

Production of oregano (*Lippia graveolens* Kunth) seedling from seeds in nursery for transplanting

Producción de plántula de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) por semilla en vivero para trasplante

Raúl Martínez-Hernández¹; M. Magdalena Villa-Castorena^{2*};
Ernesto A. Catalán-Valencia²; Marco A. Inzunza-Ibarra².

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez s/n, Valle Verde. C. P. 27059. Torreón, Coahuila, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA). km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento. C. P. 35140. Gómez Palacio, Durango, México.

villa.magdalena@inifap.gob.mx Tel.: 52+ (871) 1590104 (*Corresponding author).

Abstract

The production of oregano plants in nursery is an option for the production of high quality transplanting plants. The purpose of this study was to evaluate the effect of five growing media mixtures and five types of containers on the growth and quality of oregano plants. The growing media mixtures consisted of the commercial mixture BM2 (peat moss, perlite and vermiculite 80:10:10), BM2 with river sand (1:1), BM2 with river sand (1.5:1), BM2 with perlite and vermiculite (1:1:1) and a mixture of compost with river sand (1.5:1). The containers included expanded polystyrene trays of 200, 128 and 76 cavities, 250-mL polystyrene pots and 712-mL black plastic bags (caliber 150 µm). A randomized complete block design with factorial arrangement of treatment with four replications per treatment was used. The growing media and the type of container affected the growth and quality of the plant. Higher plant growth and higher leaf area was observed in the combination of bag and growing medium BM2, which led to the highest Dickson quality index. Shoot and root dry weight ratio was higher in larger volume containers.

Keywords: Growing media, container, dry weight of stem and root.

Resumen

La producción de orégano en vivero es una opción para la obtención de plantas de buena calidad para trasplante. El propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de cinco sustratos y cinco contenedores en el crecimiento y calidad de la planta de orégano. Los sustratos fueron: mezcla comercial BM2 (turba, perlita y vermiculita, 80:10:10), BM2 + arena de río (1:1), BM2 + arena de río (1.5:1), BM2 + perlita + vermiculita (1:1:1) y mezcla de composta + arena de río (1.5:1). Los contenedores incluyeron charolas de poliestireno expandido (PE) de 200, 128 y 76 cavidades, vaso de PE de 250 cm³ y bolsa de plástico negro de 712 cm³ (calibre 150 µm). Se usó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los sustratos y el tipo de contenedor afectaron el crecimiento y calidad de la planta. Se observó mayor crecimiento de la planta y mayor área foliar en la combinación bolsa y sustrato BM2. Este mismo sustrato y el contenedor bolsa promovieron el índice de calidad de Dickson más alto. La relación peso seco del vástago y peso seco de la raíz fue mayor en los contenedores de mayor volumen.

Palabras clave: Sustrato, contenedor, peso seco de vástago y raíz.

Introduction

Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) is a species native to the arid areas of Mexico, where it is collected and marketed to generate income for the families of those areas; it is an aromatic species with great economic potential, since it has international demand due to its uses in the pharmaceutical and cosmetic industry (Pascual, Slowing, Carretero, Sánchez, & Villar, 2001; Silva, 2003). The oregano plant has been studied and tested as an anticancer, pesticide and antimicrobial food preservative Machado et al., 2010; Martínez-Rocha, Puga, Hernández-Sandoval, Loarca-Piña, & Mendoza, 2008; Zheng & Wang, 2001). The chemical composition of the stem has been studied due to its important content of flavonoids, which can contribute to the development of new compounds for agronomy and medicine applications (González-Güereca, Soto, Kite, & Martínez, 2007). Which gives even more importance to the plant.

Mexico is one of the countries with higher production of dry oregano in the world; in 1997, Huerta reported that production was 4,000 t·year⁻¹ and that the country was one of the largest exporters, surpassed only by Turkey. Since the species is harvested in natural areas, there is no record of production statistics and there are no recent data available. However, Mexican oregano is considered the oregano with the highest quality, due to the chemical composition of its essential oils, which has promoted its commercialization in recent years (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2007). Most oregano production in Mexico comes from wild populations located in low precipitation and high temperature areas. This, combined with the harvesting during the flowering season, causes the plant's natural regeneration rate to be slow. For this reason, reforestation programs are required to guarantee the permanence of oregano in its natural habitat.

Oregano may be an alternative crop in regions with low availability of water for irrigation. Because it is a native species of arid regions, water requirements are low (Villa-Castorena, Catalán-Valencia, Arreola-Ávila, Inzunza-Ibarra, & Román-Lopez, 2011); however, planting oregano in the field directly has a low probability of success, mainly because the seed is very small, has low percentage of germination and the seedling in its early stages is very fragile to withstand cultivation practices. This results in a low population density, which is reflected in a reduced harvest. The production of oregano seedlings in nursery massively is an option to obtain high quality plants with a well-developed root system and strong stems. So, when the plant is transplanted, it will have a good adaptation and establishment in the field.

The growing medium and the type of container are two very important factors in the production of nursery

Introducción

El orégano (*Lippia graveolens* Kunth) es una especie nativa de las zonas áridas de México, donde se recolecta y se comercializa para generar ingresos a las familias de esas zonas; es una especie aromática con gran potencial económico, ya que tiene demanda a nivel internacional por sus usos en la industria farmacéutica y cosmética (Pascual, Slowing, Carretero, Sánchez, & Villar, 2001; Silva, 2003). El orégano se ha estudiado y probado como conservador de alimentos, anticancerígeno, plaguicida y antimicrobiano (Machado et al., 2010; Martínez-Rocha, Puga, Hernández-Sandoval, Loarca-Piña, & Mendoza, 2008; Zheng & Wang, 2001). También se ha estudiado la composición química del tallo por su contenido importante de flavonoides que pueden contribuir al desarrollo de nuevos compuestos con aplicaciones en la agronomía y medicina (González-Güereca, Soto, Kite, & Martínez, 2007), lo cual le da aún más importancia a la planta.

México es uno de los países con mayor producción de orégano seco en el mundo; en 1997, Huerta reportó que la producción era de 4,000 t·año⁻¹ y que el país era uno de los mayores exportadores, superado sólo por Turquía. Debido a que la especie se recolecta en áreas naturales, no se lleva un control en las estadísticas de la producción y no se cuenta con datos más recientes. No obstante, el orégano mexicano es considerado el de más alta calidad, debido a la composición química de sus aceites esenciales, lo cual ha impulsado la comercialización en los últimos años (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2007). La mayor parte de la producción de orégano en México proviene de poblaciones silvestres ubicadas en zonas con precipitación baja y temperaturas altas. Esto aunado a que la recolección se hace durante la época de floración hace que la tasa de regeneración natural de la planta sea lenta. Por esto, se requiere de programas de reforestación que garanticen la permanencia del orégano en su hábitat natural.

El orégano puede ser un cultivo alternativo en las regiones con baja disponibilidad de agua para riego. Por ser una especie nativa de las regiones áridas, los requerimientos hídricos son bajos (Villa-Castorena, Catalán-Valencia, Arreola-Ávila, Inzunza-Ibarra, & Román-Lopez, 2011); sin embargo, la siembra de orégano en campo de forma directa tiene baja probabilidad de éxito, debido principalmente a que la semilla es muy pequeña, tiene bajo porcentaje de germinación y la plántula en sus etapas tempranas es muy frágil, para soportar las prácticas de cultivo. Esto trae como consecuencia una baja densidad de población, lo cual se refleja en una cosecha reducida. La producción de plántula de orégano en forma masiva en vivero es una opción para obtener plantas de buena calidad con un sistema radicular bien desarrollado y tallos fuertes.

seedlings. They define the growth and development of both the root and the shoot. When selecting a growing medium, its physical and chemical properties should be considered, which determine the availability of water and oxygen, water mobility, ease of root penetration and nutrient uptake (Abad, Martínez, & Martínez, 1993; Cremades, 2005). A growing medium should promote good growth of seedlings within the confined space of the container. This is why the studies regarding the growth response of oregano seedlings for transplanting using different types of growing media and container are relevant. Knowing these factors helps to perform better planning of the nursery, since it is possible to determine the space required for the production of seedlings, as well as the costs required for this activity. Taking into account the above, the present study evaluated the effect of the type of growing medium and container on the growth and quality of oregano seedlings grown under nursery conditions.

Materials and methods

This study was developed in a greenhouse with polycarbonate cover on its front and lateral side and polyethylene roof, as well as extractors for ventilation. The greenhouse is located at 25° 30' N - 103° 42' W and at a height of 1,135 m, in the experimental field of CENID RASPA INIFAP in Gómez Palacio, Durango. The maximum and minimum temperatures inside the greenhouse ranged from 28.3 to 39.3 °C and 15.6 to 22.5 °C, respectively, while relative humidity ranged from 32 to 85 %.

A total of five growing media and five containers were evaluated for the production of oregano in nursery. The growing media were: S1 = commercial mixture of BM2 (peat moss + perlite + vermiculite, 80:10:10), S2 = mixture BM2 + river sand (1:1), S3 = mixture of BM2 + river sand (1.5:1), S4 = mixture of BM2 + vermiculite + perlite (1:1:1) and S5 = mixture of compost + sand (1.5:1); proportions were made on the basis of volume. Bulk density and moisture retention capacity of each growing media are shown in Table 1. The containers evaluated were: expanded polystyrene (EP) trays of 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, with volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; 250 cm³ polystyrene pot and black plastic bag (BP) caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³.

A randomized complete block design with 5 x 5 factorial arrangement, with four replications per treatment was used. Factor A comprised the types of growing media while factor B included the type of container. The combination of both factors resulted in a total of 25 treatments (Table 2). The experimental plot consisted of two trays of each type (200, 128 and 72 cavities), 10 pots and 10 bags.

Esto permite que la planta tenga una buena adaptación y establecimiento en campo cuando sea trasplantada.

El sustrato y el tipo de contenedor son dos factores muy importantes en la producción de plántulas en vivero. Estos definen el crecimiento y desarrollo tanto de la raíz como de la parte aérea. Al seleccionar un sustrato debe tenerse en cuenta sus propiedades físicas y químicas, las cuales determinan la disponibilidad de agua y oxígeno, la movilidad del agua, la facilidad de penetración de la raíz y la absorción de nutrientes (Abad, Martínez, & Martínez, 1993; Cremades, 2005). Un sustrato debe propiciar un buen crecimiento de las plántulas dentro del espacio limitado del contenedor. Es por esto que los estudios referentes a la respuesta del crecimiento de las plántulas de orégano para trasplante a diferentes tipos de sustrato y contenedor son relevantes; además, el conocimiento de estos factores ayuda a realizar una mejor planeación del vivero, ya que se puede determinar el espacio necesario para la producción de plántulas, así como los costos necesarios para esta actividad. Tomando en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto del tipo de sustrato y contenedor en el crecimiento y calidad de plántulas de orégano, cultivadas bajo condiciones de vivero.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en un invernadero con cubierta de policarbonato en sus lados lateral y frontal y polietileno en el techo, así como extractores para ventilación. El invernadero está ubicado a 25° 30' LN - 103° 42' LO y a una altura de 1,135 m, en el campo experimental del CENID RASPA INIFAP en Gómez Palacio, Durango. La temperatura máxima y mínima dentro del invernadero variaron desde 28.3 a 39.3 °C y 15.6 a 22.5 °C, respectivamente, mientras que la humedad relativa osciló entre 32 y 85 %.

Se evaluaron cinco sustratos y cinco contenedores para la producción de orégano en vivero. Los sustratos fueron: S1 = mezcla comercial BM2 (turba + perlita + vermiculita, 80:10:10), S2 = mezcla BM2 + arena de río (1:1), S3 = mezcla de BM2 + arena de río (1.5:1), S4 = mezcla de BM2 + vermiculita + perlita (1:1:1) y S5 = mezcla de composta + arena (1.5:1); las proporciones se hicieron con base en el volumen. La densidad aparente y la capacidad de retención de humedad de cada sustrato se presentan en el Cuadro 1. Los contenedores evaluados fueron: charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro (PN) calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 5 x 5, con cuatro repeticiones

Table 1. Physical properties of growing media evaluated for the production of oregano (*Lippia graveolens*) grown under nursery conditions.**Cuadro 1. Propiedades físicas de los sustratos evaluados para la producción de orégano (*Lippia graveolens*) en vivero.**

| Growing medium/Sustrato | Bulk density (g·cm ⁻³)/ Densidad aparente (g·cm ⁻³) | Moisture retention capacity (cm ³ ·cm ⁻³)/ Capacidad de retención de humedad (cm ³ ·cm ⁻³) |
|--|---|---|
| Mixture BM2/Mezcla BM2 | 0.08 | 0.75 |
| Mixture BM2 + sand (1:1)/Mezcla BM2 + arena (1:1) | 0.80 | 0.43 |
| Mixture BM2 + sand (1.5:1)/Mezcla BM2 + arena (1.5:1) | 0.60 | 0.49 |
| Mixture BM2 + perlite + vermiculite (1:1:1)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita (1:1:1) | 0.16 | 0.46 |
| Compost + sand (1.5:1)/Composta + arena (1.5:1) | 1.03 | 0.40 |

BM2: Peat moss + perlite + vermiculite (80:10:10).

BM2: Turba + perlita + vermiculita (80:10:10).

The seeds were disinfected with a 5 % of chlorine solution for 60 s, rinsed with distilled water and then treated with a solution of gibberellic acid at a concentration of 250 mg·L⁻¹ of water and immersed for 12 h. Prior to sowing, the growing media were prepared in the proportions corresponding to each treatment, mixed with a shovel and moistened. Subsequently, the containers were filled and three seeds were sown in each cavity; after the emergency, the seedlings were discarded, leaving only one.

The seedlings were watered with water until the first true leaves appeared. From that moment until 45 days after the emergence (dae), the seedlings were irrigated with a nutrient solution at a concentration of 20-40-30 mg·L⁻¹ de N, P and K, respectively. After 45 and up to 90 dae, the concentration of the solution was changed to 60-80-90. This solution was prepared with well water and soluble fertilizers. The contribution of nutrients from irrigation water was considered in the formulation of the nutritional solution. The nutritional solution was prepared with the commercial fertilizers: potassium monophosphate, potassium nitrate and ammonium nitrate. Phosphoric acid was also used to regulate the pH of the solution to 6.5. Every two or three days plants were watered according to the age of the plant and the humidity conditions in the trays, which was influenced by the temperature and humidity in the greenhouse; a micro spray system (nebulizer) was used for irrigation.

At 110 days after sowing (das), five plants were selected from each treatment and replication to measure plant height, leaf area and stem diameter. Plant height was measured from the stem base to the point of growth of the plant using a graduated scale, and the diameter was recorded at the base of the stem using a digital vernier (Auto Tec, Charlotte, NC, USA). All leaves of each plant (without petiole) were cut and measured with

por tratamiento. El factor A comprendió a los tipos de sustratos mientras que el factor B incluyó al tipo de contenedor. La combinación de ambos factores dio un total de 25 tratamientos (Cuadro 2). La parcela experimental consistió en dos charolas de cada tipo (200, 128 y 72 cavidades), 10 vasos y 10 bolsas.

Las semillas se desinfectaron con una solución clorada al 5 % por 60 s, se enjuagaron con agua destilada y después se trataron con una solución de ácido giberélico a una concentración de 250 mg·L⁻¹ de agua y un tiempo de inmersión de 12 h. Previo a la siembra, los sustratos se prepararon en las proporciones correspondientes a cada tratamiento, se mezclaron con una pala y se humedecieron. Posteriormente, los contenedores se llenaron y se sembraron tres semillas en cada cavidad; después de la emergencia, las plántulas se desahijaron dejando sólo una.

Las plántulas se regaron con agua hasta la aparición de las primeras hojas verdaderas. Desde ese momento y hasta los 45 días después de la emergencia (dde), las plántulas se regaron con una solución nutrimental a una concentración de 20-40-30 mg·L⁻¹ de N, P y K, respectivamente. Después de los 45 y hasta los 90 dde, la concentración de la solución se cambió a 60-80-90. Esta solución se preparó con agua de pozo y fertilizantes solubles. La aportación de nutrientes del agua de riego se consideró en la formulación de la solución nutrimental. La solución nutrimental se preparó con los fertilizantes comerciales monofosfato de potasio, nitrato de potasio y nitrato de amonio. También se usó ácido fosfórico para regular el pH de la solución a 6.5. Los riegos se hicieron cada dos o tres días según la edad de la planta y las condiciones de humedad en las charolas, lo cual estuvo influenciado por la temperatura y humedad en el invernadero; los riegos se aplicaron con un sistema de microaspersión tipo nebulizador.

Table 2. Treatments resulting from the combination of type of growing medium and type of container, for the production of oregano (*Lippia graveolens*) grown under nursery conditions.

Cuadro 2. Tratamientos resultantes de la combinación tipo de sustrato y tipo de contenedor, para la producción de orégano (*Lippia graveolens*) en vivero.

| Tratamiento/Treatment | Sustrato/growing medium | Contenedor/container |
|-----------------------|--|----------------------|
| T1 | Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | CH200 (C1) |
| T2 | Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | CH128 (C2) |
| T3 | Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | CH72 (C3) |
| T4 | Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | POT (C4)/VASO (C4) |
| T5 | Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | BAG (C5)/BOLSA (C5) |
| T6 | Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2)/Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH200 (C1) |
| T7 | Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2)/Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH128 (C2) |
| T8 | Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2)/Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH72 (C3) |
| T9 | Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2)/Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | POT (C4)/VASO (C4) |
| T10 | Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2)/Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | BAG (C5)/BOLSA (C5) |
| T11 | Mixture BM2 + Sand 1.5:1 (S3)/Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH200 (C1) |
| T12 | Mixture BM2 + Sand 1.5:1 (S3)/Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH128 (C2) |
| T13 | Mixture BM2 + Sand 1.5:1 (S3)/Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH72 (C3) |
| T14 | Mixture BM2 + Sand 1.5:1 (S3)/Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | POT (C4)/VASO (C4) |
| T15 | Mixture BM2+ Sand 1.5:1 (S3)/Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | BAG (C5)/BOLSA (C5) |
| T16 | Mixture BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH200 (C1) |
| T17 | Mixture BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH128 (C2) |
| T18 | Mixture BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH72 (C3) |
| T19 | Mixture BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | POT (C4)/VASO (C4) |
| T20 | Mixture BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | BAG (C5)/BOLSA (C5) |
| T21 | Compost + Sand 1.5:1 (S5)/Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH200 (C1) |
| T22 | Compost + Sand 1.5:1 (S5)/Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH128 (C2) |
| T23 | Compost + Sand 1.5:1 (S5)/Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH72 (C3) |
| T24 | Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | POT (C4)/VASO (C4) |
| T25 | Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | BAG (C5)/BOLSA (C5) |

BM2: Peat moss + perlite + vermiculite (80:10:10). Containers: Expanded polystyrene (EP) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; EP pot of 250 cm³; and black plastic bags, caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³.

BM2: Turba + perlita + vermiculita (80:10:10). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³.

a leaf area integrator (LI-COR 3500, Lincoln, Nebraska, USA). In addition to the above, the dry weight of the aerial part (shoot) and dry weight of the root were obtained by drying the leaves (including the petiole), stem and root in forced air oven at 68 °C for 48 h. The sum of the dry weight of the leaves and stem resulted in the dry weight of the shoot. The morphological indices ratio between dry shoot weight and dry root weight, and the Dickson quality index (ICD) were also calculated (Olivo & Buduba, 2006). The latter was estimated by the following relation:

A los 110 días después de la siembra (dds), cinco plantas se seleccionaron en cada tratamiento y repetición, para medir la altura de la planta, el área foliar y el diámetro del tallo. La altura se midió desde la base del tallo hasta el punto de crecimiento de la planta con una regla graduada, y el diámetro se registró en la base del tallo con un vernier digital (Auto Tec, Charlotte, NC, USA). Todas las hojas de cada planta (sin pecíolo) se cortaron y se midieron con un integrador de área foliar (LI-COR 3500, Lincoln, Nebraska, USA). Además de lo anterior,

$$ICD = \frac{TW}{\frac{PH}{D} + \frac{SDW}{RDW}}$$

where:

TW = Total weight of the plant (g)

PH = Plant height (cm)

SDW = Shoot dry weight (g)

RDW = Root dry weight (g)

D = Diameter of root crown (mm).

Data were analyzed using a variance analysis according to the experimental design used. When the factors studied and their interaction were significant ($P \leq 0.05$), the means comparison was done using the Tukey test ($P = 0.05$). Analyses were carried out using the statistical package SAS version 9.0 (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2002).

Results and discussion

Height of *Lippia graveolens* plant

The analysis of plant height variance (PH) indicated that the effects of the type of container, growing medium and interaction of both factors were significant ($P \leq 0.01$). Figure 1 shows the graphical comparison in plant height, as a result of the interaction growing medium-container. The highest plants, in each growing medium studied, were produced in the bag, except for the S5. The combinations bags with S1 and S2 had a statistically similar effect on PH; on average, plants measured 23.4 cm and were superior to the rest of the combinations. The container CH128 in combination with all growing media, except for S1, produced the smallest plants with only 25 % of PH of the best combinations.

Leaf area of *Lippia graveolens*

The leaf area (LA) of oregano was significantly affected ($P \leq 0.01$) by the growing medium, type of container and interaction of both factors. Figure 2 shows that the bag showed higher LA than the other containers in each growing medium, which could be due to the greater amount of water and nutrients available in that container. Studies on tomato, chili, and eggplant indicate that the volume of the container affected the number of leaves and leaf area of the plant (Romano, Paratore, & Rosi, 2003). On the other hand, the combination bag with S1, which had the highest retention capacity, showed the highest LA compared to the rest of the combinations (Figure 2). This confirms what has been reported in the literature regarding the area's sensitivity to water availability (Kramer & Boyle, 1995; Steudle, 2000).

el peso seco de la parte aérea (vástago) y peso seco de la raíz se obtuvieron mediante el secado de las hojas (incluyendo el pecíolo), tallo y raíz en estufa de aire forzado a 68 °C por 48 h. La suma del peso seco de las hojas y del tallo dio como resultado el peso seco del vástago. Los índices morfológicos relación entre el peso seco de la parte aérea y peso seco de raíces, y el índice de calidad de Dickson (ICD) también se calcularon (Oliveo & Buduba, 2006). Este último se estimó mediante la siguiente relación:

$$ICD = \frac{PT}{\frac{AP}{D} + \frac{PSV}{PSR}}$$

donde:

PT = Peso total de la planta (g)

AP = Altura de la planta (cm)

PSV = Peso seco del vástago (g)

PSR = Peso seco de la raíz (g)

D = Diámetro del cuello de la raíz (mm).

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza acorde con el diseño experimental usado. Cuando los factores estudiados y la interacción de ellos fueron significativos ($P \leq 0.05$), se hizo la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P = 0.05$). Los análisis se hicieron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2002).

Resultados y discusión

Altura de la planta *Lippia graveolens*

El análisis de varianza de la altura de la planta (AP) indicó que los efectos del tipo de contenedor, sustrato y la interacción de ambos factores fueron significativos ($P \leq 0.01$). La Figura 1 muestra la comparación gráfica en la altura de la planta, como resultado de la interacción sustrato-contenedor. Las plantas más altas, en cada sustrato estudiado, se produjeron en el contenedor en bolsa, excepto en el S5. Las combinaciones bolsa con S1 y S2 tuvieron un efecto estadísticamente similar en la AP; en promedio, las plantas midieron 23.4 cm y fueron superiores al resto de las combinaciones. El contenedor CH128 en combinación con todos los sustratos, excepto con el S1, produjo las plantas más pequeñas con sólo 25 % de la AP de las mejores combinaciones.

Área foliar de *Lippia graveolens*

El área foliar (AF) del orégano fue afectado significativamente ($P \leq 0.01$) por el sustrato, tipo de contenedor e interacción de ambos factores. La Figura 2 muestra que la bolsa mostró mayor AF que los demás

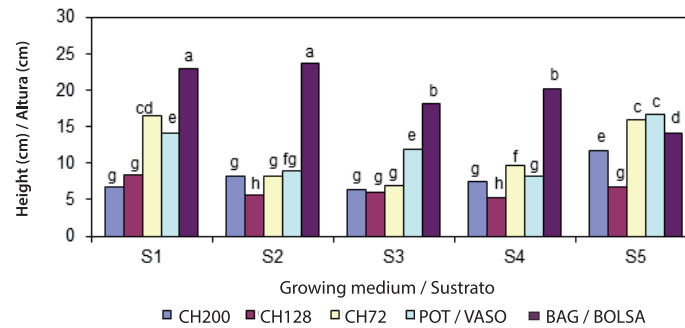


Figure 1. Interaction of the growing medium and type of container in the height of the oregano (*Lippia graveolens*) plant at 110 days after sowing. S1 = Mixture BM2 (Peat moss + perlite + vermiculite [80:10:10]), S2 = BM2 + Sand (1: 1), S3 = BM2 + Sand (1.5:1), S4 = BM2 + perlite + vermiculite (1:1:1) and S5 = Compound Mixture + Sand (1.5:1). Containers: Expanded polystyrene (PE) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, with volumes of 16, 28 and 74 cm³, respectively; 250 cm³ PE pot; and black plastic bag, caliber 150 μm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Bars with different letters indicate statistical difference between means according to the Tukey test ($P = 0.05$).

Figura 1. Interacción del sustrato y tipo de contenedor en la altura de la planta de orégano (*Lippia graveolens*) a los 110 días después de la siembra. S1 = Mezcla BM2 (turba+ perlita + vermiculita [80:10:10]), S2 = BM2 + arena (1:1), S3 = BM2 + arena (1.5:1), S4 = BM2 + perlita + vermiculita (1:1:1) y S5 = Mezcla de composta + arena (1.5:1). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 μm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Barras con letra distinta indican diferencia estadística entre medias de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

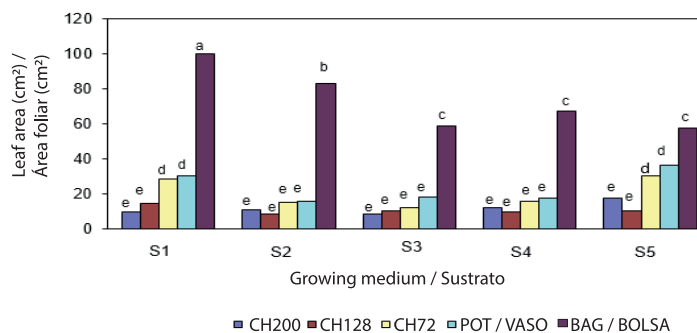


Figure 2. Interaction of the growing medium and type of container in the leaf area of the oregano (*Lippia graveolens*) plant at 110 days after sowing. S1 = Mixture BM2 (Peat moss + perlite + vermiculite [80:10:10]), S2 = BM2 + Sand (1: 1), S3 = BM2 + Sand (1.5:1), S4 = BM2 + perlite + vermiculite (1:1:1) and S5 = Compound Mixture + Sand (1.5:1). Containers: Expanded polystyrene (PE) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, with volumes of 16, 28 and 74 cm³, respectively; 250 cm³ PE pot; and black plastic bag, caliber 150 μm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Bars with different letters indicate statistical difference between means according to the Tukey test ($P = 0.05$).

Figura 2. Interacción del sustrato y tipo de contenedor en el área foliar de orégano (*Lippia graveolens*) a los 110 días después de la siembra. S1 = Mezcla BM2 (turba + perlita + vermiculita [80:10:10]), S2 = BM2 + arena (1:1), S3 = BM2 + arena (1.5:1), S4 = BM2 + perlita + vermiculita (1:1:1) y S5 = Mezcla de composta + arena (1.5:1). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Barras con letra distinta indican diferencia estadística entre medias de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

Stem diameter of *Lippia graveolens*

The effects of type of container and growing medium on stem diameter were significant ($P \leq 0.01$); on the other hand, the interaction of these two factors was not significant ($P > 0.05$). The comparison of means among containers indicated that the diameter of the stem was smaller as the volume of the container was smaller (Table 3). These results are consistent with other studies on types of containers in the production of pepper plants for trasplanting (Bar-Tal, Bar-Yosef, & Kafkafi, 1990), tomato (Kemble, Davis, Gardner, & Sanders, 1994) and watermelon (Liu & Latimer, 1995). Plants with high stem diameter values are better than those with less thick stems, since a larger diameter reduces wind damage (flattening the stem) and, consequently, have a better adaptation to the moment of transplantation.

Growing media S1 and S5, which had the highest amount of organic matter, produced an average stem diameter of 1.5 mm, 19 % higher than the average observed in growing media S2 and S4, and 30 % higher compared to the growing medium S3 (Table 3).

contenedores en cada sustrato, lo que pudo deberse a la mayor cantidad de agua y nutrientes disponibles en ese contenedor. Estudios en tomate, chile y berenjena indican que el volumen del contenedor afectó el número de hojas y área foliar de la planta (Romano, Paratore, & Rosi, 2003). Por otro lado, la combinación bolsa con el S1, el cual tuvo la mayor capacidad de retención, mostró el AF más alto con respecto al resto de las combinaciones (Figura 2). Esto reafirma lo reportado en la literatura con respecto a la sensibilidad del área a la disponibilidad de agua (Kramer & Boyle, 1995; Steudle, 2000).

Diámetro del tallo de *Lippia graveolens*

Los efectos del tipo de contenedor y sustrato en el diámetro del tallo fueron significativos ($P \leq 0.01$); en cambio, la interacción de esos dos factores no lo fue ($P > 0.05$). La comparación de medias entre contenedores señaló que el diámetro del tallo fue menor a medida que el volumen del contenedor fue más pequeño (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan con otros estudios sobre tipos de contenedores en la producción de plantas para trasplante de chile (Bar-Tal,

Table 3. Stem diameter of oregano (*Lippia graveolens*) in each growing medium and container evaluated at 110 days after sowing.

Cuadro 3. Diámetro del tallo de orégano (*Lippia graveolens*) en cada sustrato y contenedor evaluado a los 110 días después de la siembra.

| Growing medium/Sustrato | Stem diameter (mm)/ Diámetro de tallo (mm) | Container/ Contenedor | Stem diameter (mm)/ Diámetro del tallo (mm) |
|--|---|--------------------------|--|
| Mixture BM2 (S1)/Mezcla BM2 (S1) | 1.55 a | CH200 | 0.96 d |
| Mixture BM2 + Sand 1:1(S2)/ Mezcla BM2 + Arena 1:1(S2) | 1.27 bc | CH128 | 1.00 d |
| Mixture BM2 + Sand 1.5:1(S3)/ Mezcla BM2 + Arena 1.5:1(S3) | 1.15 c | CH72 | 1.21 c |
| Mixture BM2 + vermiculita + perlita 1:1:1 (S4)/ Mezcla BM2 + vermiculita + perlita 1:1:1 (S4) | 1.25 bc | POT/VASO | 1.42 b |
| Composta + Sand 1.5:1(S5)/ Composta + Arena 1.5:1(S5) | 1.45 ab | BAG/BOLSA | 2.08 a |

BM2: Peat moss + perlite + vermiculite (80:10:10). Containers: Expanded polystyrene (EP) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; EP pot of 250 cm³; and black plastic bags, caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Means followed by the same letter within columns are not statistically different according to the Tukey test ($P = 0.05$)

BM2: Turba + perlita + vermiculita (80:10:10). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Medias seguidas con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

Shoot dry weight of *Lippia graveolens*

The effects of the type of container, growing medium and interaction between both factors on shoot dry weight (SDW) were significant ($P \leq 0.01$). In each growing medium, the highest SDW was recorded in the bag, except for S5 (Table 4). The combinations bag with growing medium S1 and S2 promoted the highest value of SDW with an average among them of 1.30 g. These combinations were higher in 51 % to the bags with S3 and S4, which were not statistically different ($P > 0.05$) and in 223 % to the bag S5. The treatments S1 with CH72 and with a pot, and S5 with CH72, pot and bag were not statistically different ($P = 0.05$), showing only 37 % of the SDW recorded in the best treatments. The remaining combinations had an average of 0.16 g SDW, which represents only 13 % of that observed in the best treatments (Table 4).

Root dry weight of *Lippia graveolens*

The root dry weight (RDW) was significantly affected ($P \leq 0.01$) by the growing medium, type of container and the interaction of both factors. In each growing medium, the bag promoted a higher RDW with respect to the other containers, except for the growing medium S5, where the bag, pot and the CH72 showed a similar root biomass (Table 4). The combinations bag with growing media S1 and S2, which showed a similar RDW ($P > 0.05$), produced the highest value with an average of 0.62 g; the bags with S3 and S4 had, on average, 33 % less RDW. The combinations S1 with pot, and S5 with CH72, pot and bag had 59 % less RDW, while the rest of the combinations had 86 % less RDW.

The above results show that the highest volume of the growing medium in the bag positively affected the root growth, which may be due to the fact that that container had a greater reserve of water and nutrients than the others. In this regard, Van Iersel (1997) reported that the dry weight of the sage root increased linearly with the volume of the container. Also the results indicate that the mixtures of growing media interfered differently in root growth. This is because each of them provides different conditions of aeration and storage of moisture and, consequently, different storage of nutrients, because of the application of the nutritional solution, which influences the development of the root.

Relationship between shoot dry weight and root dry weight (SDW/RDW)

One of the indicators of seedling quality for nursery-grown transplants is the shoot dry weight (PSV) ratio between root dry weight (PSW). This relationship was significantly ($P < 0.01$) affected by the container, but not by the growing medium nor the interaction

Bar-Yosef, & Kafkafi, 1990), tomate (Kemble, Davis, Gardner, & Sanders, 1994) y sandía (Liu & Latimer, 1995). Las plantas con valores altos de diámetro del tallo son mejores que aquéllas que tienen tallos menos gruesos, ya que un diámetro mayor reduce daños de acame por efecto del viento y, en consecuencia, tienen mayor adaptación al momento del trasplante.

Los sustratos S1 y S5, los cuales tuvieron mayor cantidad de materia orgánica, produjeron un diámetro de tallo promedio de 1.5 mm, 19 % superior al promedio observado en los sustratos S2 y S4, y 30 % superior al sustrato S3 (Cuadro 3).

Peso seco del vástago de *Lippia graveolens*

Los efectos del tipo de contenedor, sustrato y la interacción entre ambos factores en el peso seco del vástago (PSV) fueron significativos ($P \leq 0.01$). En cada sustrato, el mayor PSV se registró en el contenedor en bolsa, excepto en el S5 (Cuadro 4). Las combinaciones bolsa con sustrato S1 y S2 promovieron el valor más alto de PSV con un promedio entre ellas de 1.30 g. Esas combinaciones fueron superiores en 51 % a las de bolsa con S3 y S4, las cuales no fueron estadísticamente diferentes entre sí ($P > 0.05$) y en 223 % a la bolsa con S5. Los tratamientos S1 con CH72 y con el vaso, y el S5 con CH72, vaso y bolsa no fueron estadísticamente diferentes entre ellos ($P = 0.05$), presentaron sólo 37 % del PSV registrado en los mejores tratamientos. El resto de las combinaciones tuvo un promedio de 0.16 g de PSV que representa sólo 13 % del observado en los mejores tratamientos (Cuadro 4).

Peso seco de la raíz de *Lippia graveolens*

El peso seco de la raíz (PSR) fue afectado en forma significativa ($P \leq 0.01$) por el sustrato, tipo de contenedor y la interacción de ambos factores. En cada sustrato, la bolsa promovió un mayor PSR con respecto a los demás contenedores, excepto en el sustrato S5, donde la bolsa, el vaso y la CH72 mostraron una biomasa de raíces similar (Cuadro 4). Las combinaciones bolsa con sustratos S1 y S2, las cuales mostraron un PSR similar ($P > 0.05$), produjeron el valor más alto con un promedio de 0.62 g; las bolsas con S3 y con S4 tuvieron, en promedio, 33 % menos de PSR. Las combinaciones S1 con vaso, y el S5 con CH72, vaso y bolsa tuvieron 59 % menos de PSR, mientras que el resto de las combinaciones tuvieron PSR inferior en 86 %.

Los resultados anteriores muestran que el mayor volumen de sustrato que se tuvo en la bolsa afectó de manera positiva el crecimiento de la raíz, lo cual puede deberse a que en ese contenedor se tiene una mayor reserva de agua y nutrientes. Al respecto, Van Iersel (1997) reportó que el peso seco de la raíz de

Table 4. Shoot dry weight (SDW) and root dry weight (RDW) of oregano (*Lippia graveolens*) at 110 days after sowing. Cuadro 4. Peso seco del vástago (PSV) y de la raíz (PSR) de orégano (*Lippia graveolens*) a los 110 días después de la siembra.

| Growing medium / Sustrato | Container / Contenedor | SDW / PSV | RDW / PSR |
|--|------------------------|-----------|-----------|
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | CH200 | 0.125 d | 0.055 d |
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | CH128 | 0.224 d | 0.099 d |
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | CH72 | 0.404 c | 0.178 cd |
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | POT / VASO | 0.479 c | 0.227 c |
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | BAG / BOLSA | 1.428 a | 0.657 a |
| BM2 + Sand 1:1 (S2) / BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH200 | 0.143 d | 0.075 d |
| BM2 + Sand 1:1 (S2) / BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH128 | 0.116 d | 0.057 d |
| BM2 + Sand 1:1 (S2) / BM2 + Arena 1:1 (S2) | CH72 | 0.193 d | 0.087 d |
| BM2 + Sand 1:1 (S2) / BM2 + Arena 1:1 (S2) | POT / VASO | 0.258 d | 0.141 d |
| BM2 + Sand 1:1 (S2) / BM2 + Arena 1:1 (S2) | BAG / BOLSA | 1.184 a | 0.582 a |
| BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH200 | 0.100 d | 0.053 d |
| BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH128 | 0.108 d | 0.066 d |
| BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | CH72 | 0.164 d | 0.071 d |
| BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | POT / VASO | 0.215 d | 0.109 d |
| BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | BAG / BOLSA | 0.795 b | 0.418 b |
| BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4) / BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH200 | 0.150 d | 0.070 d |
| BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4) / BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH128 | 0.103 d | 0.060 d |
| BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4) / BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | CH72 | 0.230 d | 0.100 d |
| BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4) / BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | POT / VASO | 0.230 d | 0.114 d |
| BM2 + perlite + vermiculite 1:1:1 (S4) / BM2 + perlita + vermiculita 1:1:1 (S4) | BAG / BOLSA | 0.931 b | 0.506 b |
| Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH200 | 0.247 d | 0.088 d |
| Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH128 | 0.184 d | 0.098 d |
| Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | CH72 | 0.439 c | 0.218 c |
| Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | POT / VASO | 0.529 c | 0.292 c |
| Compost + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | BAG / BOLSA | 0.581 c | 0.289 c |

BM2: Peat moss + perlite + vermiculite (80:10:10). Containers: Expanded polystyrene (EP) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; EP pot of 250 cm³; and black plastic bags, caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Means followed by the same letter within columns are not statistically different according to the Tukey test ($P = 0.05$)

BM2: Turba + perlita + vermiculita (80:10:10). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Medias seguidas con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

Table 5. Ratio between shoot dry weight (SDW) and root dry weight (RDW) of oregano (*Lippia graveolens*) at 110 days after sowing.

Cuadro 5. Relación entre el peso seco del vástago (PSV) y peso seco de la raíz (PSR) de orégano (*Lippia graveolens*) a los 110 días después de la siembra.

| Container / Contenedor | SDW / RDW PSV / PSR |
|------------------------|------------------------|
| CH200 | 2.66 a |
| CH128 | 1.53 c |
| CH72 | 2.16 b |
| POT / VASO | 1.20 c |
| BAG / BOLSA | 1.71 c |

Containers: Expanded polystyrene (EP) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; EP pot of 250 cm³; and black plastic bags, caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Means followed by the same letter within columns are not statistically different according to the Tukey test ($P = 0.05$)

Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Medias seguidas con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

between containers and growing media. According to Table 5, the highest value was recorded in CH200, which indicates that the lower volume container affected root growth more than shoot growth. On the other hand, the smallest value of SDW/RDW was recorded in the containers pots, CH128 and bag.

In general, the lower the ratio SDW/RDW ratio, the better the quality in the plant. When RDW is high, field survival at the time of transplant is higher, as the greater number of roots guarantees better absorption of water and nutrients that favor the growth of the plant. Moreover, plants with less SDW/RDW can maintain a better water status with more moderate water consumption in water deficient situations (Leiva & Fernández-Alés, 1998; Stewart & Bernier, 1995). Plants with SDW/RDW values above 2.5, such as those developed in container CH200, should be established under favorable environmental conditions or where there is the possibility of applying irrigation during the establishment phase (Haase & Rose, 1993).

Dickson Quality Index of *Lippia graveolens*

With respect to the Dickson quality index (DQI), there was a significant statistical difference ($P < 0.01$) between growing media and containers, but there was no interaction of both factors ($P > 0.05$). Growing medium S1 produced plants with the highest value of DQI, while the bag did it inside the containers (Table 6). The higher value of DQI, better plant quality (Sáenz, Villaseñor, Muñoz, Rueda, & Prieto, 2010); this implies that the development is large and that, at the same time, the fractions of the shoot are balanced and,

salvia incrementó en forma lineal con el volumen del contenedor. También los resultados indican que las mezclas de sustratos interfirieron de manera diferente en el crecimiento de la raíz. Esto se debe a que cada uno de ellos proporciona diferentes condiciones de aireación y almacenamiento de humedad y, por consiguiente, diferente almacenamiento de nutrientes, a causa de la aplicación de la solución nutrimental, lo cual influye en el desarrollo de la raíz.

Relación entre el peso seco del vástago y peso seco de la raíz (PSV/PSR)

Uno de los indicadores de la calidad de plántula para trasplante producida en vivero es el cociente del peso seco de la parte aérea (PSV) entre el peso seco de raíz (PSR). Esta relación fue afectada en forma significativa ($P < 0.01$) por el contenedor, pero no por el sustrato ni la interacción entre contenedores y sustratos. De acuerdo con el Cuadro 5, el valor más alto se registró en CH200, lo cual indica que el contenedor de menor volumen afectó más el crecimiento de la raíz que el de la parte aérea. Por otra parte, el valor más pequeño de PSV/PSR se registró en los contenedores de vaso, CH128 y bolsa.

De manera general, a menor relación PSV/PSR se tiene una mejor calidad en la planta. Cuando el PSR es elevado, la supervivencia en campo al momento del trasplante es más alta, ya que la mayor cantidad de raíces garantiza mejor absorción de agua y nutrientes que favorecen el crecimiento de la planta. También las plantas con menor PSV/PSR pueden mantener un mejor estado hídrico con un consumo más moderado de agua en situaciones de deficiencia hídrica (Leiva & Fernández-

Table 6. Dickson quality index (DQI) of oregano (*Lippia graveolens*) at 110 days after sowing.**Cuadro 6. Índice de calidad de Dickson (ICD) de orégano (*Lippia graveolens*) a los 110 días después de la siembra.**

| Growing medium / Sustrato | DQI/ICD | Container / Contenedor | DQI/ICD |
|--|---------|------------------------|----------|
| Mixture BM2 (S1) / Mezcla BM2 (S1) | 0.067 a | CH200 | 0.020 c |
| Mixture BM2 + Sand 1:1 (S2) / Mezcla BM2 + Arena 1:1 (S2) | 0.047 c | CH128 | 0.026 c |
| Mixture BM2 + Sand 1.5:1 (S3) / Mezcla BM2 + Arena 1.5:1 (S3) | 0.040 c | CH72 | 0.035 bc |
| Mixture BM2 + vermiculite + perlite 1:1:1 (S4) / Mezcla BM2 + vermiculita + perlita 1:1:1 (S4) | 0.045 c | Pot | 0.048 b |
| Composta + Sand 1.5:1 (S5) / Composta + Arena 1.5:1 (S5) | 0.053 b | Bag | 0.124 a |

BM2: Peat moss + perlite + vermiculite (80:10:10). Containers: Expanded polystyrene (EP) trays with 200 (CH200), 128 (CH128) and 72 (CH72) cavities, volume of 16, 28 and 74 cm³, respectively; EP pot of 250 cm³; and black plastic bags, caliber 150 µm of 10 x 15 cm and volume of 712 cm³. Means followed by the same letter within columns are not statistically different according to the Tukey test ($P = 0.05$)

BM2: Turba + perlita + vermiculita (80:10:10). Contenedores: Charolas de poliestireno expandido (PE) de 200 (CH200), 128 (CH128) y 72 (CH72) cavidades, con volumen de 16, 28 y 74 cm³, respectivamente; vaso de PE de 250 cm³; y bolsa de plástico negro, calibre 150 µm de 10 x 15 cm y volumen de 712 cm³. Medias seguidas con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

therefore, the plants will have greater probability of success in the field.

Conclusions

The growing media and types of containers evaluated definitively affected growth and quality of the oregano plant. The combination bag and growing medium S1 (BM2 = Peat moss, perlite and vermiculite [80:10:10]) produced plants with higher height, leaf area, shoot dry weight and root dry weight. Growing media S1 and S5 (composite mixture with sand, 1.5: 1) promoted thicker stems, and so did the container of black plastic bag (150 µm of 10 x 15 cm). Also the growing medium S1 and the bag produced the highest Dickson quality index. On the other hand, the largest containers (CH128, pot and bag) showed the highest ratio of dry stem weight and root dry weight. With the information generated and the knowledge of the number of plants required, it is possible to define the dimensions of the nursery as well as the management practices for the mass production of plants, either to reforest natural areas or to establish as a crop.

End of English version

References / Referencias

- Abad, M., Martínez, G. P. F., & Martínez, H. M. D. (1993). Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11, 141-154.
- Bar-Tal, A., Bar-Yosef, B., & Kafkafi, U. (1990). Pepper transplant response to root volume and nutrition in the nursery. *Agronomy Journal*, 82, 989-995. doi: 10.2134/agronj1990.00021962008200050030x
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). Orégano

Alés, 1998; Stewart & Bernier, 1995). Las plantas con valores de PSV/PSR arriba de 2.5, como es el caso de las desarrolladas en el contenedor CH200, deberían de establecerse en condiciones ambientales favorables o donde exista la posibilidad de aplicar riegos durante la fase de establecimiento (Haase & Rose, 1993).

Índice de calidad de Dickson de *Lippia graveolens*

Con respecto al ICD existe diferencia estadística significativa ($P < 0.01$) entre los sustratos y contenedores, pero no hubo interacción de ambos factores ($P > 0.05$). El sustrato S1 produjo plantas con el valor más alto de ICD, mientras que la bolsa lo hizo dentro de los contenedores (Cuadro 6). A mayor valor del ICD resulta una mejor calidad de planta (Sáenz, Villaseñor, Muñoz, Rueda, & Prieto, 2010); esto implica que el desarrollo es grande y que, al mismo tiempo, las fracciones de la parte aérea y radical están equilibradas y, por tanto, las plantas tendrán mayor probabilidad de éxito en el campo.

Conclusiones

Los sustratos y tipos de contenedores evaluados afectaron de manera definitiva el crecimiento y calidad de la planta de orégano. La combinación bolsa y sustrato S1 (BM2 = Turba, perlita y vermiculita [80:10:10]) produjo plantas de mayor altura, área foliar, peso seco del vástago y peso seco de raíz. Los sustratos S1 y S5 (mezcla de composta con arena, 1.5:1) promovieron tallos más gruesos, al igual que el contenedor bolsa de plástico negro (calibre 150 µm de 10 x 15 cm). También el sustrato S1 y el contenedor bolsa produjeron el índice de calidad de Dickson más alto. Por otra parte, los contenedores de mayor volumen (CH128, vaso y bolsa) mostraron la mayor relación del peso seco del vástago

- mexicano, oro verde del desierto. *Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal*, 54, 1. Retrieved from http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros_arboles.php?id=29
- Cremades, M. M. (2005). Factores implicados en el desarrollo de la plántula: Sustratos. En G. I. M Cuadrado, G. M. del C. García, & F. Ma. M. Fernández (Eds.), *Dirección técnica de semilleros hortícolas. Curso de especialización* (pp. 91-113). Almería, España: Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería,
- González-Güereca, M. C., Soto, H. M., Kite, G., & Martínez, V. M. (2007). Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* H.B.K. var. *berlandieri* Schauer.) en el estado de Durango. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30, 43-49. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/610/61030106.pdf>
- Haase, L. D., & Rose, R. (1993). Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglas fir seedlings of varying root volumes. *Forest Science*, 39, 275-294. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/233558668>
- Huerta, C. (1997). Orégano mexicano: Oro vegetal. *Biodiversitas*, 15, 8-13. Retrieved from <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv15art2.pdf>
- Kemble, J. M., Davis, J. M., Gardner, R. G., & Sanders, D. C. (1994). Root cell volume affects growth of compact-growth-habit tomato transplants. *HortScience*, 29, 261-262. Retrieved from <http://hortsci.ashspublications.org/content/29/4/261.full.pdf+html>
- Kramer, P. J., & Boyer, J. S. (1995). *Water relations of plant and soils*. New York, USA: Academic Press. Retrieved from <http://udspace.udel.edu/handle/19716/2830>
- Leiva, M. J., & Fernández-Alés, R. (1998). Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management*, 111, 147-156. doi: 10.1016/S0378-1127(98)00320-X
- Liu, A., & Latimer, J. G. (1995). Root cell volume in the planter flat affects watermelon seedling development and fruit yield. *HortScience*, 30, 242-246. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/277738624>
- Machado, M., Dinis, A. M., Salguero, L., Cavaleiro, C., Custódio, J. B. A., & Sousa, M. D. C. (2010). Anti-*Giardia* activity of phenolic-rich essential oils: Effects of *Thymbra capitata*, *Origanum virens*, *Thymus zygis* subsp. *sylvestris*, and *Lippia graveolens* on trophozoites growth, viability, adherence, and ultrastructure. *Parasitology Resources*, 106, 1205-1215. doi: 10.1007/s00436-010-1800-7
- Martínez-Rocha, A., Puga, R., Hernández-Sandoval, L., Loarca-Piña, G., & Mendoza, S. (2008). Antioxidant and antimutagenic activities of Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth). *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 1-5. doi: 10.1007/s11130-007-0061-9
- Olivo, B. V., & Buduba, G. C. (2006). Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque*, 27, 267-271. Retrieved from http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92002006000300007&script=sci_arttext
- y peso seco de la raíz. Con la información generada y el conocimiento de la cantidad de plantas requeridas es posible definir las dimensiones del vivero, así como las prácticas de manejo para la producción masiva de plantas, ya sea para reforestar áreas naturales o para el establecimiento como cultivo.

Fin de la versión en español

- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez-Mata, D., & Villar, A. (2001). *Lippia*: Traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 76, 201-214. doi: 10.1016/S0378-8741(01)00234-3
- Romano, D., Paratore, A., & Rosi, A. L. (2003). Plant density and container cell volume on Solanaceus seedling growth. *Acta Horticulturae*, 614, 247-253. doi: 10.17660/ActaHortic.2003.614.36
- Sáenz, R. J. T., Villaseñor, R. F. J., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A., & Prieto, R. J. A. (2010). *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. Michoacán, México: SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan.
- Silva, V. S. (2003). El orégano (Los nuevos caminos de la agricultura). Chihuahua, México: CONAZA-CIRENA.
- Statistical Analysis System, Institute Inc. (SAS). (2002). *Statistical Analysis System*, v.9. Cary, N. C. USA: Author.
- Steudle, E. (2000). Water uptake by roots: Effects of water deficit. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1531-1542. doi: 10.1093/jexbot/51.350.1531
- Stewart, J. D., & Bernier, P. Y. (1995). Gas exchange and water relations of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings subjected to atmospheric and edaphic water stress under controlled conditions. *Annales des Sciences Forestières*, 52, 1-9. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00882975/document>
- Van Iersel, M. (1997). Root restriction effects on growth and development of salvia (*Salvia splendens*). *HortScience*, 32, 1186-1190. Retrieved from <http://hortsci.ashspublications.org/content/32/7/1186.full.pdf+html>
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Arreola-Ávila, J. G., Inzunza-Ibarra, M. A., & Román-López, A. (2011). Influencia de la frecuencia del riego en el crecimiento de orégano (*Lippia graveolens* HKB). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 183-193. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.10.088
- Zheng, W., & Wang, S. J. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165-5170. Retrieved from http://tilia.zf.mendelu.cz/ustavy/553/dzi/www/data/10_antio.pdf