

## Nota técnica

# “Basura verde” como componente de sustrato en el cultivo de *Begonia* spp. en potes<sup>1</sup>

## “Green waste” as a substrate component in *Begonia* spp. potting cultivation

Carlos Manuel Acosta-Durán<sup>2</sup>, Denisse Acosta-Peñaloza<sup>2,3</sup>

### Resumen

La tierra de monte (material de extracción del bosque) es el principal sustrato en la producción de plantas ornamentales en potes, pero su extracción ilimitada causa un impacto ecológico negativo. Como alternativa para la sustitución de la tierra de monte, están los desechos de jardinería también llamados “basura verde”. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y determinar la dosis óptima de inclusión de “basura verde” para su uso como componente del sustrato en la producción de *Begonia* spp. en potes. El trabajo se realizó en Morelos, México, en el 2015. Se realizaron análisis físico-químicos de laboratorio y 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. La “basura verde” tuvo características físico-químicas similares a la tierra de monte. En el crecimiento y desarrollo de begonia cultivada en potes, los resultados fueron estadísticamente iguales entre los tratamientos de 100% de “basura verde” y con tierra de monte, en seis de las dieciséis variables estudiadas y superior al resto de los tratamientos en una de las variables estudiadas. Se concluyó que la “basura verde” es un material que tiene las características físico-químicas necesarias para el cultivo de *Begonia* spp. en potes, y que usada como sustrato podría sustituir a la tierra de monte.

**Palabras clave:** sustratos de cultivo, plantas ornamentales, cultivo en contenedor.

### Abstract

The forest soil is the main substrate in the production of ornamental plants in pots, but its unlimited extraction causes a negative environmental impact. One alternative for replacing the forest soil is the garden waste, also called “green waste”. The aim of this study was to characterize and determine the optimal dose inclusion of green waste in order to use it as substrate component for begonia (*Begonia* spp.) container cultivation. This experiment was

<sup>1</sup> Recibido: 7 de octubre, 2016. Aceptado: 17 de marzo, 2017. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación “Manejo de suelos y sustratos en la producción agrícola sustentable” desarrollado por los autores, con el respaldo y el patrocinio de la empresa ProBiSe A.C. con sede en Jiutepec, Morelos, México.

<sup>2</sup> Profesionales en Bienes y Servicios (ProBiSe). Calle Hacienda de Cocoyoc 20-K, Fracc. Jardines de la Hacienda II, CP 62564, Jiutepec, Morelos, México. Tel: 777 523 3755. [acosta\\_duran@yahoo.com.mx](mailto:acosta_duran@yahoo.com.mx) (autor para correspondencia).

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México. Tel: 777 1599826. [denisse.acosta@uaem.mx](mailto:denisse.acosta@uaem.mx)



performed in Morelos State, Mexico, in 2015. Physical and chemical laboratory analysis, as well as an agronomic evaluation was performed. Different proportions (100%, 75%, 50%, and 25%) of green waste and forest soil, supplemented by a general substrate (coconut fiber and sawdust, 50/50, v/v) were mixed. A completely randomized design of eight treatments with eight replications was used. Green waste has similar physicochemical characteristics to forest soil. In the growth and development of begonia plants, the results were statistically equal, between treatments of 100% green waste use and forest soil use in six of the sixteen variables studied, and was superior to other treatments, in one of them. As a result of this study, we reached the following conclusion: that green waste is a material that has the necessary physicochemical characteristics for the *Begonia* spp. container cultivation, and that if its used as a substrate, it could replace the forest soil.

**Keywords:** growing media, ornamental plants, pot cultivation.

## Introducción

La horticultura ornamental explota comercialmente plantas físicamente estéticas, ya sea que la planta completa o alguna de sus partes 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 en condiciones óptimas. La producción de flores es un negocio muy lucrativo que genera ganancias de 35 000 millones de dólares por año, alrededor del mundo (PECI, 2008).

Un factor limitante de la producción de plantas en potes lo constituye el sustrato (Acosta-Durán, 2012). Un sustrato agrícola se define como cualquier material que tiene características específicas adecuadas para la producción de cultivos en potes, a gran escala y con alta calidad (Acosta-Durán, 2008), y son uno de los factores necesarios de 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 nutrientes 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 todo sustrato preparado sea siempre la materia orgánica, excluyendo a las arcillas por su deficiente drenaje.

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

Debido a sus características físicas, disponibilidad y bajo costo, 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). Es un material de extracción del bosque por lo que, su disponibilidad está limitada por la ley (SEMARNAT, 2003), debido a que la explotación irracional de este recurso tiene graves impactos ambientales, principalmente sobre la vegetación y el suelo de los ecosistemas forestales, por lo que, es necesario buscar materiales alternativos para la preparación de sustratos sin perder la calidad de la producción de plantas en potes (Acosta-Durán et al., 2007).

Entre las alternativas para la sustitución de la tierra de monte como sustrato, está el uso de materiales de desecho como la “basura verde”, la cual puede ser utilizada como alternativa para la producción en potes de especies ornamentales de importancia económica. Se compone de residuos vegetales y desechos de jardinería, que se generan en grandes cantidades en áreas públicas y privadas, y tiene un gran potencial porque produce un material de alta fertilidad y con excelentes propiedades físicas para ser utilizada como componente de sustrato. La “basura verde” es un material estabilizado que no está completamente composteado, por lo que, su efecto podría ser variable a lo largo del periodo de cultivo.

Se ha encontrado que los materiales orgánicos composteados como residuos de jardinería, desechos de animales, biosólidos, residuos de agricultura, virutas de madera, residuos sólidos municipales y residuos de comida, pueden ser empleados como sustratos. Tienen altas densidades y sales solubles, pero bajo pH y capacidad de agua disponible, aunque de aceptable calidad para cultivo en potes, suple nutrientes y produce plantas de igual o mejor calidad en crecimiento, comparado con los sustratos estándares (Krucker et al., 2010).

Se han realizado estudios para la estabilización de material composteado, pero es necesario validar técnicas con fines de adopción para aplicarse a las condiciones de México. En un trabajo donde se utilizó composta de residuos de jardinería se demostró que esta puede ser una alternativa de reemplazo del suelo con perlita, ya que es de bajo costo, no contiene aditivos y es de uso directo, además de ser una alternativa para reducir el uso de recursos no renovables (Masaguer et al., 2003).

En relación con las características físico-químicas de sustratos hechos a base de “basura verde” composteada, y utilizados en el cultivo de plantas ornamentales, se obtuvo un pH de 8,6, capacidad de intercambio catiónico muy alta (66,3 a 106,4 cmol+/kg), relación C/N entre 22 y 48, que es mayor que los niveles óptimos de 15 a 20, y al ser comparados con la turba, mostraron ser materiales aceptables como sustrato para cultivo de plantas ornamentales en contenedor (Benito et al., 2006). La “basura verde” composteada se ha utilizado como sustrato alternativo en el cultivo de especies ornamentales, y representa una alternativa de menor costo, 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; también puede disminuir el uso de otros sustratos como la turba cuya extracción perjudica al ecosistema (Vanier et al., 2011).

Los residuos de poda composteados se emplearon para evaluar la respuesta de plantas de coral (*Salvia splendens*). El compost con mezclas de suelo al 50% y con diferentes niveles de fertilización con N-P-K, generó los mejores resultados en un sistema radical mayor, en comparación con sustratos comerciales (Barbaro et al., 2009). Al evaluar el efecto de residuos de poda como sustrato en el cultivo en potes de *Osteospermum ecklonis* como planta ornamental indicadora, se encontró que la caracterización inicial de los sustratos hechos a partir de estos residuos muestran alta conductividad eléctrica y de contenido de N, lo que da lugar a un mayor enraizamiento que repercute posteriormente, en una mayor producción vegetal. Además este sustrato alternativo reduce el consumo de turba sin alterar su comportamiento agronómico, por tanto, es un sustrato viable para el cultivo de plantas ornamentales (López-Cuadrado et al., 2006).

La familia *Begoniaceae* posee cinco géneros y 920 especies puras, la mayoría de las cuales se encuentran en el género *Begonia*. Este género está ampliamente distribuido en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, con cerca de 1400 especies (De-Lange y Bouman, 1999), que se clasifican en 78 secciones (Baranov y Barkley, 1974).

Existe la posibilidad de que la inclusión de “basura verde” como componente de sustrato en el cultivo de plantas ornamentales en potes, tendrá efectos significativos en las características de crecimiento y desarrollo de las mismas, por lo que, se estableció como objetivo del presente trabajo caracterizar y determinar la dosis óptima de inclusión de “basura verde”, para su uso como componente del sustrato en la producción de *Begonia* spp. en potes, como sustituto del uso de tierra de monte.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó de febrero a mayo de 2015, en las instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicada en la colonia Chamilpa, en Cuernavaca, Morelos, México, localizada entre los 18° 58' LN y 99° 14' LO, a una altura de 1892 msnm, con temperatura media de 20,9 °C, precipitación anual de 1086 mm y un clima A(C)<sub>w</sub>, semicálido subhúmedo (INEGI, 2005).

### **Caracterización físico química de la “basura verde”**

La caracterización físico-química de la “basura verde” se realizó en el laboratorio de producción agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), México. Las características se determinaron mediante las técnicas descritas por Acosta-Durán (2012).

La retención de humedad se calculó por la técnica de la diferencia de volúmenes. El porcentaje de espacio poroso en condiciones secas, se obtuvo como porcentaje del volumen total del material. La densidad aparente se extrajo con el método de la relación de partículas sólidas por unidad de volumen. La conductividad eléctrica se tomó de manera directa en el sustrato con un conductivímetro portátil con electrodo para suelo. El pH se obtuvo directamente del sustrato con un potenciómetro (Acosta-Durán, 2012).

### **Evaluación agronómica de la “basura verde” como componente de sustrato en el cultivo de begonia en potes**

Se utilizó un invernadero de 300 m<sup>2</sup> cubierto con plástico fototratado al 50%, con piso cubierto de plástico y riego manual. Como planta indicadora se utilizó *Begonia* f.f. verde, variedad Emperor Pink. Se trasplantaron plántulas de 5 cm de altura en potes de plástico negro de 15 cm, que previamente se llenaron con las mezclas de cada uno de los tratamientos a evaluar. Los potes se regaron cada tercer día y no se aplicaron fertilizantes durante el ciclo de cultivo. A los treinta días después del trasplante (ddt), se realizó un despunte del meristemo apical para favorecer el crecimiento radial de las plantas

Los tratamientos se establecieron con base en diferentes mezclas, en diferentes proporciones (v/v) de “basura verde” y tierra de monte, con un sustrato general preparado con partes iguales de fibra de coco y aserrín de madera (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.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de ocho tratamientos y ocho repeticiones con 64 unidades experimentales. La unidad experimental constó de un pote 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  $P \leq 0,05$ . Además se realizó análisis de correlación entre las propiedades de los sustratos y las variables de crecimiento de las plantas.

Las variables observadas fueron las siguientes: altura de la planta (cm): se midió la altura de la planta a los 90 ddt, desde la base del tallo (nivel del sustrato) hasta la última hoja; diámetro de la planta (cm): el diámetro mayor de la planta a los 90 ddt; diámetro del tallo (mm): se obtuvo con un vernier digital, ubicado en la base del tallo (1 cm arriba del nivel del sustrato); el número de hojas, se midió a los 90 ddt para cada planta de cada tratamiento; el número de flores se tomó a los 90 ddt, para cada planta de cada tratamiento; contenido de clorofila: este dato se obtuvo de la hoja más alta de cada planta con un equipo SPAD a los 90 ddt (Sainz y Echeverría, 1998); peso fresco del vástago y peso fresco de la raíz (g): se obtuvieron a los 90 ddt al pesarlos en una balanza digital inmediatamente después de sacarlos del pote, 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 (Garcés y Forcelini, 2011); longitud de

raíz (cm): se midió desde su origen en la base del tallo hasta la punta de la raíz más larga; volumen de raíz (ml): se obtuvo colocando las raíces en una probeta con agua limpia para medir el volumen de agua desplazado.

## Resultados

### Caracterización físico química de la “basura verde”

Las propiedades físicas y químicas de la “basura verde” fueron muy similares a las de la tierra de monte, en el porcentaje de porosidad y la capacidad de retención de humedad; pero en otras como la densidad, el pH y la conductividad eléctrica fueron distintas (Cuadro 1). 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.

**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 *Begonia* spp. en potes, en Morelos, México, en el 2015.

**Table 1.** Characterization of physico-chemical substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate for *Begonia* spp. potting cultivation, in Morelos State, México, in 2015.

| Tratamiento | Características físicas |                        |                       | Características químicas |                              |
|-------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
|             | Porosidad %             | Retención de humedad % | Densidad aparente g/l | pH                       | Conductividad eléctrica dS/m |
| BV100       | 65,0                    | 46,5                   | 599                   | 7,1                      | 0,40                         |
| TM100       | 63,0                    | 39,1                   | 480                   | 6,4                      | 0,06                         |
| BV75        | 73,0                    | 53,2                   | 455                   | 7,2                      | 0,35                         |
| TM75        | 69,7                    | 48,7                   | 382                   | 6,5                      | 0,10                         |
| BV50        | 79,5                    | 60,1                   | 402                   | 7,2                      | 0,31                         |
| TM50        | 75,5                    | 56,0                   | 279                   | 6,7                      | 0,14                         |
| BV25        | 84,5                    | 66,6                   | 278                   | 7,3                      | 0,27                         |
| TM25        | 82,0                    | 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. Todos los datos son promedio de dos repeticiones / BV100: 100% of green waste; TM100: 100% of forest soil; BV75: 75% of green waste and 25% of general substrate; TM75: 75% of forest soil and 25% of general substrate; BV50: 50% of green waste and 50% of general substrate; TM50: 50% of forest soil and 50% of general substrate; BV25: 25% of green waste and 75% of general substrate; TM25: 25% of forest soil and 75% of general substrate; general substrate: 50% of coconut fiber and 50% of pine sawdust. All data represents an average of two repetitions.

### Evaluación agronómica

En general, se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos (Cuadro 2). Los tratamientos con mayores porcentajes de inclusión de ambos materiales mostraron los mejores resultados en la mayoría de las variables, en cambio a menor inclusión, los resultados fueron los más bajos (Cuadros 2 y 3). El comportamiento de los tratamientos con inclusión de “basura verde” fue similar al de los tratamientos con tierra de monte.

**Cuadro 2.** Comparación estadística para las variables de ocho sustratos preparados con diferentes proporciones de “basura verde”, tierra de monte y sustrato general para el cultivo de *Begonia* spp. en potes, en Morelos México, en 2015.

**Table 2.** Statistical comparison of eight substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate for *Begonia* spp. Potting cultivation variables, in Morelos State, Mexico, in 2015.

| Tratamiento | Altura de planta (cm) | Diámetro de planta (cm) | Diámetro de tallo (mm) | Número de hojas | Contenido de clorofila (spad) | Número de flores |
|-------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|
| BV100       | 13,87 a               | 20,58 a                 | 6,25 b                 | 105,30 ab       | 41,2 a                        | 73,2 abc         |
| TM100       | 14,33 a               | 18,93 b                 | 7,82 a                 | 93,70 abc       | 44,8 a                        | 66,7 bc          |
| BV75        | 13,83 a               | 13,44 d                 | 7,22 ab                | 88,00 abc       | 34,3 a                        | 48,7 cde         |
| TM75        | 14,13 a               | 19,62 ab                | 5,84 bc                | 92,70 abc       | 35,7 ab                       | 80,0 ab          |
| BV50        | 14,43 a               | 12,02 e                 | 7,15 ab                | 88,30 abc       | 21,1 bc                       | 54,3 cd          |
| TM50        | 14,38 a               | 17,12 c                 | 6,64 ab                | 121,20 a        | 28,4 bc                       | 93,2 a           |
| BV25        | 11,35 b               | 9,28 f                  | 6,10 b                 | 69,80 bc        | 20,2 c                        | 27,0 e           |
| TM25        | 10,37 b               | 11,33 e                 | 4,36 c                 | 52,80 c         | 29,0 bc                       | 37,8 de          |

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 / In the columns, the same letters indicate no significant differences (Tukey,  $P < 0,05$ ); BV100: 100% of green waste; TM100: 100% of forest soil; BV75: 75% of green waste and 25% of general substrate; TM75: 75% of forest soil and 25% of general substrate; BV50: 50% of green waste and 50% of general substrate; TM50: 50% of forest soil and 50% of general substrate; BV25: 25% of green waste and 75% of general substrate; TM25: 25% of forest soil and 75% of general substrate.

**Cuadro 3.** Comparación estadística para las variables de ocho sustratos preparados con diferentes proporciones de “basura verde”, tierra de monte y sustrato general para el cultivo de *Begonia* spp. en potes, en Morelos, México, en 2015.

**Table 3.** Statistical comparison of eight substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate for *Begonia* spp. Potting cultivation variables, in Morelos State, Mexico, in 2015.

| 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       | 39,4 ab                     | 11,8 ab                   | 5,4 bc                     | 1,6 bc                   | 6,7 c                    | 3,33 c                  |
| TM100       | 43,7 a                      | 12,5 a                    | 8,8 a                      | 2,7 a                    | 10,9 a                   | 9,2 ab                  |
| BV75        | 25,0 cd                     | 7,5 cd                    | 3,4 c                      | 1,08 c                   | 6,9 c                    | 3,8 c                   |
| TM75        | 23,8 cd                     | 7,1 cd                    | 8,07 ab                    | 2,7 a                    | 9,8 a                    | 12,0 a                  |
| BV50        | 19,2 de                     | 5,7 de                    | 5,4 bc                     | 1,4 c                    | 7,4 bc                   | 6,3 bc                  |
| TM50        | 33,2 bc                     | 9,4 bc                    | 9,5 a                      | 2,8 a                    | 10,3 a                   | 8,2 b                   |
| BV25        | 12,6 ef                     | 3,7 ef                    | 4,7 c                      | 1,3 c                    | 6,6 c                    | 4,0 c                   |
| TM25        | 7,3 f                       | 2,2 f                     | 6,6 abc                    | 1,9 abc                  | 9,4 ab                   | 11,5 a                  |

En las columnas, las letras iguales indican que no hubo 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 / In the columns, the same letters indicate no significant differences (Tukey,  $P < 0,05$ ); BV100: 100% of green waste; TM100: 100% of forest soil; BV75: 75% of green waste and 25% of general substrate; TM75: 75% of forest soil and 25% of general substrate; BV50: 50% of green waste and 50% of general substrate; TM50: 50% of forest soil and 50% of general substrate; BV25: 25% of green waste and 75% of general substrate; TM25: 25% of forest soil and 75% of general substrate.

En la altura de planta, los tratamientos que contenían más del 50% de tierra de monte o de “basura verde” mostraron resultados estadísticamente iguales, lo que indica que, es indistinto usar cualquiera de los dos materiales

como componente de sustrato en el crecimiento de *Begonia* en potes, en dosis superiores al 50%. En el diámetro de planta los mejores tratamientos fueron el BV100 y el TM75. Los tratamientos TM100 y TM75 fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de los tratamientos, resultados que indican que a mayor inclusión de “basura verde” o de tierra de monte en el sustrato, mayor diámetro de la planta.

En el diámetro de tallo el tratamiento TM100 fue superior al de BV100, sin embargo no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de 75% y 50% de cualquiera de los dos materiales. En el número de hojas los resultados fueron similares a los de la altura de planta.

Para el número de flores, los tratamientos de BV100, TM75 y TM50 fueron los mejores, superaron a sus similares en concentración, excepto el de TM100 que fue estadísticamente igual al de BV100. El contenido de clorofila fue mayor cuando los porcentajes de inclusión fueron de 75% o 100% de cualquiera de los materiales.

En la biomasa aérea, en el peso fresco y seco del vástago, los tratamientos BV100 y TM100 fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto de los tratamientos (Cuadro 3).

En las cuatro variables observadas en la raíz (Cuadro 3), no se detectaron diferencias inducidas por los porcentajes de inclusión en ninguno de los dos materiales, sin embargo, en todos los porcentajes de inclusión y en las cuatro variables, la tierra de monte fue superior a la “basura verde”, excepto en el porcentaje de 50% en el que fueron estadísticamente iguales en volumen de raíz.

El análisis de correlación (Cuadro 4) mostró que la densidad y la conductividad eléctrica de los tratamientos con “basura verde” influyeron positivamente en las variables de diámetro de planta, número de hojas, contenido de clorofila, número de flores, peso fresco y seco del vástago; mientras que la porosidad, retención de humedad y pH influyeron negativamente en las mismas variables. La densidad de los tratamientos con tierra de monte influyó positivamente en el diámetro de planta, diámetro de tallo, contenido de clorofila, peso fresco y seco del vástago, y longitud de raíz; y la porosidad, la retención de humedad y la conductividad eléctrica influyeron negativamente en la altura de planta, diámetro de planta y tallo, contenido de clorofila, peso fresco y seco del vástago, y longitud de raíz. El pH de los tratamientos con tierra de monte solo mostró influencia negativa en el contenido de clorofila.

El crecimiento de las plantas en los ocho sustratos mostró una tendencia similar en el comportamiento de todas las variables. En las variables de crecimiento del vástago se observaron valores similares en los tratamientos con los dos materiales (Figura 1), sin embargo, en el caso del crecimiento de raíz, se notó la misma tendencia, pero con valores superiores en los tratamientos con tierra de monte (Figura 2).

## Discusión

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. En este trabajo los resultados mostraron que todas las mezclas estuvieron por encima del mínimo de la capacidad de retención de humedad, que debe estar entre 40% y 50% (Verdonck et al., 1981) para mantener constante un mínimo de 15% de agua disponible; en el caso de la porosidad, los tratamientos con porcentajes de 75% y 100% de “basura verde” y de tierra de monte, estuvieron dentro de los límites recomendables, que se ubican entre 50% y 85% (Boertje, 1984; Acosta-Durán, 2012).

Los resultados para densidad aparente en todos los tratamientos, tanto de “basura verde” como de tierra de monte, estuvieron dentro del rango ideal para el cultivo de plantas en potes, considerando que la densidad es la relación entre el peso seco y el volumen de un sustrato seco. La densidad ideal de un sustrato puede variar entre 200 y 1000 g/l (Bunt, 1974; Acosta-Durán, 2012).

Para el pH, los resultados obtenidos en todos los tratamientos con “basura verde” (entre 7,75 y 7,89), fueron ligeramente básicos, mientras que en los tratamientos con tierra de monte fueron ácidos (6,51-6,74). El potencial

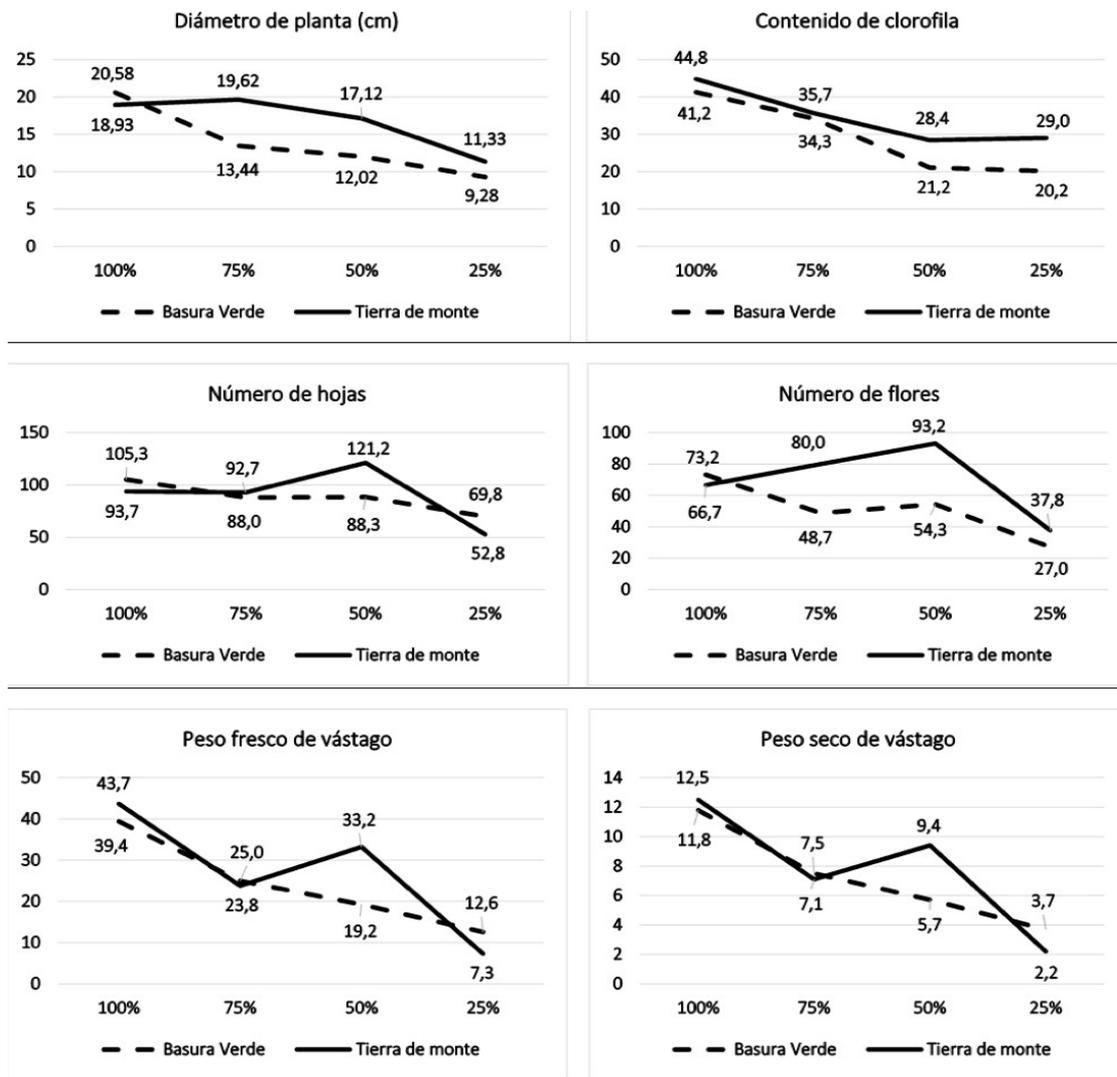
**Cuadro 4.** Coeficientes de correlación entre las propiedades de sustratos preparados con diferentes proporciones de “basura verde”, tierra de monte y sustrato general, con las variables de crecimiento observadas en plantas de *Begonia* spp, en Morelos, México, en 2015.

**Table 4.** Correlation coefficients between the properties of the substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate, with the observed growth variables in *Begonia* spp plants, in Morelos State, Mexico, in 2015.

| <b>Basura verde</b>     | <b>Altura de planta</b>        | <b>Diámetro de planta</b>    | <b>Diámetro de tallo</b>      | <b>Número de hojas</b>      | <b>Contenido de clorofila</b> | <b>Número de flores</b>   |
|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Porosidad               | -0,5848                        | -0,9681                      | -0,0118                       | -0,9383                     | -0,9698                       | -0,8938                   |
| Retención de humedad    | -0,6459                        | -0,9461                      | -0,1079                       | -0,9426                     | -0,9607                       | -0,8988                   |
| Densidad                | 0,6812                         | 0,9745                       | 0,0676                        | 0,9830                      | 0,9153                        | 0,9563                    |
| pH                      | -0,7486                        | -0,9571                      | -0,1043                       | -0,9997                     | -0,8345                       | -0,9918                   |
| Conductividad eléctrica | 0,6291                         | 0,9626                       | 0,0623                        | 0,9505                      | 0,9593                        | 0,9092                    |
| <b>Tierra de monte</b>  |                                |                              |                               |                             |                               |                           |
| Porosidad               | -0,7705                        | -0,8640                      | -0,8641                       | -0,4416                     | -0,9243                       | -0,4038                   |
| Retención de humedad    | -0,7623                        | -0,8521                      | -0,8705                       | -0,4353                     | -0,9299                       | -0,3909                   |
| Densidad                | 0,6852                         | 0,8098                       | 0,8093                        | 0,3237                      | 0,9621                        | 0,2892                    |
| pH                      | -0,2380                        | -0,4706                      | -0,4462                       | 0,1953                      | -0,9449                       | 0,2032                    |
| Conductividad eléctrica | -0,8020                        | -0,8922                      | -0,8654                       | -0,4806                     | -0,9017                       | -0,4519                   |
| <b>Basura verde</b>     | <b>Peso fresco del vástago</b> | <b>Peso seco del vástago</b> | <b>Peso fresco de la raíz</b> | <b>Peso seco de la raíz</b> | <b>Longitud de la raíz</b>    | <b>Volumen de la raíz</b> |
| Porosidad               | -0,9897                        | -0,9907                      | -0,0545                       | -0,4020                     | 0,1554                        | 0,4990                    |
| Retención de humedad    | -0,9749                        | -0,9764                      | -0,0081                       | -0,3432                     | 0,0831                        | 0,4493                    |
| Densidad                | 0,9868                         | 0,9873                       | 0,1751                        | 0,4843                      | -0,0155                       | -0,3550                   |
| pH                      | -0,9582                        | -0,9580                      | -0,3031                       | -0,5663                     | -0,1147                       | 0,2064                    |
| Conductividad eléctrica | 0,9857                         | 0,9869                       | 0,0556                        | 0,3923                      | -0,1011                       | -0,4546                   |
| <b>Tierra de monte</b>  |                                |                              |                               |                             |                               |                           |
| Porosidad               | -0,8468                        | -0,8627                      | -0,5513                       | -0,7121                     | -0,8124                       | 0,2441                    |
| Retención de humedad    | -0,8524                        | -0,8676                      | -0,5506                       | -0,7031                     | -0,8234                       | 0,2581                    |
| Densidad                | 0,7855                         | 0,8028                       | 0,4427                        | 0,6192                      | 0,7659                        | -0,1541                   |
| pH                      | -0,4012                        | -0,4224                      | 0,0655                        | -0,1539                     | -0,4383                       | -0,2484                   |
| Conductividad eléctrica | -0,8512                        | -0,8675                      | -0,5789                       | -0,7470                     | -0,8048                       | 0,2463                    |

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 es variable según la especie pero varía entre 5,5 y 7,0 (Fermino, 2014).

Los resultados observados para la conductividad eléctrica estuvieron por debajo del rango ideal recomendado (0,76 - 1,25 dS/m) para la mayoría de los cultivos en potes (Cavins et al., 2000). Los valores que mostraron los tratamientos con “basura verde” (0,27 – 0,40 dS/m) fueron mayores a los que mostraron los tratamientos con tierra de monte (0,06 – 0,19 dS/m). 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. El hecho de tener valores inferiores a lo recomendado, reduce la retención de nutrientes sin llegar a ser una limitante para el crecimiento.

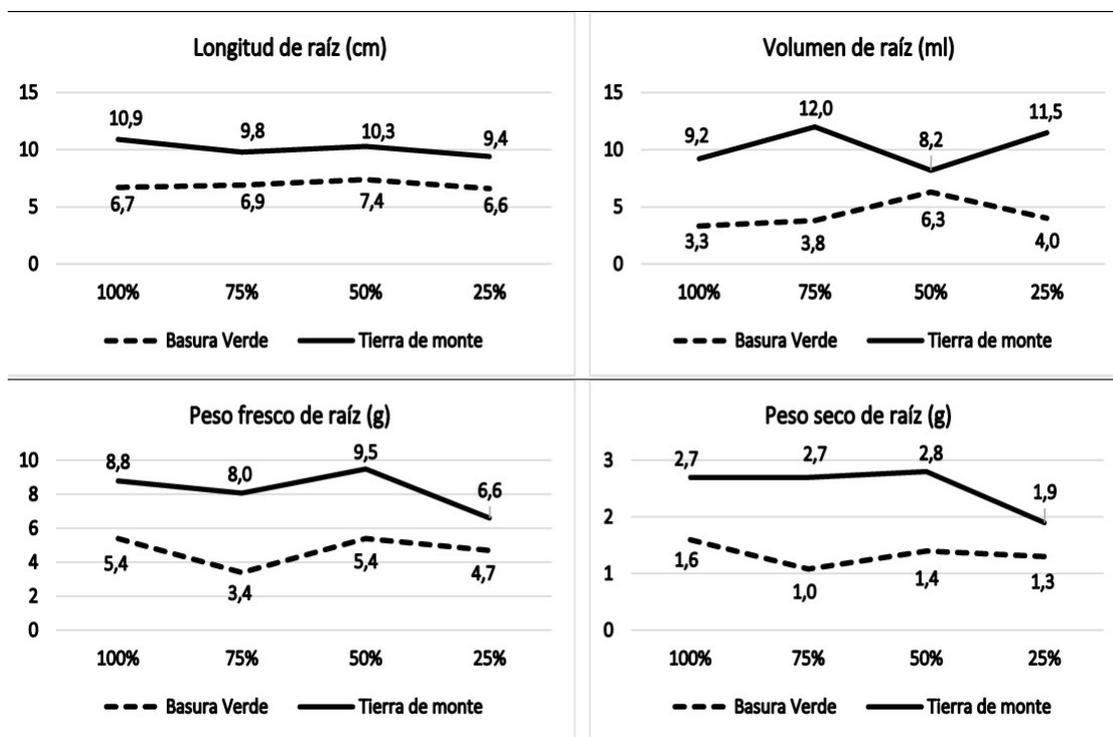


**Figura 1.** Comportamiento de variables de crecimiento en plantas de *Begonia* spp., crecidas en sustratos preparados con diferentes proporciones de “basura verde”, tierra de monte y sustrato general, en Morelos, México, en 2015.

**Figure 1.** Growth variables behavior of grown in substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate *Begonia* spp. plants, in Morelos, Mexico, in 2015.

### Evaluación agronómica

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 y por tanto, de crecimiento de las plantas. En este trabajo los resultados muestran que proporciones superiores a 75% de “basura verde”, indujeron resultados similares a los de la tierra de monte, en las variables de crecimiento de *Begonia*, por lo que, puede considerarse que



**Figura 2.** Comportamiento de variables de crecimiento de raíz, en plantas de *Begonia* spp. crecidas en sustratos preparados con diferentes proporciones de “basura verde”, tierra de monte y sustrato general, en Morelos, México, en 2015.

**Figure 2.** Growth root behavior variables of grown in substrates prepared with different proportions of green waste, forest soil, and general substrate *Begonia* spp. plants, in Morelos, Mexico, in 2015.

es un material que podría sustituir el uso de tierra de monte con resultados satisfactorios (Figura 2). El análisis de correlación muestra una fuerte influencia de los sustratos en las variables de crecimiento (Cuadro 4).

En altura de planta no se observó tal efecto, debido a que, al inicio del experimento se realizó un despunte del meristemo apical, con el fin de reducir el crecimiento en altura y favorecer el crecimiento radial, lo que parece haber influido en el diámetro de las plantas, en el que la correlación con la “basura verde”, fue de las más altas.

En el cultivo de *Petunia* en potes, García-Albarado et al. (2010) observaron que la inclusión de 30% de composta a base de estiércol y residuos vegetales de traspatio como componente de sustrato, mejoró significativamente el diámetro de tallo, la producción de flores, el número de hojas, el número de brotes y la producción de biomasa total.

En un estudio donde se compararon niveles de inclusión de composta de residuos de poda con suelo, se encontró que la combinación de 50-50 (v/v), fue superior al suelo solo y a la composta al 100% en el diámetro de tallo y altura de planta, y los resultados fueron similares al uso de sustrato comercial fertilizado con 100 y 200 ppm de NPK; mientras que el número de flores fue superior al sustrato de composta pura y en el comercial (Barbaro et al., 2009).

De acuerdo con los resultados en *Salvia splendens* (Barbaro et al., 2009), los tratamientos a base de materiales orgánicos y suelo, obtuvieron resultados en producción de biomasa aérea comparables a los tratamientos con sustrato comercial fertilizado con 100 y 200 ppm de NPK, lo que demuestra que la composta podría reemplazar parcialmente al sustrato comercial. Por otro lado, se observó que la aplicación de 50% de composta de residuos de

jardinería como componente de sustrato mejoró el crecimiento vegetal en ciprés (*Cupressus sempervires*) y superó al resto de los tratamientos (Masaguer et al., 2003).

Los resultados también coinciden con un estudio en el que se evaluaron los efectos de seis sustratos en el crecimiento de petunia (*Petunia hybrida*), margarita (*Tagetes patula*), daisy (*Dyssodia tenuiloba*) y belén (*Impatiens walleriana*); 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 incluían biosólidos y restos de poda de jardinería, en donde encontraron que el tratamiento que tenía 100% de composta fue el mejor para incrementar el peso seco del vástago, por sobre los sustratos comerciales hechos a base de turba (Vendrame et al., 2005).

Los resultados observados en la raíz pueden ser explicados por las diferencias entre las características físicas y químicas de los sustratos, ya que la raíz está directamente en contacto con el mismo y la influencia es más directa sobre todo en las características físicas. En este trabajo los sustratos de tierra de monte generaron raíces de mayor tamaño que las que crecieron en “basura verde” (Figura 2), y se observó en las propiedades de la tierra de monte, una correlación con las variables registradas de la raíz (Cuadro 4); solo el pH parece no haber influido en los resultados de raíz. Este resultado puede explicarse porque la “basura verde” es un material parcialmente descompuesto, a diferencia de la tierra de monte que tiene aproximadamente 10% de humus, lo que aporta nutrientes listos para la absorción de la planta.

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 se obtuvo el mejor resultado en el crecimiento radical (Barbaro et al., 2009); lo mismo que en las plantas ornamentales petunia (*Petunia hybrida*), margarita (*Tagetes patula*), daisy (*Dissodia tenuiloba*) y belén (*Impatiens walleriana*) (Vendrame et al., 2005). En romero (*Rosmarinus officinalis*), el tipo de sustrato orgánico no tuvo efectos, pero las proporciones en las mezclas de sustratos orgánicos influyeron significativamente en el crecimiento y biomasa de raíz (Liu-Xu, 2015).

Al comparar el efecto de sustratos con diferentes proporciones de materiales orgánicos (vermicomposta) se observó (Acosta-Durán et al., 2014) que, a mayor proporción 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 diámetro de flores de *agerato* y *Petunia* en potes, 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 potes. Estas respuestas pueden ser explicadas porque la adición de composta al sustrato mejora significativamente la absorción y acumulación nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en los diferentes tejidos de las plantas (Gómez-Merino et al., 2011).

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*, donde hubo una respuesta fenológica muy similar a la obtenida con del sustrato comercial, pero aplicando una dosis 50% inferior de fertilizante (Barbaro et al., 2009). El sustrato elaborado con composta de restos de poda podría reducir en un 50% el uso de suelo o turba. En ensayos con *Deutzia scabra* los resultados fueron muy favorables con porcentajes de inclusión menores del 60% en 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 el uso de materiales orgánicos, como sustratos o componentes de sustratos, el tipo de material no ha mostrado un efecto significativo, pero el porcentaje de inclusión es determinante en las características físico-químicas del sustrato final. En este trabajo, el empleo de “basura verde” o de tierra de monte, produjo resultados similares en el crecimiento del cultivo de *Begonia* en potes, por lo que, se concluye que la “basura verde” es un material alternativo que usado como sustrato tiene las características físico-químicas necesarias, que podrían sustituir a la tierra de monte, por lo que, sería recomendable realizar pruebas a nivel comercial para validar estos resultados.

## Conclusiones

La “basura verde” tuvo 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” presentó valores mayores que la tierra de monte.

En el crecimiento de *Begonia* en potes, los resultados fueron estadísticamente iguales entre los tratamientos de 100% de “basura verde” o 100% de tierra de monte, en seis de las dieciséis variables estudiadas y superior al resto de los tratamientos en una de las variables estudiadas.

La “basura verde” usada como sustrato mostró características físico-químicas que pueden sustituir a la tierra de monte en el cultivo de *Begonia* en potes.

## Literatura citada

- Acosta-Durán, C.M. 2008. Los recursos naturales como materia prima para la preparación de sustratos. En: R. Oliver-Guadarrama et al., editores, Manejo integrado de recursos bióticos. AGT Editor S.A., MEX. p 48-60.
- Acosta-Durán, C.M. 2012. Selección de sustratos para Horticultura. Redes Editores, MEX.
- Acosta-Durán, C.M., D. Acosta-Peñaloza, L.M. Nava-Gómez, M. Andrade-Rodríguez, I. Alia-Tejacal, y O.G. Villegas-Torres. 2007. Efecto del tipo de sustrato en el crecimiento inicial de plantas ornamentales en contenedor. Investigación Agropecuaria 4:1-8.
- Acosta-Durán, C.M., C. Susana-Gallardo, K. Normann, y B.F. Carvallo. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. Investigación Agropecuaria 5:93-106.
- Acosta-Durán, C.M., N. Vázquez-Benítez, O.G. Villegas-Torres, L.B. Vence, y D. Acosta-Peñaloza. 2014. Vermicomposta como componente de sustrato en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill. y *Petunia hybrida* E. Vilm. en contenedor. Bioagro 26:107-114.
- Baranov, A., and F.A. Barkley. 1974. The sections of the genus *Begonia*. Northeastern University, Boston, MA, USA.
- Barbaro, L.A., D. Morisigue, M. Karlanian, y M.A. Buyatti. 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. Rev. FAVE 8(2):7-18.
- Bastida-Tapia, A. 2002. Sustratos hidropónicos. Materiales para cultivo sin suelo. Serie de publicaciones AGRIBOT. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, MEX.
- Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, and R. De-Antonio. 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. Bioresour. Technol. 97:2071-2076. doi:10.1016/j.biortech.2005.09.011
- Boertje, G.A. 1983. Physical laboratory analyses of potting composts. Acta Hort. 150: 47-50. doi:10.17660/ActaHortic.1984.150.4
- Bunt, A.C. 1974. Some Physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. Acta Hort. 37:1954-1965. doi:10.17660/ActaHortic.1974.37.6
- Cavins, T.J., B.E. Whipker, W.C. Fonteno, B. Harden, I. McCall, and J.L. Gibson. 2000. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. Hort. Info. Leflet. 590:2-17.
- De-Lange, A., and F. Bouman. 1999. Seed micromorphology of neotropical begonias. Smithsonian Institution Press, WA, USA.
- Fermino, M.H. 2014. Sustratos: composição, caracterização e método de análise. Agrolibros, BRA.

- Fischer, P., and W. Popp. 1998. The use of various composts and recycled materials in growing media for ornamental shrubs. *Acta Hort.* 469:287-296. doi: 10.17660/ActaHortic.1998.469.30
- Garcés, F., y C.A. Forcelini. 2011. Peso de hojas como herramienta para estimar el área foliar en soya. *Cienc. Tecnol.* 4(1):13-18. doi:10.18779/cyt.v4i1.156
- García-Albarado, J.C., L.I. Trejo-Téllez, A. Ruiz-Bello, M.A. Velásquez-Hernández, y F.C. Gómez-Merino. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16:107-113.
- Gómez-Merino, F.C., L.I. Trejo-Téllez, M.A. Velásquez-Hernández, J.C. García-Albarado, y A. Ruiz-Bello. 2011. Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:399-413.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 17007. INEGI, MEX. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/17/17007.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/17/17007.pdf) (consultado 2 oct. 2016).
- Krucker, M., R.L. Hummel, and C. Cogger. 2010. Chrysanthemum production in composted and noncomposted organic waste substrates fertilized with nitrogen at two rates using surface and subirrigation. *HortSci.* 45:1695-1701.
- Liu-Xu, L. 2015. Desarrollo de nuevos sustratos a base de compost y biochar para la propagación y producción de *Rosmarinus officinalis* L. en vivero profesional. Tesis Lic., Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, ESP.
- López-Cuadrado, M.C., J. Ruiz-Fernández, y A. Masaguer, 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, ESP.
- Masaguer, A., R. De Antonio, y M. Benito. 2003. Restos Vegetales como sustrato alternativo en horticultura ornamental. *Acta Hort.* 39:597-599.
- Morán-Medina, F. 2004. Producción de plantas ornamentales en pote en invernadero. En: Sánchez et al., editores, *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: diseño, manejo y producción.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, MEX. p. 10-18.
- PECI (Programa Estatal de Competitividad e Innovación). 2008. El sector agro negocios: Plantas ornamentales y una industria azucarera más competitiva. En: Gobierno del Estado de Morelos, editor, *Programa Morelos competitivo y solidario: Programa estatal de competitividad e Innovación, PEGI, Cuernavaca, Morelos, MEX.* p. 365-390.
- Sainz, R., y H.E. Echeverría. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 103(1):37-44.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. NOM-027-SEMARNAT-1996, Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte. *Diario Oficial de la Federación*, 23 de abril de 2003, MEX.
- Vanier, M., S. Ratto, V. Pierini, y F. Avedissian. 2011. Uso de compost de poda como sustrato único en sistemas de cultivo de plantas ornamentales. *Rev. Fac. Agron. UBA* 31:223-230.
- Vendrame, W.A., I. Maguire, and K.K. Moore. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentage. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118:368-371.
- Verdonck, O., D. Vleeschauwer, and M. De Boodt. 1981. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Hort.* 126:51-258. doi:10.17660/ActaHortic.1982.126.30