

Sustratos de basura verde para cultivo de geranio (*Pelargonium* spp.) en contenedor

Carlos Manuel Acosta Durán^{1§}
Denisse Acosta Peñaloza^{1,2}

¹ProBiSe. Calle Hacienda de Cocoyoc 20-K, Jardines de la Hacienda, Jiutepec, Morelos, México. CP. 62564. Tel. 01(777) 5233755. ²Facultad de Ciencias Biológicas-UAEM. Av. Universidad 1001, col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. Tel. 01(777) 1599826. (denice.acosta@uaem.mx).

§Autor para correspondencia: acosta-duran@yahoo.com.mx.

Resumen

En México, la tierra de monte es el principal sustrato usado en la producción de plantas ornamentales en contenedor, pero su extracción ilimitada causa un impacto ecológico negativo. Entre las alternativas para la sustitución de la tierra de monte, están los desechos de jardinería también llamados “basura verde”. Existe la posibilidad de que la inclusión de basura verde como sustrato en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor, tenga efectos significativos en las características de crecimiento y desarrollo de las mismas, por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar y determinar la dosis óptima para su uso como componente del sustrato para la producción de geranio en contenedor. Se realizaron análisis físico químicos de laboratorio y se realizó un experimento de evaluación agronómica. Se mezclaron diferentes proporciones (100, 75, 50 y 25%) de basura verde y tierra de monte, complementados con un sustrato general (fibra de coco y aserrín, 50/50, v/v). Se utilizó un diseño completamente al azar de ocho tratamientos con ocho repeticiones. Se concluyó en base a los resultados que la basura verde posee características fisicoquímicas similares a la tierra de monte. En el crecimiento y desarrollo de geranio en contenedor, los resultados fueron estadísticamente iguales entre los tratamientos de 100% de basura verde y tierra de monte en 16 variables estudiadas. La basura verde es un material que usado como sustrato tiene las características fisicoquímicas necesarias para sustituir con éxito, a la tierra de monte en el cultivo de geranio en contenedor.

Palabras clave: *Pelargonium* spp., cultivo en contenedor, sustratos alternativos.

Recibido: abril de 2018

Aceptado: junio de 2018

Introducción

La horticultura ornamental es la rama de la horticultura general que explota comercialmente plantas físicamente estéticas, ya sea la planta completa o alguna de sus partes que presente un atractivo de tipo visual o aromático, y que en estado natural tienen la función de adornar cualquier sitio para disfrute de las personas (Morán-Medina, 2004). En gran parte del mundo la producción de flores se lleva a cabo en invernaderos, que son estructuras cerradas y cubiertas por materiales transparentes, dentro de las cuales es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello, cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. La producción de flores es un negocio muy lucrativo que genera ganancias de 55 000 millones de dólares por año alrededor del mundo (Cárdenas, 2016).

En México, la horticultura ornamental es una actividad relevante que genera aproximadamente dos mil millones de pesos anuales, lo que se debe a sus condiciones geográficas, climatológicas y filogenéticas idóneas que le permite ser uno de los productores y comercializadores de plantas ornamentales más importantes del mundo (Ayala-Garay y Carrera-Chávez, 2012). En México, durante 2013, el cultivo de la flor y plantas en maceta se realizó en 23 000 ha, produciendo principalmente flores, plantas y árboles en contenedor (maceta o bolsa) o en plantación al suelo, en las modalidades de invernadero, malla sombra o cielo abierto (SIAP-SAGARPA, 2011).

El estado de Morelos está considerado como uno de los principales productores de planta de ornato en contenedor en el ámbito nacional, ya que por sus condiciones climáticas produce una gran diversidad de especies, como flores de corte, plantas en maceta y follajes de cobertura, permitiendo con ello contribuir considerablemente en la economía de la entidad. En 2013, Morelos fue el principal productor nacional de plantas de ornato y de flor en maceta ocupando 3 100 ha, de las cuales 58% se cultivó a cielo abierto, 20% en invernadero y 22% en media sombra, donde se produjeron más de 800 especies y se generaron 20 000 empleos (Martínez-Martínez, 2014).

Entre las principales especies que se cultivan en Morelos están: belén, gerbera, geranio, crisantemo, nochebuena, cuna de moisés, petunia, vinca, azalea, gardenia, lantana, margarita, rosa y llamarada, por otro lado, destacan los árboles ornamentales como: ficus, cedro limón, laurel, tabachín, ciprés y pino (PECI, 2008).

El género *Pelargonium* pertenece a la familia Geraneaceae y tiene cerca de 300 especies de plantas anuales, bianuales y perennes frecuentemente utilizadas en jardinería por sus atractivas flores y su aroma característico. Comprende plantas con los tallos a veces suculentos o engrosados. Las hojas son alternas, pinnadas o palmadas, simples o compuestas, lobuladas o dentadas y a veces despiden un agradable aroma al estrujarlas. El peciolo por lo general es largo y las flores están dispuestas en falsas umbelas. La corola presenta cinco pétalos libres, dos de ellos a menudo de mayor tamaño que el resto. Los tallos adultos tienden a lignificarse (Ruiz-Fernández y López-Cuadrado, 2006).

Es un cultivo que requiere luz y ventilación para el buen desarrollo vegetativo y floración abundante. La temperatura debe estar entre los 16 °C y los 22 °C durante el día y no bajar de los 12 °C durante la noche ya que el crecimiento se ve reducido. Es una especie muy resistente a la sequía y no soporta heladas. Existen muchísimas variedades en el mercado diferenciándose por el color y tipo de flor, así como por el vigor, color y dibujo de las hojas (López-Cuadrado *et al.*, 2006).

Un sustrato agrícola se define como cualquier material que tiene características específicas adecuadas para la producción de cultivos en contenedor, a gran escala y con alta calidad (Acosta-Durán, 2008). Los sustratos son uno de los factores que es necesario optimizar, para producir plantas de calidad. El sustrato es el sostén de la planta, pero también es el medio donde se efectúan complejas reacciones químicas previas a la absorción de agua y nutrimentos por las raíces; dicha actividad es mayor en la fracción coloidal del suelo (arcillas) y en la materia orgánica, de ahí que la base de la mayoría de los sustratos preparados, sea la materia orgánica, excluyendo a las arcillas por su deficiente drenaje. Un factor limitante de la producción de plantas en contenedor lo constituye el sustrato (Acosta-Durán, 2012).

Las características físico químicas determinan la calidad del sustrato, por ello es relevante conocerlas antes de elegir utilizar alguno. Las características físicas más relevantes son el porcentaje de retención de humedad, el porcentaje de porosidad y la densidad. Las características químicas principales son el pH y la conductividad eléctrica (Acosta-Durán, 2012).

La tierra de monte es uno de los principales sustratos utilizados en la producción de plantas ornamentales en la región central de México (Bastida-Tapia, 2002), debido a sus características físicas, su disponibilidad y su bajo costo. Sin embargo, la explotación irracional de este recurso tiene graves impactos ambientales principalmente sobre la vegetación y el suelo de los ecosistemas forestales. La tierra de monte es un material de extracción del bosque por lo que su disponibilidad está limitada por la ley debido al impacto ecológico negativo que se produce por la explotación excesiva. Así es necesario buscar materiales alternativos para la preparación de sustratos sin perder la calidad de la producción de plantas en contenedor (Acosta-Durán *et al.*, 2007).

Entre los materiales que pueden sustituir a tierra de monte como sustrato, está el uso de materiales de desecho como la basura verde, la cual puede ser utilizada para la producción en contenedor de especies ornamentales de importancia económica.

La basura verde

Los desechos de jardinería de áreas públicas y privadas, también llamados “basura verde” se producen en grandes cantidades y las autoridades municipales están teniendo problemas para deshacerse de ellos. Este material tiene un gran potencial para composteo y produce un producto de alta fertilidad y con excelentes propiedades físicas para ser utilizado como sustrato en la producción de plantas en contenedor. La basura verde es un material estabilizado aunque no está completamente composteado por lo que su efecto podría ser variable a lo largo del periodo de cultivo.

Se han realizado estudios en otros países para la estabilización del material composteado pero es necesario validar técnicas con fines de adopción para aplicarse a las condiciones de nuestra región Masaguer *et al.* (2003) en un trabajo donde utilizaron composta de residuos de jardinería demostraron que esta puede ser una alternativa de reemplazo del suelo con perlita, ya que es muy económica, no contiene aditivos y es de uso directo, además de reducir el uso de recursos no renovables.

Benito *et al.* (2006) estudiaron las características físico-químicas de sustratos elaborados a base de basura verde y determinaron valores medios de pH de 8, capacidad de intercambio catiónico muy alta, valores de relación C/N entre 22 y 48, que es mayor a niveles óptimos de 15 a 20 y al ser comparada con la turba, mostró ser aceptable como sustrato para plantas ornamentales en contenedor.

Otros reportes informan que la basura verde composteada, podría ser empleada como sustrato único en el cultivo de especies ornamentales y representa un recurso tecnológico muy interesante por ser económico, reciclado, y además contribuye a preservar el ambiente, ya que se obtiene a partir de residuos de poda y reduce la cantidad de materiales enterrados en rellenos sanitarios alargando su vida útil y puede disminuir el uso de otros recursos como la turba, cuya extracción perjudica al ecosistema (Vanier *et al.*, 2011).

Barbaro *et al.* (2009) evaluaron el desempeño de plantas de coral (*Salvia splendens*) cultivadas en sustratos formulados con residuos de poda composteados y suelo y con diferentes niveles de fertilización con N-P-K. Finalizada la experiencia observaron sistema radical mayor, en comparación con sustratos comerciales.

López-Cuadrado *et al.* (2006) evaluaron el efecto de residuos de poda como sustrato en el cultivo en contenedor de *Osteospermum ecklonis* como planta ornamental indicadora y se encontró que la caracterización inicial de los sustratos realizados, a partir de residuos de poda muestran altos valores de conductividad eléctrica y de contenido de N, lo que da lugar a un mayor enraizamiento. Esto repercutió posteriormente en una mayor producción vegetal. Además, este sustrato redujo de forma importante el consumo de turba sin alterar su comportamiento agronómico, por tanto, es un sustrato viable para el cultivo de plantas ornamentales. Krucker *et al.* (2010) encontraron buenos resultados al utilizar materiales orgánicos composteados como residuos de jardinería, desechos de animales, biosólidos, residuos de agricultura, virutas de madera, residuos sólidos municipales y residuos de comida. Estos materiales se caracterizan por tener alta densidad, elevada salinidad, bajo pH y baja capacidad de agua disponible.

Observaron que estos materiales son buenos sustratos, de aceptable calidad para contenedores, que pueden ser usados al ser composteados, supliendo nutrientes y produciendo plantas de igual o mejor calidad en crecimiento, comparado con los sustratos estándares.

Por lo anterior, existe la posibilidad de que la inclusión de basura verde como componente de sustrato en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor, tendrá efectos significativos en las características de crecimiento y desarrollo de las mismas. Por tanto, se estableció como objetivo del presente trabajo, determinar las características físicas y químicas de la “basura verde” cribada y determinar la dosis óptima para su uso como componente del sustrato para la producción de geranio en contenedor.

Materiales y métodos

Caracterización físico química de la basura verde

La basura verde utilizada en el experimento fue donada por el centro de acopio de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), donde se preparó moliendo desechos de jardinería de la universidad y de los camellones de la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Los materiales son principalmente residuos de poda de árboles como ficus y corte de césped. Se caracterizó físico químicamente a la basura verde y a la tierra de monte solos y en las diferentes mezclas utilizadas como tratamientos en el experimento que se condujo en el presente trabajo. La caracterización

físico química se realizó en el laboratorio de producción agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UAEM. Las características que se determinaron mediante las técnicas descritas por Acosta-Durán (2012) fueron:

Retención de humedad: se calculó por la técnica de la diferencia de volúmenes. Se refiere al máximo volumen de agua que queda retenida en el sustrato después de regar a capacidad de contenedor y dejar drenar libremente. Se expresa en porcentaje (%) del volumen del material. Esta característica depende del tipo de material y del tamaño de partícula. Se recomiendan valores entre 40% y 60% para el crecimiento adecuado de la mayoría de las plantas (Acosta-Durán, 2012).

Porosidad: Se calculó el porcentaje de espacio poroso en condiciones secas. Es la cantidad de espacios que no están ocupados por materiales sólidos. Se expresa en porcentaje del volumen total del material. La característica depende básicamente del tamaño de partícula. Se recomiendan valores de 45% a 75% para el buen crecimiento de plantas (Acosta-Durán, 2012).

Densidad aparente: se calculó con el método de la relación de partículas sólidas por unidad de volumen.

Conductividad eléctrica. Se midió de manera directa en el sustrato con un conductivímetro portátil marca Hanna[®], con electrodo para suelo. Es una medida utilizada para determinar la cantidad de sales presentes en el sustrato. Cuando hay exceso de sales en el sustrato se presentan pérdidas de agua por las raíces lo que provoca síntomas visibles y daña seriamente a las plantas. Se expresa en Siemens por unidad de longitud. Las unidades de lectura normalmente son: mS cm⁻¹ o dS m⁻¹.

pH: se tomó directamente del sustrato con un potenciómetro. Se refiere a la cantidad de iones de hidrógeno libres en la solución del sustrato. Se describe con una escala del 1 al 14, siendo los valores entre 5.5 y 7 los más adecuados para el cultivo de la mayoría de las especies de plantas en contenedor. Esta característica depende del material y determina la acidez o alcalinidad del mismo (Acosta-Durán, 2012).

Evaluación agronómica de la basura verde como componente de sustrato en el cultivo de geranio en contenedor

El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, localizado en Cuernavaca, Morelos, el cual tiene un clima templado, altitud de 1 820 m y está situado entre las coordenadas 9° 14' 55'' latitud norte y los 18° 59' 00'' longitud oeste.

Manejo del cultivo

Se utilizó un invernadero de 300 m² cubierto con plástico fototratado al 50%, con piso cubierto de plástico. Se trasplantaron plántulas de 5 cm de altura en contenedores de plástico negro de 6' que previamente se llenaron con las mezclas de cada uno de los tratamientos a evaluar. Los contenedores se regaron cada tercer día con manguera hasta capacidad de contenedor y no se aplicaron fertilizantes durante el ciclo de cultivo. A los 30 días después del trasplante (ddt) se realizó un pinch del meristemo apical para favorecer el crecimiento radial de las plantas, y se eliminaron todas las inflorescencias presentes en ese momento. Las plantas se mantuvieron en el invernadero hasta los 90 ddt.

Tratamientos

Se hicieron mezclas, en diferentes proporciones (v/v) de basura verde (BV) y tierra de monte (TM), con un sustrato general preparado a base de fibra de coco y aserrín de pino (50%, v/v) para conferir mejores condiciones de retención de humedad y porosidad a las mezclas. La basura verde fue donada por el centro de acopio de la UAEM. Antes de mezclarlas, la basura verde y la tierra de monte se cribaron en partículas de <2 cm. Las proporciones utilizadas en las mezclas fueron: 100%, 75%, 50% y 25%, complementadas con el sustrato general. Los tratamientos fueron: BV100: 100% de basura verde; TM100: 100% de tierra de monte; BV75: 75% de basura verde y 25% de sustrato general; TM75: 75% de tierra de monte y 25% de sustrato general; BV50: 50% de basura verde y 50% de sustrato general; TM50: 50% de tierra de monte y 50% de sustrato general; BV25: 25% de basura verde y 75% de sustrato general; TM25: 25% de tierra de monte y 75% de sustrato general.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de ocho tratamientos y ocho repeticiones con 64 unidades experimentales. La unidad experimental constó de un contenedor con una planta. A los resultados experimentales obtenidos se les aplicó análisis de varianza mediante el programa estadístico SAS. Para determinar las diferencias entre las medias, se aplicó la prueba de Tukey considerando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Variables de respuesta

Las variables observadas fueron las características consideradas de crecimiento y desarrollo de la planta bajo los criterios siguientes: altura de la planta (cm): se midió la altura de la planta a 90 ddt desde la base del tallo (nivel del sustrato) hasta la última hoja; diámetro de la planta (cm): se midió el diámetro mayor de la planta a 90 ddt; diámetro del tallo (mm): se midió con la ayuda de un vernier digital en la base del tallo (1 cm arriba del nivel del sustrato); número de hojas: este dato se tomó al momento del corte, a 90 ddt para cada planta de cada tratamiento; número de flores: este dato se tomó al momento del corte, a los 90 ddt para cada planta de cada tratamiento; contenido de clorofila (SPAD): este dato se tomó de la hoja más alta de cada planta con un equipo Minolta 503 a 90 ddt; peso fresco del vástago y peso fresco de la raíz (g): se obtuvo a 90 ddt, al pesarlos en una balanza digital inmediatamente después de sacarlos del contenedor, las raíces fueron lavadas para quitar rastros del sustrato e inmediatamente se pesaron; peso seco del vástago y de la raíz (g): se colocaron los vástagos y las raíces por separado en bolsas de papel, en una estufa a 70 °C hasta que dieron peso constante en una balanza digital; volumen de raíz (ml): se obtuvo colocando las raíces en una probeta con agua limpia para medir el volumen de agua desplazado; longitud de raíz (cm): se midió desde su origen en la base del tallo hasta la punta de la raíz más larga.

Resultados y discusión

Caracterización físico química de la basura verde

Los resultados obtenidos muestran que las propiedades físicas y químicas de la basura verde son muy similares a la tierra de monte en el porcentaje de porosidad y la capacidad de retención de humedad, pero en la densidad, pH y conductividad eléctrica son muy distintos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización físico-química de los sustratos preparados con diferentes proporciones de basura verde, tierra de monte y sustrato general, para el cultivo de geranio en contenedor.

Tratamiento	Características físicas			Características químicas	
	Porosidad (%)	Retención de humedad (%)	Densidad (g L ⁻¹)	pH	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)
BV100	65	46.5	599	7.1	0.4
TM100	63	39.1	480	6.4	0.06
BV75	73	53.2	455	7.2	0.35
TM75	69.7	48.7	382	6.5	0.1
BV50	79.5	60.1	402	7.2	0.31
TM50	75.5	56	279	6.7	0.14
BV25	84.5	66.6	278	7.3	0.27
TM25	82	64.5	222	6.6	0.19

BV100= 100% de basura verde; TM100= 100% de tierra de monte; BV75= 75% de basura verde y 25% de sustrato general; TM75= 75% de tierra de monte y 25% de sustrato general; BV50: 50% de basura verde y 50% de sustrato general; TM50= 50% de tierra de monte y 50% de sustrato general; BV25= 25% de basura verde y 75% de sustrato general; TM25= 25% de tierra de monte y 75% de sustrato general; sustrato general= 50% de fibra de coco y 50% de aserrín de pino.

También se observó que, a mayor proporción de inclusión de basura verde, la porosidad y la capacidad de retención de humedad disminuyeron y la densidad y la conductividad eléctrica aumentaron.

La capacidad de retención de humedad y la porosidad son propiedades que se refieren al suministro suficiente de agua y aire a las raíces para el crecimiento. El porcentaje mínimo de capacidad de retención de humedad es de 40-60%, para mantener constante un mínimo de 15% de agua disponible, en cambio para el porcentaje de porosidad se recomienda de 50-70% (Acosta Durán, 2012). Los resultados mostraron que todas las mezclas estuvieron por encima del mínimo de la retención de humedad y en la porosidad los tratamientos con porcentajes de 75 y 100% de basura verde y de tierra de monte, estuvieron dentro de los límites recomendables.

La densidad es la relación entre el peso seco y el volumen de un sustrato seco. La densidad ideal de un sustrato varía entre 200 y 900 g L⁻¹ (Acosta-Durán, 2012). Los resultados obtenidos en esta propiedad física para todos los tratamientos, tanto de basura verde como de tierra de monte están dentro del rango ideal para el cultivo de plantas en contenedor.

El potencial hidrógeno es la concentración de iones H⁺ en agua y hace posible la disponibilidad de nutrientes para las raíces de las plantas. En cultivos sin suelo el pH ideal oscila entre 5.5 y 7.0 (Acosta-Durán, 2012). Los resultados obtenidos para el pH en todos los tratamientos con basura verde oscilan entre 7.75 y 7.89; es decir, son ligeramente básicos y en cambio, los pH en los tratamientos con tierra de monte oscilan entre 6.51 a 6.74, son más ácidos que los tratamientos con basura verde.

La conductividad eléctrica es una medida equivalente a la capacidad de intercambio catiónico que indica la capacidad de un sustrato para retener los cationes que se encuentran en la solución nutritiva. Los valores ideales varían entre 0.76 y 1.25 dS m⁻¹ para la mayoría de los cultivos en contenedor (Acosta-Durán, 2012). Los resultados observados para la conductividad eléctrica no están dentro del rango ideal, pero los valores que muestran los tratamientos con basura verde son mayores a los que muestran los tratamientos con tierra de monte.

Evaluación agronómica

En general se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos, con excepción del diámetro de tallo (Cuadro 2). En casi todos los tratamientos con basura verde al 100% los resultados fueron estadísticamente iguales a los de tierra de monte al 100%, lo cual indica que la basura verde funciona como un sustrato que puede reemplazar a la tierra de monte para el cultivo de geranio en contenedor, sin provocar diferencias en el desarrollo del cultivo.

Cuadro 2. Comparación estadística de las variables de ocho tratamientos de basura verde y tierra de monte en diferentes dosis como componentes de sustrato para el cultivo de geranio en contenedor.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Núm. de hojas	Contenido de clorofila (spad)	Núm. de flores
BV100	18.9 a *	25.93 a	14.39 a	63.67 a	37 ab	3.5 a
TM100	18.28 a	23.92 ab	12.95 a	53 ab	44.08 a	3 abc
BV75	17.37 a	21.85 b	12.96 a	40.83 bc	39.58 ab	3 abc
TM75	18.47 a	21.4 b	12.88 a	51.17 ab	42.8 ab	3.67 a
BV50	19.72 a	23.87 ab	12.97 a	41 bc	37.67 ab	3.33 ab
TM50	16.28 ab	17.77 cd	12.37 a	36.5 bc	44 a	3.5 a
BV25	19 a	27.35 a	11.32 a	29.33 c	32.98 b	2.2 bc
TM25	12.25 b	13.82 d	12.18 a	24.33 c	40.65 ab	2 c
CV	13.99	9.2	15.11	27.09	13.84	22.48

*= en las columnas, letras iguales indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$); BV100= 100% de basura verde; TM100: 100% de tierra de monte; BV75= 75% de basura verde y 25% de sustrato general; TM75: 75% de tierra de monte y 25% de sustrato general; BV50= 50% de basura verde y 50% de sustrato general; TM50= 50% de tierra de monte y 50% de sustrato general; BV25: 25% de basura verde y 75% de sustrato general; TM25= 25% de tierra de monte y 75% de sustrato general.

En la altura de la planta no se observaron diferencias significativas en los tratamientos, excepto en el de menor inclusión combinado con tierra de monte (TM25), lo cual indica que la basura verde puede ser utilizada en cualquiera de las dosis anteriores como componente de sustrato para obtener buenos resultados en el crecimiento en altura de planta de geranio en contenedor. En diámetro de la planta se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, el BV100, TM100, BV50 y BV25 fueron estadísticamente iguales y superiores al resto.

En el diámetro de tallo no se encontraron diferencias significativas, lo cual indica que las proporciones en las mezclas no influyen en esta variable. En el número de hojas se observaron diferencias estadísticas y los mejores tratamientos fueron BV100, TM100 y TM75, que fueron estadísticamente iguales entre si. En el contenido de clorofila de las hojas se observaron resultados

similares a los del número de hojas. El número de flores fue estadísticamente superior en los tratamientos a los que se les adicionó más de 50% de tierra de monte o de basura verde, que indica indistinto usar uno u otro material y los resultados en la floración de las plantas serán similares.

El crecimiento vegetativo está fuertemente influenciado por las características físicas y químicas del sustrato, la basura verde es un elemento que puede aumentar la capacidad de retención de humedad, el pH y la conductividad eléctrica, lo que se traduce en mejores condiciones de nutrición; por tanto, de crecimiento de las plantas. Para el cultivo de petunia en contenedor, se observó que con la inclusión de 30% de composta a base de estiércol y residuos vegetales de traspatio como componente de sustrato, mejoró significativamente variables como diámetro de tallo, producción de flores, hojas, brotes y producción de biomasa total (García-Albarado *et al.*, 2010).

Barbaro *et al.* (2009) comparando niveles de inclusión de composta de residuos de poda con suelo, hallaron que la combinación de 50-50 fue superior al suelo y a la composta al 100% en diámetro de tallo y altura de planta, los resultados fueron similares con sustrato comercial fertilizado a 100 y 200 ppm de NPK. En cambio, el número de flores fue superior al sustrato de composta pura y comercial.

En la biomasa aérea, en el peso fresco los tratamientos BV100 y TM100 fueron estadísticamente iguales entre si y el BV100 fue superior al resto de los tratamientos y en peso seco del vástago, los tratamientos BV100, TM100 y TM75 fueron estadísticamente iguales entre sí, pero solo el BV100 fue superior al resto de los tratamientos (Cuadro 3). De acuerdo con los resultados de Barbaro *et al.* (2009) en *Salvia splendens*, los tratamientos a base de composta y suelo obtuvieron resultados en producción de biomasa aérea, comparables a los tratamientos con sustrato comercial fertilizado con 100 y 200 ppm de NPK, que demuestra a la composta reemplazar parcialmente al sustrato comercial. Por otro lado, Masaguer *et al.* (2003) observaron que la aplicación de 50% de composta de residuos de jardinería como componente de sustrato mejoró el crecimiento vegetal en ciprés (*Cupressus sempervires*) superando al resto de los tratamientos.

Cuadro 3. Comparación estadística de ocho tratamientos de basura verde y tierra de monte en diferentes dosis, como componentes de sustrato para el geranio en contenedor.

Tratamiento	Peso fresco del vástago (g)	Peso seco del vástago (g)	Peso fresco de la raíz (g)	Peso seco de la raíz (g)	Longitud de la raíz (cm)	Volumen de la raíz (mL)
BV100	46 a*	16.35 a	5.58 ab	4.75 ab	9.55 c	12.67 abcd
TM100	38.5 ab	15.2 ab	6.22 a	5.77 a	11.15 bc	15.33 ab
BV75	28.17 cd	10.43 bc	4.03 bcd	3.28 bc	12 ab	10.67 bcd
TM75	34.5 bc	14.58 ab	6.17 a	5.72 a	11.97 ab	16.5 a
BV50	35.67 bc	10.93 bc	4.27 bc	3.55 bc	11.37 abc	11.67 abcd
TM50	23.5 d	8.72 cd	4.87 ab	4.5 ab	11.65 abc	14.17 abc
BV25	19.67 de	7.4 cd	2.85 cd	2.65 c	13.8 a	9.67 cd
TM25	11.33 e	4.25 d	2.24 d	2.1 c	9.35 c	8.5 d
CV	15.66	28.4	21.44	20.63	12.23	23.81

*= en las columnas, letras iguales indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$); BV100= 100% de basura verde; TM100= 100% de tierra de monte; BV75= 75% de basura verde y 25% de sustrato general; TM75= 75% de tierra de monte y 25% de sustrato general; BV50= 50% de basura verde y 50% de sustrato general; TM50= 50% de tierra de monte y 50% de sustrato general; BV25= 25% de basura verde y 75% de sustrato general; TM25= 25% de tierra de monte y 75% de sustrato general.

Los resultados también coinciden por lo reportado por Vendrame y Maguire (2005) que hicieron un estudio en el que evaluaron los efectos de seis diferentes sustratos en el crecimiento de Petunia, Margarita, Daisy y Belén; los sustratos eran dos comerciales y uno con 60% de turba, 25% de vermiculita y 15% de perlita. Los otros tres sustratos contenían diferentes porcentajes de composta que contenían biosólidos y restos de poda de jardinería, en donde encontraron que el sustrato que tenía 100% de composta fue el mejor tratamiento para incrementar el peso seco del vástago, por sobre los sustratos comerciales hechos a base de turba.

En el peso fresco, peso seco y volumen de raíz, los mejores tratamientos fueron los que contenían mayores cantidades de basura verde y tierra de monte (BV100 y TM100) que estadísticamente fueron iguales entre si y superiores a los demás; en cambio en la longitud de raíz, los mejores tratamientos fueron los de porcentajes de 75 y 50 de basura verde y tierra de monte y el de BV25. Estos resultados pueden ser explicados por la porosidad de los sustratos, que a mayor porosidad generan un efecto de raíces más delgadas y largas. Otros estudios mencionan que el peso fresco y seco de la raíz de *Salvia splendens*, no mejoró en mezclas de suelo y composta de residuos de poda, pero en sustratos de 100% de composta logró el mejor resultado en el crecimiento radical (Barbaro *et al.*, 2009).

En otro estudio para comparar el efecto de sustratos con diferentes proporciones de materiales orgánicos (vermicomposta) se observó que a mayor porcentaje de inclusión aumentó la altura de la planta, el diámetro de tallo, el peso seco del vástago, la longitud y el volumen de raíz y el número y el diámetro de flores de agérato y petunia en contenedor, superando al tratamiento de fertilización química y concluyendo que los sustratos con material orgánico pueden sustituir a los sustratos tradicionales manteniendo la calidad de los cultivos en contenedor (Acosta-Durán *et al.*, 2014). Estas respuestas pueden ser explicadas porque la adición de composta al sustrato mejora significativamente el aporte, la absorción y la acumulación nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en los diferentes tejidos de las plantas (Gómez-Merino *et al.*, 2011).

En general, como mencionan otros autores, existen materiales alternativos que pueden sustituir a sustratos convencionales, con resultados similares y en ocasiones superiores, como es el caso de la mezcla de composta de residuos de poda y suelo (50-50, v/v) en *S. splendens* (Barbaro *et al.*, 2009) que logró parámetros fenológicos muy similares a los del sustrato comercial, pero aplicando una dosis 50% inferior de fertilizante. El sustrato elaborado con composta de restos de poda podría reducir un 50% el uso de suelo o turba. En ensayos con *Deutzia scabra* los resultados fueron muy favorables con porcentajes de inclusión menores de 60% de la mezcla del sustrato (Fisher y Pop, 1998).

Actualmente en Latinoamérica se aprovechan materiales regionales para la preparación de sustratos, aunque sin conocimiento preciso de las propiedades físicas y químicas de los mismos y se están desarrollando trabajos de investigación que en un futuro facilitarán el aprovechamiento de materiales alternativos (Acosta-Durán *et al.*, 2008). En este trabajo los resultados muestran claramente que la basura verde y la tierra de monte proporcionan resultados similares en el crecimiento y desarrollo del cultivo de geranio en contenedor.

Conclusiones

La basura verde posee características similares a la tierra de monte en porcentaje de porosidad y capacidad de retención de humedad, pero en la densidad, el pH y la conductividad eléctrica, la basura verde presenta valores mayores.

En el crecimiento y desarrollo de geranio en contenedor, la basura verde mostró resultados iguales a la tierra de monte en 16 de las variables y fue superior en siete de las variables estudiadas.

La basura verde es un material que usado como sustrato tiene las características fisicoquímicas necesarias para sustituir con éxito, a la tierra de monte en el cultivo de geranio en contenedor.

Literatura citada

- Acosta, D. C. M.; Acosta, P. D.; Nava, G. L. M.; Andrade, R. M.; Alia, T. I. y Villegas, T. O. G. 2007. Efecto del tipo de sustrato en el crecimiento inicial de plantas ornamentales en contenedor. *Investigación Agropecuaria*. 4(1):1-8.
- Acosta, D. C. M. 2008. Los recursos naturales como materia prima para la preparación de sustratos. Pp 48-60. *In: Oliver-Guadarrama, R.; Taboada-Salgado, M.; Granjeno-Colín, A. E. (Comp.). 2008. Manejo integrado de recursos bióticos. AGT Editor, SA. México. 216 p.*
- Acosta, D. C. M.; Susana, G. C.; Normann, K. A. y Carvallo, B. F. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Investigación Agropecuaria*. 5(2):93-106.
- Acosta, D. C. M. 2012. Selección de sustratos para Horticultura. 1^{ra}. Edición. Redes Editores, México. 108 p.
- Acosta, D. C. M.; Vázquez, B. N.; Villegas, T. O. G.; Vence, L. B. y Acosta, P. D. 2014. Vermicomposta como componente de sustrato en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill. Y *Petunia hybrida* E. Vilm. en contenedor. *Bioagro* 26(1):107-114.
- Ayala, G. A. V. y Carrera, C. B. 2012. La horticultura en México: una primera aproximación al estudio de su competitividad. *INCEPTUM*. 7(12):271-293.
- Bastida, T. A. 2002. Sustratos hidropónicos. Materiales para cultivo sin suelo. Serie de publicaciones AGRIBOT. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 121 p.
- Barbaro, L. A.; Morisigue, D.; Karlanian, M. y Buyatti, M.A. 2009. Producción de plantas de coral (*Salvia splendens* L.) en sustratos realizados a base de composts de restos de poda y suelo con diferentes dosis de fertilización. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*. 8(2):7-18.
- Benito, M.; Masaguer, A.; Moliner, A. and De Antonio, R. 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bio. Technol.* 97(16):2071-2076.
- Cárdenas, A. 2016. Mapa de la floricultura mundial. Imagen agropecuaria, visión del campo y los agronegocios. México. <https://www.imagenagropecuaria.com>.
- Fischer, P. and Popp, W. 1998. The use of various composts and recycled materials in growing media for ornamental shrubs. *Acta Hort.* 469:287-296.
- García-Albarado, J. C.; Trejo-Téllez, L. I.; Ruiz-Bello, A.; Gómez-Merino, F. C. y Velásquez-Hernández, M. A. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16(2):107-113.

- Gómez, M. F. C.; Trejo, T. L. I.; Velásquez, H. M. A.; García, A. C. y Ruiz, B. A. 2011. Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* 3: 399-413.
- Krucker, M.; Hummel, R. L.; and Cogge, C. 2010. Chrysanthemum production in composted and noncomposted organic waste substrates fertilized with nitrogen at two rates using surface and subirrigation. *HortScience.* 45:1695-1701.
- López, C. M. C.; Ruiz, F. J. y Masaguer, A. 2006. Producción de planta ornamental en contenedor con sustratos alternativos a la turba: ensayos en la comunidad de Madrid. Comunidad de Madrid. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica (Ed). España. 173 p.
- Martínez-Martínez, F. 2014. Ocupa Morelos primeros lugares de producción de plantas y flores. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. <https://www.inforural.com.mx>.
- Masaguer, A.; De Antonio, R. y Benito M. 2003. Restos vegetales como sustrato alternativo en horticultura ornamental. *Acta Horticultura* 39:597-599.
- Morán-Medina, F. 2004. Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero. *In: Memorias del Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: diseño, manejo y producción.* Torreón, Coahuila, México. Octubre 13, 14 y 15. 10-18 pp.
- PECI. 2008. Programa Estatal de Competitividad e Innovación. Programa Morelos competitivo y solidario: programa estatal de competitividad e innovación. Capítulo 7: el sector agro negocios: plantas ornamentales y una industria azucarera más competitiva. Gobierno del estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 365-390 pp.
- Ruiz-Fernández, J. y López-Cuadrado, M. C. 2006. Cultivos ornamentales: flor de temporada. Geranio. *Boletín Agrario.* Madrid: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica (Ed) Núm. 47. Ficha embuchada núm. 6. 30 p.
- SIAP-SAGARPA. 2011. La floricultura en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <https://www.inforural.com.mx>.
- Vanier, M.; Ratto, S.; Pierini, V. y Avedissian, F. 2011. Uso de compost de poda como sustrato único en sistemas de cultivo de plantas ornamentales. *Rev. Facultad de Agronomía UBA.* 31(3):223-230.
- Vendrame, W. A. and Maguire, I. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentage. *Proceedings of The Florida State Horticultural Society.* 118:368-371.