo.com.mx

²Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, UAEM. México.

³Universidad de Buenos Aires (UBA). Argentina.

⁴Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM. México.

necesidades del mercado, y con bajo impacto ambiental (Márquez et al., 2006; Acosta, 2012) mediante fertilización orgánica y uso de sustratos alternativos, así como también la inoculación de microorganismos vivos (García et al., 2001; Velasco et al., 2001; Valenzuela y Gallardo, 2002), como alternativas para lograr cultivos superiores de manera sustentable (Gómez y Gómez, 2004). Actualmente, la sustitución del suelo por sustrato ha dado solución a la problemática de los suelos degradados y de algunos factores limitantes de los cultivos intensivos, como la salinidad y la incidencia de fitopatógenos. El uso de sustratos en contenedores presenta ventajas sobre el cultivo tradicional en suelo, debido a que las características físico-químicas del sustrato utilizado, tales como la disponibilidad de nutrientes y condiciones de aireación y retención de agua, pueden ser controladas para mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos.

En México, los sustratos hortícolas comúnmente están elaborados a base del componente conocido como tierra de monte, un material orgánico que se origina por la deposición de residuos vegetales en el suelo de bosque, lo que le confiere características adecuadas para el crecimiento de las plantas. Por ello, la sobreexplotación de la tierra de monte a nivel comercial (Abad y Noguera, 2000; Arenas et al., 2002) representa un impacto ambiental de gran magnitud si se consideran las grandes cantidades de material que son extraídas, la superficie de selvas y bosques que son sobreexplotadas y la cantidad de fertilizantes químicos utilizados (García et al., 2001; Moreno et al., 2008).

Entre los materiales que pueden ser utilizados para preparar los sustratos existe la vermicomposta, la cual se define como un abono orgánico que resulta de la bio-oxidación y estabilización de residuos orgánicos originados por la acción combinada de lombrices y microorganismos que los transforman en un material mineralizado, humificado y rico en flora bacteriana (Arancon et al., 2002; Hernández et al., 2008; Moreno et al., 2008), por lo que en este contexto, su uso como componente de sustratos se presenta como una alternativa innovadora para la producción de hortalizas y plantas ornamentales en contenedor (Márquez et al., 2008; Vázquez et al., 2012).

Se han realizado investigaciones sobre el efecto de la vermicomposta en plantas ornamentales (Atiyeh et al., 2002; Chamani et al., 2008; Lazcano y Domínguez, 2010), frutales (Velasco et al., 2001; Acevedo y Pire, 2004) y hortalizas (Arancon et al., 2002; Moreno et al., 2008), obteniéndose resultados favorables en su crecimiento y productividad.

El agerato (*Ageratum houstonianum*) es conocido por su uso ornamental y por los aceites esenciales que se extraen de sus hojas que son utilizados en la medicina por sus propiedades antimicóticas (Njateng et al., 2010), bactericidas (Kurade et al., 2010) y como controlador biológico (Bouda et al., 2000). Por otro lado, la petunia (*Petunia hybrida*) es una de las especies ornamentales más comúnmente cultivadas en México y en el mundo debido a su diversa gama de colores, su resistencia y su fácil cultivo.

A pesar de que el uso de la vermicomposta se ha extendido en los últimos años, es necesario incrementar la evidencia científica acerca de las bondades de su uso en diferentes cultivos ornamentales, por lo que se realizó el presente estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la vermicomposta como componente de sustrato o como único medio de crecimiento en el cultivo en contenedor de dos especies de importancia económica, como son agerato y petunia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), en Cuernavaca, Morelos, México (18° 58' N; 99° 14' W), con altitud de 1892 msnm y temperatura media de 20,9 °C. Como material biológico se utilizaron las especies agerato y petunia. Las plántulas fueron donadas por la empresa plántulas de Tetela, ubicada en la misma localidad.

Se obtuvo vermicomposta de la microempresa Biomazatl (estado de Morelos, México) proveniente de residuos de jardinería transformados por lombriz roja (*Eisenia foetida*), y se diseñaron tratamientos que consistieron en cuatro dosis de vermicomposta, además de un tratamiento químico y un testigo absoluto. Los tratamientos de 25, 50 y 75 % de vermicomposta (V_{25} , V_{50} y V_{75}) participaron como componentes

dentro de un sustrato original preparado con tierra de monte, fibra de coco y aserrín de pino, en volúmenes iguales. El tratamiento químico (T_Q) consistió en el uso del sustrato original más la aplicación de 200 mL por planta, dos veces a la semana, después del riego, del fertilizante comercial Peters 20-20-20 en dosis de $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. El testigo absoluto (T_0) estuvo representado por el uso de sólo el sustrato original, y el tratamiento 100 % vermicomposta (V_{100}) por el uso del producto puro.

Para el experimento se utilizó una cubierta tipo túnel de plástico fototratado al 50 %, de 30 m de largo, 10 m de ancho y 4,5 m de altura y con cubierta plástica en el suelo. La temperatura promedio del interior se mantuvo entre 6 y 35 °C (mín-max). Se realizaron los trasplantes en contenedores de polietileno negro de 15 cm de diámetro, previamente llenados con los sustratos señalados. Se aplicaron riegos manuales con agua de la municipalidad dos veces por semana y no se aplicó fertilizante excepto a las plantas del tratamiento químico. Las plantas fueron despuntadas a los 15 días después del trasplante para inducir el crecimiento radial y la generación de brotes vegetativos.

A los 60 días después del trasplante, cuando las plantas alcanzaron su tamaño comercial, se evaluaron las siguientes variables en cada planta de cada tratamiento:

- Altura del vástago: se midió la altura de la planta desde el sustrato hasta la última hoja.
- Diámetro de tallo: se midió a 1 cm de altura sobre el sustrato con ayuda de un vernier digital.
- Peso seco de vástago: se tomó el peso hasta registrar un valor constante luego de colocar el vástago en una estufa de ventilación forzada a 70 °C.
- Longitud de raíz: se midió desde el origen en la base del tallo hasta la punta de la raíz más larga.
- Volumen de raíz: se determinó mediante desplazamiento de agua en una probeta.
- Número de hojas y de flores: se contaron a los 60 días después del trasplante (ddt).
- Diámetro de flor: se midió el diámetro de la flor abierta a los 60 ddt.

Asimismo, se determinaron las características físicas y químicas de los sustratos antes del trasplante (Cuadro 3). La densidad aparente por el método de la probeta (Ansorena, 1994), el espacio poroso por el método descrito por Acosta (2012) y

la retención de humedad por el método de la columna colgante (De Boodt et al., 1974). La conductividad eléctrica y el pH fueron determinadas en el extracto de saturación (Warncke, 1986).

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de seis tratamientos y seis repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales por especie. Cada unidad experimental constó de un contenedor con una planta. Los resultados se compararon mediante análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey usando el programa SAS v. 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la mayoría de las variables evaluadas para ambas especies (Cuadros 1 y 2). El tratamiento V_{100} mostró los valores más altos en la mayoría de las variables, a la vez que el crecimiento de ambas especies tendió a disminuir a medida que disminuyó la dosis de vermicomposta en el sustrato. El tratamiento V_{100} superó al T_Q en ambas especies en las variables de altura, peso seco de vástago y número de flores, y en agerato, además, en número de hojas. Las dos especies mostraron un resultado similar en cuanto al diámetro de tallo, longitud y volumen de raíz, y diámetro de flores, y en petunia, además, en número de hojas.

Las dosis menores de la vermicomposta (V_{25} y V_{50}) tuvieron un comportamiento estadístico similar al testigo en petunia, aunque en agerato lograron superarlo en algunas variables. La dosis V_{75} igualó al V_{100} en petunia pero en agerato fue similar en algunas variables (Cuadros 1 y 2). El testigo fue superado en ambos cultivos y todas las variables por el V_{100} , excepto en la longitud de la raíz, lo que demuestra que las plantas sometidas a deficiencias nutricionales (testigo) pueden orientar la distribución de sus asimilados hacia la raíz a costa de las reservas de la parte aérea (Ericsson, 1995). El V_{75} en petunia superó al testigo en todas las variables excepto en longitud de raíz y en agerato lo superó en peso seco de vástago, número de hojas, número de flores y diámetro de flores. El crecimiento en el tratamiento químico fue similar al del V_{75} en petunia, mientras que en agerato la respuesta fue errática ya que el químico superó al V_{75} en algunas variables, pero fue inferior en otras.

Cuadro 1. Crecimiento vegetativo y reproductivo en plantas de agerato (*Ageratum houstonianum* Mill.) cultivadas en contenedores con diferentes dosis de vermicomposta o fertilizante químico

Tratamiento	Altura del vástago (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso seco del vástago (g)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (mL)	Número de hojas	Número de flores	Diámetro flores (cm)
T ₀	11,20 b	3,26 c	0,47 e	32,30 b	15,00 c	77,25 c	0,00 d	0,00 b
T _Q	12,95 b	5,39 ab	2,21 c	42,13 a	32,50 ab	281,7 b	3,75 b	2,65 a
V ₁₀₀	20,77 a	5,57 a	6,81 a	27,33 b	35,00 a	445,2 a	7,75 a	3,05 a
V ₇₅	15,37 ab	4,50 bc	3,83 b	34,12 b	25,00 bc	244,2 b	5,25 ab	2,72 a
V ₅₀	13,75 b	3,57 bc	1,46 d	31,00 b	16,25 c	122,2 c	3,25 bc	2,52 a
V ₂₅	13,16 b	3,70 bc	1,56 d	36,37 ab	21,25 bc	136,0 c	0,50 cd	1,80 a
CV	20,24	19,21	10,32	9,74	25,10	13,93	36,50	35,34

Cuadro 2. Crecimiento vegetativo y reproductivo en plantas de petunia (*Petunia hybrida* E.Vilm) cultivadas en contenedores con diferentes dosis de vermicomposta o fertilizante químico

Tratamiento	Altura del vástago (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso seco del vástago (g)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (mL)	Número de hojas	Número de flores	Diámetro de flores (cm)
T ₀	7,75 c	3,79 d	0,53 c	26,25 a	5,00 b	38,00 b	0,75 c	6,37 b
T _Q	13,87 b	8,07 a	2,51 b	32,00 a	12,50 a	97,75 a	5,00 b	10,00 a
V ₁₀₀	19,12 a	6,88 ab	4,39 a	29,50 a	10,00 a	128,0 a	8,00 a	10,25 a
V ₇₅	17,62 a	7,82 ab	3,30 ab	29,75 a	10,00 a	109,75 a	4,47 b	9,87 a
V ₅₀	9,37 c	5,76 c	0,57 c	24,50 a	5,00 b	53,25 b	1,25 c	7,25 ab
V ₂₅	8,12 c	6,58 bc	0,73 c	24,62 a	6,25 b	52,25 b	1,00 c	6,37 b
CV	11,742	8,88	37,751	14,015	19,187	18,048	24,115	25,79

En las columnas, letras iguales indican sin diferencia estadística (Tukey, $P \leq 0,05$), T₀: testigo (100 % sustrato original); T_Q: sustrato original+fertilización química con Peters 20-20-20; V₁₀₀: 100 % vermicomposta; V₇₅: 75 % vermicomposta; V₅₀: 50 % vermicomposta; V₂₅: 25 % vermicomposta (todos los porcentajes de vermicomposta están referidos al sustrato original)

En la altura del vástago se evidenciaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos en ambas especies. El mayor promedio en agerato se obtuvo con el tratamiento V₁₀₀, que superó a T_Q y T₀ (Cuadro 1). En petunia, los promedios mayores se obtuvieron con V₁₀₀ y V₇₅ que también superaron a T_Q y T₀ (Cuadro 2). Los tratamientos V₂₅, V₅₀ y testigo mostraron valores estadísticos similares por lo que se considera que en su conjunto resultaron los tratamientos menos favorables.

En agerato, los tratamientos V₁₀₀ y T_Q lograron los mayores incrementos en el diámetro del tallo, y superaron significativamente ($P \leq 0,05$) al tratamiento testigo (Cuadro 1). En petunia, los mayores valores se observaron en T_Q, V₁₀₀ y V₇₅ (Cuadro 2). Los resultados obtenidos para el diámetro del tallo así como en la altura de la planta, en ambas especies, son similares a los reportados por Acevedo y Pire (2004), quienes

encontraron que la aplicación de vermicomposta y fertilizante nitrogenado como enmienda del sustrato ocasionó un aumento significativo de estas variables en *Carica papaya*.

En cuanto al peso seco del vástago se observó que en ambas especies el mejor tratamiento fue V₁₀₀ que superó a T_Q y T₀ (Cuadros 1 y 2). Estos resultados son similares a los reportados por Chamani et al. (2008) quienes hallaron que dosis de vermicomposta de 20 a 40 % produjeron un incremento en el desarrollo de la planta y por consiguiente en el peso seco del vástago, atribuyendo estos resultados al incremento de biomasa bacteriana que tiene lugar tras la aplicación de fertilizantes orgánicos en suelo, así como a los ácidos húmicos presentes en la vermicomposta y que actúan como reguladores de crecimiento.

La respuesta de las variables de crecimiento (altura y peso seco del vástago, y diámetro del

tallos) reflejan claramente la influencia positiva de la vermicomposta, cuya aplicación pudo haber mejorado la disponibilidad y la asimilación de nutrientes ya que se ha reportado que la vermicomposta aporta cantidades importantes de elementos biológicos que influyen significativamente en el crecimiento de las plantas (García-Albarado et al., 2010). En este trabajo los tratamientos con niveles altos de vermicomposta superaron o igualaron el efecto de la aplicación de fertilizante químico lo que sugiere que no solo hubo aporte de macro y microelementos sino de algunas otras sustancias de carácter químico y/o biológico que fueron capaces de promover el crecimiento vegetal (Acevedo y Pire, 2004).

Con respecto a la raíz, en agerato, el tratamiento químico produjo raíces significativamente ($P \leq 0,05$) más largas que los demás tratamientos, a la vez que se observó un posible efecto negativo de la vermicomposta ya que el crecimiento de la raíz tendió a disminuir mientras mayor fue su concentración en el sustrato (Cuadro 1). En petunia no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre tratamientos (Cuadro 2). Por otro lado, el tratamiento químico y el V_{100} superaron al resto de las dosis de vermicomposta incluyendo al testigo en el volumen de raíz de agerato; esos mismos tratamientos, más el V_{75} , produjeron similares efectos en el volumen de raíz de petunia. De lo anterior se deduce que la vermicomposta no logró incrementar la longitud de las raíces pero sí el volumen de las mismas, en ambas especies (Cuadros 1 y 2). Resultados comparativos sobre el volumen de la raíz han sido encontrados al aumentar las dosis de vermicomposta en tomate (Villa-Briones et al., 2006). El crecimiento de las raíces está relacionado con la porosidad del sustrato (Díaz et al., 2004); en este trabajo, la mayor longitud de raíz del agerato estuvo asociada a los sustratos con la menor concentración de vermicomposta, es decir, los mismos que presentaron el mayor espacio poroso (Cuadro 3).

En el número de hojas se observó que, en las dos especies, el tratamiento químico (T_Q) y las mayores dosis de vermicomposta (V_{100} y V_{75}) superaron significativamente a los otros tratamientos (Cuadros 1 y 2). Este efecto positivo de los tratamientos con la mayor aportación de nutrientes, especialmente nitrógeno, indica una relación entre el número de hojas de la planta y la

disponibilidad de nutrientes, relación que coincide con los resultados de Romero et al. (1998) en cultivo de pastos, pero contradice lo señalado por Escalante (1999), quienes reportaron que la aplicación del fertilizante nitrogenado aumentó el tamaño pero no el número de hojas en girasol.

El número de flores, tanto en agerato como en petunia, disminuyó uniformemente a medida que disminuyeron las dosis aplicadas de vermicomposta, desde un valor máximo en las plantas cultivadas directamente sobre este compuesto orgánico (V_{100}) hasta un mínimo en la dosis menor (V_{25}). Incluso, no hubo flores en el tratamiento testigo de agerato. El tratamiento químico tuvo una respuesta similar al de las dosis intermedias de vermicomposta (Cuadros 1 y 2). Estos resultados son similares a los de García et al. (2010) quienes encontraron que la máxima dosis de vermicomposta (80 %) en el cultivo de petunia produjo el mayor número de flores por planta. Sin embargo, nuestros resultados son contrarios a lo señalado por Chamani et al. (2008) y Arancon et al. (2008) quienes mencionaron que, si bien la adición de vermicomposta al sustrato en la producción de petunia ocasionaba un incremento en el número de flores por planta, las dosis debían estar entre 20 y 40 % del volumen total del contenedor, ya que con dosis superiores ocurría un efecto contrario.

No existieron diferencias ($P > 0,05$) en el diámetro o tamaño de las flores de agerato entre todos los tratamientos aplicados, a excepción del testigo, el cual no presentó flores (Cuadro 1). Por el contrario, en las plantas de petunia, la respuesta fue muy notoria y similar a la variable número de flores, es decir, el diámetro de las flores disminuyó uniformemente a medida que disminuyeron las dosis aplicadas de vermicomposta (Cuadro 2), lo cual indica que la respuesta de esta variable es altamente dependiente de la especie ornamental. En el caso del cultivo de marigold (*Tagetes patula*), Atiyeh et al. (2002) encontraron que el número y tamaño de las flores incrementó al aumentar la dosis aplicada de vermicomposta hasta un máximo de 40 %, y que los menores resultados fueron obtenidos con las dosis de 90 y 100 %.

Las dosis crecientes de vermicomposta produjeron, concomitantemente, incrementos en la salinidad del sustrato, reflejado en los valores de su conductividad eléctrica (Cuadro 3), y en tal

sentido, la literatura menciona que las disminuciones del crecimiento vegetativo y reproductivo en varias especies ornamentales ante la aplicación de altas dosis de vermicomposta están probablemente asociadas con la alta concentración de sales a niveles perjudiciales para el cultivo (Atiyeh et al., 2002; Chamani et al., 2008; Lazcano y Domínguez, 2010). No obstante, en la presente investigación los valores más altos en la mayoría de las variables correspondieron a la mayor dosis de vermicomposta, y el crecimiento de ambas especies tendió a disminuir a medida que disminuyó la dosis en el sustrato. Una posible razón pudiera atribuirse a la condición ácida del sustrato original utilizado ($\text{pH} = 4,7$; Cuadro 3), acidez que fue siendo eliminada a medida que aumentaba la dosis de la vermicomposta. Otra causa probable puede estar relacionada con el aporte de ácidos húmicos y reguladores de crecimiento que son producidos por los microorganismos en cantidades significativas durante el proceso de compostaje y entre los que

se encuentran auxinas, citocininas y giberelinas (García-Martínez et al., 2002; Domínguez et al., 2010). En síntesis, el incremento en la respuesta de las dos especies estudiadas podría atribuirse inicialmente a factores nutricionales y luego a la presencia de algunos componentes de tipo biológico en la vermicomposta que habrían ayudado a contrarrestar el efecto negativo de la alta conductividad eléctrica en el sustrato.

Se observó que las propiedades físicas y químicas del sustrato original se modificaron significativamente con la aplicación de las dosis de vermicomposta (Cuadro 3). Se observó también que los valores de las propiedades físicas y químicas de los sustratos con vermicomposta, a pesar de que no se encontraron dentro de lo que se considera óptimo para un sustrato según lo que reporta Ansorena (1994), no representaron ningún riesgo para el desarrollo de las plantas y lejos de comprometer el crecimiento del cultivo, aportaron condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las plantas.

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados en el cultivo de agerato (*Ageratum houstonianum* Mill.) y petunia (*Petunia hybrida* E. Vilm.) en contenedor

Tratamiento	Densidad aparente ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Espacio poroso (%)	Retención de humedad (%)	Conductividad eléctrica ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	pH
T ₀	159,0 ± 1,83	74,5 ± 8,48	28,5 ± 4,41	0,437 ± 0,02	4,7 ± 1,27
T _Q	160,0 ± 4,24	74,0 ± 1,27	29,0 ± 4,94	0,438 ± 0,02	4,7 ± 0,98
V ₁₀₀	631,0 ± 31,11	65,0 ± 16,54	53,4 ± 10,74	4,022 ± 0,64	6,9 ± 0,84
V ₇₅	531,0 ± 8,48	68,0 ± 4,94	44,5 ± 0,70	2,925 ± 0,63	6,8 ± 0,70
V ₅₀	417,0 ± 39,31	72,0 ± 9,47	42,0 ± 4,94	2,153 ± 0,18	6,4 ± 0,56
V ₂₅	269,0 ± 10,88	78,0 ± 21,92	37,0 ± 2,12	1,869 ± 0,33	6,2 ± 0,28

T₀: testigo (100 % sustrato original); T_Q (sustrato original+fertilización química con Peters 20-20-20; V₁₀₀: 100 % vermicomposta; V₇₅: 75 % vermicomposta; V₅₀: 50 % vermicomposta; V₂₅: 25 % vermicomposta (todos los porcentajes de vermicomposta están referidos al sustrato original)

Aparte del incremento de la conductividad eléctrica y el pH, las dosis crecientes de vermicomposta afectaron las propiedades físicas del sustrato. La densidad aparente aumentó (Cuadro 3), dado los bajos valores del sustrato original, pero se mantuvo dentro del intervalo considerado por Ansorena (1994) como adecuado. Por su parte, hubo un incremento de la capacidad de retención de agua, y aunque se produjo una ligera reducción del espacio poroso, no se observó un efecto negativo en el crecimiento de las plantas.

En general, la vermicomposta favoreció una respuesta positiva en las variables de crecimiento y desarrollo de las especies estudiadas,

directamente proporcional al porcentaje de vermicomposta incluida en el sustrato. Esto demuestra que es posible el cultivo de las plantas de agerato y petunia en contenedor sustituyendo el sustrato original y la aplicación de fertilizantes químicos por sustrato de vermicomposta sin aplicación de fertilizantes, manteniendo la calidad ornamental de los cultivos.

CONCLUSIONES

La vermicomposta proveniente de residuos de jardinería transformados por lombriz roja, usada como componente de sustrato o como sustrato

puro, proporcionó condiciones adecuadas para el cultivo en contenedor de agerato y petunia, encontrándose que las dosis más altas indujeron los mayores valores de altura y peso seco del vástago, así como del número de flores.

El tratamiento con fertilizante químico alcanzó valores intermedios en estas variables y mostró superioridad solamente en el crecimiento en longitud de la raíz. Los tratamientos menos favorecidos fueron el V₅₀ y V₂₅, y en último puesto, el testigo.

Se destaca que las dosis altas de vermicomposta ofrecen condiciones adecuadas para el cultivo en contenedor de las dos especies ornamentales estudiadas.

LITERATURA CITADA

1. Abad, M. y P. Noguera. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: M. Urrestarazu (ed.). Manual del Cultivo sin Suelo. Mundi Prens. Madrid. pp. 137-184.
2. Acevedo, I. y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). Interciencia 29(5): 274-279.
3. Acosta-Durán, C.M. 2012. Selección de sustratos para horticultura. Redes Edit. México, DF. 108 p.
4. Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, Propiedades y Caracterización. Mundi Prens, Madrid. 172 p.
5. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger, S. Lee y C. Welch. 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiología 47: 731-735.
6. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, A. Babenko, J. Cannon, P. Galvis y J.D. Metzger. 2008. Influence of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in greenhouse. Applied Soil Ecology 39: 91-99.
7. Arenas, M., C. Vavrina, J. Cornell, E. Nalón y G. Hochmuth. 2002. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. HortScience 37(2): 309-312.
8. Atiyeh, R.M., N.Q. Arancon, C.A. Edwards y J.D. Metzger. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 81: 103-108.
9. Bouda, H., L.A. Tapondjou, D.A. Fontem y M.Y. Gumedzoe. 2000. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* Mots. 1865 (Coleoptera, Curculionidae). Journal Stored Products Research 37: 103-109.
10. Chamani, E., D.C. Joyce y A. Reihanytabar. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* "Dream Neon Rose". American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(3): 506-512.
11. De Boodt, M., O. Verdonck y I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37: 2054-2062.
12. Díaz, L.P., L.F. Medina, J. Latife, P.A. Digonzelli y S.B. Sosa. 2004. Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. RIA 33(2): 115-128.
13. Domínguez, J., C. Lazcano y M. Gómez-Brandón. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 2: 359-371.
14. Ericsson, T. 1995. Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. Plant and Soil 168-169: 205-214.
15. Escalante, J.A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. Terra 17(2): 149-157.
16. García-Albarado, J.C., L.I. Trejo-Téllez, M.A. Velásquez-Hernández, A. Ruiz-Bello y F.C. Gómez-Merín. 2010. Crecimiento de *Petunia* en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Revista Chapingo. Serie Horticultura 16(2): 107-113.
17. García C., O., G.G. Alcántar, R.I. Cabrera, R.F. Gaby y H.V. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en Maceta. Terra latinoamericana 19(3): 249-258.
18. García-Martínez, I., F. Cruz, A. Larqué-Saavedra y M. Soto. 2002. Extraction of auxin-

- like substances from compost. Crop Research. 24: 323-327.
19. Gómez-Tovar, L. y M.A. Gómez-Cruz. 2004. La agricultura orgánica en México y el mundo. Biodiversitas 55: 13-15.
 20. Hernández, J.A., L.F. Guerrero, C.L. Mármol, B. Bárcenas y E. Salas. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompuestos derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de palma aceitera. Interciencia 33(9): 668-671.
 21. Kurade, N.P., V. Jaitak, V.K. Kaul y O.P. Sharma. 2010. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Lantana camara*, *Ageratum houstonianum* and *Eupatorium adenophorum*. Pharmaceutical Biology 48: 539-544.
 22. Lazcano, C. y J. Domínguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Spanish Journal of Agricultural Research 8(4): 1260-1270.
 23. Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos, Y.I. Chew-Madinaveitia, A. Moreno-Reséndez y N. Rodríguez-Dimas. 2006. Sustratos en la producción en tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo. Serie Horticultura 12(2): 183-188.
 24. Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos y N. Rodríguez-Dimas. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura Técnica en México 34(1): 69-74.
 25. Moreno-Reséndez, A., L. Gómez-Fuentes, P. Cano-Ríos, V. Martínez-Cueto, J.L. Reyes-Carrillo, J.L. Puente-Manríquez y N. Rodríguez-Dimas. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost:arena en invernadero. Terra latinoamericana 26(2): 103-109.
 26. Njateng, G.S., J.R. Kuate, D. Gasting, J.D. Tamokou, R.S. Mouoke y V. Kuete. 2010. Antidermatophytic activity and dermal toxicity of essential oil from the leaves of *Ageratum houstonianum* (Asteraceae). Journal of Biological Sciences 10(5): 448-454.
 27. Romero C., S. Alfonso, R. Medina y R. Flores. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes morfológicos del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en la zona de Bajo Tocuyo, estado Falcón. Zootecnia Trop. 16(1): 41-60.
 28. Valenzuela, O. y C. Gallardo. 2002. Sustratos hortícolas: un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. Memorias XXV Congreso Argentino de Horticultura y 1^{er} Encuentro Virtual. Asociación Argentina de Horticultura (ASAHO). Buenos Aires. pp. 25-29.
 29. Vázquez-Benítez, N., C.M. Acosta-Durán, O.G. Villegas-Torres, P. Preciado-Rangel y R. Oliver-Guadarrama. 2012. Aportaciones de la vermicomposta al cultivo de plantas en contenedor. In: Acosta-Durán, Villegas-Torres, Alia-Tejacal, Andrade-Rodríguez, Guillen-Sanchez y López-Martínez (eds.). Tópicos Selectos de Horticultura. Ed Trillas. México. pp. 89-110.
 30. Velasco-Velasco, J., R. Ferrera-Cerrato y J.J. Almaraz-Suárez. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra Latinoamericana 19(3): 241-248.
 31. Villa-Briones, A., E. Zavaleta-Mejía, M. Vargas-Hernández, O. Gómez-Rodríguez y S. Ramírez-Alarcón. 2006. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Chapingo. Serie Horticultura 14(3): 249-255.
 32. Warncke, D.D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. HortScience 21: 223-225.