

Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas

Behavior of chile pepper Húngaro (*Capsicum annuum*) in mixtures of vermicompost-sand under protected conditions

Alejandro Moreno Reséndez ¹, Norma Rodríguez Dimas ²,
José Luis Reyes Carrillo ³, César Márquez-Quiroz ⁴, Jovan Reyes González ⁵

Originales: Recepción: 30/09/2013 - Aceptación: 01/08/2014

RESUMEN

El trabajo se realizó para determinar la concentración óptima de la mezcla vermicompost:arena (VC:A; v:v) que satisfaga las necesidades nutricionales del cultivo de chile tipo Húngaro (*Capsicum annuum*) bajo condiciones protegidas. Las mezclas evaluadas fueron cuatro combinaciones de VC:A con las relaciones 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 y un testigo 0:1 (arena más solución nutritiva). Las variables evaluadas fueron altura de planta y diámetro basal del tallo, en el fruto longitud, diámetro ecuatorial, espesor del pericarpio, número de lóculos, peso y rendimiento. Se utilizó un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se aplicó el ANDEVA y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey_{0,05}. Se determinó que para las variables evaluadas en el cultivo del chile como: altura de planta, diámetro basal del tallo, longitud del fruto, espesor del pericarpio, número de frutos por planta, peso de fruto y rendimiento, presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) mientras que las variables diámetro ecuatorial y número de lóculos del fruto resultaron estadísticamente iguales. La relación 1:1 en volumen de VC:A resultó la mezcla más adecuada para el desarrollo del cultivo de chile tipo Húngaro bajo condiciones protegidas.

ABSTRACT

Work was carried out to determine optimal concentration of the mixture vermicompost: sand (VC:S, by volume) which meets nutritional requirements of the cultivation of chile pepper type Hungaro (*Capsicum annuum*) under protected conditions. The mixtures evaluated were four combinations of VC:S with ratios 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 and a control 0:1 (sand with nutrient solution). The variables evaluated were plant height and basal stem diameter, in the fruit: length, equatorial diameter, pericarp thickness, number of locules, weight, and yield. The experimental design was of randomized blocks with five replications. Order to determine the treatment effects on the evaluated variables ANOVA was applied and averages were compared by the Tukey test_(5%). It was established that of the variables evaluated in chile pepper as plant height, basal stem diameter, fruit length, pericarp thickness, fruit weight and yield had significant differences ($P \leq 0.01$), while equatorial diameter and number of locules did not show any statistical differences between treatments evaluated. The ratio of 1:1 by volume of VC:S was most appropriate mixture for development of chile pepper type Hungaro in protected conditions.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL. Periférico Raúl López Sánchez km 1,5 y Carretera a Santa Fe s/n. C. P. 27059. alejamorsa@yahoo.com.mx - alejamorsa@hotmail.com
Departamentos de:

1 Suelos

2 Ciencias Básicas

3 Biología

4 Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias

5 Programa Docente de Ingeniero Agrónomo

Palabras clave

Capsicum annuum L. • abonos orgánicos
• crecimiento vegetal • humus de lombriz
• sustratos

Keywords

Capsicum annuum L. • organic fertilizers/
manure • media growth • vegetable
growing • vermicompost substrates

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran preferencia entre los consumidores por los alimentos frescos, libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional; una alternativa para su generación es la producción orgánica, sistema que prohíbe el uso de productos sintéticos (32).

Por otro lado, en apoyo a los sistemas de producción sustentables es de vital importancia aprovechar la capacidad de las lombrices *Eisenia fetida* (Savigny), para adaptarse y reproducirse fuera de su hábitat natural (16), así como para descomponer diversos residuos orgánicos y convertirlos en vermicompost (VC) (31) también conocido como lombricompost.

El VC posee gran contenido de elementos nutritivos, fácilmente asimilables como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, entre otros, además contiene sustancias biológicamente activas que pueden actuar como reguladores del crecimiento vegetal (4).

Atiyeh *et al.* (2000) reportan respuestas favorables en la producción de tomate en invernadero, cuando las concentraciones del VC no superan al 20% en volumen del sustrato de crecimiento comercial, ya que a mayor concentración se reduce la productividad de este cultivo.

Casi todos los países en el mundo producen alguna clase de chile o ají.

En México, para el año 2011, se registró una producción de chile verde cercana a las 1,4 millones de toneladas en alrededor de 153 mil hectáreas, con las cuales se ocupó el 27,5% de la superficie cultivada de hortalizas (30). Por lo cual, este país ocupa uno de los primeros lugares a nivel mundial como productor de dicha hortaliza: el 65% de la producción de chiles se destina al consumo fresco y el resto para deshidratar o envasar.

Los estados que concentran más del 50% de la superficie plantada y cosechada, así como el 60% de la producción, son los siguientes: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Sonora y Zacatecas.

La mayor parte de la producción de chile mexicano destinado a la exportación proviene de la costa noroeste, particularmente los estados de Sinaloa y Sonora, lo que le permite ser uno de los principales abastecedores de chile en los mercados de Estados Unidos Canadá, Japón y Alemania, principalmente en ciclo invierno-primavera (23).

Ramos-Gourcy *et al.* (2011) señalan que en México, la horticultura orgánica ha sido considerada como la cuarta rama en producción orgánica del país, con una superficie cultivada de 3.813 ha y una generación de divisas que representa 47 millones de dólares. Este sistema de producción revaloriza la agricultura tradicional, genera empleos, estimados en 34,5 millones de jornales anuales, y mayores ingresos para los productores, bajo un esquema de producción sustentable y sin deterioro del ambiente (15). En relación al deterioro del ambiente, Milpa- Mejía *et al.* (2012) concluyen que el desarrollo de tecnologías de producción en especies ornamentales, *e. g. Iris xiphium* L., que implican el empleo del humus de lombriz y sus lixiviados reducen el impacto ambiental provocado por el empleo de agroquímicos.

Adicionalmente, Ramos-Gourcy y colaboradores (2011) destacan que las razones que justifican la producción de Chile empleando abonos orgánicos con técnicas de acolchado y riego por goteo pueden permitir:

- a) ahorro de energía derivada del petróleo.
- b) ahorro de agua.
- c) disminución drástica de la contaminación del suelo, agua y atmósfera.
- d) mayor rentabilidad de la inversión.
- e) proporción de un medio sano para el trabajador del campo.
- f) alimentos y otros bienes no contaminados para los consumidores.
- g) aumento de la demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores.

De acuerdo con Atiyeh *et al.* (2001) los beneficios señalados también se pueden aplicar a los sustratos de crecimiento utilizados durante el desarrollo de especies vegetales en macetas bajo condiciones de invernadero. Sin embargo, en algunas regiones de México, con el propósito de reducir los costos de producción, los productores han realizado adaptaciones para sustituir la estructura de los invernaderos por estructuras con malla antiáfidos o con malla sombra (20) en algunas regiones denominadas umbráculos.

En relación con el empleo de los abonos orgánicos como parte de los sustratos de crecimientos, diversos autores, entre los que destacan Atiyeh *et al.* (2009) determinaron que las plántulas de tomate, desarrolladas en mezclas de crecimiento conteniendo 50% de VC, preparado a partir de estiércol de cerdo, presentaron mayor número de hojas y mayor peso que las plántulas desarrolladas en los testigos que contenían el sustrato comercial Metro-Mix 360®. En el mismo sentido Atiyeh *et al.* (2005) reportaron que el mayor crecimiento vegetativo de las maravillas (*Calendula officinalis* L.) se presentó cuando el sustrato comercial Metro-Mix 360® fue sustituido con 30 y 40% de VC, elaborado a partir de estiércol de cerdo, y el menor crecimiento se presentó en las mezclas con 90 y 100% de VC. Igualmente, el mayor número de racimos florales se presentó en las mezclas que contenían VC al 40% y la menor cantidad de éstos en las mezclas de crecimiento con 100% de VC.

Los beneficios señalados en gran parte se debe a que los VC, incluso los que se generan a partir de lodos de aguas negras, presentan características químicas

que favorecen su empleo como fertilizante orgánico, principalmente con relación al contenido de materia orgánica, pH, relación C/N, niveles de N y P (12) y a que los elementos nutritivos, como N, P, K, Ca, se encuentran en los VC en formas mucho más solubles y disponibles para las especies vegetales (31).

A manera de complemento, Aguilar-Benítez *et al.* (2012) destacaron que el incremento de frutos y semillas en frijol, independientemente del cultivar y de la disponibilidad de humedad evaluados, puede explicarse como resultado del aporte de algunos compuestos contenidos en el VC, como ácidos húmicos y fitohormonas, y de la actividad microbiana que conjuntamente favorecen el desarrollo de las especies vegetales.

Por otro lado, al comparar los efectos de la aplicación de fertilizantes sintéticos (tratamiento testigo) *versus* la aplicación de abonos orgánicos - vermicompost, compost de cachaza y Bocashi - sobre la altura de planta del chile jalapeño se determinó que las plantas que recibieron los abonos orgánicos resultaron iguales o superaron en altura a las plantas del tratamiento testigo, con valores que oscilaron entre 44,9 y 55,0 cm de altura (14).

Contrario a lo anterior, Preciado-Rangel *et al.* (2012) determinaron que el peso promedio de los frutos de chile jalapeño fertilizados con la solución nutritiva de Steiner superó al valor registrado cuando las plantas fueron fertilizadas con tres soluciones orgánicas - lixiviado de vermicompost, té de compost y té de vermicompost.

Lo anteriormente expuesto permitió establecer la hipótesis de que la producción de diversas especies vegetales bajo condiciones protegidas, tradicionalmente sujeta al uso de fertilizantes sintéticos, aplicados a través de soluciones nutritivas, podría llevarse a cabo con la aplicación de sustratos de origen orgánico, como el VC, buscando reducir el uso de los fertilizantes sintéticos.

Objetivo

- Determinar la concentración óptima de la mezcla vermicompost:arena (VC:A; v:v) que satisfaga las necesidades nutricionales del cultivo de chile tipo Húngaro bajo condiciones protegidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó, durante el ciclo primavera - verano del 2011, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, México.

La institución se encuentra localizada al norte de México, dentro de la Comarca Lagunera (25°05' y 26°54' lat. N, 101°40' y 104°45' long. O, a una altitud de 1139 msnm), recibiendo esta región una precipitación promedio anual de 235 mm y con una temperatura media anual de 18,6°C (29).

En el experimento se incluyeron cinco tratamientos con diferentes relaciones de vermicompost:arena (VC:A).

Cuatro de las mezclas utilizadas como sustratos de crecimiento (tratamientos: T1 a T4) presentaron las siguientes relaciones en volumen de VC:A 1:1, 1: 2, 1:3, 1:4 y el tratamiento testigo (T5) consistió en macetas con arena al 100% más fertilización con solución nutritiva (tabla 1, pág. 102) recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009).

El VC se obtuvo después de biotransformar con lombrices *Eisenia fetida*, por espacio de 90 días, una mezcla de estiércoles (caprino, caballar y conejo; 1:1:1; v:v:v) (7), el análisis químico de este producto se presenta en la tabla 2 (pág. 102).

Por su parte, previo a la siembra y durante un período de seis semanas, la arena (A) empleada fue solarizada, durante las cuales se cubrió con plástico transparente con espesor de 0,05 mm (19).

La siembra de las semillas de chile güero (*Capsicum annuum*) tipo Húngaro Var. Yellow (Hydroenvironment®) se realizó, el 11 de mayo de 2011, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales se rellenaron con Peat Moss (Canadian Sphagnum Peat Moss Association®), colocando dos semillas por cavidad.

Las charolas se cubrieron con plástico negro hasta la germinación y se regaron con agua de la llave cada tercer día. Esta agua se clasificó como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (C_1S_1 , con una relación de absorción de sodio de 2,18) (6); presentó una CE de $1,05 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, un pH de 7,8; y las concentraciones de cationes valores de: $\text{Ca}^{2+} = 3,51$, $\text{Mg}^{2+} = 0,48$, $\text{K}^+ = 0,22$, $\text{Na}^+ = 2,71 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ y de aniones de: $\text{HCO}_3^- = 3,12$, $\text{Cl}^- = 2,3$, y $\text{SO}_4^{2-} = 2,62 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Cuando las plántulas alcanzaron aproximadamente los 15 cm de altura y de cinco a seis hojas verdaderas, se realizó el trasplante, seleccionando visualmente la plántula con mejor calidad (27).

Se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500 con un volumen de 20 L de capacidad como macetas y se colocaron en doble hilera con arreglo a "tresbolillo" y 30 cm entre plantas, para una densidad de $4,1 \text{ plantas}\cdot\text{m}^{-2}$, dentro de una estructura metálica, de 5 x 10 m, de ancho y largo, respectivamente, cubierta con malla antiáfidos (16 hilos $\cdot\text{cm}^{-2}$, MallaPlas®), y sobre ésta se colocó una malla sombra al 50% (MallaPlas®) de color negro, para reducir la intensidad de la luz.

Para regar las macetas con las mezclas VC:A (T1 a T4) se utilizó agua de la llave aplicando un volumen de $1 \text{ L}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{maceta}^{-1}$. Mientras que a las macetas del tratamiento testigo (T5) se les aplicó $1 \text{ L}\cdot\text{día}^{-1}\cdot\text{maceta}^{-1}$ de la solución nutritiva (SN), la cual se preparó, usando como fuente de los elementos nutritivos, fertilizantes comerciales, de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encontraba el cultivo (tabla 1, pág. 102).

Tabla 1. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva de acuerdo con la etapa de crecimiento del cultivo de Chile, desarrollado en condiciones protegidas. Las cantidades se diluyeron en 200 L de agua.

Table 1. Fertilizers used in nutrient solution according to growth stage of the Chile pepper crop, developed under protected conditions. Fertilizers were diluted into 200 L of water.

Fertilizante	Antes floración	Después floración	Fructificación
	(g)		
Fosfonitrato (NH ₄ NO ₃ , 33-03-00)	53,89	107,79	163,33
Nitrato de potasio (KNO ₃ , 13-0-46)	45,17	90,34	136,88
Nitrato de calcio [Ca(NO ₃) ₂ , 15.5-0-0-27]	66,00	66,00	66,00
Sulfato de magnesio [MgSO ₄ , 11-0-0-14-9.1]	34,9	54,1	54,1
Maxiquel multi (FeZn MnB 570 EDDHA)	8,77	17,55	26,60
Ácido Fosfórico (H ₃ PO ₄ , 85 %) (mL)	7,03	14,06	21,31

Tabla 2. Características químicas del vermicompost empleado para evaluar el desarrollo de Chile tipo Húngaro, bajo condiciones protegidas.

Table 2. Chemical characteristics of vermicompost used for to evaluate development of Chile type Hungarian under protected conditions.

MO	N	pH	C/C	K	CE	Ca	Mg	Na	P	Fe	Cu	Zn	Mn
(%)	(meq•100 ⁻¹)	(mS cm ⁻¹)	(meq•100 ⁻¹)	(meq•L ⁻¹)	(mS cm ⁻¹)	(meq•L ⁻¹)	(meq•L ⁻¹)	(meq•L ⁻¹)	(meq•L ⁻¹)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
VC	24,65	1,65	8,5	20,0	14,7	31,9	10,7	12,4	4,3	879,1	13,9	8,0	10,9

Las variables evaluadas fueron en planta: altura (AP) y diámetro basal del tallo (DBT), ambas a los 85 días después del trasplante (ddt), en frutos: longitud (LF), diámetro ecuatorial (DEF), espesor del pericarpio (EP) y número de lóculos (NL), además de número de frutos por planta (NFP), peso de fruto (PF) y rendimiento (R).

Para las variables LF, DEF, EP y NL se utilizaron 16 frutos, seleccionando al azar cuatro frutos por corte de cada tratamiento, mientras que para NFP y PF se utilizaron todos los frutos cosechados.

Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cinco repeticiones, y el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se determinó utilizando el ANDEVA y, para la comparación de medias de tratamientos se utilizó la prueba o test de Tukey_(0,05).

RESULTADOS

En atención a que el propósito del presente trabajo fue determinar la concentración óptima de la mezcla de VC:A que satisfaga las necesidades nutricionales del chile tipo Húngaro Var. Yellow, debido al efecto de las mezclas VC:A evaluadas los ANDEVA registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) para las variables AP, DBT, LF, EP, NFP, PF y R, mientras que las variables DEF y NL resultaron estadísticamente iguales.

Derivado de lo anterior y como resultado de la aplicación de la prueba comparación de medias de Tukey_(0,05), en la tabla 3 (pág. 104) se aprecia que los valores registrados para AP, DBT y NFP en el tratamiento testigo T5 superaron a los valores obtenidos en los tratamientos que recibieron la incorporación del VC (T1 a T4), mientras que, para las variables LF y EP el comportamiento resultó a la inversa, es decir los valores obtenidos en los tratamientos con aplicación de VC (T1 a T4) superaron a los valores determinados para estas variables en el testigo T5.

También se observa en la tabla 3 (pág. 104) que los coeficientes de variación (CV) para estas variables oscilaron de 6,7 a 15,5%, lo que da evidencia de la confiabilidad que presentaron los datos de campo.

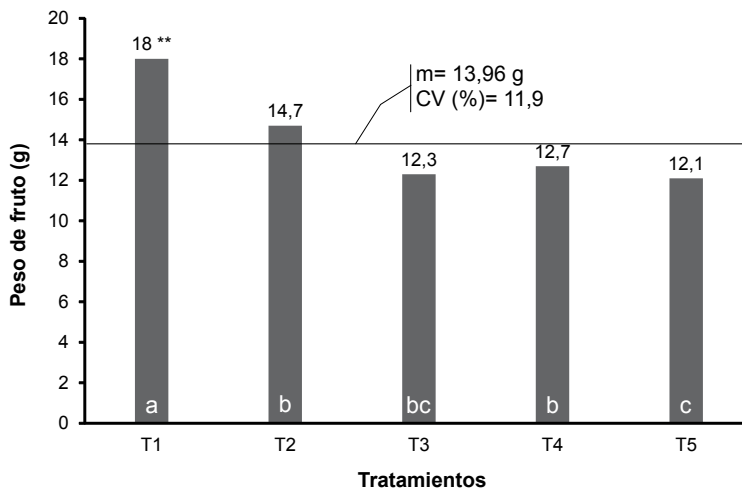
Adicionalmente, el PF registrado en el tratamiento T1 resultó estadísticamente superior al resto de los tratamientos (figura 1, pág. 104), y a su vez los tratamientos T2 a T4, también con mezclas que incluyeron la dosificación del VC, resultaron estadísticamente superiores al PF obtenido en el testigo T5, sin embargo para R el comportamiento no fue igual, debido a que los tratamientos T1 y T5 resultaron estadísticamente iguales (figura 2, pág. 105), aunque con una diferencia en R de $0,260 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ a favor del T1, a su vez ambos tratamientos superaron al resto de los tratamientos T2, T3 y T4. Los CV para estas variables presentaron valores de 11,9 y 18,2%, respectivamente, lo que refleja confiabilidad en los datos registrados.

Tabla 3. Comparación de medias para las variables evaluadas en el cultivo de chile tipo Húngaro desarrollado con VC bajo condiciones protegidas.**Table 3.** Comparison of means for the assessed variables in the chile pepper crop, Hungaro type, developed with VC under protected conditions.

T	Sustratos (v:v)		AP**	DBT**	LF**	DEF ^{ns}	EP**	NL ^{ns}	NFP**
	VC	A							
T1	1	1	49,8 ab	1,07 b	8,8 a	2,3 a	0,7 a	3 a	32 b
T2	1	2	48,4 ab	0,96 bc	8,6 a	2,4 a	0,5 b	3 a	24 c
T3	1	3	46,4 b	0,88 cd	7,8 ab	2,3 a	0,7 a	2 a	18 d
T4	1	4	45,6 b	0,83 d	7,6 ab	2,1 a	0,6 ab	2 a	18 d
T5	0	1+SN	50,8 a	1,26 a	6,8 b	2,1 a	0,2 c	3 a	40 a
Media total			48,20	1,0	7,9	2,2	0,54	2	26
CV (%)			6,7	8,0	13,0	8,0	14,4	8,5	15,5

T = Tratamiento; VC = Vermicompost; A = Arena; v:v = relación volumen del sustrato; SN = Solución nutritiva; ns, *, ** = no significativo, diferencia significativa ($P \leq 0,05$), diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$); AP = Altura de planta; DBT = diámetro basal del tallo; LF = Longitud del fruto; DEF = diámetro ecuatorial del fruto; EP = espesor del pericarpio; NL = número de lóculos; NFP = Número de frutos por planta. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey_(0,05).

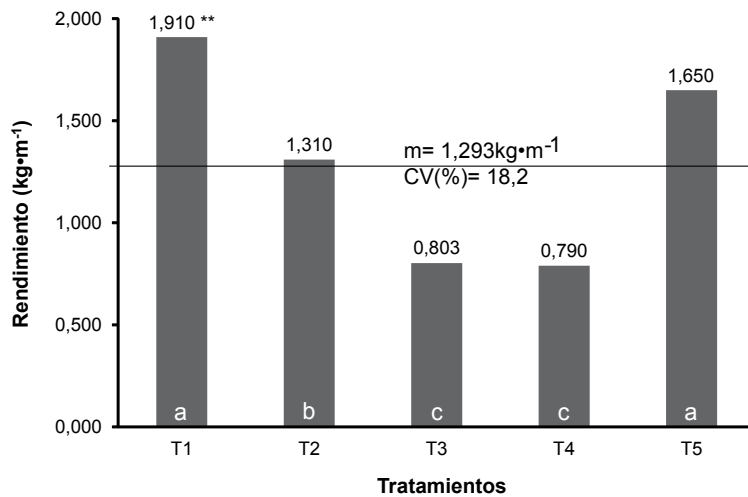
T = Treatment; VC = Vermicompost; S = Sand; v:v = ratio by volume in substrate; NS = Nutrient solution; ns, *, ** = Significance: levels ns = not significantly different, 0.05, and 0.01. PH = Plant height; BSD = Basal stem diameter; FL = Fruit length; FED = Fruit equatorial diameter; PT = Pericarp thickness; NL = Number of locules; FPP = Fruit per plant; Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on Tukey test_(0,05).



** = Diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$), debido al efecto de los tratamientos evaluados. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey_(0,05).

** = Highly significant difference ($P \leq 0.01$) due the effect of the treatments. Columns followed by the same letter do not differ significantly Tukey test_(0,05).

Figura 1. Peso promedio de los frutos de chile Húngaro (*C. annuum*) en diferentes sustratos bajo condiciones protegidas.**Figure 1.** Average weight of chile pepper fruits, Hungaro type (*C. annuum*), developed on different substrates under protected conditions.



** = Diferencia altamente significativa ($P \leq 0,01$) debido al efecto de los tratamientos evaluados. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey_(0,05).

** = Highly significant difference ($P \leq 0,01$) due the effect of the treatments. Columns followed by the same letter do not differ significantly Tukey_(0,05) test.

Figura 2. Rendimiento promedio del cultivo de chile Húngaro (*C. annuum*) en diferentes sustratos bajo condiciones protegidas.

Figure 2. Average yield of chile pepper fruits, Hungaro type (*C. annuum*), developed on different substrates under protected conditions.

De manera particular, y exclusivamente para los tratamientos en cuyas mezclas se aplicó el VC (T1 a T4) como única fuente nutritiva, en la tabla 3 (pág. 104) así como en las figura 1 (pág. 104) y figura 2 se aprecia, en términos generales, que los valores obtenidos para NFP, PF y R en el tratamiento T1, superaron a los valores registrados en el resto de los tratamientos T2 a T4. Es decir, conforme se redujo la proporción de VC en las mezclas correspondientes a estos tratamientos se redujeron los valores de estas variables.

Por estar directamente vinculadas con el rendimiento se determinó para NFP, LF, EP y PF que solo la primera de estas variables, con 40 frutos por planta en el tratamiento testigo T5 superó en al menos un 20% al NFP registrados en los tratamientos T1 a T4, cuyas mezclas incluyeron la aplicación del VC, mientras que los valores de LF, EP y PF de los tratamientos T1 a T4 superaron en al menos 10,5; 60,0 y 1,6%, respectivamente, a los valores determinados para estas variables en el tratamiento T5.

En el caso específico del rendimiento, el tratamiento T1, con $1,91 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, superó en al menos un 13,61% al resto de los tratamientos, tanto a los que recibieron los otros niveles de VC (T2 a T4) como en el que se aplicó la solución nutritiva (T5), con fertilizantes inorgánicos de origen sintético. Este comportamiento se asoció

directamente con el hecho de que en el T1, además de registrarse el segundo nivel para el NFP, también se registraron los frutos de mayor tamaño y con el mayor EP.

Por lo tanto, es factible destacar que la longitud y el peso, así como el espesor del pericarpio de los frutos de chile impactaron en mayor medida sobre el rendimiento de este cultivo que el NFP, lo cual coincide con el hecho de que una mayor cantidad de frutos reflejen, por lo general, menor peso de éstos.

Finalmente, considerando el rendimiento registrado en el tratamiento T1 y que:

El ciclo del cultivo de chile tipo Húngaro, se desarrolló hasta el cuarto corte, 85 ddt, para la densidad de $4.1 \text{ macetas} \cdot \text{m}^2$, le corresponderían $41.000 \text{ macetas} \cdot \text{ha}^{-1}$. A cada maceta se le aplicó $1 \text{ L} \cdot \text{maceta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ (de agua o de solución nutritiva) como riego, entonces el volumen de agua utilizado para regar una superficie de una hectárea de chile Húngaro, bajo condiciones protegidas (con malla antiáfidos y malla sombra al 50%), sería de 3.485 m^3 , y en consecuencia la productividad (rendimiento por metro cúbico de agua aplicado) alcanzada correspondería a $5,48 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

DISCUSIÓN

El comportamiento del chile Húngaro, en los tratamientos que recibieron la aplicación del VC (T1 a T4), resultó similar al determinado por Atiyeh *et al.* (2002) para las maravillas (*Calendula officinalis* L.) quienes reportaron que el mayor crecimiento vegetativo se presentó cuando el sustrato comercial Metro-Mix 360® fue sustituido con 30 y 40% de VC, elaborado a partir de estiércol de cerdo, y el menor crecimiento se presentó en las mezclas con 90 y 100% de VC. Igualmente, el mayor número de racimos florales se presentó en las mezclas que contenían VC al 40% y la menor cantidad de éstos en las mezclas de crecimiento con 100% de VC.

Altura de planta

En todos los tratamientos evaluados, 85 ddt, los valores que oscilaron de 45,6 a 50,8 cm (tabla 3, pág. 104) fueron inferiores a la altura promedio de 60 cm reportada, para las principales variedades de chile del estado de Nayarit, México, por Partida-Sandoval y Quezada-Camberos (2012).

También resultaron ampliamente inferiores al intervalo de valores, de 55 a 96 cm, reportado por Bautista-Cruz *et al.* (2012), a los 90 días para esta variable en cinco variantes morfológicas de chile. Sin embargo, el intervalo registrado de AP fue similar al reportado por García-Sandoval *et al.* (2012) para el chile jalapeño, el cual recibió fertilización sintética y aplicación de abonos orgánicos (vermicompost, compost de cachaza y Bocashi, con valores que oscilaron entre 44,9 y 55,0 cm de altura).

Diámetro basal del tallo

El intervalo de valores obtenidos para el DBT de 0,83 a 1,26 cm (tabla 3, pág. 104) resultó inferior al intervalo de 1,32 a 1,54 cm, reportado por Hernández- Verdugo *et al.* (2008) para cuatro poblaciones de chile silvestres del estado de Sinaloa, México, aunque es posible que esta diferencia se deba más a las carga genética de las poblaciones de este último estudio: Yecorato Mezquite, Yecorato Camino, Texcalama y Alcoyonqui.

Longitud del Fruto

Los frutos de mayor tamaño se registraron en los tratamientos T1 y T2 (VC:A, 1:1 y 1:2, v:v) con 8,8 y 8,6 cm, estos valores fueron superados, en un 18%, por el valor promedio de LF, 10,6 cm, reportado por Hernández-Pérez *et al.* (2011) en su estudio de análisis dialéctico del rendimiento de chile por el método IV de Griffing. Igualmente la LF registrada para los chiles Húngaros en todos los tratamientos, que osciló de 6,8 a 8,8 cm (tabla 3, pág. 104), fue superada por la LF reportada por Enríquez- Hernández *et al.* (2012) para ocho materiales de chiles jalapeños, cuyos valores oscilaron de 7,74 a 9,16 cm. Sin embargo, de acuerdo con la norma NMX- FF- 025-SCFI-2007 (2007), los valores obtenidos para la LF en chiles Húngaros, de 7,6 a 8,8 cm, en los tratamientos (T1 a T4) que recibieron la incorporación del VC, corresponden al tamaño grande de los chiles jalapeños, cuyos valores oscilan de 7,6 a 9,0 cm.

Diámetro ecuatorial del fruto

En todos los casos los valores del DEF, que oscilaron de 2,1 a 2,3 cm (tabla 3, pág. 104), fueron superados en al menos un 36% por el diámetro promedio de 3,3 cm determinado por Hernández-Pérez *et al.* (2011) y también resultaron ligeramente inferiores al intervalo de DEF, de 2,68 a 3,09 cm, determinado por Enríquez- Hernández *et al.* (2012) en ocho materiales de chile jalapeño y ligeramente similares al intervalo de 0,8 a 3,1 cm para el DEF reportado por Bautista- Cruz *et al.* (2012) en cinco variantes morfológicas de chile.

Espesor del pericarpio

El grosor del pericarpio es relevante para la valoración de las variedades de chile, de tal modo que las especies cultivadas para consumo como verdura, debe tener un pericarpio carnoso (27). En este sentido, se destaca que los valores promedio del EP para los frutos de los tratamientos T1 a T4, donde se aplicó el VC, presentaron mayor carnosidad del pericarpio.

Los valores de 0,5 a 0,7 cm obtenidos en estos tratamientos fueron ampliamente superiores al EP del testigo T5. Igualmente estos valores superaron al intervalo, de 0,4 a 0,5 cm, reportado por Enríquez-Hernández *et al.* (2012) para ocho materiales de chile jalapeño y al intervalo, de 0,4 a 0,6 cm, establecido por la norma NMX- FF- 025- SCFI- 2007 (2007) para el EP de chiles jalapeños.

Adicionalmente, el EP registrado en los tratamientos en cuyas mezclas se aplicó VC (T1 a T4) se reflejó en el peso promedio de los frutos del chile Húngaro. Al observar la tabla 3 (pág. 104) y la figura 1 (pág. 104) se puede apreciar que, a mayor concentración de VC en el sustrato de crecimiento mayores valores se registraron tanto para el EP como para el PF, este comportamiento coincide con lo establecido

por Ben-Chaim y Paran (2000) quienes determinaron que entre el PF y el EP de dos líneas, "Maor" y "Perennial", mejoradas de *C. annuum*, se registró una correlación positiva con un $r^2 = 0,85$.

Número de frutos por planta

El hecho de que el mayor NFP se haya registrado en el tratamiento testigo T5, superando a los tratamientos donde se incorporó el VC, se reflejó en otras variables de calidad como son la LF y el EP (tabla 3, pág. 104) determinándose que a mayor NFP menor fue, tanto el tamaño, como el espesor de los frutos.

Una situación similar se determinó para el cultivo de chile, tanto en el caso del tipo Manzano (27) como en el análisis conglomerado de 15 cruces de chile para variables fenológicas y de rendimiento (17), al concluirse que un elevado número de frutos por planta provoca la disminución del tamaño y peso de los frutos, y en consecuencia se afectó negativamente la calidad y rendimiento de este producto. Lo anterior probablemente debido a la competencia que se genera entre el número de frutos y el peso de los mismos por los fotoasimilados (28).

Peso promedio del fruto

A diferencia de lo establecido por Preciado-Rangel *et al.* (2012) de que el peso promedio de los frutos resultó ser superior cuando aplicaron la solución nutritiva de Steiner al comparar su efecto contra tres soluciones orgánicas - lixiviado de vermicompost, té de compost y té de vermicompost, durante el desarrollo de chile jalapeño, en el presente experimento al menos tres de los tratamientos, T1, T2 y T4, que recibieron la aplicación del VC, superaron a la solución nutritiva aplicada en el testigo T5. Además, el intervalo del peso promedio de los frutos de estos tratamientos, que osciló de 12,7 a 18,0 g, superó ampliamente al intervalo reportado por Preciado-Rangel *et al.* (2012), para el peso promedio de los frutos de chile jalapeño, con valores entre 10,79 y 15,98 g, cuando aplicaron las soluciones orgánicas mencionadas.

Aunque son dos especies diferentes los chiles húngaros y jalapeños, el peso promedio de los frutos obtenido para los chiles tipo Húngaro, 12,3 a 18,0 g, que recibieron la aplicación del VC (T1 a T4) correspondieron al tamaño mediano de los chiles frescos jalapeños, de acuerdo con la norma NMX-FF-025-SCFI-2007 (2007).

Rendimiento

El rendimiento obtenido, $1,91 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, hasta el cuarto corte a los 85 ddt, corresponde a un valor de $19,100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, el cual superó en 22,72% al rendimiento promedio, de $14,760 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, que para chile verde se registró en México durante el año 2011 (30). En el mismo sentido, este rendimiento superó en 13% al valor reportado por Ramos-Gourcy *et al.* (2007) para el chile ancho de $16,600 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, desarrollado a campo abierto con abonos orgánicos, acolchado plástico y con riego por cintilla.

El rendimiento obtenido en el tratamiento T1, con valor de $19,10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, resultó ligeramente superior al rendimiento reportado por Ramos-Gourcy *et al.* (2011) quienes determinaron valores de $15,839$ y $18,694 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, al fertilizar con vermicompost y estiércol de bovino, respectivamente, el cultivo de chile ancho en campo abierto.

Con respecto al rendimiento obtenido en ese trabajo con la aplicación de estiércol, se debe destacar que a partir del año 2000 la reglamentación generada para la aplicación y disposición de este material en los suelos se ha vuelto más rigurosa, por lo cual se ha restringido su uso en cultivos que generan productos de consumo directo (3), y en consecuencia se ha promovido el empleo de las lombrices de tierra, como alternativa ambientalmente amigable, para la elaboración del VC, a partir de una amplia gama de residuos orgánicos: estiércoles, lodos de aguas negras, residuos industriales, entre otros, lo cual da mayor soporte al estudio realizado.

Por otro lado, al comparar los rendimientos de 15,839 y 19,100 t•ha⁻¹, obtenidos con la aplicación del VC, bajo condiciones de campo vs el sistema protegido, con malla antiáfidos y malla sombra de color negro, el diferencial de producción del 17% entra ambos valores, podría justificar el empleo de este tipo de infraestructura para el desarrollo de las actividades agrícolas, dadas las ventajas que la misma genera durante el desarrollo de los cultivos, entre éstas se pueden mencionar: protección contra insectos plaga, genera un microclima que favorece el desarrollo de los cultivos, el costo por metro cuadrado es relativamente bajo y se puede producir con tutorado, promoviendo el crecimiento vertical (10) con lo cual se aprovecha con mayor eficiencia la escasa superficie disponible en diversas regiones del mundo (32).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, además de fortalecer la hipótesis de que los abonos orgánicos, *e.g.*, el vermicompost, pueden ser utilizados en sustitución de los fertilizantes sintéticos durante el desarrollo de las especies vegetales, se puede concluir que en el chile Húngaro:

- 1- El empleo de VC en cantidades crecientes mejora el desarrollo del cultivo.
- 2- La relación 1:1 en volumen de VC:A resultó la mezcla óptima para el desarrollo del cultivo, con ésta y sin aplicar solución nutritiva, se cubrieron sus necesidades nutritivas, sin afectar su calidad.
- 3- A nivel de recomendación, se sugiere para trabajos futuros, la evaluación de mezclas de arena con VC, en diferentes proporciones, y la aplicación de la solución nutritiva en diferentes periodos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar-Benitez, G.; Peña-Valdivia, C. B.; García-Nava, J. R.; Ramírez-Vallejo, P.; Benedicto-Valdés, S. G.; Molina-Galán, J. D. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*. 46(1): 37-50.
2. Atiyeh, R. M.; Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Metzger, J. D. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.* 75: 175-180.
3. Atiyeh, R. M.; Domínguez, J.; Subler, S.; Edwards, C. A. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 44: 709-724.

4. Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Subler, S.; Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.
5. Atiyeh, R. M.; Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Metzger, J. D. 2002. The influence of earthworm- processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.* 81: 103-108.
6. Ayers, R.; Wescot, D. W. 1994. Water quality for agricultura. FAO Irrigation and Drainage. Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome 174 p.
7. Bansal, S.; Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Biores. Technol.* 73: 95-98
8. Bautista-Cruz, M.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Chávez-Servia, J. L.; Villegas-Aparicio, Y. 2012. Diferencias morfológicas entre variantes de Chile (*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca, en invernadero. In *Memorias de la IX Convención Mundial de Chile*. Ramírez-Meráz, M.; González-Chavira, M. M.; Gabriel Bravo-Lozano, Á.; Pons-Hernández, J. L.; Lara-Herrera, A.; Villalón-Mendoza, H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Luna-Ruiz, J. de J. (Eds.). 404-410. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-de-la-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
9. Ben-Chaim, A.; Paran, I. 2000. Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(1): 66-70.
10. Bielinski, M. S.; Obregón-Olivas, H. A.; Salamé-Donoso, T. 2010. Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). Publicación HS1182. 5 p. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS118200.pdf> (fecha de consulta: 16/09/2012).
11. Castellanos, J. Z.; Ojodeagua, J. L. 2009. Formulación de la solución nutritiva. P 131-156. En: *Manual de producción de tomate en invernadero*. JZ Castellanos (Ed.). Intagri. México.
12. da Silva, C. D.; da Costa, L. M.; de Matos, A. T.; Cecon, P. R.; Silva, D. D. 2002. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental.* 6(3): 487-491.
13. Enríquez-Hernández, G.; Velásquez-Valle, R.; Reveles-Hernández, M. 2012. Comportamiento de híbridos y variedades de Chile jalapeño en Zacatecas. In *Memorias de la IX Convención Mundial de Chile*. Ramírez-Meráz, M.; González-Chavira, M. M.; Gabriel Bravo-Lozano, Á.; Pons-Hernández, J. L.; Lara-Herrera, A.; Villalón-Mendoza, H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Luna-Ruiz, J. de J. (Eds.). 377-382. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-de-la-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
14. García-Sandoval, J. A.; Cabrera-Amaro, D.; Góngora-Pérez, R. D. 2012. Los abonos orgánicos y su potencial productivo en el cultivo del Chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Quintana Roo, México. In *Memorias de la IX Convención Mundial de Chile*. Ramírez-Meráz, M.; Ramírez-Meráz, M.; González-Chavira, M. M.; Gabriel Bravo-Lozano, Á.; Pons-Hernández, J. L.; Lara-Herrera, A.; Villalón-Mendoza, H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Luna-Ruiz, J. de J. (Eds.). 212-225. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-de-la-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
15. Gómez-Tovar, L.; M. A. Gómez C.; R. Schwentesius R. 2000. Hortalizas Orgánicas. *De Riego.* 13: 8-13.
16. Gunadi, B.; Edwards, C. A. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). *Pedobiologia.* 47(4): 321-330.
17. Hernández-Pérez, M.; López-Benítez, A.; Rodríguez-Herrera, S. A.; Borrego-Escalante, F.; Ramírez-Meraz, M.; López-Benítez, S. R. 2011. Análisis conglomerado de 15 cruces de Chile para variables fenológicas y de rendimiento. *Agronomía mesoamericana.* 22(1):45-50.
18. Hernández-Verdugo, S.; López-España, R. G.; Sánchez-Peña, P.; Villarreal-Romero, M.; Parra-Terraza, S.; Porras, F.; Corrales-Madrid, J. L. 2008. Variación fenotípica entre y dentro de poblaciones silvestres de Chile del noroeste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(4): 323-330.
19. Jiménez-Díaz, F.; Salazar-Sosa, E. 2003. Capítulo V. Utilización de plásticos para la eliminación de microorganismos del suelo. En *Agricultura Orgánica*. E. Salazar-Sosa, M. Fortis-Hernández, A. Vázquez-Alarcón y C. Vázquez-Vázquez (Eds.). 88. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED - Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Gómez Palacio, México.

20. Meneses-Márquez, I., Vásquez-Hernández, A. y Ramírez-Meraz, M. 2012. Sistemas de producción de Chile en el estado de Veracruz. En Memorias de la IX Convención Mundial de Chile. Ramírez-Meráz, M.; González-Chavira, M. M.; Bravo-Lozano, A. G.; Pons-Hernández, J. L.; Lara-Herrera, A.; Villalón-Mendoza, H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Luna-Ruiz, J. de J. (Eds.). 360-366. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-de-la-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
21. Milpa-Mejía, S.; Grenón-Cascales, G. N.; González-Castellanos, A.; Vázquez-García, L. M. 2012. Cultivo en maceta de *Iris xiphium* L. (Iris de Holanda) con diferentes concentraciones de humus de lombriz y sus lixiviados. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 44(2): 109-117.
22. Norma Mexicana NMX-FF-025-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - Chile fresco (*Capsicum* spp) - especificaciones. México. D. F. disponible en: <http://cide.uach.mx/pdf/normas%20mexicanas%20nmx/productos%20alimenticios%20no%20industrializados%20para%20uso%20humano/productos%20alimenticios%20no%20industrializados%20para%20consumo%20humano.%20chile%20fresco.pdf> (fecha de consulta: 10/09/2012).
23. Partida-Sandoval, A. A.; Quezada-Camberos, S. M. 2012. De los nombres del Chile y sus variedades principales en tierras nayaritas. Revista Fuente. 4(10): 50-55.
24. Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; García-Hernández, J. L.; Rocha-Valdez, J. L.; Luna-Ortega, J. G.; Chavarría-Galicia, J. A.; Huerta-Puebla, J. M. 2012. Soluciones nutritivas orgánicas en la producción de Chile Jalapeño en invernadero. En: Memorias de la IX Convención Mundial de Chile. Ramírez-Meráz, M.; González-Chavira, M. M.; Bravo-Lozano, A. G.; Pons-Hernández, J. L.; Lara-Herrera, A.; Villalón-Mendoza, H.; Aguilar-Rincón, V. H.; Luna-Ruiz, J. de J. (Eds.). 270 -275. Comité Nacional Sistema Producto Chile AC (CONAPROCH) Zacatecas, Zac., México. Disponible en: <http://www.novenaconvencionmundialdelchile.com/Ponencias/Ponencias-de-Investigacion-Cientifica-de-la-9na.-Convencion-Mundial-del-Chile.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
25. Ramos-Gourcy, F.; López-Gálvez, F.; Aguilar-Rubalcava, J. A. 2007. Evaluación de abonos orgánicos y su respuesta en Chile Ancho bajo acolchado plástico y cintilla. En: XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. 14 al 17 de agosto de 2007. Zacatecas, Zac. México. 150 p.
26. Ramos-Gourcy, F.; Aguilar-Rubalcava, J. S.; López-Gutiérrez, M. A.; Ochoa-Fuentes, Y. M.; Vázquez-Martínez, O. 2011. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de Chile Ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. Rev. Investigación y Ciencia. (51): 3-9.
27. Reveles-Hernández, M.; Huchín-Alarcón, S.; Velásquez-Valle, R.; Trejo-Calzada, R.; Ruiz-Torres, J. 2010. Producción de plántula de Chile en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC) - Campo Experimental Valle del Guadiana Durango, Dgo., México. Folleto técnico No. 41. 45 p. Disponible en: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prcChileInv.pdf> (fecha de consulta: 12/09/2012).
28. Rojas-Lara, P. C.; Pérez-Grajales, M.; Colinas-León, M. T. B.; Sahagún-Castellanos, J.; Avitia-García, E. 2008. Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Rev. Chapingo Serie Horticultura. 14(3): 289-294.
29. Schmidt Jr., R. H. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. J. Arid Environ. 16: 241-256.
30. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola "Chile Verde". Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp (fecha de consulta: 18/10/2011).
31. Sharma, S.; Pradhan, K.; Satya, S.; Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses-A Review. J. Am. Sci. 1(1): 1-16.
32. Trewavas, A. 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. Crop Protection. 23: 757-781.