

# CRECIMIENTO DE PETUNIA EN RESPUESTA A DIFERENTES PROPORCIONES DE COMPOSTA EN SUSTRATO

J. C. García-Albarado<sup>1</sup>; L. I. Trejo-Téllez<sup>2</sup>;  
M. A. Velásquez-Hernández<sup>2</sup>; A. Ruiz-Bello<sup>2</sup>; F. C. Gómez-Merino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congr. Manuel León, municipio Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. MÉXICO. Tel.: 01 (271) 7166000, Fax: 01 (271) 7166055.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Correo e: fernandg@colpos.mx (Autor responsable).

## RESUMEN

La petunia (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) es una especie ornamental anual con periodos de floración prolongados, fácil de cultivar y con amplia variabilidad en formas y tamaños. Además, es una especie tolerante a la salinidad, lo cual la hace una planta muy útil en paisajismo sustentable en suelos marginales. Dada la necesidad de buscar sustratos alternativos a la turba comercial para su producción, en esta investigación se evaluó el efecto de tres sustratos que consistieron en suelo agrícola salino (T1), suelo agrícola salino complementado con 30 % (v/v) de composta de ganado bovino y residuos de cosecha (T2) y suelo agrícola salino conteniendo 80 % (v/v) de la misma composta (T3), sobre indicadores de crecimiento y producción de flores y semillas. La adición del 30 % de composta (T2) mejoró notablemente el crecimiento de las plantas ( $P \leq 0.05$ ), mismas que alcanzaron la mayor altura y produjeron flores con semillas. Por otra parte, la adición de 80 % de composta en el sustrato disminuyó significativamente el contenido de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  solubles del suelo; aunque este tratamiento (T3) produjo mayor diámetro de tallo, más brotes, hojas, flores y biomasa ( $P \leq 0.05$ ), la altura no fue la mayor y las plantas fueron más susceptibles al acame y no produjeron semillas en comparación con los otros tratamientos. El acame fue ocasionado por la mayor producción de biomasa seca, consecuencia del mayor contenido de N y K en tejido foliar. En este estudio se concluye que la composta a base de estiércol de ganado bovino y de residuos de cosecha en una proporción del 30 % (v/v) adicionado a un suelo salino, mejora el crecimiento de plantas de petunia de manera significativa y mantiene la producción de flores y semillas.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Petunia x hybrida*, estiércol de bovino, biomasa, nutrimentos

## GROWTH OF PETUNIA IN RESPONSE TO DIFFERENT PROPORTIONS OF COMPOST IN SUBSTRATE

### ABSTRACT

*Petunia* (*Petunia x hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) is an annual ornamental species with a long flowering period; it is easy to grow and has a wide range of shapes and sizes. Furthermore, it is a species tolerant to salinity, which makes it a very versatile plant for a more sustainable landscape approach in marginal soils. Given the need to seek substrates alternative to peat moss for commercial production, this research evaluated the effect on indicators of growth, flower and seed production of three substrates: agricultural saline soil (T1), agricultural saline soil supplemented with 30 % (v/v) compost of cattle manure and crop residues (T2), and agricultural saline soil containing 80 % (v/v) of the same compost (T3). Addition of 30 % compost (T2) markedly improved plant growth ( $P \leq 0.05$ ); plants were taller and produced flowers with seeds. On the other hand, addition of 80 % compost significantly decreased soluble  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in the substrates, and although this treatment (T3) produced the largest shoot diameter, more sprouts, leaves and flowers ( $P \leq 0.05$ ), plant height was not the highest, and plants were more susceptible to lodging than those of the other treatments and did not produce seeds. Lodging was provoked by a higher production of dry biomass, as a consequence of higher N and K contents in leaf tissue. It was concluded from this study that up to 30 % (v/v) compost made from cattle manure and crop residues to amend saline soil significantly improves growth in petunia plants and maintains flower and seed production.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Petunia x hybrida*, bovine manure, biomass, nutrients

## INTRODUCCIÓN

La petunia es una planta ornamental perteneciente a la familia Solanaceae. Su centro de origen y diversidad genética se ubican en Sudamérica, y la mayor parte de los ejemplares comerciales son híbridos (*Petunia x hybrida*). Es una herbácea anual que muestra periodos de floración prolongados en suelos bien drenados y con suficiente humedad y es tolerante a la salinidad (Fornes *et al.*, 2007). El sustrato que normalmente se utiliza para la siembra y desarrollo de esta especie es la turba, cuya importación está haciendo su cultivo cada vez menos rentable, por lo que es necesario evaluar el uso de sustratos alternativos a fin de lograr una producción sustentable. En este sentido se han reportado resultados positivos con el uso de compostas como sustrato para esta especie, las cuales se han elaborado con materiales tan diversos como la corteza de pino (Deulofeu y Aguila, 1984), pulpa de arándano (Cox y Lopes, 2007) y estiércol (Chamani *et al.*, 2008). La composta se produce por un proceso bio-oxidativo controlado en el que intervienen microorganismos que requieren humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en su composición pero homogéneos en su tamaño. Al final de una fase termófila se obtienen nutrientes, materia orgánica estabilizada e higiénica, rica en poblaciones microbianas benéficas para la planta, ácidos húmicos y fúlvicos y bioactivadores de la fisiología vegetal (Capistrán *et al.*, 2001). Dede *et al.* (2006) reportaron que la menor tasa de crecimiento en *Impatiens wallerana* se obtuvo con la turba comercial, mientras que la más alta fue obtenida con una mezcla de turba con composta de rastrojo de maíz procesado y pollinaza. Estos resultados sugieren que es posible utilizar sustratos orgánicos como medios de crecimiento alternativo para sustituir la turba. Fain *et al.* (2008) observaron que la madera de desecho en combinación con turba, puede ser un sustrato alternativo para el cultivo de petunia. Es importante considerar que las compostas presentan valores de pH clasificados de ligeramente alcalinos a alcalinos, los que se relacionan de forma inversa con la disponibilidad de micronutrientes (Handreck y Black, 2002).

Al estudiar el efecto del pH del sustrato y la concentración de micronutrientes suministrados en solución al medio de crecimiento en forma de quelatos sobre el crecimiento de petunia, Smith *et al.* (2004) demostraron que la materia seca del tallo decrece al aumentar el pH; mientras que el tamaño de la hoja no es afectado. Al aumentar el pH del sustrato por arriba de 5.3, disminuyeron las concentraciones de clorofilas y carotenoides; sin embargo, éstas fueron mayores cuando se aumentaron las concentraciones de los micronutrientes suministrados (en mg·L<sup>-1</sup>: 0.5 Fe, 0.25 Mn, 0.25 Zn, 0.04 Cu, 0.075 B, 0.01 Mo) en sustratos con pH arriba de 5.3. A pesar de estos efectos adversos del pH en petunia, esta especie se considera como una de las más tolerantes a la salinidad (Kratsch *et al.*, 2008). También se ha probado que sustratos a base de composta y turba mejoran la producción de esta

especie aún en presencia de niveles tóxicos de zinc (635 mg Zn·kg<sup>-1</sup> de materia seca) (Bucher y Schenk, 2000).

Dado que los suelos del ex Lago de Texcoco presentan altos niveles de pH (mayores a 8.5) y carbonatos (Gutiérrez-Castorena *et al.*, 1998) y en dicha región no existen estudios sobre la mezcla de sustratos orgánicos con suelos salinos para la producción de petunia, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la mezcla de suelo agrícola salino de la zona aledaña al ex Lago de Texcoco con composta de estiércol de ganado bovino y residuos vegetales en 30 y 80 % (v:v), en indicadores de crecimiento, producción de flores y semillas en esta especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Condiciones experimentales

La investigación se realizó bajo condiciones de invernadero tipo cenital de estructura metálica y plástico blanco lechoso (calibre 720) localizado a 19° 29' latitud norte, 98° 53' longitud oeste y altitud de 2,240 m, en Montecillo, Estado de México.

### Material vegetal

Semillas de petunia fueron germinadas en una mezcla de turba con agrolita (70/30 v/v) en charolas de germinación. Las plántulas de 10 cm de altura (un mes después de la germinación) fueron trasplantadas en bolsas de polipropileno negro de 2 kg de capacidad, conteniendo los diferentes sustratos a evaluar.

### Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron: suelo agrícola del sitio experimental (**T1**), empleado como testigo en esta investigación; mezcla de suelo agrícola con 30 % de composta (**T2**); mezcla de suelo agrícola con 80 % de composta (**T3**). La composta fue preparada con estiércol de ganado bovino y residuos vegetales de huertos de traspatio. Algunas de las propiedades químicas y físicas (estimadas con el software Sdemo) de estos sustratos se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cada tratamiento tuvo diez repeticiones. El diseño experimental se distribuyó completamente al azar. Las unidades experimentales fueron bolsas negras de polietileno de 2 kg de capacidad conteniendo una planta.

### VARIABLES EVALUADAS

**Altura de la planta.** Al momento del corte (siete meses después del trasplante) se evaluó la altura de la planta, midiendo desde la base del tallo (nivel del sustrato) hasta la última hoja, tanto en plantas erectas como en las acamadas.

**CUADRO 1. Propiedades químicas de los sustratos utilizados para el cultivo de petunia.**

Parámetro	Tratamientos		
	Suelo agrícola	Suelo + 30 % composta	Suelo + 80 % composta
pH	8.91	8.61	8.45
MO <sup>z</sup> (%)	0.46	2.59	7.21
N (mg·g <sup>-1</sup> )	1,100.00	700.00	200.00
P (mg·g <sup>-1</sup> )	1.49	2.30	5.31
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	328.84	391.07	508.21
Cl <sub>s</sub> <sup>y</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	247.86	97.52	142.19
Na <sub>s</sub> <sup>x</sup> (mg·L <sup>-1</sup> )	184.69	71.76	95.68
Na <sub>i</sub> <sup>w</sup> (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )	2.60	0.64	0.10
K <sub>i</sub> <sup>v</sup> (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )	7.69	6.56	8.71
Ca <sub>i</sub> <sup>u</sup> (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )	2.72	2.08	1.98
Mg <sub>i</sub> <sup>t</sup> (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )	1.91	0.78	1.42
CIC <sup>s</sup> (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )	16.92	11.74	14.97

<sup>z</sup>MO: Materia Orgánica; <sup>y</sup>Cl<sub>s</sub>: cloro soluble; <sup>x</sup>Na<sub>s</sub>: sodio soluble; <sup>w</sup>Na<sub>i</sub>: sodio intercambiable; <sup>v</sup>K<sub>i</sub>: potasio intercambiable; <sup>u</sup>Ca<sub>i</sub>: calcio intercambiable; <sup>t</sup>Mg<sub>i</sub>: magnesio intercambiable; <sup>s</sup>CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. Para cada determinación se consideraron tres repeticiones utilizando la metodología de análisis de sustratos propuesta por Ansorena (1994).

**CUADRO 2. Propiedades físicas de los sustratos utilizados para el cultivo de petunia.**

Tratamiento	ADD <sup>z</sup>	AR <sup>y</sup>	AFD <sup>x</sup>	CA <sup>w</sup>	EPT <sup>v</sup>
Suelo agrícola	11.24	1.67	3.95	33.15	50
Suelo + 30 % composta	8.44	2.04	4.88	40.63	56
Suelo + 80 % composta	11.35	1.88	4.41	37.36	55

<sup>z</sup>ADD: Agua difícilmente disponible, <sup>y</sup>AR: Agua residual, <sup>x</sup>AFD: Agua fácilmente disponible, <sup>w</sup>CA: Capacidad de aireación, <sup>v</sup>EPT: Espacio poroso total.

**Diámetro de tallo.** Se midió utilizando un vernier digital en la base del tallo.

**Número de brotes, hojas, flores y semillas.** Al momento del corte (siete meses después del trasplante) se registró el número de brotes nuevos, hojas, flores y semillas existentes por cada planta en cada uno de los tratamientos.

**Producción de biomasa.** Después de la cosecha de las plantas, tanto la parte aérea (dividida en hojas, tallos, flores y brotes) como la raíz fueron introducidas en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 70 °C por un periodo de tres días, y posteriormente se pesaron en una balanza electrónica.

**Contenido de macronutrientes en hoja.** Con las concentraciones de macronutrientes y el peso de la materia seca de la totalidad de hojas por planta, se estimaron los contenidos de macronutrientes. La concentración de N se determinó por el método micro-Kjeldahl, previa digestión del material vegetal seco con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conteniendo ácido salicílico (HO-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-COOH) al 2.5 % y adicionando una mezcla de

catalizadores (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O y selenio negro). Para evaluar las concentraciones de P, K, Ca y Mg se hizo una digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos nítrico y perclórico (HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub>, relación 4:1), y los elementos se determinaron con un equipo de espectrofotometría de emisión atómica de inducción con plasma acoplado ICP-AES VARIAN® Liberty II.

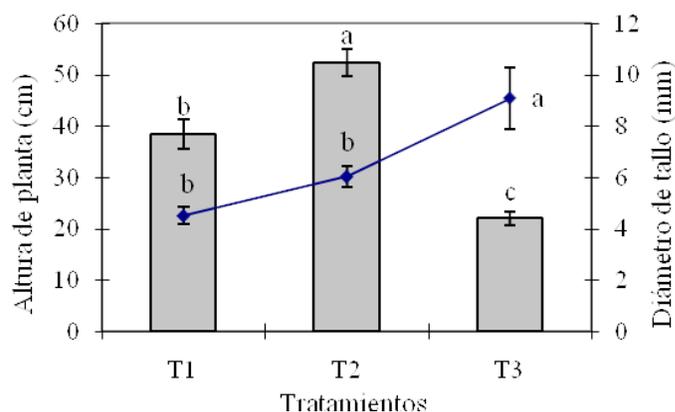
**Análisis estadístico.** Los resultados obtenidos se analizaron empleando un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con la utilización del programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS Institute, 2003).

## RESULTADOS

### Altura de planta y diámetro de tallo

Los promedios de las variables altura de planta y diámetro de tallo se presentan en la Figura 1. En el tratamiento 2 (70 % suelo agrícola:30 % de composta) se tuvieron las plantas con mayor altura (52.4 cm), mientras que el tratamiento que produjo la menor altura (22 cm) fue el tratamiento T3 (20 % de suelo agrícola:80 % de composta). El suelo agrícola de la zona (T1) produjo una altura intermedia (38.4 cm) en las plantas. Por su parte, en el diámetro de tallos se observó un comportamiento distinto, pues a medida que se incrementó el volumen de composta en el sustrato, esta variable aumentó ( $P \leq 0.05$ ); las plantas desarrolladas en el sustrato con 80 % de composta (T3) fueron las que alcanzaron el mayor diámetro de tallo (9.1 mm).

En la Figura 2 se observa el desarrollo de las plantas en los tres tratamientos. Es de notar el “acame” que presentó la planta en el tratamiento T3.



**FIGURA 1.** Altura de planta (columnas) y diámetro de tallo (línea) de petunia cultivadas en tres sustratos con diferentes proporciones de composta. T1, Testigo (suelo); T2, 70 % suelo:30 % de composta (v/v); T3, 20 % suelo: 80 % de composta (v/v). Los valores son promedio de 10 repeticiones. Las barras sobre los promedios indican desviaciones estándar y las letras distintas sobre los promedios de cada variable indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

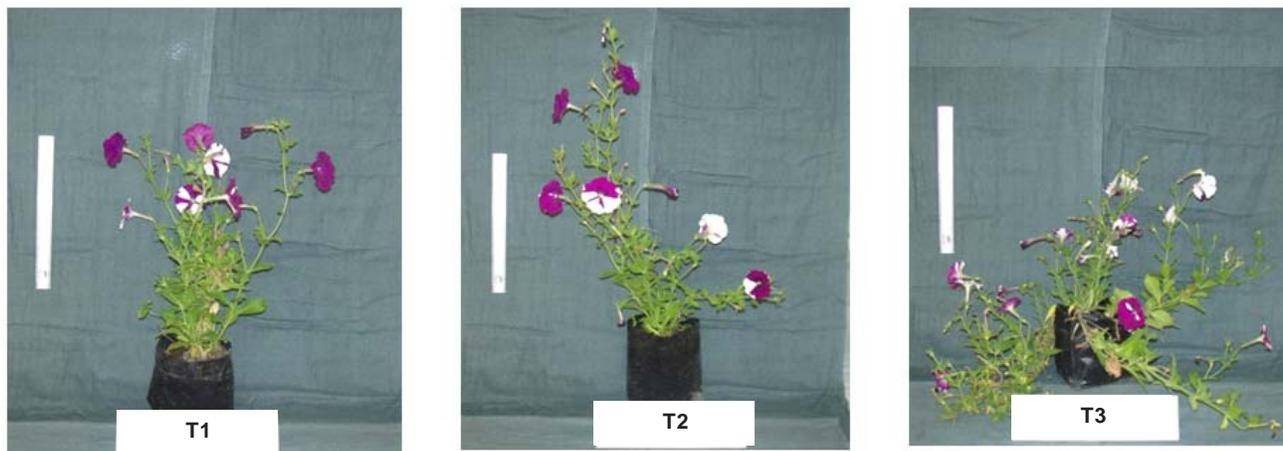


FIGURA 2. Hábito de crecimiento de plantas de petunia crecidas en tres sustratos conteniendo diferentes proporciones de composta. T1, Testigo (suelo); T2, 70 % suelo:30 % de composta (v/v); T3, 20 % suelo:80 % de composta (v/v). La regla al lado izquierdo de la planta indica 30 cm.

### Número de brotes, hojas, flores y semillas

El número de hojas fue superior en las plantas tratadas con 80 % de composta ( $271.2 \text{ hojas} \cdot \text{planta}^{-1}$ ) en comparación con el obtenido con los otros dos tratamientos ( $191.8 \text{ hojas} \cdot \text{planta}^{-1}$  para 30 % de composta y  $163.8 \text{ hojas} \cdot \text{planta}^{-1}$  para el testigo). El mayor número de brotes también se presentó en el tratamiento con 80 % de composta ( $72.6 \text{ brotes} \cdot \text{planta}^{-1}$ ). De igual manera, en el caso de las flores, el mayor número se registró en plantas que crecieron en el sustrato conteniendo 80 % de composta ( $27.2 \text{ flores} \cdot \text{planta}^{-1}$ ); los otros dos tratamientos produjeron un número muy similar de flores por planta (16.2 y 16.6, respectivamente) (Figura 3).

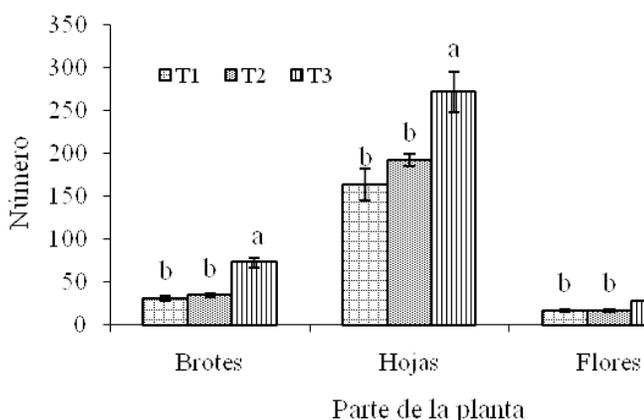


FIGURA 3. Número de brotes, hojas y flores en plantas de petunia cultivadas en tres sustratos con diferentes proporciones de composta. T1, Testigo (suelo); T2, 70 % suelo: 30 % de composta (v/v); T3, 20 % suelo: 80 % de composta (v/v). Los valores son promedio de 10 repeticiones. Las barras sobre los promedios indican desviaciones estándar y las letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

El porcentaje de composta en el sustrato afectó significativamente la producción de cápsulas y de semillas por cápsula en esta especie (Cuadro 3). Se observó que en el tratamiento testigo (suelo agrícola) y con la adición del 30 % de composta al sustrato, se logró producir un promedio de 5.6 cápsulas y 305 semillas por cápsula, en tanto que cuando las plantas crecieron en sustrato con 80 % de composta no se presentó producción de semillas.

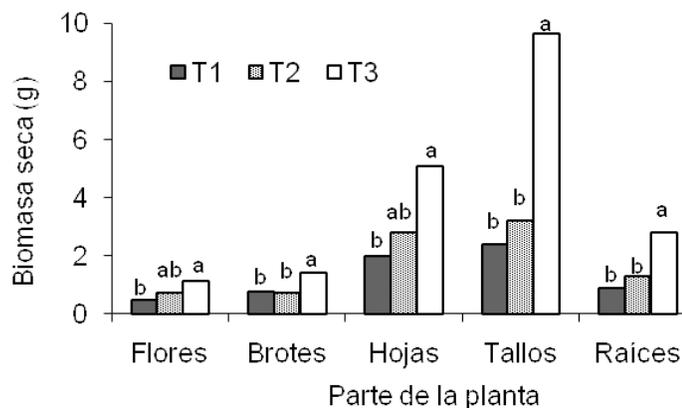
### Producción de biomasa

Los tratamientos afectaron de manera significativa la producción de biomasa seca en cada órgano analizado (Figura 4). De acuerdo a los resultados, la mayor biomasa seca se registró en el tratamiento con 80 % de composta, en todos los órganos analizados. En el caso de flores y hojas, este tratamiento no presentó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento con 30 % de composta (T2). Para los demás órganos analizados (brotes, tallos y raíces), la biomasa seca en los tratamientos Testigo y con 30 % de composta (T1 y T2, respectivamente) fue similar, pero significativamente inferior a la del tratamiento con 80 % de composta.

CUADRO 3. Producción de cápsulas y semillas en plantas de petunia cultivadas en tres sustratos con diferentes proporciones de composta.

Tratamiento	Número de cápsulas	Número de semillas por cápsula
Suelo agrícola	5.4 a <sup>2</sup>	298.2 a
Suelo + 30 % composta	5.6 a	305.0 a
Suelo + 80 % composta	0.0 b	0.0 b
DMS	1.4	54.5

<sup>2</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos.



**FIGURA 4.** Biomasa seca en plantas de petunia cultivadas en tres sustratos con diferentes proporciones de composta. T1, Testigo (suelo); T2, 70 % suelo: 30 % de composta (v/v); T3, 20 % suelo: 80 % de composta (v/v). Los valores son promedio de 10 repeticiones. Letras distintas en la barra de cada variable indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

### Contenido de macronutrientes en hoja

El contenido de macronutrientes en hoja se muestra en el Cuadro 4. Se puede observar que el tratamiento con 80 % de composta presentó los valores más elevados de N y K en este órgano de la planta. Sin embargo, los tratamientos no presentaron diferencias significativas en cuanto al contenido de P, Ca y Mg.

## DISCUSIÓN

El crecimiento de las plantas de petunia varió de acuerdo al sustrato en que éstas crecieron. En el caso de las variables altura de planta y diámetro de tallo, se observó que las plantas desarrolladas en suelo agrícola y en el sustrato que contenía la menor proporción de composta crecieron erectas, mientras que las que se establecieron en sustratos con mayor proporción de composta (80 %) sufrieron acame, pese a que sus diámetros a ras del suelo fueron mayores. Esto pudo deberse al mayor peso de biomasa aérea seca que ejerció mayor peso sobre la estructura del tallo, ocasionando el acame. Este incremento en biomasa seca es debido a la mayor absorción de N y K

**CUADRO 4.** Contenido de macronutrientes en hojas de plantas de petunia cultivadas en tres sustratos con diferentes proporciones de composta.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	Contenido en hoja por planta (mg)				
Suelo agrícola	25.6 b <sup>2</sup>	11.8 a	95.1 b	50.2 a	16.1 a
Suelo + 30 % composta	39.3 b	7.3 a	124.7 b	41.1 a	17.2 a
Suelo + 80 % composta	118.7 a	11.4 a	254.9 a	66.2 a	25.9 a
DMS	33.2	10.3	104.9	44.1	15.3

<sup>2</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos.

(Cuadro 4). Estos resultados coinciden con los reportados en *Hordeum maritimum* L., donde se demostró que la adición de composta al suelo mitigó el efecto negativo de la salinidad (Na y Cl) sobre el crecimiento de la planta, registrándose un incremento significativo en la producción de biomasa seca asociado, principalmente, a una mayor absorción de N y en menor grado de importancia a la absorción de K (Lakhdar *et al.*, 2008).

Una cantidad mayor de composta en el sustrato en relación al suelo incrementa, en primera instancia, la estabilidad de la estructura del mismo (Ghosh *et al.*, 2010). Por otro lado, la composta aumenta la concentración de materia orgánica en el sustrato, y esta última se encuentra constituida principalmente por sustancias húmicas (SH), las cuales contienen restos de ligninas, fenoles, oligosacáridos, péptidos, lípidos, pectinas y materiales cerosos, entre otros. La naturaleza polianiónica de las SH se atribuye a los grupos funcionales carboxílicos, que, junto con los grupos fenólicos y sacáridos OH, pueden estar sujetos a afinidad de SH para formar complejos con cationes de manera selectiva (Fan *et al.*, 2004). Esta formación de complejos ha conducido aparentemente a observaciones contradictorias; por un lado, la materia orgánica incrementa la disponibilidad de nutrientes poco solubles; y por otro, puede hacer menos disponibles a aquellos que son tóxicos (Vaughan *et al.*, 1993). En esta investigación, la adición de composta disminuyó las concentraciones tanto de Na en solución como la de Na en el complejo de intercambio, y redujo la concentración de Cl en solución (Cuadro 1).

La materia orgánica que de manera natural se encuentra en el suelo afecta su compactación, friabilidad y capacidad de retención de agua, en tanto que la que es agregada al suelo en forma de composta tiene mayor impacto sobre la infiltración de agua, mantenimiento del contenido de nutrientes, permeabilidad y erodabilidad (Carter, 2002); en forma adicional, las compostas son fuente de sustancias húmicas y reguladores del crecimiento (Arancon *et al.*, 2008) que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, en plantas de tomate los ácidos húmicos estimularon un aumento en la longitud de tallos en 146 %, en comparación con el tratamiento testigo (solución nutritiva comercial), mientras que al adicionar ácidos fúlvicos la longitud de los tallos fue 170 % mayor que en el testigo (Reyes *et al.*, 1999). Es pertinente destacar que la adición de composta incrementó el espacio poroso total (EPT) y ligeramente el agua fácilmente disponible (AFD, Cuadro 2); a pesar de estos aumentos, ambos valores no se encuentran dentro de los óptimos en sustratos, según lo descrito por Pastor (1999), lo que conlleva a recomendar que en futuras investigaciones se adicionen otros componentes en la mezcla que mejoren las propiedades físicas del sustrato. Por ello, se puede afirmar que los mayores impactos de la adición de composta al suelo se observaron sobre las propiedades químicas del mismo.

Respecto al número de brotes, hojas y flores, también hubo una influencia de los tratamientos evaluados. La mayor producción de éstos se observó asimismo en plantas que crecieron en el sustrato con 80 % de composta, lo que pudo relacionarse con una mayor aportación de reguladores de crecimiento contenidos en la misma composta. De acuerdo con Slavik (2005), los reguladores del crecimiento contenidos en los materiales composteados son producidos por microorganismos, y la actividad microbiana derivada del composteo da lugar a la producción de cantidades significativas de estos reguladores biológicos, entre los que se encuentran auxinas, citocininas y giberelinas (Amarjit, 2000; García-Martínez *et al.*, 2002). Por otra parte, algunas fracciones húmicas han demostrado estimular el desarrollo y crecimiento vegetal, por lo cual también pueden ser consideradas como bioestimulantes (Kowalczyk y Sandberg, 2001).

Las flores de las plantas desarrolladas en el tratamiento con mayor contenido de composta no produjeron semilla, lo cual concuerda con los hallazgos reportados por Atiyeh *et al.* (2001), quienes sostienen que los efectos benéficos se generan cuando se utilizan cantidades moderadas de composta, en un intervalo de 10 a 40 %, y que con concentraciones mayores no se han observado mejorías en los cultivos y, hasta en algunos casos han provocado trastornos en ellos. En esta investigación se observó que altas proporciones de composta en el sustrato (T3) ocasionaron un aumento en la concentración de bicarbonatos (Cuadro 1). La salinidad afecta la formación de semillas como consecuencia de una afectación de la polinización, que a su vez es provocada por una disminución de la fecundidad del polen debida a la esterilidad o a la inhabilidad del polen para germinar en la superficie del estigma, lento crecimiento o disrupción de los conductos espermáticos en su camino a través de tejidos estilares hacia el saco embrionario (Gul y Ahmad, 2006). Lo anterior difiere con los hallazgos de Fornes *et al.* (2007), quienes sostienen que la petunia es considerada como una planta tolerante a la salinidad, ya que el riego con soluciones salinas ( $12.5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) redujo ligeramente el crecimiento pero aumentó el contenido de N, clorofila y sales (en forma de NaCl). Sin embargo, en varias especies, incluyendo arroz, maíz y petunia, la salinidad ha mostrado disminuir la viabilidad del polen y de semillas (Abdullah *et al.*, 2001; Khatun y Flowers, 1995; Reddy y Goss, 1971).

Chávez *et al.* (2008) encontraron que los sedimentos de residuos de plantas de ríos pueden ser usados para sustituir sustratos comerciales, obteniendo plantas de excelente calidad. Además, la lixiviación de N en este sustrato alternativo es menor que en sustratos comerciales a base de turba canadiense, lo que es indicativo del potencial que este nuevo medio tiene para la producción de plantas en maceta. De manera similar, Chamani *et al.* (2008) reportaron que la vermicomposta de estiércol animal (incorporada al 20, 40 o 60 % en el sustrato a base de

turba comercial) tuvo efectos significativos en el número de flores, el crecimiento de las hojas y el peso de la biomasa fresca y seca del tallo. El mejor desarrollo de las plantas se observó en aquellas desarrolladas en el medio que contenía 20 % de vermicomposta. Incrementos mayores de la vermicomposta en el medio disminuyeron los valores de estas variables, pero fueron en general superiores si se les compara con el sustrato comercial a base de turba y arena.

De acuerdo con Canellas y Facanha (2004), el uso de la composta aumenta la fertilidad de los sustratos debido a un incremento en la disponibilidad de los nutrientes y mejora la estructura y la capacidad de retención de agua, lo que repercute en un aumento en la producción de cultivos. En la presente investigación, la adición de composta al suelo agrícola tendió a mejorar la extracción de la mayoría de los macronutrientes, aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas sólo para N y K en plantas crecidas con 80 % de composta.

Las compostas también mejoran la germinación, el crecimiento y el desarrollo de semillas, tienden a disminuir el tiempo de floración y fructificación, aumentan el tamaño de los frutos, favorecen la micorrización, disminuyen casi totalmente la población parasitaria de nemátodos, y se reduce la incidencia de enfermedades en los cultivos, entre otros impactos (García y González, 2005). Todos estos beneficios pueden estar relacionados con factores tales como la mejora en la estructura física del sustrato, incremento en la población de microorganismos benéficos y más probablemente con el incremento de sustancias reguladoras del crecimiento como hormonas y humatos producidas por los microorganismos (Atiyeh *et al.*, 2002).

## CONCLUSIONES

El uso de compostas a base de estiércol y residuos vegetales de traspatio en combinación con suelos agrícolas salinos mejora significativamente variables como diámetro de tallo, producción de flores, hojas, brotes y producción de biomasa total de petunia. En esta investigación, el mejor sustrato para la producción de petunia fue el que contenía un 30 % de composta. El uso de composta al 80 % también mejoró algunos indicadores de crecimiento, aunque provocó ciertos efectos negativos, como una menor altura de planta y ausencia de producción de semillas, así como el acame, que es una característica no deseable en esta especie cuando se trata de plantas para maceta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Línea Prioritaria de Investigación 4 *Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje* del Colegio de Postgraduados el apoyo para la realización de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- ABDULLAH, Z.; KHAN, M. A.; FLOWERS, T. J. 2001. Causes of sterility of rice under salinity stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 187: 25-32.
- AMARJIT, S. B. 2000. Plant growth regulators in agriculture and horticulture: Their role and commercial use. CRC Press. Boca Raton, FL. USA. 264 p.
- ANSORENA, J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 p.
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; BABENKOC A.; CANNON, J.; GALVIS, P.; METZGER, J. D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Applied Soil Ecology* 39: 91-99.
- ATIYEH, R. M.; EDWARDS C. A.; SUBLER, S.; METZGER, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78: 11-20.
- ATIYEH, R. M.; ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; METZGER, J. D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology* 81: 103-108.
- BUCHER, A. S.; SCHENK, M. K. 2000. Toxicity level for phytoavailable zinc in compost-peat substrates. *Scientia Horticulturae* 83: 339-352.
- CANELLAS, L. P.; FACANHA, A. R. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 39: 233-240.
- CAPISTRÁN, F.; ARANDA, E.; ROMERO, J. C. 2001. Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 150 p.
- CARTER, M. R. 2002. Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal* 94: 38-47.
- COX, D. A.; LOPES, P. 2007. Cranberry compost as growth medium for greenhouse crops. *Floral Notes* 19(6): 6-9.
- CHAMANI, E.; JOYCE, D. C.; REIHANYTABAR, A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* "Dream Neon Rose" *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 3: 506-512
- CHÁVEZ, W. A.; BENEDETTO, D.; CIVEIRA, G.; LAVADO, R. 2008. Alternative soilless media for growing *Petunia x hybrida* and *Impatiens wallerana*: Physical behavior, effect of fertilization and nitrate losses. *Bioresource Technology* 99: 8082-8087
- DEDE, Ö. H.; KÖSEOĞLU, G.; ÖZDEMİR, S.; ÇELEBI, A. 2006. Effects of organic waste substrates on the growth of *Impatiens*. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 375-381.
- DEULOFEU, C.; AGUILA, J. 1984. Pine bark as substrate for primula and petunia. *Acta Horticulturae* 150: 263-270.
- FAIN, G. B.; GILLIAM, C. H.; SIBLEY, J. L.; BOYER, C. R. 2008. Establishment of greenhouse-grown *Tagetes patula* and *Petunia x hybrida* in 'whole tree' substrates. *Acta Horticulturae* 782: 387-393.
- FAN, T. W. M.; LANE, A. N.; CHEKMENEV, E.; WITTEBORT, R. J., HIGASHI, R. M. 2004. Synthesis and physico-chemical properties of peptides in soil humic substances. *J. Peptide Res.* 63: 253-264.
- FORNES, F.; BELDA, R. M.; CARRIÓN, C.; NORIEGA, V.; GARCÍA-AGUSTÍN, P.; ABAD, M. 2007. Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. *Scientia Horticulturae* 113: 52-59.
- GARCÍA, I.; GONZÁLEZ, L. R. 2005. Análisis e identificación de bioestimulantes indólicos en una composta. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria* 4: 7-13.
- GARCÍA-MARTÍNEZ, I.; CRUZ, F.; LARQUÉ-SAAVEDRA A.; SOTO, M. 2002. Extraction of auxin-like substances from compost. *Crop Research*. 24: 323-327.
- GHOSH, S.; LOCKWOOD, P.; HULUGALLE, N.; DANIEL, H.; KRISTIANSEN P.; DODD, K. 2010. Changes in properties of sodic Australian vertisols with application of organic waste products. *Soil Science Society of America Journal* 74(1): 153-160.
- GUL, H.; AHMAD, R. 2006. Effect of salinity on pollen viability of different canola (*Brassica napus* L.) cultivars as reflected by the formation of fruits and seeds. *Pakistanii Journal of Botany* 38: 237-247.
- GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. C.; STOOPS, G.; ORTIZ-SOLORIO, C. A. 1998. Carbonato de calcio en suelos del ex Lago de Texcoco. *Revista Terra* 16: 11-19.
- HANDRECK, K.; BLACK, N. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. UNSW Press. Sidney, Australia. 534 p.
- KHATUN, S.; FLOWERS, T. J. 1995. Effects of salinity on seed set in rice. *Plant, Cell and Environment* 18: 61-67.
- KOWALCZYK, M.; SANDBERG, G. 2001. Quantitative analysis of indole-3-acetic acid metabolites in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 127: 1845-1853.
- KRATSCH, H.; OLSEN, A.; RUPP, L.; CARDON, G.; HEFLEBOWER, R. 2008. Soil salinity and ornamental plant selection. Utah State University. Cooperative Extension. HG/Lanscaping/2008-02pr: 1-8.
- LAKHDAR, A.; HAFSI, C.; RABHI, M.; DEBEZ, A.; MONTEMURRO, F.; ABDELLY, C.; JEDIDI, N.; OUERGHI, Z. 2008. Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource Technology* 99(15): 7160-7167.
- PASTOR S., N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana* 17: 231-235.
- REDDY, P. R.; GOSS, J. A. 1971. Effect of salinity on pollen I. Pollen viability as altered by increasing osmotic pressure with sodium chloride, magnesium chloride and calcium chloride. *American Journal of Botany* 58: 721-725.
- REYES, L. A.; CAMPOS V., A.; LÓPEZ C., R.; RAMÍREZ C., J. A. 1999. Efecto del ácido fúlvico en la mezcla con una solución nutritiva en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Memorias del III Encuentro Brasileiro sobre Substancias Húmicas*. Santa María, Brasil. pp. 161-163.
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. Volumes 1-7. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- SLAVIK, M. 2005. Production of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. *Journal of Forest Science* 51: 15-23.
- SMITH, B. R.; FISHER, P. R.; ARGO, W. R. 2004. Nutrient uptake in container-grown *impatiens* and *Petunia* in response to root substrate pH and applied micronutrient concentration. *HortScience* 39: 1426-1431.
- VAUGHAN, D.; LUMSDON, D. G.; LINEHAN, D. J. 1993. Influence of dissolved organic matter on the bio-availability and toxicity of metals in soils and aquatic systems. *Chemistry and Ecology* 8(3): 185-201.