

## Sustratos orgánicos en la producción de chile pimienta morrón\*

### Organic substrates in the production of sweet pepper

Manuel Fortis-Hernández<sup>1</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>1§</sup>, José Luis García-Hernández<sup>2</sup>, Agustín Navarro Bravo<sup>3</sup>, Jacob Antonio-González<sup>4</sup> y José Miguel Omaña Silvestre<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)-DEPI. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Anna, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27190. Tel. 01 871 7507198, (fortismanuel@hotmail.com); (ppreciador@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ). Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 28.5. Gómez Palacio, Durango. Tel. 01 871 7118918. (luis\_garher@hotmail.com). <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México-CENEMA, INIFAP. Carretera Los Reyes-Lechería, km 18.5. A. P. 10. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México. Tel. y Fax. 01 595 92 12681. (navarro.agustin@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. (DGETA-BEDR 122). Nezahualcóyotl Número 110 Palacio Municipal, Colonia Centro Texcoco Estado de México. Tel. 5951065738. (jacob\_antonio@yahoo.com). <sup>5</sup>Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel. 58045900, 58045900. Ext. 1829. (miguelom@colpos.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: ppreciador@yahoo.com.mx.

#### Resumen

El presente trabajo pretende aportar información sobre el uso de sustratos orgánicos elaborados a partir de estiércol bovino tratado para la producción de chile pimienta morrón. El trabajo se realizó en Invernadero durante en 2010-2011 en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), Torreón, Coahuila. El diseño experimental fue bloques completamente al azar; considerando cuatro tratamientos con diez repeticiones: T1 = VermicompostA + Arena; T2 = Biocompost + Arena; T3 = VermicompostB + Arena y T4 = Arena (Testigo; Solución Steiner). Las mezclas de sustratos se formularon en base a volumen, guardando una proporción de 1:1 (v/v) utilizando bolsas de polietileno negro de 10 kg de peso. El material genético fue el híbrido Calider de fruto amarillo tipo blocky; el experimento se estableció en los años 2010-2011. Las variables evaluadas fueron altura de planta, rendimiento y calidad de fruto, sólidos solubles, pH, CE, MO, Nitratos y Amonio. Los resultados indicaron respuesta significativa destacando CE, pH, MO, nitratos, amonio y rendimiento; siendo el tratamiento testigo el que reportó mayor rendimiento (6.93 kg m<sup>-2</sup>), seguido de vermicompost2 (5.24 kg m<sup>-2</sup>) y vermicompostA (4.95 kg

#### Abstract

The present work pretends to give information about the use of organic substrates made from bovine manure treated for the production of sweet peppers. The research was made in a green house from 2010-2011 at the Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), in Torreón, Coahuila. It was randomized blocks design; considering four treatments with ten replications: T1= VermicompostA + Sand; T2= Biocompost + Sand; T3= VermicompostB + Sand and T4= Sand (check; Steiner solution). The substrates mixtures were formulated based on volume, keeping a proportion of 1:1 (v/v), using black polyethylene bags of 10 Kg weight. The genetic material used was the hybrid Calider of yellow fruit blocky type; the experiment was established in 2010-2011. The evaluated variables were plant height, yield and fruit quality, soluble solids, pH, EC, OM, nitrates and ammonium. The results showed a significant response, emphasizing on EC, pH, OM, nitrates, ammonium and yield; being the check treatment with the higher yield (6.93 kg m<sup>-2</sup>), followed by vermicompost2 (5.24 kg m<sup>-2</sup>) and vermicompostA (4.95 kg m<sup>-2</sup>). The content of nitrates was higher in Biocompost with 540.51

\* Recibido: enero de 2011  
Aceptado: octubre de 2012

m<sup>2</sup>). El contenido de nitratos fue mayor en Biocompost con 540.51 mg kg<sup>-1</sup>, seguido de vermicompostB con 350.47 mg kg<sup>-1</sup>. De manera general los sustratos orgánicos evaluados presentaron características químicas ideales de un buen sustrato; CE baja, alto contenido de MO, pH entre 7 y 8; y alto contenido de nitratos y amonio.

**Palabras clave:** *Capsicum annum* L., amonio, invernadero, nitratos.

## Introducción

Actualmente los consumidores están más interesados en el origen de los productos, de cómo fueron cultivados o si son seguros para comerse, así como del contenido nutricional enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos, especialmente por los de consumo en fresco (Winter and Sarah, 2006). Por lo que es necesario encontrar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a lo no aplicación de agroquímicos, siendo uno de los caminos la agricultura orgánica (Álvarez *et al.*, 2005). Esta se define de forma general como un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Sinha, 2008).

En relación a la fertilización de los cultivos, esta tradicionalmente se ha lleva a cabo con fuentes inorgánicas debido a su mayor solubilidad, sin embargo, éstos pueden originar un daño a la salud humana, además de incrementar los costos de producción de los cultivos. Hoy en día existe un creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar los sistemas naturales a la producción orgánica. En las últimas décadas se ha retomado la importancia en el uso de abonos orgánicos debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos y al desequilibrio ambiental que estos ocasionan, además de la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de la agricultura (Ramírez, 2005).

Una alternativa en la Comarca Lagunera para producir hortalizas en invernadero sería crear sustratos a partir de estiércol composteado en combinación con arena o perlita, materiales presentes en la región. El sustrato u abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la

mg Kg<sup>-1</sup>, followed by vermicompostB with 350.47 mg Kg<sup>-1</sup>. However the evaluated organic substrates showed an ideal chemical characteristic of a good substrate; low CE, high content of MO, pH between 7 and 8; a high content of nitrates and ammonium.

**Key words:** *Capsicum annum* L., ammonium, green house, nitrates.

## Introduction

Nowadays the consumers are more interested in the origin of the products, as how they were sown or if they are safe to be eaten, as well as their nutritional facts, concerned with a possible exposure to agrochemical products, especially in those that are consumed fresh (Winter and Sarah, 2006). It is necessary to find production systems approached to the non-application of agrochemical, being this one of the pathways to organic agriculture (Alvarez *et al.*, 2005). Organic agriculture is generally defined as an agricultural method, in which neither fertilizers, nor synthetic pesticides are used (Sinha, 2008).

Crop fertilization, traditionally has been carried out with inorganic sources, due to, it's higher solubility, however, these products can put at risk human health, besides increasing the costs in farming production. Nowadays there is an increasing interest in using organic sources as manure for soil, as an attempt to return to the natural systems of organic farming. In the last decades the importance of organic manures has been retaken, due to the increase of costs in chemical fertilizers and the environmental imbalance that these products cause; besides the necessity to preserve organic matter in the farming systems, is a fundamental aspect related to the sustainability and productivity of the agriculture (Ramírez, 2005).

An alternative in the Comarca Lagunera to produce vegetable in green houses would be to create substrates, from compost manure mixed with sand and perlite, materials that are present in the region. The substrate or organic manure is a natural product resulting from the decomposition of materials from plants, animals or a mixture of both, that has the capability of improving the soil fertility and hence the production and yield of crops (Raviv *et al.*, 2005). The use of organic substrates has taken a great importance by different reasons; from

producción y productividad de los cultivos (Raviv *et al.*, 2005). El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico, el uso de sustratos orgánicos (abonos y productos) se ha fomentado por la agricultura orgánica que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Márquez *et al.*, 2008).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost, son de tamaño fino, con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico y un elevado contenido de ácidos húmicos totales (Ndegwa y Thompson, 2000). De acuerdo a Morales *et al.* (2009) el pH de un sustrato se prefiere que sea ligeramente ácido (5.5-6.5) y la conductividad eléctrica que no sea mayor de 2 dS m<sup>-1</sup>. Bansal y Kapoor (2000), señalan que utilizar en la elaboración de abonos orgánicos el estiércol bovino a través de *Eisenia foetida* contribuye a mantener una biodiversidad de organismos y se puede encontrar una buena relación carbono/nitrógeno.

La materia orgánica incorporada al suelo es la responsable de los cambios físicos que se dan en este, particularmente en la estructura, aumento de la porosidad y permeabilidad y por ende de la retención de agua. Sin embargo, los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades físicas y biológicas de los suelos son debidas principalmente a la actividad de los organismos (fauna y microbiota) que están presentes en esta, y también a la de las poblaciones de organismos en el suelo que se ven afectadas por dicha materia orgánica (Castro *et al.*, 2009).

La importancia de la materia orgánica en los suelos es grande, y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están sometidos a un continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio desgaste (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). En este sentido, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar mezclas en diferentes proporciones de compost y medios inertes que permitan la obtención de un sustrato orgánico de bajo costo y que permita obtener buenos rendimientos y calidad de fruto en el cultivo de chile pimiento morrón.

the economic point of view, the use of organic substrates (manure and products) has been promoted by the organic farming, which finally is an answer too to the improvement of the agricultural practices (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Márquez *et al.*, 2008).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico, el uso de sustratos orgánicos (abonos y productos) se ha fomentado por la agricultura orgánica que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Márquez *et al.*, 2008).

The organic residues processed by earth worms, frequently denominated vermicompost, are of a thin size, with high porosity and hence aeration, drainage and with a high capacity of water retention. In comparison with vermicompost the raw material that generates it, has low quantities of soluble salts, higher capacity of cationic interchange and an increased content of total humic acids (Ndegwa y Thompson, 2000). According to Morales *et al.* (2009) the pH of a substratum is preferably to be lightly acid (5.5-6.5) and the electric conductivity not higher of 2 dS m<sup>-1</sup>. Bansal and Kapoor (2000) pointed out that the use of bovine manure in the elaboration of organic manures through *Eisenia foetida* contributes to maintain a biodiversity of organisms and it can be found a good relationship of carbon/nitrogen.

The incorporated organic matter to the soil is responsible of the physical changes that are given on it, particularly in the structure, increased porosity and permeability and hence the water retention. However, the effects of the organic matter on the physical and biological properties of the soil are mainly due to the activity of organisms (fauna and micro biota) and the organism populations that are present in the soil that are being affected by such organic matter (Castro *et al.*, 2009).

The importance of organic matter in the soil is great and not only improves the physical and chemical properties of the soil, but also the development of the crops. The contribution of the organic matter from plants and animals are subjected to a continuum attack from the living organisms, microbes and animals that utilize it as a source of energy and recuperation material to use for its own wear (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). Related to this, the objectives of the present work were to evaluate the mixtures in different proportions of

## Materiales y métodos

### Localización geográfica del sitio experimental

La Región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada en los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1 139 m. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las urbanas. El trabajo se realizó en Invernadero durante los años 2010- 2011 en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en el km. 7.5 de la antigua Carretera Torreón - San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila.

Según la clasificación de Köeppen modificado por García (1981), el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e invierno frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C, con rango de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2 396 mm. La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y rara veces en octubre y abril, mientras que la presencia de granizada se da entre mayo y junio.

### Diseño experimental

El diseño experimental bajo el que se desarrolló el experimento fue el de bloques completamente al azar (Mead *et al.*, 2003); considerando cuatro tratamientos con diez repeticiones:

### Tratamientos (sustratos)

T1= VermicompostA + arena (AZL) T2= Biocompost + arena (BIO)  
T3= VermicompostB + arena (ITT) T4= arena (testigo)

Los cuatro tratamientos contaron con 10 repeticiones cada uno, dando como resultado un total de 40 unidades experimentales, en las que un contendedor o maceta de plástico de 10 kg de peso fue considerado una repetición.

compost and inert materials that allow obtaining an organic substrate of low cost, good yields and quality in the crop of sweet peppers.

## Materials and methods

### Geographical location of the experimental site

The Lagunera Region is located in the central part of the north portion from the Estados Unidos Mexicanos. It is located in the meridians 102° 22' and 104° 47' west latitude, parallels 24° 22' and 26° 23' north latitude. The average height is 1 139 m above the sea. It counts with a large mountainous and plain surface where the farm and urban area is located. The work was made in the green house during 2010-2011 at the Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), located at 7.5 km from the old road to Torreón- San Pedro, municipality of Torreón, Coahuila.

According to the Köeppen classification, modified by García (1981), the weather is dry desert or warm steppe with rain during the summer and fresh winters. The pluvial precipitation is 258 mm and the annual media temperature is 22.1 °C, with a range of 38.5 °C as maximum media and 16.1 °C as the minimum media. The annual evaporation media is approximately 2 396 mm. The presence of frost occur from November to March y rarely times on October and April, meanwhile the presence of hails is between May and June.

### Experimental design

The experimental design under which was develop this experiment was a randomized block (Mead *et al.*, 2003) considering four treatments with ten replications:

### Treatments (substrates)

T1= VermicompostA + Sand (AZL) T2= Biocompost + Sand (BIO)  
T3= VermicompostB + Sand (ITT) T4= Sand (check)

The four treatments had 10 replications each one, giving as result a total of 40 experimental units, in which a plastic container or pot of 10 kg of weight was considered a replication.

### Elaboración de sustratos

Las mezclas de sustratos se formularon en base a volumen, guardando una proporción de 1:1 o 50/50% (v: v), de sustrato orgánico y arena una vez hecho el cálculo, se procedió a realizar la mezcla física. Quedando las mezclas de la siguiente manera:

- VermicompostA (VA) 50% + arena (Ar) 50% (1:1, v:v)
- Biocompost (Bio) 50% + arena (Ar) 50% (1:1, v:v)
- VermicompostB (VB) 50% + arena (Ar) 50% (1:1, v:v)
- Arena (Ar) 100% (testigo: con solución Steiner)

El contenido nutrimental de los sustratos se muestra en el Cuadro 1.

### Preparación de los contenedores

Las macetas usadas para el experimento fueron lavadas con una solución de agua con cloro, y posteriormente enjuagadas para evitar la contaminación del sustrato.

### Substrate elaboration

The mixtures of substrates were formulated based on volume, keeping a proportion of 1:1 or 50/50% (v:v) of organic substrate and sand; once the calculations were made, it proceeded to make the physical mixture. The following mixture was obtained:

- VermicompostA (VA) 50% + Sand (Ar) 50% (1:1, v:v)
- Biocompost (Bio) 50% + Sand (Ar) 50% (1:1, v:v)
- VermicompostB (VB) 50% + Sand (Ar) 50% (1:1, v:v)
- Sand (Ar) 100% (check: with Steiner solution)

The nutrimental content of the substrate is shown in the table 1.

### Containers preparation

The pots used for the experiment were washed with a solution of water with bleach and afterwards washed to avoid the contamination of the substrate.

**Cuadro 1. Contenido nutrimental de la Vermicompost A, B y biocompost.**

**Table 1. Nutrimental content of vermicompost A, B and biocompost.**

Vermicompost A												
Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100 g)	N-NO <sub>3</sub> (mg/kg)	P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
5.81	2.86	9.63	7.49	4.90	3.79	42	3.12	5.10	21.60	17.0	9.5	12.5
Biocompost (Bio)												
P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	Na (%)	N total(Nt)		
1.23	2.95	5.27	0.74	6050	356	540	211	128	0.59	1.73		
Vermicompost B												
Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100 g)	N-NO <sub>3</sub> (mg/kg)	P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn(mg/kg)	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
22.4	15.88	61.82	94.94	27.3	6.02	38.20	7.6	29.2	19.4	22.72	45.34	60

## Material genético

El material genético utilizado fue el híbrido Calider, el cual es de amplia adaptación, con una maduración a los 100 días aproximadamente, resistente a PVY 0, es una planta vigorosa y con alto potencial de rendimiento, es de fruto amarillo tipo blocky.

## Riegos

Los riegos se aplicaron en función de la capacidad de campo de los sustratos usados, al inicio del cultivo aplicándose 300 ml por maceta cada tercer día, posteriormente la aplicación se hizo diariamente en función del requerimiento de la planta debido a las altas temperaturas ambientales.

## Fertilización química

La fertilización química para el tratamiento de arena fue realizada con solución nutritiva de Steiner (1961). Contenido los siguientes elementos nutritivos:  $\text{NO}_3^+$  (12 meq/L),  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (1 meq/L),  $\text{SO}_4$  (7 meq/L), K (7 meq/L), Ca (9 meq/L), Mg (4 meq/L), Fe (2 meq/L), Mn (0.70 meq/L), Cu (0.02 meq/L), Zn (0.09 meq/L), B (0.050 meq/L) y Mo (0.05 meq/L). Siendo aplicada al 50% durante las primeras etapas fenológicas del cultivo y al 100% en producción.

## Fertilización orgánica

Se aplicó un fertilizante foliar orgánico comercial llamado Microfert®. El contenido nutrimental fue:  $\text{NO}_3^+$  (537.67 mg/L),  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (56.55 mg/L), K (3393 mg/L), Ca (240 mg/L), Mg (80 mg/L), Fe (4.13 mg/L); Cu (0.02 mg/L), Zn (3.29 mg/L), Mn (2.17 mg/L) y Bo (11.58 mg/L).

## Variables evaluadas:

**En planta:** altura de planta, unidades SPAD (determinación indirecta de clorofila), rendimiento y calidad.

**En suelo:** humedad aprovechable, potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), compactación, materia orgánica (%), nitratos, amonio y temperatura del suelo.

## Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico del experimento de las variables antes mencionadas se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) Versión 6.1 (SAS,

## Genetic material

The genetic material used, was the hybrid Calider, which has a wide adaptation, with a maturity of approximately 100 days, resistant to PVY 0, is a vigorous plant, with a high yield potential, is a yellow fruit blocky type.

## Irrigation

The irrigations were made in function of the field capacity of the used substrates, at the beginning of the crop 300 ml were applied in each pot every third day, afterwards an application was made daily in function of the plant requirements due to the high environmental temperatures.

## Chemical fertilization

The chemical fertilization for the sand treatment was made with a nutritious solution of Steiner (1961). Containing the following nutrients:  $\text{NO}_3^+$  (12 meq/L),  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (1 meq/L),  $\text{SO}_4$  (7 meq/L) K (7 meq/L), Ca (9 meq/L), Mg (4 meq/L), Fe (2 meq/L), Mn (0.70 meq/L), Cu (0.02 meq/L), Zn (0.09 meq/L), B (0.050 meq/L), and Mo (0.05 meq/L); being applied at 50% during the first phenological stages of the crop and at 100% during the ripening.

## Organic fertilization

It was applied an organic foliar fertilizer from a commercial brand named Microfert®. The nutrimental content was:  $\text{NO}_3^+$  (537.67 mg/L),  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (56.55 mg/L), K (3393 mg/L), Ca (240 mg/L), Mg (80 mg/L), Fe (4.13 mg/L); Cu (0.02 mg/L), Zn (3.29 mg/L), Mn (2.17 mg/L), and Bo (11.58 mg/L).

## Evaluated variables:

**In the plant:** plant height, SPAD units (an indirect determination of chlorophyll), yield and quality.

**In soil:** available moisture, potential hydrogen (pH), electric conductivity (EC), compaction of organic matter (%), nitrates, ammonium and soil temperature.

## Statistical analysis

To realize the statistical analysis of the experiment of the variables mentioned before, it was used the statistical package SAS (Statistical Analysis System) Version 6.1 (SAS, 1999).

1999). Utilizando los procedimientos de ANOVA y para la comparación de medias la prueba utilizada fue diferencia mínima significativa (DMS) al 5% de significancia con  $p \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

### Variables evaluadas que presentaron significancia estadística

#### Conductividad eléctrica (CE)

La variable conductividad eléctrica (CE) mostró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre sus tratamientos en el primer y segundo muestreo realizado a los 30 y 120 días después del transplante (DDT) (Cuadro 2). Los sustratos vermicompost VA y VB mostraron los valores más altos de CE ( $> 50 \text{ dS m}^{-1}$ ). Con respecto a CE la literatura recomienda que sus valores no deberían exceder  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (Bunt, 1988; Carter and Grieve, 2008). Nieto-Garibay *et al.* (2002) utilizaron una composta comercial para producción de chile la cual presentaba valores de  $8.2 \text{ dSm}^{-1}$ ; Cruz-Lázaro *et al.* (2010) encontraron valores de  $1.68 \text{ dSm}^{-1}$  en sustratos de compost y vermicompost para producción de tomate. Los valores tan altos encontrados de CE en el primer muestreo se controlaron mediante la aplicación de excedentes de agua.

**Cuadro 2. Comparación de medias para CE, pH y MO en dos fechas de muestreo.**

**Table 2. Comparison of medias for EC, pH and MO in two sampling dates.**

	CE-Inicial	CE-Final	pH	MO-Inicial	MO-Final
VermicompostA	53.25 <sup>a</sup>	5.52 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b,a</sup>	4.32 <sup>b</sup>	2.98 <sup>b</sup>
Biocompost	42.75 <sup>b</sup>	12.29 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	4.57 <sup>a</sup>	3.15 <sup>a</sup>
VermicompostB	54.75 <sup>a</sup>	10.13 <sup>a</sup>	7.6 <sup>b</sup>	3.60 <sup>c</sup>	2.48 <sup>c</sup>
Testigo (S. Steiner)	4.9 <sup>c</sup>	4.2 <sup>c</sup>	7.1 <sup>c</sup>	0.85 <sup>d</sup>	0.27 <sup>d</sup>

Letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos por la prueba de DMS ( $p \leq 0.05$ ).

#### Potencial hidrógeno (pH)

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) para la variable pH se observó diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el muestreo intermedio a los 45 DDT. El comportamiento de pH fue mayor en el sustrato biocompost (8.2). A pesar de que la mayoría de los componentes orgánicos de este sustrato son ácidos no permitieron tener un pH adecuado al cultivo (Cuadro 2). El tratamiento testigo presentó el valor de 7.3, este tratamiento fue fertilizado con la solución nutritiva de Steiner lo que permitió tener un pH cercano al óptimo para el cultivo.

Using the ANOVA procedures and for the media comparison, was used the Least Significant Difference (LSD) to 5% of significance with  $p \leq 0.05$ .

## Results and discussion

### Evaluated variables that presented an statistical significance

#### Electric conductivity (EC)

The electric conductivity (EC) variable showed a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) among their treatments in the first and second sampling made at 30 and 120 days after the transplantation (DAT) (Table 2). The substrates of vermicompost VA and VB showed the higher values of EC ( $> 50 \text{ dS m}^{-1}$ ). Literature recommends that EC should not exceed values of  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (Bunt, 1998; Carter and Grieve 2008). Nieto-Garibay *et al.* (2002) used a commercial compost to produce pepper in wich showed values of  $8.2 \text{ dSm}^{-1}$ ; Cruz-Lazarro *et al.* (2010) found values of  $1.68 \text{ dSm}^{-1}$  for EC in substrates compost and vermicompost to produce tomato. The high values found for EC in the first sampling were controlled with the application of a water excess.

#### Potential hydrogen (pH)

According the variance of analysis (ANOVA) for the pH variable, it was observed a significant statistical difference ( $p \leq 0.05$ ) in the intermediate sampling at 45 DAT. The behaviour of pH was higher in the biocompost substrate (8.2). Despite most of the organic components of this substrate are acid, wich did not allowed to have an adequate pH for the crop (Table 2). The check showed a value of 7.3; this treatment was fertilized with the nutritious solituon of Steiner, wich allowed to have a pH close to the optimum one for the crop.

Cao y Tibbitts (1994) mencionan que se han encontrado en varias especies de cultivos que los incrementos en pH promueven la absorción de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mientras que una reducción favorece la absorción de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). En general, un medio nutritivo con pH de 4.5 a 6.0 se estudió lo óptimo para la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , mientras que pH de 6.0 a 7.0 se considera el óptimo para el  $\text{NH}_4^+$  (Rodríguez *et al.*, 2010).

Los valores óptimos para el pimiento morrón oscilan entre 6.5 y 7, aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez hasta un pH de 5.5 (Soler *et al.*, 2002). En suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. El pimiento es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

### **Materia orgánica (MO)**

El análisis estadístico mostró alta significancia para el contenido de materia orgánica en el estrato 0- 7 cm para el primer (MO1) y segundo muestreo (MO2); distinguiéndose Biocompost con un valor de 4.57% seguido de vermicompost (VA) con un contenido de 4.32% de materia orgánica. El testigo presentó el valor más bajo en ambos muestreos siendo 0.85% y 0.27%, respectivamente (Cuadro 2). Cabe resaltar que la MO descendió del primer al segundo muestreo en todos los sustratos; para el caso de biocompost disminuyó 31%. Rodríguez *et al.* (2010) señalan que la pérdida de la materia orgánica de los sustratos se atribuye a los compuestos orgánicos solubles en agua. Sin embargo, se puede considerar como una pequeña pérdida de MO ya que las compostas se consideran materiales bioestables: ésta es una propiedad de un material orgánico de perder poco peso y conservar sus características físicas y químicas originales durante varios meses, especialmente cuando se encuentran plantas creciendo en él.

Moreno *et al.* (2005), encontraron valores de MO de 24.75% en vermicompost, y 17.28% en vermicompost con estiércol de cabra en sustratos orgánicos para producción de tomate. Márquez *et al.* (2008), encontró valores de 29.2 % en biocompost y de 10.50% en vermicompost en la producción de tomate con sustratos orgánicos. Cruz-Lázaro (2009), obtuvieron valores de 23.33% en compost elaboradas con estiércol, rastrojo de maíz, zacate y tierra negra y 11.96% en compost elaborada con estiércol bovino, rastrojo de maíz y tierra negra. En este sentido, los sustratos orgánicos evaluados presentaron contenidos bajos de materia orgánica.

Cao and Tibbitts (1994) mentioned that they have found in a few crop species that the increments in pH, promote the absorption of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), meanwhile a reduction favors the absorption of nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). In general, a nutrient medium with a pH of 4.5 to 6.0, was studied for the optimal absorption of  $\text{NO}_3^-$ , as that pH of 6.0 to 7.0 is considered the optimal for  $\text{NH}_4^+$  (Rodríguez *et al.*, 2010).

The optimal values for sweet pepper are between 6.5 and 7, even do can resist certain conditions of acidity, up to a pH of 5.5 (Soler *et al.*, 2002). In sandy soils it can be sown with pH values close to 8. Peppers are species of moderate tolerance to salinity, in soil and water for irrigation.

### **Organic matter (OM)**

The statistical analysis showed a high significance for the organic matter content in the stratum from 0-7 cm for the first (OM1) and on the second sampling (OM2); the Biocompost excels with a value of 4.57%, followed by vermicompost (VA) with a content of 4.32% of organic matter. The check showed the lower value in both samplings by having 0.85 and 0.27% respectively (Table 2). It's worth noting that the OM decreased from the first to the second sampling in all substrates; biocompost had a decrease of 31%. Rodríguez *et al.* (2010) says that the loss of organic matter from the substrates is attributed to the organic compounds soluble in water. However, it can be considered as a small loss of OM, since the compost is considered bio stable materials: this is a property that organic matter has, of losing some weight to conserve its original physical and chemical characteristics for several months, especially when plants are growing in it.

Moreno *et al.* (2005) found values of OM for vermicompost of 24.75% and 17.28% in vermicompost with goat manure in organic substrates to produce tomato. Márquez *et al.* (2008), found values of 29.2% in biocompost and 10.50% in vermicompost to produce tomato with organic substrates. Cruz-Lázaro (2009), obtained values of 23.33% in elaborated compost with manure, corn stubble, grass, black soil and 11.95% of the compost was made with bovine manure, corn stubble and black soil. In this sense, the evaluated organic substrates showed low contents of organic matter.



### Contenido de nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ )

El contenido de nitratos en el estrato 0-7 cm de profundidad presento alta significancia. La comparación de medias identifica a Biocomposta como el de mayor contenido de nitratos con un valor de  $540.51 \text{ mg kg}^{-1}$  seguido de Vermicomposta (VB) con  $350.47 \text{ mg kg}^{-1}$  (Figura 1). Ansorena (1994) menciona que el contenido óptimo de nitratos para el cultivo de pimiento va de 100 a  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Diversas investigaciones han reflejado aumentos de la concentración de nitratos en la solución del suelo durante las primeras etapas vegetativas de los cultivos cuando no se producen pérdidas altas por lixiviación y las cantidades de N consumidas son mínimas (Jackson *et al.*, 1993; Mc Pharlin *et al.*, 1995). Autores como Julca-Otiniano *et al.* (2006) mencionan que el contenido de nitrógeno agregado es consumido en cada etapa fenológica, parte se pierde por lavado o es inmovilizado por la biota del suelo.

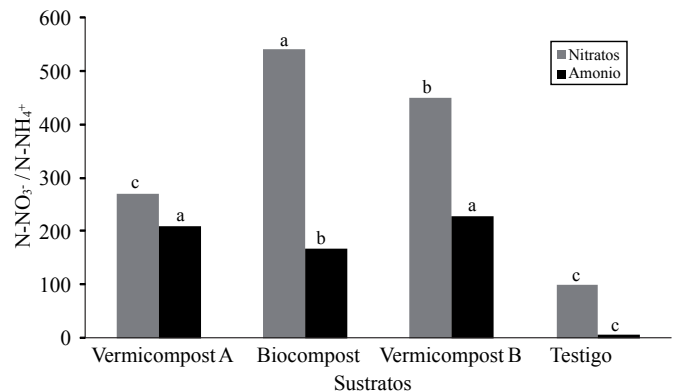
Los resultados de la presente investigación son coincidentes con lo expuesto anteriormente, atribuyendo la alta concentración de nitratos al exceso del N aportado por los sustratos orgánicos en relación a lo consumido por el cultivo en sus etapas fenológicas. Estos valores altos también pueden ser explicados debido principalmente a la alta actividad enzimática por parte de los microorganismos debido a que las condiciones de aireación, humedad y temperatura fueron favorables para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante el proceso de mineralización (Raviv *et al.*, 2005). Aunado a lo anterior los sustratos en mayor cantidad fueron elaborados con estiércol bovino.

### Contenido de amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ )

El contenido de amonio en los sustratos presento diferencias significativas en el ANOVA. Al realizar la comparación de medias con DMS, se tiene que el sustrato que mayor concentración de  $\text{N-NH}_4^+$  presentado fue vermicompostB (VB) con un valor de  $227 \text{ mg kg}^{-1}$ ; el testigo contempló el valor más bajo de amonio con  $6.80 \text{ mg kg}^{-1}$ . Éstos valores muestran que el amonio pudo ser mineralizado en el transcurso del tiempo debido a una fuerte actividad enzimática; la movilidad del ión amonio en el sustrato es en gran medida inferior a la del nitrato; asimismo, la concentración de nitrato en el suelo es mayor que la de amonio (Adegbidi y Briggs, 2003) (Figura 1).

### Nitrates content ( $\text{N-O}_3^-$ )

The nitrates content in the stratum from 0-7 cm of depth showed a high significance. The media comparison identifies Biocompost as the one with higher content of nitrates with a value of  $540.51 \text{ mg kg}^{-1}$ , followed by Vermicompost (VB) with  $350.47 \text{ mg kg}^{-1}$  (Figure 1). Ansorena (1994) mentioned that the optimal content of nitrates for a crop of pepper goes from 100 to  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ .



**Figura 1. Contenido de nitratos y amonio en los sustratos evaluados para producción de chile pimiento morrón.**

**Figure 1. Nitrates and ammonium content in the evaluated substrates in the production of sweet pepper.**

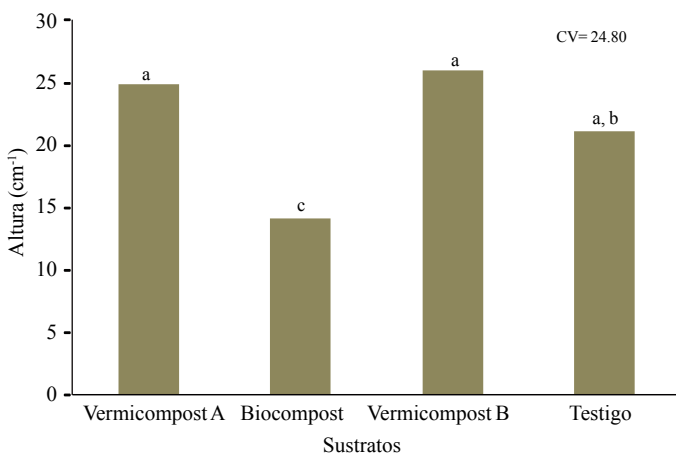
Different authors had reflected to find an increased concentration of nitrates in soil solutions during the first vegetative stages of the crops, when no losses are being generated by leaching and the quantities consumed of N are minimum (Jackson *et al.*, 1993; Mc Pharline *et al.*, 1995). Authors as Julca-Otiniano *et al.* (2006)

Mentioned that the content of nitrogen is consumed in each phenological stage, another part is lost by leach or immobilized by the biota from the soil.

The results of the present research are coincident with the exposed before, attributing the high concentration of nitrates to the excess of N contributed by the organic substrates in relation to the consumed by the crop in its phenological stages. These high values can be explained also, mainly to the high enzymatic activity from the microorganisms, due to, aeration conditions, humidity and temperatura, that were favorable for the transformation from nitrogen to nitrates through mineralization (Raviv *et al.*, 2005). Together with this the substrates were elaborated mainly with bovine manure.

### Altura de planta (AP)

El análisis estadístico para la variable altura de planta mostro diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos en la lectura tomada al inicio del ciclo del cultivo (30 DDT). Los sustratos de vermicompost (VA y VB) sobresalen con la mayor altura de planta encontrada con 24 y 25  $\text{cm}^{-1}$ ; respectivamente. Biocompost presentó la menor altura con un valor de 14  $\text{cm}^{-1}$ . Márquez *et al.* (2006) y Márquez *et al.* (2008), encontraron en mezclas de arena, arcilla y estiércol la mayor altura de planta en el cultivo de tomate, en comparación con otros sustratos orgánicos e inorgánicos (Figura 2).



**Figura 2. Altura de planta en los sustratos orgánicos evaluados para producción de chile pimiento morrón.**

**Figure 2. Plant height in the evaluated organic substrates to produce sweet pepper.**

En Biocompost se encontro la menor altura de planta esto puede explicarse por las propiedades físicas de este sustrato puesto que no tuvo las características favorables para el desarrollo del cultivo como fue: la aireación por efecto de la compactación que este sustrato presentó, al cual además tenía una alta CE ( $12 \text{ dS m}^{-1}$ ) lo que impidió un desarrollo normal tanto de las raíces como de las plantas. Efectos similares fueron encontrados por Zobel (1995) y Magdaleno *et al.* (2006) al emplear sustratos en la producción de tomate de cascara. Aunque Moreno *et al.* (2005) mencionan que la altura de planta para el caso de tomate no varía a diferentes porcentajes de compost más arena.

### Rendimiento del cultivo

El rendimiento mostro diferencias significativas entre las fechas de muestreo para los diferentes sustratos evaluados. Al realizar la comparación de medias los sustratos orgánicos

### Ammonium content ( $\text{N-NH}_4^+$ )

The ammonium content in the substrates showed significant differences in the ANOVA. When making a comparison of medias with the LSD, it showed that the substrate with higher concentration of  $\text{N-NH}_4^+$  was vermicompostB (VB) con a value of  $227 \text{ mg kg}^{-1}$ , the check had the lower value of ammonium with  $6.80 \text{ mg kg}^{-1}$ . These values show that the ammonium could have been mineralized in the course of time due to, a strong enzymatic activity; the ion motion in the substrate is in fact lower than the nitrate; also, the concentration of nitrate in the soil is higher than the ammonium (Adegbidi y Briggs, 2003) (Figure 1).

### Plant height (PH)

The statistical analysis for the plant height variable, showed a significant differences ( $p \geq 0.05$ ) among the treatments, in the measurement taken at the beginning of the crop cycle (30 DAT). The vermicompost substrates (VA and VB) stand above with higher height of plant found with 24 and 25  $\text{cm}^{-1}$  respectively. Biocompost showed the lower height with a value of 14  $\text{cm}^{-1}$ . Márquez *et al.* (2006) and Márquez *et al.* (2008), found in mixtures of sand, clay and manure the highest height of plant in the tomato crop, in comparison with other organic or inorganic substrates (Figure 2).

In the biocompost was found the lower plant height, this can be explained by the physical properties of this substrate, since it did not have the favorable characteristics for the development of the crop as was: by the aeration, effect of the compaction that the substrate showed, in which had a high EC ( $12 \text{ dS m}^{-1}$ ) which prevented a normal development in roots and plants. Similar effects were found by Zobel (1995) and Magdaleno *et al.* (2006) when using substrates to produce husk tomato. Although Moreno *et al.* (2005) mentioned that the plant height for tomato does not vary in a different percentage with compost plus sand.

### Crop yield

Yield showed significant differences among the sampling dates for the different evaluated substrates. When comparing the organic substrates media of vermicompost A and B, obtained yields of 4.95 and 5.24  $\text{kg m}^{-2}$ , respectively. The check with the Steiner solution was the best with a yield of 6.93  $\text{kg m}^{-2}$  (Table 3).

vermicompost A y B, obtuvieron rendimientos de 4.95 y 5.24 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente. El testigo con solución Steiner fue el mejor con un rendimiento de 6.93 kg m<sup>-2</sup> (Cuadro 3).

Zuñiga-Estrada *et al.* (2004), produced in greenhouse 8.0 to 16 kg m<sup>-2</sup> of pepper. Cruz *et al.* (2009) pointed that the yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse is 80

**Cuadro 3. Comparación de medias para los sustratos con la prueba de DMS para las tres fechas evaluadas de rendimiento. Table 3. Media comparison for the substrates with the LSD test for three evaluated dates of yield.**

Sustrato	Rendimiento			Sólidos	
	F1	F2	F3	Total	solubles °Brix
		--- kg m <sup>-2</sup> ---			
Vermicompost A	0.55c*	2.20b***	2.20b*	4.95b***	2.5d
Bicompost	0.35c	0.90c***	2.80b*	4.05c***	5.8c
VermicompostB	0.75b	2.17b***	2.32c*	5.24b***	9.1a
Testigo	0.95a*	2.85a***	3.13a***	6.93a***	7.5b

F1= fecha del primer corte (90 DDT); F2= fecha del tercer corte (110 DDT); F3= fecha del cuarto corte (120 DDT); DMS= Diferencia mínima significativa ( $p \leq 0.05$ ). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. \* significativas; \*\*\* altamente significativas.

Zuñiga-Estrada *et al.* (2004) produjeron en invernadero 8.0 y 16 kg m<sup>-2</sup> de pimiento. Cruz *et al.* (2009) señalan que el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero es 80 t ha<sup>-1</sup> con densidades entre 9 y 10 plantas m<sup>-2</sup>. Los resultados obtenidos contrastan con los obtenidos por Subler *et al.* (1998) quienes encontraron que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicompost, entre 10 y 20%. Atiyeh *et al.* (2000) mencionan que al usar más de 20% de compost en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento del cultivo. Márquez *et al.* (2008), encontraron en sustratos orgánicos con mezclas de vermicompost al 50% + arena, vermicompost + perlita al 37.5 y 50% rendimientos 9 veces mayores a los obtenidos en campo.

Probablemente factores como la lixiviación, una menor tasa de mineralización, volatilización, adsorción, entre otras, pueden influir para no obtener el rendimiento potencial del cultivo (Hashemimajd *et al.*, 2004). Azarmiet *et al.* (2008), señalan que es necesario suplementar los requerimientos de los nutrientes para inducir un mayor rendimiento en los cultivos cuando se utilizan sustratos orgánicos.

Finalmente en la Figura 3, se presentan los principales parámetros evaluados en cada sustrato. Resaltando que vermicompost A y B, fueron los mejores sustratos orgánicos ya que fueron los que se acercaron a las características químicas ideales de un buen sustrato. Es decir, CE baja, alto

ton ha<sup>-1</sup> with densities between 9 and 10 plants per square meter. The obtained results differs from the ones obtained by Suble *et al.* (1998) who found that the best performance of the crop is given in small proportions of vermicompost, between 10 and 20%. Atiyeh *et al.* (2000) mentioned that the use of more than 20% of compost in the substrate, there is a decreased in the crop yield. Márquez *et al.* (2008) found that in organic substrates with mixtures of vermicompost to 50% + sand, vermicompost + perlite to 37.5 and 50%, had a yield 9 times higher to those obtained in the field.

Probably factors as leaching, a minor rate of mineralization, volatilization, adsorption, among others, can influence for not obtaining the potential yield of the crop (Hashemimajd *et al.*, 2004). Azarmi *et al.* (2008) pointed that is necessary to supplement the requirements of nutrients to induce a higher yield in crops when using organic substrates.

Finally in Figure 3, presents the main parameters evaluated on each substrate. Highlighting that vermicompost A and B, were the best organic substrates, as they were the ones that came close to the ideal chemical characteristics of a good substrate; i.e. the low EC, the high content of OM, pH between 7 and 8, high content of nitrates and ammonium. In addition they were the substrates that reported the higher yields.

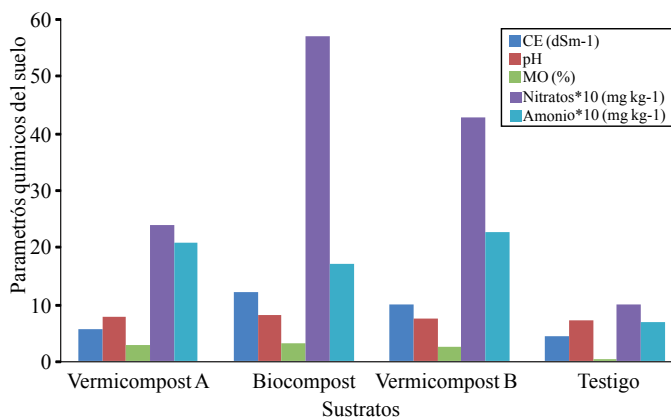
contenido de MO, pH entre 7 y 8, alto contenido de nitratos y amonio. Además, de que fueron los sustratos que reportaron los mayores rendimientos.

## Conclusiones

El uso y la aplicación de sustratos orgánicos incrementan la carga de nutrientes para los cultivos. Asimismo, incrementaron la presencia de nitratos lo que indicaría que el N estuvo disponible para el cultivo. Estos resultados demostraron que la producción de chile pimiento morrón en sustratos orgánicos bajo invernadero, con las mezclas de sustrato 1:1 realizadas, puede ser una alternativa viable puesto que generan rendimientos aceptables.

## Literatura citada

- Adegbidi, H. G. y Briggs, R. D. 2003. Nitrogen mineralization of sewage sludge and composted poultry manure applied to willow in a greenhouse experiment. *Biomass Bioenergy* 25:665-673.
- Álvarez-Rivero, J. C.; Díaz-González, J. A. y López-Naranjo, J. I. 2005. Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. ¿Sustentabilidad? *Horizonte Sanitario*. 5:28-40.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Ediciones Mundi Prensa. México, D. F. ISBN: 84-7114-481-6.
- Atiyeh, R. M.; Subler, S.; Edwards, C. A.; Bachman, G. and Metzger, J. D. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología*, 44:579-590.
- Azarmi, R.; TorabiGiglou, M.; and DidarTaleshmikail, R. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) field. *Afr. J. Biotechnol.* 7:2397-2401.
- Bansal, S. and Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residue and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bio. Technol.* 73:95-98.
- Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. 2ª (Ed.) Unwin Hyman Ltd. London, Great Britain. 309 p.
- Cao, W. and Tibbitts, T. W. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different form of nitrogen. *J. Plant Nutr.* 17:109-126.



**Figura 3. Parámetros evaluados en sustratos orgánicos para producción de chile pimiento morrón.**

**Figure 3. Evaluated parameters in the organic substrates to produce sweet pepper.**

## Conclusions

The use and application of organic substrates increase the bulk of nutrients for the crops. So it increased the presence of nitrates which indicates that the N was available for the crop. These results demonstrated that the production of sweet pepper in organic substrates in greenhouse, with mixture of substrates 1:1, made, can be a viable alternative, as it generates acceptable yields.

*End of the English version*



- Carter, C. T., and Grieve, C. M. 2008. Germination of *Antirrhinum majus* L. (Snapdragon) when produced under increasingly saline conditions. *HortScience* 43:710-718.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarricense*. 33:31-43.
- Cruz-Huerta, N.; Sánchez-del Castillo, F.; Ortiz-Cereceres, J. y Mendoza-Castillo, Ma. del C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agríc. Téc. Méx.* 35:73-80.
- Cruz-Lázaro, E de la.; Estrada-Botello, M. A.; Robledo-Torres, V.; Osorio-Osorio, R.; Márquez-Hernández, C. y Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicompost como sustrato. *Universidad y Ciencia*. 25:59-67.

- Cruz-Lázaro, E de la.; Osorio-Osorio, R.; Martínez-Moreno, E.; Lozano del Río, A.; Gómez-Vázquez, A. y Sánchez-Hernández, R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*. 35:363-368.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, adaptado para las condiciones de la República Mexicana. 3ª Ed. Offset., Lario Ed. S.A. 252 p.
- Hashemimajid, K.; Kalbasi, M.; Golchina, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27:1107-1123.
- Jackson, L. E.; Stivers, L. J.; Warden, B. T. and Tanji, K. K. 1993. Crop nitrogen utilization and soil nitrate loss in a lettuce field. *Fertilizer Res.* 37:93-105.
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florian, L.; Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 24:49-61.
- Magdaleno Villar, J. J.; Peña Lomelí, A.; Castro Brindis, R.; Castillo Gonzáles, A. M.; Galvis Spinola, A.; Ramírez Pérez, F. y Becerra López, P. A. 2006. Efecto de tres sustratos y dos colores de plástico en el desarrollo de plántulas de Tomate de cascara (*Physalis Ixocarpa* Brot.). *Rev. Chapingo. Serie Horticultura*. 12:153-158.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. T. y Zárate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 65:26-34.
- Márquez-Hernández, C.; Cano-Ríos, P.; Chew-Madinaveitia, Y. I.; Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 12:183-189.
- Márquez Hernández, C.; Cano Ríos, R. y Rodríguez Dimas, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34:69-74.
- Mead, R.; Curnow, R. N. and Hasted, A. M. 2003. *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. 3<sup>th</sup> Ed. Chapman and Hall / CRC, USA.
- Mc Pharlin, I. R.; Aylmore, P. M. and Jeffery, R. C. 1995. Nitrogen requirements of lettuce under sprinkler irrigation and trickle fertigation on spear wood sand. *J. Plant Nutr.* 18:219-241.
- Morales Munguía, J. C.; Fernández Ramírez, M. V.; Montiel Cota, C. y Peralta Beltrán, A. B. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (eiseniafoetida). *BIOtecnia*. 21:19-26.
- Moreno Reséndez, A. y Valdés Perezgasga, Ma. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 65:26-34.
- Ndegwa, P.M. and Thompson, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresour. Technol.* 75:7-12.
- Nieto-Garibay, A.; Murillo-Amador, B.; Troyo-Diéguez, E.; Larrinaga-Mayoral, J. A. y García-Hernández, J. L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. 27:417-421.
- Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *BioTechnol.* 96:419-427.
- Ramírez, H. 2005. Producción sostenible de hortalizas. *In: curso-taller introductorio producción sostenible de hortalizas. Posgrado en Agronomía. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Estado de Lara.* 1-51 pp.
- Rodríguez Macías, R.; Alcántar González, E. G.; Iñiguez Covarrubias, G.; Zamora Natera, F.; García López, P.; Ruíz López, M. A. y Salcedo Pérez, E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia*, 35:515-520.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. 1999. *SAS for windows. Release 6-12, version 4.0.1111. SAS Campus Drive. North Carolina, U.S.A.*
- Sinha, R. K. 2008. Organic farming: an economic solution for food safety and environmental. Security; *Green Farming-International J. Agric. Sci.* 1:42-49.
- Soler, R.; Brunetti, P. and Senesi, N. 2002. Comparative chemical and spectroscopic characterization of humic acid from sewage sludges and sludge-amended soils. *Soil Sci.* 167:235-245.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15:134-154.
- Subler, S.; Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle*. 39:63-66.

Winter, C. K. and Davis, F. S. 2006. Organic foods. *J. Food Sci.* 71:117-124.

Zobel, R. W. 1995. Genetic and environmental aspects of roots and seedling stress. *HortScience* 30:1189-1192.

Zúñiga-Estrada, L.; Martínez-Hernández, J. J.; Baca-Castillo, G. A.; Martínez-Garza, A.; Tirado-Torres, J. L. and Kohashi-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*. 38:207-218.