

Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero*

Agronomic evaluation of substrates in pepper seedlings 'onza' (*Capsicum annuum*) in greenhouse

Javier López-Baltazar¹, Artemio Méndez-Matías¹, Lina Pliego-Marín^{1§}, Edilberto Aragón-Robles¹ y María Lourdes Robles-Martínez²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, C. P. 71230. Tel. 01 95170444. ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, C. P. 71230. Tel. 01(951) 517 0610. [§]Autora para correspondencia: linapliego@hotmail.com.

Resumen

Se determinaron propiedades físicas, químicas y agronómicas de cuatro sustratos obtenidos de desechos agrícolas utilizados para la producción de plántulas de chile tipo 'onza' como una alternativa al uso de sustratos convencionales. Se utilizó un diseño experimental aleatorizado (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos fueron: turba (T1) (testigo), vermicomposta (T2), vermicomposta + composta de bagazo de maguey mezcalero (T3) y composta de bagazo de maguey mezcalero (T4). Los sustratos evaluados presentaron partículas entre 0.25 y 2 mm. La densidad real en las compostas variaron de 1.82 a 1.91, la porosidad del aire osciló de 24-13.33%. Las plántulas cultivadas en vermicomposta + bagazo de maguey (50:50 v:v) (T3) y en bagazo de maguey mezcalero, presentaron la mayor altura (12.29 y 13.07 cm respectivamente) y el mayor diámetro de tallo. Las plántulas cultivadas en vermicomposta obtuvieron el mayor número de hojas (9.25), mientras que el mayor diámetro de tallo se observó en plántulas cultivadas en vermicomposta + composta de bagazo de maguey y en composta de bagazo de maguey mezcalero.

Palabras clave: *Agave angustifolia*, *Capsicum annuum*, crecimiento, plántulas, sustratos orgánicos.

Abstract

It was determined the physical, chemical and agronomic properties of four substrates obtained from agricultural waste used for the production of seedlings of pepper 'onza' as an alternative to the use of conventional substrates. It was used a completely randomized design (DCA) with 4 treatments and 3 replicates for a total of 12 experimental units. The treatments were: peat (T1) (control), vermicompost (T2) + vermicompost + compost of mezcal maguey bagasse (T3) and compost of mezcal maguey bagasse (T4). The substrates tested had particles between 0.25 and 2 mm. The actual density in the compost ranged from 1.82 to 1.91, air porosity ranged from 24-13.33%. Seedlings grown in vermicompost + maguey bagasse (50:50 v: v) (T3) and mezcal maguey bagasse showed greater height (12.29 and 13.07 cm respectively) and the highest stem diameter. Seedlings grown in vermicompost obtained the highest number of leaves (9.25), while the largest stem diameter was observed in seedlings grown in vermicompost + compost of maguey bagasse and compost of mezcal maguey bagasse.

Key words: *Agave angustifolia*, *Capsicum annuum*, growth, seedlings, organic substrates.

* Recibido: noviembre de 2012
Aceptado: marzo de 2013

Introducción

Uno de los principales cultivos hortícolas en México es *Capsicum annuum*, con un rendimiento de 1.85 millones de toneladas. Dentro de los sustratos más utilizados para la producción comercial de plántulas de hortalizas, se encuentra la turba. No obstante, en la actualidad se ha incrementado el uso de sustratos orgánicos e inorgánicos ya sea solos o en combinación (Gomes *et al.*, 2008; de Medeiros *et al.*, 2008; Moreno-Resendez *et al.*, 2008).

Hoy en día los sustratos alternativos a los convencionales más utilizados son: bagazo de maguey, desechos de prácticas agrícolas y forestales (pulpa de café, cascarilla de arroz, aserrín, bagazo de caña de azúcar, orujo de uva, orujo de aceituna, etc) (de Medeiros *et al.*, 2007; De Grazia *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008; Kacio *et al.*, 2009), también puede utilizarse la planta acuática *Hydrilla vertillata* (Santos-Castillo y Camajo-Bareiro, 2010).

Estos materiales son sometidos a un proceso de bioxidación, biodegradación y estabilización de la materia orgánica por acción de microorganismos (composteo) y de lombrices (vermicomposteo), bajo un control de temperatura y humedad, produciendo materia orgánica y preservación de nutrimentos que pueden conferir una mejor calidad al suelo o los sustratos. Ambos procesos son considerados como ecotecnologías (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

La calidad de los sustratos es importante para la producción de plántula en términos de sus características físico-químicas (porosidad, densidad aparente y real, retención de agua, pH y materia orgánica) incide de manera significativa en el crecimiento y desarrollo de la plántula, por tanto, el sustrato debe poseer buenas propiedades, que posibiliten su uso, siendo necesario que estos sean evaluados y así identificar aquéllos que presenten características aceptables para su utilización como sustratos en la producción de cultivos. El presente trabajo consistió en la caracterización y evaluación de sustratos de origen orgánico para la producción de plántula de chile tipo 'onza'.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el módulo de Horticultura Protegida del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, utilizando una nave invernadero de plástico (Baticenital-800®, ACEA, México), en el año 2010. Las

Introduction

One of the major vegetable crops in Mexico is *Capsicum annuum*, with a yield of 1.85 million tonnes. Among the most used substrates for commercial production vegetable seedling, is peat. However, at present has been increased the use of organic and inorganic substrates either alone or in combination (Gomes *et al.* 2008; de Medeiros *et al.*, 2008, Moreno-Resendez *et al.*, 2008).

Today alternative to conventional substrates used are: maguey bagasse, agricultural and forestry waste (coffee pulp, rice husk, sawdust, sugarcane bagasse, grape pomace, pomace oil, etc.) (de Medeiros *et al.*, 2007; De Grazia *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008; Kacio *et al.*, 2009), can also be used the aquatic plant *Hydrilla vertillata* (Santos-Castillo and Camajo-Bareiro, 2010).

These materials are subjected to a process of biological oxidation, biodegradation and stabilization of organic matter by microorganisms (composting) and worms (vermicomposting) under control of temperature and humidity, producing and preserving organic matter that can confer better quality to soil or substrates. Both processes are considered as eco-technologies (Alarcón and Ferrera-Cerrato, 2000).

The quality of the substrates is important for the production of seedling in terms of their physico-chemical characteristics (porosity, bulk and actual density, water retention, pH, and organic matter) significantly affects the growth and development of the seedlings, therefore, the substrate must have good properties to enable their use, requiring that these be assessed and identify those exhibiting acceptable characteristics for use as substrates in the production of crops. The present work consisted in the characterization and evaluation of organic substrates for the production of pepper seedling type 'onza'.

Materials and methods

The experiment was conducted in Protected Horticulture module from the Technological Institute of Oaxaca Valley, using a plastic greenhouse (Baticenital-800®, ACEA, Mexico), in 2010. Pepper seeds type 'onza' were obtained from dried pepper of first quality in the community of San Baltazar Yatzachi Alto, Oaxaca, it's about a collection from

semillas de chile tipo 'onza' fueron obtenidas de frutos secos de primera calidad en la comunidad de San Baltazar Yatzachi el Alto, Oaxaca, se trata de una colecta propia de esa comunidad en peligro de extinción. La vermicomposta fue elaborada a base de desechos de frutas, hortalizas y estiércoles bovino y ovino utilizando lombrices de la especie *Eisenia andrei*.

El abono de bagazo de maguey mezcalero se extrajo de un palenque de destilación de mezcal y estuvo en descomposición natural por un año. Se aplicaron cuatro tratamientos: T1= turba; T2= vermicomposta; T3= vermicomposta y composta de agave mezcalero (VC+CAM 50%) y T4 = composta de agave mezcalero (CAM), utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones para un total de 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por una charola conteniendo doscientas plántulas. Después de la siembra se aplicó un riego pesado para garantizar el buen humedecimiento del sustrato y garantizar la imbibición de las semillas. Se aplicaron riegos sólo con agua hasta dos semanas después de la emergencia, y posteriormente con una solución nutritiva preparada a base de un fertilizante comercial con la dosis 15-30-15 (1 g / L de agua), ajustando el pH a 5.8 ± 0.2 . Los riegos fueron aplicados cada tercer día hasta 44 días después del inicio del experimento.

Se determinaron las características físicas y químicas de los sustratos. La densidad aparente se determinó de acuerdo a Ansonera (1994); la densidad real por el método de Martínez (2007); la porosidad total por Valdivia (1989), la porosidad de aire y la contracción del volumen por la metodología de Ansonera (1994) y la mojabilidad por el método de Urrestarazu (2000). Las propiedades químicas evaluadas fueron: pH, conductividad eléctrica, y la concentración de iones N, Ca, Mg, K, y Na por extracción en acetato de amonio.

Se evaluó también el efecto de los sustratos sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas, así como el contenido nutrimental del tejido vegetal, las variables de estudio evaluadas fueron: porcentaje de germinación, altura de plántula, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco y seco de plántulas, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y cuando se detectó diferencias significativas se procedió a la prueba de medias de Tukey utilizando el programa estadístico InfoStat (2008).

that endangered community. The vermicompost was produced from wastes of fruit, vegetables and cattle and sheep manure using earthworms of the species *Eisenia andrei*.

The manure of mezcal maguey bagasse was extracted from copper pots of mezcal distillation and was under natural decomposition for a year. Four treatments were applied: T1= peat; T2= vermicompost; T3= vermicompost + compost of maguey mezcal (VC + CAM 50%); and T4= compost of mezcal maguey (CAM) using a completely randomized design with three replications for a total of 12 experimental units. Each experimental unit was made up of a tray containing two hundred seedlings. After planting a heavy irrigation was applied to ensure good wettability of the substrate and ensure seed imbibition. Only water was applied for irrigation until two weeks after emergence, and subsequently with a nutrient solution prepared from commercial fertilizer 15-30-15 dose (1 g / L of water), adjusting the pH to 5.8 ± 0.2 . Irrigation was applied every third day up to 44 days after initiation of the experiment.

It were determined the physical and chemical characteristics of the substrates. The bulk density was determined according to Ansonera (1994); the real density by the method of Martínez (2007); total porosity by Valdivia (1989), air porosity and volume contraction by Ansonera methodology (1994) and wettability by Urrestarazu method (2000). Chemical properties assessed were: pH, electrical conductivity, and the ion concentration of N, Ca, Mg, K, and Na by extraction in ammonium acetate.

It was also evaluated the effect of substrates over the germination and seedling growth, thus nutrient content of plant tissue, the study variables evaluated were: germination percentage, seedling height, stem diameter, number of leaves, fresh and dry weight of seedlings, nitrogen, phosphorus and potassium content. The data was analyzed by analysis of variance and when significant differences were detected proceeded to the Tukey test using the statistical program InfoStat (2008).

Results and discussion

Granulometry

The analyzed substrates showed statistically significant differences in relation to granulometry. Peat (T1) and compost of maguey bagasse (T4) had the highest percentage

Resultados y discusión

Granulometría

Los sustratos analizados presentaron diferencias estadísticamente significativas en relación a la granulometría. La turba (T1) y la composta de bagazo de maguey (T4) presentaron el más alto porcentaje de partículas menores a 0.25 mm. Todos los sustratos presentaron el más alto porcentaje de partículas con tamaños de entre 0.25 y 2 mm. La vermicomposta fue el sustrato con el mayor porcentaje de partículas mayores a 2 mm, además de la más baja proporción de partículas menores a 0.25 mm (Figura 1).

Se considera un buen sustrato aquel que presenta una textura de media a gruesa, con una distribución de poros entre 30 a 300 μm , que equivale a una distribución de partículas predominantes de 0.25 a 2.5 mm (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 2004). La evaluación de cuatro tipos de compost de residuos hortícolas que realizó Mazuela (2005) reporta que entre 68 y 78% de las partículas se encuentran dentro del intervalo de 0.25 a 2.5 mm, coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo, lo que permite establecer que los sustratos alternativos pueden ser usados para los fines pretendidos.

Densidad aparente y real

La densidad aparente mostró diferencias significativas entre la turba con los otros sustratos evaluados, (Figura 2A).

La vermicomposta (T2) y la mezcla de ésta con composta de bagazo de maguey mezcalero (T3) fueron los sustratos que presentaron los mayores valores de densidad aparente, y que fueron de 3 a 3.1 mayores que los observados en la turba. Con respecto a la densidad real, el tratamiento 2 (VC) y la combinación de esta con agave de maguey (T3), mostraron valores de hasta 11% mayores que la turba. Ansonera (1994), refiere a que la importancia de la densidad aparente en sustratos se debe al efecto que tiene en el traslado de contenedores dentro y fuera del invernadero, así como en el desarrollo de raíces, por tanto propone valores aceptables para esta variable menores a 0.6 g cm^{-3} . Con respecto a la densidad real, los valores determinados fueron comparables a los obtenidos en otros trabajos (Papafiotiou *et al.*, 2005; Mendoza-Hernández, 2010; Melgar-Ramírez y Pascual-Alex, 2010), considerados dentro de los rangos aceptables para esta variable.

of particles smaller than 0.25 mm. All substrates showed the highest percentage of particles with sizes between 0.25 and 2 mm. Vermicompost was the substrate with the highest percentage of particles larger than 2 mm, in addition to the lowest proportion of particles smaller than 0.25 mm (Figure 1).

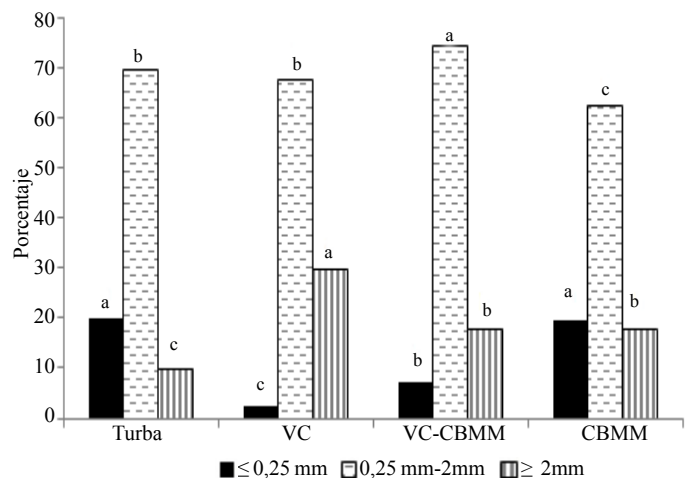


Figura 1. Granulometría de cuatro sustratos alternativos utilizados para la producción de plántulas de chile tipo 'onza' *Capsicum annuum* L. VC= vermicomposta; VC-CBMM= mezcla de vermicomposta y compostas de bagazo de maguey; CBMM= composta de bagazo de maguey mezcalero. Tratamientos con letra diferente indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

Figure 1. Granulometry of four alternative substrates used for seedling production of pepper type 'onza' *Capsicum annuum* L. VC= vermicompost; VC-CBMM= mixture of vermicompost and compost of maguey bagasse; CBMM= compost of mescal maguey bagasse. Treatments with different letter indicate significant differences ($p \leq 0.05$) according to Tukey's test.

Is considered a good substrate that which has a medium to coarse texture with a pore distribution between 30 to 300 μm ; equivalent to a predominant particle size distribution of 0.25 to 2.5 mm (Bunt 1988; Abad *et al.*, 2004). Evaluation of four types of compost from horticultural waste, made by Mazuela (2005) reported that between 68 and 78% of the particles are within the range of 0.25 to 2.5 mm, matching the results obtained in this work, which allows establishing that the alternative substrates can be used for the intended purposes.

Bulk and real density

The bulk density showed significant differences between peat with the other substrates tested (Figure 2A).

Si bien se ha establecido que la disminución del tamaño de partículas, provoca un incremento en la densidad aparente de los sustratos. En el caso de compostas, sería una consecuencia de la fragmentación y descomposición del material biológico para la obtención de compostas (Vargas-Tapia *et al.*, 2008; Mendoza-Hernández, 2010), por lo tanto, se esperaría que los tratamientos T1 y T4 los cuales tuvieron los porcentajes más altos de partículas pequeñas, presentarían también valores de densidad aparente mayores. Los sustratos elaborados a base de compostas son los que tuvieron valores de densidad aparente mayor que el sustrato convencional.

Porosidad del aire y total

Los valores de porosidad del aire, fueron mayores en los tratamientos T1 y T2 éstos no mostraron diferencias significativas (Figura 2B).

The vermicompost (T2) and the mixture of it with compost of mezcal maguey bagasse (T3) were the substrates that showed the highest values of bulk density, and were from 3 to 3.1 greater than those observed in peat. Regarding to real density, treatment 2 (VC) and the combination of this with maguey mezcal (T3), exhibited values of up to 11% higher than peat. Ansonera (1994), refers to the importance of bulk density in substrates is due to the effect that has in the transfer of containers within and outside the greenhouse, as well as root development, therefore proposes acceptable values for this variable lower than 0.6 g cm^{-3} . Regarding to bulk density, the measured values were comparable to those obtained in other studies (Papafotiou *et al.*, 2005; Mendoza-Hernández, 2010; Melgar-Ramírez and Alex Pascual, 2010), considered within acceptable ranges for this variable.

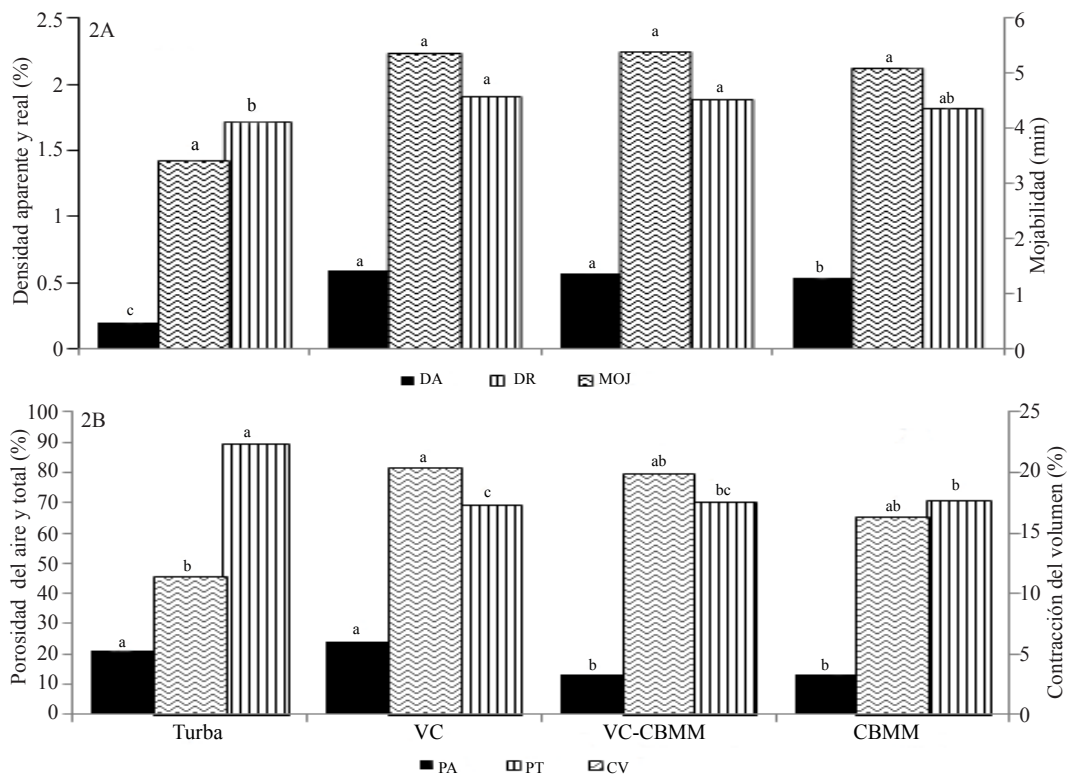


Figura 2A y 2B. Propiedades físicas de cuatro sustratos utilizados para la producción de plántulas de chile tipo 'onza'. VC= vermicomposta; VC-CBM= mezcla de vermicomposta y composta de bagazo de maguey; CBM= composta de bagazo de maguey; DA= densidad aparente; DR= densidad real; MOJ= mojabilidad; PA= porosidad del aire; PT= porosidad total; CV= contracción del volumen. Tratamientos con letra diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

Figure 2A and 2B. Physical properties of four substrates used for seedling production of pepper type 'onza'. VC= vermicompost; VC-CBM= mixture of vermicompost and compost of maguey bagasse; CBM= compost of maguey bagasse; DA= bulk density, DR= real density; MOJ= wettability; PA= air porosity; PT= total porosity, CV= volume contraction. Treatments with different letter indicate significant differences ($p \leq 0.05$) according to Tukey's test.

En el caso de T2, la porosidad del aire fue similar a los reportados en otras vermicompostas y mayores a los determinados para T3 y T4, aunque si bien todos ellos se ubicaron dentro del rango óptimo el cual oscila de 10 a 30% (Bunt 1988; Abad *et al.*, 1993; Cruz-Crespo, 2010).

La turba presentó el valor más alto para la variable porosidad total (PT), en comparación a los sustratos alternativos, entre éstos también se apreciaron diferencias, la PT de estos sustratos fue mayor a la detectada en otras compostas (Cruz-Crespo, 2010). Si bien existen algunas discrepancias sobre los valores recomendados de porosidad total (De Boodt y Verdonck, 1972; Bunt, 1988; Abad *et al.* (1993), de acuerdo a esos valores ($70-85\% \geq 85\%$), únicamente T1 y T4 se encuentran dentro de estos intervalos.

Contracción del volumen

Los valores de contracción de volumen de los sustratos evaluados, variaron de 11.35 a 20.38% (Figura 2B), coincidiendo con los resultados obtenidos por Mazuela (2005) quien evaluó las características físicas y químicas de compost reutilizado de residuos orgánicos. Éstos valores se consideran como adecuados ya que el nivel óptimo de contracción del volumen se sitúa por debajo de 30% (Abad *et al.*, 2004).

Propiedades químicas

Los resultados de pH obtenidos en la presente investigación, indican que el único sustrato que presentó un valor (6.11) dentro del rango aceptable fue la turba, el resto de los sustratos presentaron valores con una tendencia a la alcalinidad, siendo la VC la que mostró el pH más elevado, en tanto que T3 y T4 fueron ligeramente alcalinos. Se sugiere que los sustratos presenten valores de pH de 5.2-6.3 para un buen crecimiento de las plántulas (Abad *et al.*, 1993). Los altos valores de pH encontrados en la VC han sido reportados para otros tipos de VC, en los que se estableció que los valores dependen de la naturaleza de los desechos utilizados, por lo que es necesario tener cuidado en la selección (Quezada y Méndez, 2005; Duran y Henríquez, 2007).

Se ha reportado que el bagazo de agave tequilero ya sea en bruto, composteado y vermicomposteado presenta valores de pH de 4.37, 7.01 y 6.92 respectivamente (Rodríguez, 2004). En el presente estudio, el pH del bagazo de agave mezcalero fue de 7.36 y para la mezcla de este con vermicomposta fue de 7.77; aunque los valores están por encima de lo recomendado, esto no afectó el crecimiento de las plántulas.

It has been established that reducing the particle size causes an increase in the bulk density of the substrates. In the case of compost, would be a consequence of fragmentation and decomposition of biological material to obtain compost (Vargas-Tapia *et al.*, 2008; Mendoza-Hernández, 2010), therefore, would be expected that T1 and T4 which had the highest percentage of small particles also presented higher values of bulk density. Substrates based on compost are the ones that had higher values of bulk density than the conventional substrate.

Total air porosity

The air porosity values were higher in T1 and T2 these showed no significant difference (Figure 2B).

In the case of T2, air porosity was similar to those reported in other vermicomposts and higher than those determined for T3 and T4, but although, all were within the optimal range which varies from 10 to 30% (Bunt, 1988; Abad *et al.*, 1993; Cruz-Crespo, 2010).

Peat showed the highest value for the variable total porosity (PT) compared to alternative substrates, among these, also were no differences; PT of these substrates were higher than those detected in other composts (Cruz-Crespo, 2010). While there are some discrepancies about the recommended values of total porosity (De Boodt and Verdonck, 1972; Bunt, 1988; Abad *et al.* (1993), according to those values ($70-85\% \geq 85\%$), only T1 and T4 lie within these ranges.

Volume contraction

The values of volume contraction of the substrates tested, ranging from 11.35 to 20.38% (Figure 2B), coinciding with the results obtained by Mazuela (2005) who evaluated the physical and chemical characteristics of compost reusing organic waste. These values are considered suitable as the optimum level of volume contraction is below 30% (Abad *et al.*, 2004).

Chemical properties

PH results obtained in this research indicate that the only substrate showing a single value (6.11) within the acceptable range was peat; the rest of the substrates showed values with a tendency to alkalinity, being VC which showed higher pH, while T3 and T4 were slightly alkaline. It is suggested that the substrates show pH values of 5.2-6.3 for a good growth of seedlings (Abad *et al.*, 1993). The high pH values found

Con relación a los valores de conductividad eléctrica (Cuadro 1), de igual forma la vermicomposta, la composta de bagazo de agave y su mezcla presentaron altos valores de conductividad eléctrica.

in VC have been reported for other types of VC, in which it was established that the values depend on the nature of the waste used, so is necessary to be careful in the selection (Quezada and Méndez, 2005; Duran and Henríquez, 2007).

Cuadro 1. Propiedades químicas de diferentes sustratos utilizados en la producción de plántulas de chile tipo 'onza' (*Capsicum annuum* L.).

Table 1. Chemical properties of different substrates used in the production of seedlings of pepper type 'onza' (*Capsicum annuum* L.).

	Turba	Vermicom-Posta (VC)	VC-CBMM	CBMM
pH	6.11 c	8.33 a	7.70 b	7.3 b
Conductividad (dS m ⁻¹)	1.09 b	6.10 a	4.23 a	4.4 a
Materia orgánica (%)	72.0 a	49.7 c	52.0 bc	57.0 b
Cenizas (%)	28.0 b	51.5 a	48.8 a	44.0 a
Nitrógeno (%)	3.10 a	5.44 a	3.01 a	6.9 a
Fósforo (ppm)	315.8 a	28.8 b	17.3 c	8.6 d
Potasio (ppm)	1.07 d	21 492.5 a	10 355 b	2 736.6 c
Calcio (ppm)	8839 a	8 888.5 a	7 096.5 b	3 891.0 c
Mg (ppm)	10.91 d	13 658 a	11 822 b	8 186.0 c
Na (ppm)	0.077 d	3 027 a	1 441.5 c	2 173.0 b

Composta de bagazo de maguey mezcalero. Filas con diferente letra indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

Al respecto es recomendable realizar lavados con agua de riego en una proporción 1:5 (volumen sustrato: volumen agua) para reducir la salinidad en sustratos con valores iniciales en un rango de 22.85 a 34.39 dS m⁻¹ en el extracto de saturación. El lavado del compost con agua destilada en una proporción 1:8 reporta una conductividad de 0.96 dS m⁻¹, lo cual es más aceptable de acuerdo con los niveles recomendados (Mazuela, 2005).

La turba fue el sustrato con el más alto contenido de MO en comparación al resto de los sustratos mientras que la vermicomposta presentó el valor más bajo. Por otro lado, el contenido de cenizas en los sustratos alternativos fue el más alto en ambas compostas y su mezcla.

De manera general, un porcentaje de nitrógeno total superior a 2% es considerado como óptimo, pero se recomienda que el contenido de N-total en un abono orgánico, no debe exceder a 2% (Schweizer *et al.*, 2003). El composteo y la adición de lombrices a compostas de agave tequilero dio como resultado un mayor contenido de nitrógeno, llegando a reportar contenidos de 0.53 a 1.25% (Castillo *et al.*, 2000). Los sustratos alternativos mostraron muy bajas concentraciones de fósforo en comparación a la turba y sólo T2, T3 y se encuentran por debajo a otro tipo de compostas, pero dentro de los rangos recomendados (Abad *et al.*, 1993; Ansonera, 1994; Arancon *et al.*, 2005). El contenido de potasio en los sustratos alternativos, fue

It has been reported that blue agave bagasse either raw, composted or vermicomposted show pH values of 4.37, 7.01 and 6.92 respectively (Rodríguez, 2004). In the present study, the pH of mezcal maguey bagasse was 7.36 and for the mixture of this with vermicompost was 7.77; although the values are above recommended, this did not affect seedling growth.

Regarding electrical conductivity values (Table 1), similarly vermicompost, compost of maguey bagasse and its mixture showed high electrical conductivity.

Regarding this it is advisable to make washes with irrigation water in a proportion 1:5 (substrate volume: water volume) to reduce salinity in substrates with initial values in the range of 22.85 to 34.39 dS m⁻¹ in the saturation extract. Compost washing with distilled water in a proportion 1:8 reported a conductivity of 0.96 dS m⁻¹, which is more acceptable according with the recommended levels (Mazuela, 2005).

Peat was the substrate with the highest OM content compared to other substrates while the vermicompost showed the lowest value. Furthermore, the ash content in alternative substrates was higher in both compost and its mixture.

Generally, a percentage of total nitrogen higher than 2% is considered as optimal, but it is recommended that the content of total-N in an organic fertilizer should not exceed 2%

mayor a los niveles recomendados, pero fue similar a otras compostas (Abad *et al.*, 1993; Ansonera, 1994; Castillo *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2009). Los sustratos evaluados a excepción del bagazo de agave tuvieron contenidos de Ca por encima de los niveles recomendados, incluso para los reportados en otras investigaciones (Mazuela, 2005; Rodríguez, 2004), en los que también se estableció que la concentración de éste elemento disminuye hasta un rango de 110.6 a 221.4 ppm de calcio después de un lavado con agua de riego. Los sustratos alternativos presentaron niveles altos de Mg, similares a los observados en otras compostas (Mazuela, 2005).

Aun cuando los sustratos alternativos presentaron elevadas concentraciones de sodio que pueden provocar una condición de estrés hídrico y además dificultades para la absorción de nutrientes, éstos problemas no fueron observados en las plántulas de chile probablemente debido a la eliminación de sales mediante los riegos (Garate y Bonilla, 2000),

Germinación

El mayor porcentaje de germinación se observó (Cuadro 2) en las semillas del tratamiento T1, sin mostrar diferencias con las semillas germinadas en los sustratos alternativos T3 y T4, por lo que se considera que estos no afectaron negativamente la germinación de chile tipo 'onza', sólo el T2 (VC 100%) redujo la germinación 10% con respecto al resto de los tratamientos.

Para fines comerciales de producción de plántulas, se considera que 80-90% de germinación en semilla es adecuado (Sánchez-Gómez, 2009), coincidiendo con lo observado en este experimento para T1 y T4, aun cuando el material vegetal utilizado corresponde a colectas seleccionados por los productores de la región y que por tanto existe una variabilidad genética que pudiera incidir en la capacidad germinativa de la semilla. Si bien se ha observado que bajas proporciones de vermicomposta en el medio de crecimiento no afecta la germinación de especies hortícolas como lechuga y chile (Atiyeh *et al.*, 2000), en el presente trabajo se pone de manifiesto que la adición de mayores proporciones (>50%) tampoco la inhiben, y son comparables a las observadas en otros trabajos (Ortega-Martínez *et al.*, 2010a), por lo tanto el efecto positivo de la adición de la vermicomposta en la germinación no sólo se observa en bajas proporciones, y la respuesta también depende de la especie evaluada (Bachman and Metzger, 2007; Melgar-Ramírez y Pascual-Alex, 2010).

(Schweizer *et al.*, 2003). Composting and adding worms to compost of blue agave resulted in a higher nitrogen content, reporting contents of 0.53 to 1.25% (Castillo *et al.*, 2000). Alternative substrates showed very low concentrations of phosphorus compared to peat and only T2, T3 are below to other types of compost, but within recommended ranges (Abad *et al.*, 1993; Ansonera, 1994; Arancon *et al.*, 2005).

The potassium content in alternative substrates was higher than the recommended levels, but similar to other composts (Abad *et al.*, 1993; Ansonera, 1994; Castillo *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2009). The tested substrates except maguey bagasse had contents of Ca above recommended levels, even to those reported in other studies (Rodríguez, 2004; Mazuela, 2005), in which also was established that the concentration of this element decreases to a range of 110.6 to 221.4 ppm of calcium after washing with water for irrigation. Alternative substrates showed high levels of Mg, similar to those observed in other compost (Mazuela, 2005).

Even when alternative substrates presented high concentrations of sodium that may cause a water stress condition and also difficulty absorbing nutrients, these problems were not observed in pepper seedlings probably due to the removal of salts through irrigations (Gárate- Bonilla, 2000).

Germination

The highest percentage of germination was observed (Table 2) in seeds from T1, without showing differences with germinated seeds from alternative substrates T3 and T4, so it is considered that these do not adversely affect the germination of pepper type 'onza', only T2 (VC 100%) reduced germination 10% compared to rest of the treatments.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de semillas de chile tipo 'onza' (*Capsicum annuum* L.) en diferentes sustratos alternativos

Table 2. Germination percentage of pepper seeds type 'onza' (*Capsicum annuum* L.) in different alternative substrates.

Atamiento	Sustrato	(%) germinación
T1	Turba	86.5 a
T2	Vermicomposta	64.2 b
T3	Vermicomposta+ composta de bagazo de maguey mezcalero	81.0 ab
T4	Composta de bagazo de maguey mezcalero	79.3 ab

Columna con diferente letra indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

Crecimiento

El uso de sustratos alternativos favoreció la formación de número de hojas en las plántulas de chile tipo ‘onza’, con incrementos 8.8 y 7.6% respectivamente en comparación al sustrato turba, el efecto sólo resultó significativo para el caso del tratamiento T2 (Figura 3A). Se observaron tendencias similares para el diámetro del tallo, en donde los tres sustratos alternativos presentaron los valores más altos (11-16%) respecto al sustrato convencional, sin que éstos llegaran a ser significativos. La altura de la parte aérea incrementó con la composta de agave combinado con vermicomposta (T3) y sin combinar (T4). (Figura 3B).

For commercial purposes of seedlings production, it is considered that 80-90% is suitable seed germination (Sánchez- Gómez, 2009), coinciding with what was observed in this experiment for T1 and T4, although the plant material used corresponds to collections selected by the producers of the region and therefore there is a genetic variability that could affect the germination of the seed. While it has been observed that low proportions of vermicompost in growth medium does not affect the germination of vegetable species like lettuce and pepper (Atiyeh *et al.*, 2000); the present study shows that the addition of higher proportions (>50%) did not inhibit germination, and are comparable to those observed in

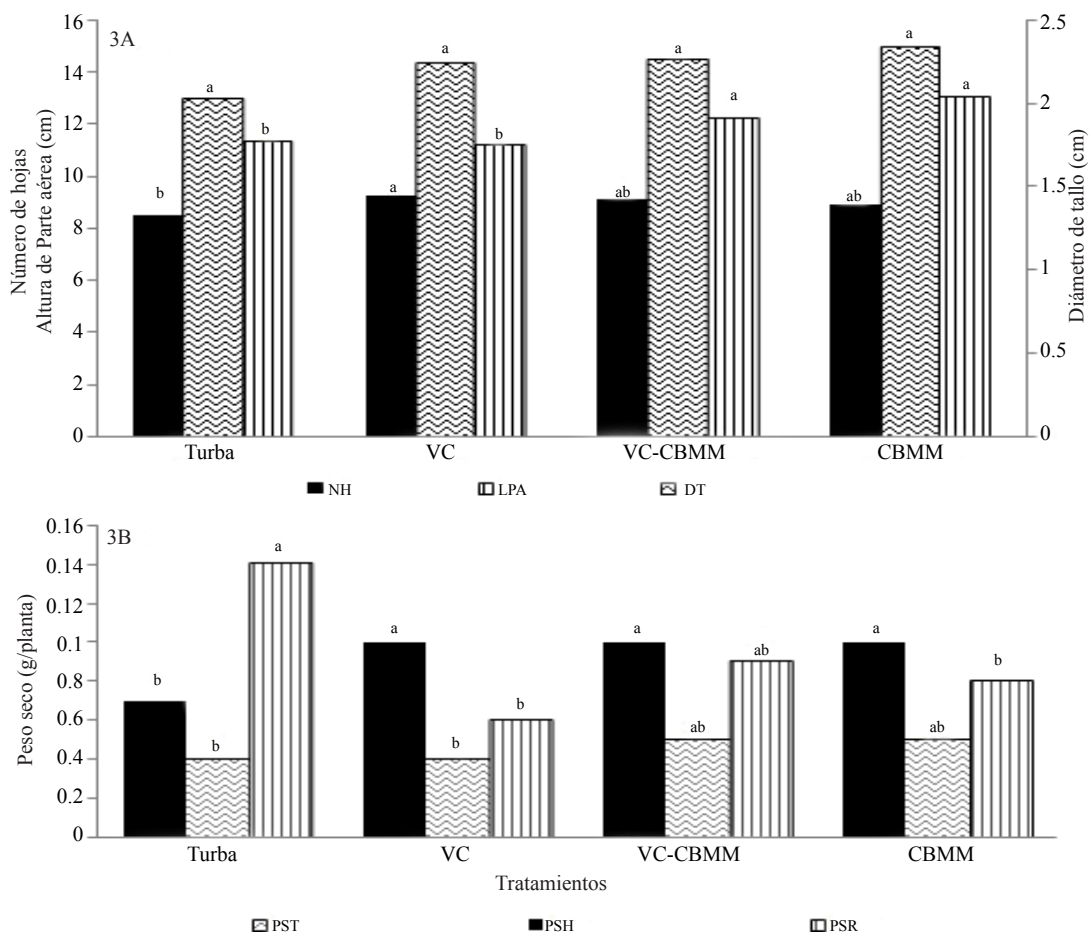


Figura 3. Variables de crecimiento (3 A) y rendimiento (3 B) en plántulas de chile de onza (*Capsicum annuum* L.) crecidas en sustratos alternativos. VC= vermicomposta; VC-CBM= mezcla de vermicomposta y omposta de bagazo de maguey; CBM= composta de bagazo de maguey; DA= densidad aparente; DR= densidad real; MOJ= mojabilidad; PA= porosidad. Tratamientos con diferente letra indican diferencias significativas ($p \leq (0.05)$).

Figure 3. Growth variables (3A) and yields (3B) in seedlings of pepper onza (*Capsicum annuum* L.) grown on alternative substrates. VC= vermicompost; VC-CBM= mixture of vermicompost and compost of maguey bagasse; CBM= compost of maguey bagasse; DA= bulk density; DR= real density; MOJ= wettability; PA= porosity. Treatments with different letter indicate significant differences ($p \leq (0.05)$).

La formación de hojas en diversos cultivos hortícolas como el tomate y la lechuga se favorece con el uso de compostas y vermicompostas en comparación a sustratos convencionales (de Medeiros *et al.*, 2008; Ortega-Martínez *et al.*, 2010b), incluso este efecto positivo se manifiesta en procesos fisiológicos como la fotosíntesis (de Grazia *et al.*, 2006).

El uso de bagazo de agave tequilero como sustrato para la producción de plántula de jitomate y brócoli, dio como consecuencia plántulas con mayor altura en el sustrato vermicompostado (Rodríguez, 2004). De igual manera, en el presente trabajo la vermicomposta presentó la altura final comparable al de las plántulas crecidas en turba, pero menor a la observada con los tratamientos T3 y T4.

Con el uso de compostas se han tenido resultados aparentemente contradictorios, así, Papafotiou *et al.* (2005) encontraron un menor crecimiento en plantas desarrolladas en un medio donde incrementó la proporción de composta de orujo, lo que dio como consecuencia una disminución de la densidad aparente y de la porosidad total del sustrato para *Syngonium podophyllum* y *Ficus benjamina*, mientras que para *Codiaeum variegatum* se presentó un mejor crecimiento con un incremento de hasta 50% en composta de orujo, esto fue atribuido al contenido nutrimental de la composta.

Adicionalmente, una proporción mayor a 75% de la composta de orujo, disminuyó el crecimiento, probablemente atribuido a una disminución en la disponibilidad de nutrientes ocasionado por un pH elevado en el medio de crecimiento. Por otro lado, Lazcano *et al.* (2009) establecieron que el mejor crecimiento de plántulas de tomate se logró con la adición de altas dosis de vermicomposta (50-100%).

El peso seco de hojas incrementó cuando las compostas se usaron como medio de crecimiento. El peso seco del tallo se incrementó con el uso de los sustratos T3 y T4, sin que se observaran diferencias entre T1 y T2. Por el contrario, el peso seco de raíz mostró su mayor valor con el uso de la turba como sustrato.

Bajas proporciones (10 y 20%) de composta incrementaron la masa aérea en plantas de tomate en comparación al uso de turba, en tanto que mayores proporciones (50%) no generaron esta respuesta (Atiyeh *et al.*, 2000). La adición de concentraciones aún más altas provocaron una disminución en comparación a la turba (Moreno-Reséndiz *et al.*, 2008). Por otro lado, Lazcano *et al.* (2009) establecieron que el mejor crecimiento de plántulas de tomate se logró con la

other studies (Ortega-Martínez *et al.*, 2010a), therefore the positive effect of the addition of vermicompost in germination is observed not only in low proportions, and response, also depends on the species tested (Bachman and Metzger, 2007; Melgar-Ramírez and Alex Pascual, 2010).

Growth

The use of alternative substrates favored the formation in number of leaves in pepper seedlings type 'Onza' with 8.8 and 7.6% increases respectively, compared to peat, the effect was significant only in the case of T2 (Figure 3A). Similar trends were observed for stem diameter, where the three alternative substrates showed the highest values (11-16%) compared to conventional substrate, without these being significant. The height of the aboveground part increased with maguey compost combined with vermicompost (T3) and not combined (T4).

Leaf formation in various vegetable crops such as tomato and lettuce are favored by the use of compost and vermicomposts compared to conventional substrates (Medeiros *et al.* 2008; Ortega-Martínez *et al.* 2010b), even this positive effect manifests in physiological processes like photosynthesis (de Grazia *et al.*, 2006).

The use of blue agave bagasse as substrate for the production of tomato and broccoli seedlings resulted in seedlings with more height on the vermicompost substrate (Rodríguez, 2004). Similarly, in the present work the vermicompost showed comparable final height of seedlings grown in peat, but less than that seen with T3 and T4.

With the use of compost has had seemingly contradictory results, thus, Papafotiou *et al.* (2005) found reduced growth in plants grown in an environment where the proportion of pomace compost was increased, giving as result a decrease in bulk density and total porosity of the substrate for *Syngonium podophyllum* and *Ficus benjamina*, while for *Codiaeum variegatum* showed better growth with an increase of 50% in pomace compost, this was attributed to the nutrient content of the compost.

Additionally, proportion greater than 75% of pomace compost, decreased growth, probably attributed to a reduction in nutrient availability caused by a high pH in the growth medium. Furthermore, Lazcano *et al.* (2009) established that the best growth of tomato seedlings was achieved by adding high dosages of vermicompost (50-100%).

adición de altas dosis de vermicomposta (50-100%), esto se atribuyó a que los valores de pH y conductividad eléctrica fueron adecuados.

Cabe resaltar que los resultados del presente trabajo fueron 100% de sustrato alternativo (T2 y T4) y 50% (T3), con lo que se puede establecer que para el caso del chile tipo 'onza' el uso de compostas y vermicomposta a 100% si favorecen la acumulación de peso seco en la parte aérea, esto pudiera ser consecuencia del incremento de la carga de nutrientes, principalmente el nitrógeno, como se observó para el cultivo del pimiento morrón en invernadero (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

Conclusiones

Los sustratos alternativos elaborados a base de vermicomposta, composta (mezcla bagazo + vermicomposta, y abono de bagazo de agave) presentaron valores aceptables de granulometría, densidad real, porosidad de aire y contracción de volumen, comparables al sustrato convencional turba. El contenido nutrimental de las compostas evaluadas, aunado a las propiedades físicas permitieron una buena germinación en semillas y un crecimiento adecuado del chile tipo 'onza'. Este efecto se observa a altas proporciones de (50% y 100%) de vermicomposta y composta de bagazo de maguey. Se concluye que es posible el uso de sustratos alternativos a base de composta de desechos agrícolas y de agave mezcalero y de vermicomposta para la producción de plántulas de chile de onza.

Literatura citada

- Abad, M. P. F. Martínez, M. D. Martínez y Martínez, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Acta Horticulturae*. 11:141-154.
- Abad, M.; Noguera, P. y Burés, J. 2000. Inventario de sustratos y materiales para ser utilizados como sustratos o componentes de sustratos en España. *Acta Horticulturae*. 32:361-377.
- Abad, M.; Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu, G. M. Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª (Ed.). Mundi-Prensa, Madrid. 113-158 pp.
- Abad, M.; Fornes, F.; Carrion, C.; Noguera, P.; Maquieiria, A. and Puchades, R. 2005. Physical properties of various coconut coir dust compared to peat. *HortScience*. 40:2138-2144.
- Acosta-Duran, C. M.; Vargas-Araujo, J. T.; Rodríguez-Rojas, I.; Alia-Tejacal, M.; Andrade-Rodríguez, M. y Villegas-Torres, O. 2005. Efecto de la mezcla de materiales en las propiedades químicas del sustrato. XI Nacional de la sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, México.

The dry weight of leaves increased when the compost were used as a growing medium. The stem dry weight increased with the use of substrates T3 and T4, without observing differences between T1 and T2. On the contrary, the dry root weight showed the highest value with the use of peat as substrate.

Low proportions (10 and 20%) of compost increased the above ground mass in tomato plants compared to the use of peat, while higher proportions (50%) did not generate this response (Atiyeh *et al.*, 2000). The addition of higher concentrations caused a decrease compared to peat (Moreno-Resendiz *et al.*, 2008). Furthermore, Lazcano *et al.* (2009) established that the best growth of tomato seedlings was achieved by adding high dosages of vermicompost (50-100%), this was attributed that the pH and electrical conductivity were adequate.

It should be noted that the results of this study were 100% alternative substrate (T2 and T4) and 50% (T3), with which can be established that for pepper type 'onza' the use of compost and vermicompost at 100% favors the accumulation of dry weight in the aboveground part, this could be a result of an increase in nutrient loading, mainly nitrogen, as observed for bell pepper in greenhouse (Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

Conclusions

Alternative substrates prepared from vermicompost, compost (mixture of bagasse + vermicompost and manure of maguey bagasse) showed acceptable values of granulometry, real density, air porosity and volume contraction, comparable to conventional peat substrate. The nutrient content of the composts tested, together with the physical properties allowed good germination of seeds and proper growth of pepper type 'onza'. This effect was observed at high proportions (50% and 100%) of vermicompost and compost of maguey bagasse. It is concluded that it is possible to use alternative substrates, based from agricultural waste compost and mescal maguey and vermicompost to produce seedlings of pepper onza.

End of the English version



- Alarcón, A. y Ferrera-Cerrato, R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la Agricultura. *Agric. Téc. Méx.* 26(2):191-203.
- Ansonera, M. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa, España. 172 p.

- Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Atiyeh, R.; and Metzger, J. D. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*. 93:139-144.
- Arancon, N. A.; Clive, A. E.; Biermanb, P.; Metzger, J. D. and Lucht, C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*. 49:297-306.
- Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Sublers, S. and Metzger, J. D. 2000. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetables seedlings. *Compost Science and Utilization*. 8:215-223.
- Bachman, G. R. and Metzger, J. D. 2007. Physical and chemical characteristics of a commercial potting substrate amended with vermicompost produced from two different manure sources. *HortTechnology*. 17:336-340.
- Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman Ed. London Great Britain. 309 p.
- Castillo, A. E.; Quarín, S. H. y Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agríc. Téc. Méx.* 60(1):74-79.
- Castro, A.; Henríquez, C. y F. Bertsch. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 33(1):31-43.
- Cruz-Crespo, E. 2010. Mezclas de vermicompost y tezontle diseñados mediante un programa de optimización en SAS, para el cultivo de tomate bajo invernadero e hidroponía. Tesis de Doctorado. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 86 p.
- De Boodt, M.; Verdonck, O and Cappaert, I. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Horticulturae*. 37:2054-2062.
- De Grazia, J.; Tittonell, P. A. y Chiesa, A. 2007. Efectos de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annum*). *Ciencia e Investigación Agraria*. 34(3):195-204.
- De Medeiros, C.; Freitas, K. C. S.; Veras, F. S.; Anjos, R. S. B.; Borges, R. D.; Cavalcante Neto, J. G.; Nunes, G. H. S. e Ferreira, H. A. 2008. Qualidade de mudas de alface em função de sustratos com e sem biofertilizantes. *Horticultura Brasileira*. 26:186-189.
- De Medeiros, D. C.; Lima, B. A. B.; Barbosa, M. R.; Anjos, R. S. B.; Borges, R. D.; Cavalcante Neto, J. G. e Marques, L. F. 2007. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e sustratos. *Horticultura Brasileira*. 25:433-436.
- Duran, L. y Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 31(1):41-51.
- Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; García-Hernández, J. L.; Navarro-Bravo, A.; Antonio-González, J.; y Omaña-Silvestre, J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(6):1203-1216.
- Gomes, L. A. A.; Rodrigues, A. A.; Collier, L. S. e Feitosa, S. S. 2008. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. *Horticultura Brasileira*. 26:359-363.
- Kaciu, S.; Fetahu, S.; Aliu, S.; Ramadani, S and I. Rusinovci. 2009. Influence of different types of substrates in growth intensity of seedlings for different hybrids. *Sjemenarstvo*. 26:47-54.
- Lazcano, C.; Arnold, J.; Tato, A.; Saller, J. G. and Domínguez, J. 2009. Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Spanish J. Agric. Res.* 7(4):944-951.
- Martínez, P. G. L. 2007. Evaluación de metodologías para caracterización de propiedades físicas de sustratos. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 76 p.
- Mazuela, A. C. P. 2005. Caracterización y evaluación agronómica del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo con cultivos sin suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. España.
- Melgar-Ramírez, R. and Pascual-Alex, M. 2010. Characterization and use of a vegetable waste vermicompost as an alternative component in substrates for horticultural seedbeds. *Spanish J. Agric. Res.* 8(4):11-74-1182.
- Mendoza-Hernández, D. J. 2010. Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental y aromática. Caracterización de los materiales vegetales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 455 p.
- Moreno-Reséndez, A.; Gómez-Fuentes, L.; Cano-Ruiz, P., Martínez-Cueto, V.; Reyes Carrillo, J. L.; Puente-Manriquez, J. L. y Rodríguez-Dimas, N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompostas: arena en invernadero. *Terra*. 26:103-109.
- Ortega-Martínez, L. D.; Sánchez-Olarte, J.; Díaz-Ruiz, R. y Ocampo-Mendoza, J. 2010a. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Ra Ximhai*. 6(3):365-372.
- Ortega-Martínez, L. D.; Sánchez-Olarte, J.; Ocampo-Mendoza, J.; Sandoval-Castro, E.; Salcido-Ramos, B. A. y Manzo-Ramos, F. 2010b. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*. 6(3):339-346.
- Papafotiou, M.; Kargas, G. and Lytra, I. 2005. Olive mill waste compost as a growth medium component for foliage potted plants. *HortScience*. 40(6):1746-1750.
- Quezada, R. G. y Méndez, C. S. 2005. Análisis fisicoquímico de materia prima y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. *Rev. Agric. Trop.* 35:1-13.
- Rodríguez, M. R. 2004. Desarrollo y caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de agave tequilero. Tesis Doctoral. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 134 p.
- Santos-Castillo, I. D. y Camejo-Barreiro, L. E. 2010. La descontaminación de las aguas del lago Izabal en Guatemala a través de la extracción de la planta *Hydrilla verticillata* (L. F.) Royle y su uso como sustrato alternativo para la producción de plántulas de chile pimiento en invernadero. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 19(4):43-52.
- Schweizer, S.; Vargas, A.; Salas, E. 2003. Caracterización de diferentes compost utilizando técnicas físicas, químicas y biológicas. *In: Soto, G. y Descamps, P. (Eds). Memoria del I Encuentro Mesoamericano y de Caribe y III Encuentro Costarricense de Agricultores Experimentadores e Investigadores en producción orgánica. Edit del Norte, Costa Rica.* 66-67 pp.
- Urrestarazu, G. M. 2000. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu, M. (Ed.). Tratado de cultivo sin suelo.* 3ª Ed. Mundi Prensa, Madrid. 3-47 pp.
- Valdivia, V. M. A. 1989. Prueba de diferentes sustratos para la producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero rústico. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), México. 95 p.
- Vargas-Tapia, P.; Castellanos-Ramos, J. Z.; Muñoz-Ramos, J. J.; Sánchez-García, P.; Tijerina-Chávez, L.; López-Romero, R. M.; Martínez-Sánchez, C. y Ojodeagua-Arredondo, J. L. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agríc. Téc. Méx.* 34(3):323-331.