

ESTIÉRCOL BOVINO LÍQUIDO Y FERTILIZANTES INORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO DE JITOMATE EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO

Juan Capulin-Grande¹; Leopoldo Mohedano-Caballero¹;
Marco Sandoval-Estrada²; Juan Carlos Capulin-Valencia³

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad km 1. Rancho Universitario, C. P. 43660. Tulancingo, Hidalgo, MÉXICO. Correo-e: juan_capulin61@yahoo.com.mx (*Autor para correspondencia)

²Facultad de Agronomía y Recursos Naturales, Universidad de Concepción, Chile. Campus Chillan.

³Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230.

RESUMEN

El uso de estiércol líquido como fuente de nutrimentos y agua en la producción agrícola, minimiza los efectos contaminantes al ambiente y propicia un ahorro económico al productor. Se comparó el uso del extracto líquido de estiércol bovino (ELEB) y fertilizante químico en solución nutritiva, así como el índice de eficiencia en el uso del agua (IEUA) por plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un sistema hidropónico en invernadero. Se evaluaron tres factores a dos niveles: ELEB, crudo y fermentado; conductividad eléctrica (CE) de las soluciones 2 y 4 dS·m⁻¹; y la adición de fertilizante inorgánico como complemento a las soluciones de ELEB; se agregaron dos tratamientos con fertilizantes inorgánicos (solución de Steiner) para cada nivel de CE como testigos. Se evaluaron en total 10 tratamientos en arreglo factorial con ocho repeticiones. Los resultados muestran mayor producción de materia seca (133.9 g·planta⁻¹), rendimiento (2,742 g·planta⁻¹), en plantas regadas con soluciones nutritivas con CE de 2 dS·m⁻¹. El ELEB fermentado y complementado con fertilizantes en soluciones, tuvieron el mismo comportamiento que el ELEB crudo sin fertilizantes, en el crecimiento y producción por plantas de jitomate en hidroponía.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum*, estiércol crudo y fermentado, conductividad eléctrica.

EFFECT OF LIQUID CATTLE MANURE AND INORGANIC FERTILIZERS ON TOMATO YIELD AND WATER USE IN A HYDROPONIC SYSTEM

ABSTRACT

The use of liquid manure as a source of nutrients and water in agricultural production decreases environmental pollution and leads to economic savings for farmers. We compared the use of liquid cattle manure extract (LCME) and chemical fertilizer in nutrient solution, plus their respective water use efficiency index, in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production in a hydroponic greenhouse system. Three factors were assessed at two levels: raw and fermented LCME; electrical conductivity (EC) of two solutions (2 and 4 dS·m⁻¹); and the addition of chemical fertilizers to supplement the LCME solutions. Two treatments with inorganic fertilizers (Steiner's solution) were added to each EC level as controls. A total of ten treatments were evaluated in a factorial arrangement (2³) with eight replications. Results showed higher dry matter (133.9 g·plant⁻¹) and yield (2,742 g·plant⁻¹) values in plants irrigated with nutrient solutions with EC of 2 dS·m⁻¹. The fermented and fertilizer-supplemented LCME solutions had the same behavior as the raw LCME without fertilizers in tomato plant growth and yield in a hydroponic greenhouse system.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Lycopersicon esculentum*, water efficiency, raw and fermented manure, electrical conductivity.

INTRODUCCIÓN

En México se produce gran cantidad de estiércol de diversos tipos de ganado, destaca por su abundancia el bovino, considerados desechos que contaminan el ambiente, particularmente el suelo; por ello, se han realizado estudios para determinar las bondades del estiércol en la producción agrícola (Duffera *et al.*, 1999). Sin embargo, se ha puesto poca importancia en su potencial nutritivo, y menos aún en estado líquido (purín) como solución nutritiva (Capulín-Grande *et al.*, 2007). Otros países utilizan este subproducto como fuente de nutrimentos minerales, ya que contiene los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Burns *et al.*, 1985; Moreno-Caselles *et al.*, 2002). Además, por tener una relación baja de C/N (<20) se considera un fertilizante, ya que los nutrimentos se encuentran en alta disponibilidad (Egrinya *et al.*, 2000), lo que propicia, que al comparar estiércoles líquidos con fertilizantes inorgánicos en la producción de cultivos y forrajes en suelo, no se ha encontrado diferencia significativa en la producción de materia seca de sorgo y pasto bermuda cuando fueron regados con estiércol de cerdo y fertilizante inorgánico (Ardešhir y Varco, 2001); tampoco se ha observado impacto benéfico en el rendimiento de jitomate (Cushman y Snyder, 2002), o en la producción de materia seca en la rotación maíz-pasto bermuda-trébol aplicando estiércol vacuno (Newton *et al.*, 2000), ni aumento de biomasa y altura de plantas de pepino y chile (Inbar *et al.*, 1985).

La utilización de los extractos líquidos de estiércol es una alternativa viable y económica, ya que se aprovecha un desecho que propicia el reciclamiento de nutrimentos en la producción agrícola. La baja concentración de algunos elementos en el estiércol líquido se puede corregir adicionando fertilizantes (Rodríguez *et al.*, 2007) para formar una solución nutritiva completa (Capulín-Grande *et al.*, 2005). La fermentación del estiércol líquido es un proceso que propicia la formación de macromoléculas orgánicas estables de naturaleza fenólica llamadas sustancias húmicas (Egrinya *et al.*, 2000), lo que incrementa la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Soria *et al.*, 2001); sin embargo, dicho proceso requiere de una infraestructura especial por lo que el costo de producción se incrementa.

El principal problema del estiércol líquido es su alta conductividad eléctrica (CE) con valores cercanos a $15 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, lo que afecta el desarrollo de las plantas (Soria *et al.*, 2001); esto se ha solucionado al hacer diluciones del estiércol líquido en agua (Capulín-Grande *et al.*, 2005) y lograr la CE que requieren los cultivos.

Los estiércoles líquidos son también fuente de agua que pueden aprovechar las plantas junto con los nutrimentos en una solución nutritiva y en un sistema hidropónico, evitando que estos desechos contaminen los cauces naturales de lagos y ríos (Capulín-Grande *et al.*, 2001). Este sistema de manejo de estiércoles líquidos puede propiciar que, en zonas donde el recurso hídrico es escaso, se produzcan alimentos en pequeños espacios de terreno (Godínez *et al.*, 2007), y además, con una nutrición

INTRODUCTION

In Mexico, a large amount of manure is produced by different types of livestock, with cattle manure standing out due to its sheer volume. Livestock manure is considered waste that pollutes the environment, particularly the soil; therefore, studies have been conducted to determine the benefits of manure in agricultural production (Duffera *et al.*, 1999). However, little importance has been placed on its nutritive potential and even less on its liquid state (slurry) as a nutrient solution (Capulín-Grande *et al.*, 2007). Other countries use this by-product as a source of mineral nutrients because it contains the essential elements for plant growth and development (Burns *et al.* 1985; Moreno-Caselles *et al.*, 2002). In addition, by having a low C/N ratio (<20), it is regarded as a fertilizer as its nutrients are found in high availability (Egrinya *et al.*, 2000), which aids in comparing liquid manures with inorganic fertilizers in the production of crops and forages in soil. No significant difference has been found in dry matter production of sorghum and Bermuda grass when they were irrigated with swine manure and inorganic fertilizer (Ardešhir and Varco, 2001); nor has a beneficial impact been observed on tomato yield (Cushman and Snyder, 2002), or on dry matter production in the maize-grass bermuda grass-clover rotation using bovine manure (Newton *et al.*, 2000), or in terms of increased biomass and height in cucumber and chile plants (Inbar *et al.*, 1985).

The use of liquid manure extracts is a viable and economical alternative because it makes use of a waste product that facilitates the recycling of nutrients in agricultural production. The low concentration of some elements in slurry can be corrected by adding fertilizers (Rodríguez *et al.*, 2007) to form a complete nutrient solution (Capulín-Grande *et al.*, 2005). Fermentation of liquid manure is a process that promotes the formation of stable organic macromolecules of a phenolic nature called humic substances (Egrinya *et al.*, 2000), which increases nutrient availability for plants (Soria *et al.*, 2001); however, this process requires special infrastructure so the cost of production increases.

The main problem with liquid manure is its high electrical conductivity (EC), having values close to $15 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, which affects plant development (Soria *et al.*, 2001). This has been fixed by diluting slurry in water (Capulín-Grande *et al.*, 2005) and thus attaining the EC required by crops.

Liquid manures are also a source of water that plants can take along with the nutrients in nutrient solutions within a hydroponic system, preventing these wastes from polluting natural lake and river channels (Capulín-Grande *et al.*, 2001). This system for managing liquid manures is conducive to, in areas where water resources are scarce, producing foods in small areas of land (Godínez *et al.*, 2007) and also, with balanced nutrition, achieving greater

balanceada se logre una mayor eficiencia en el uso del agua, una mayor producción de biomasa y rendimiento de los cultivos. Al respecto, se ha reportado mayor eficiencia en el uso del agua y producción de materia seca con diversos sistemas de riego de cultivos en suelo, como haba (Pichardo-Riego *et al.*, 2007), girasol (Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2000) y girasol-fríjol (Morales-Rosales, 2006).

La producción de hortalizas en invernadero con hidroponía, es una actividad de actualidad por los beneficios que se logran, como frutos de excelente calidad, apropiados para la exportación y aumento en el rendimiento comparado con cultivos a cielo abierto. Para preparar soluciones nutritivas se usan fertilizantes químicos de alta solubilidad, que en la mayoría de las ocasiones son costosos y más propensos a contaminar el ambiente. Por lo tanto, la utilización de los extractos líquidos de estiércol puede ser una alternativa viable y económica ya que se da la utilización de un desecho contaminante y de fácil y simple obtención. Por ello, es importante el estudio de diferentes acondicionamientos del estiércol líquido, como la fermentación, la complementación con fertilizantes químicos, o simplemente en crudo, que propicien un incremento del rendimiento y eficiencia del uso del agua por los cultivos.

El objetivo de esta investigación fue comparar el uso de estiércol líquido acondicionado y el fertilizante mineral en solución nutritiva, en la producción de materia seca y rendimiento de fruto de plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en un sistema hidropónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero en Texcoco, Estado de México. El extracto líquido de estiércol bovino (ELEB) se preparó de acuerdo con el procedimiento descrito por Capulin-Grande *et al.* (2001), éste consiste en mezclar el estiércol fresco con agua (1:1), separando después la fase líquida (extracto) mediante un tamiz fino (1 mm).

Una parte del ELEB se sometió a fermentación aeróbica durante 40 días, bombeando aire dentro de los contenedores. Tanto el ELEB crudo (no fermentado), como el fermentado se acondicionaron, es decir se hicieron diluciones con agua corriente necesaria para reducir su conductividad eléctrica (CE); ambos tipos de estiércol también se acidularon con una mezcla de ácido nítrico y ácido fosfórico industrial al 60 % de concentración (2:1 v/v) para disminuir su pH hasta un valor de 5.5. Derivado de un análisis nutrimental previo del ELEB, Capulin-Grande *et al.* (2005) reportaron contenidos de nitrógeno (71 mg·L⁻¹), calcio (72 mg·L⁻¹), fósforo (14 mg·L⁻¹), hierro (1.34 mg·L⁻¹) y azufre (48 mg·L⁻¹), considerados bajos con respecto a una solución nutritiva inorgánica, por lo que se agregaron estos nutrimentos a través de fertilizantes químicos para

water use efficiency and increased biomass production and crop yield. In this regard, greater water use efficiency and dry matter production with different irrigation systems have been reported for soil crops, such as bean (Pichardo-Riego *et al.*, 2007), sunflower (Olalde-Gutiérrez *et al.*, 2000) and sunflower-beans (Morales-Rosales, 2006).

Vegetable production in greenhouses with hydroponics is a common activity today due to the benefits it provides, such as high-quality fruits suitable for export and higher yields compared to crops grown under the open sky. To prepare nutrient solutions, highly-soluble chemical fertilizers are used, which in most cases are expensive and more likely to pollute the environment. Therefore, the use of liquid manure extracts is a viable and economical alternative since it makes use of polluting waste obtained in a simple way. It is therefore important to study different liquid manure conditionings, such as fermented, supplemented with chemical fertilizers, or just raw, in order to obtain increased crop yield and water use efficiency.

The aim of this research was to compare the use of conditioned liquid manure and mineral fertilizer in nutrient solution in terms of dry matter production and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants in a hydroponic system.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in a greenhouse in Texcoco, State of Mexico. The liquid cattle manure extract (LCME) was prepared according to the procedure described by Capulin-Grande *et al.* (2001), which is to mix the fresh manure with water (1:1) and then separate the liquid phase (extract) using a fine sieve (1 mm).

Some of the LCME underwent 40 days of aerobic fermentation by pumping air into the containers. Both the raw (unfermented) and the fermented LCME were conditioned, meaning they were diluted with tap water to reduce their electrical conductivity (EC). Both types of manure were also acidified with a mixture of nitric acid and industrial phosphoric acid at 60 % concentration (2:1 v/v) to reduce their pH to 5.5. Based on a prior LCME nutrient analysis, Capulin-Grande *et al.* (2005) reported the following content breakdown: nitrogen (71 mg·L⁻¹), calcium (72 mg·L⁻¹), phosphorus (14 mg·L⁻¹), iron (1.34 mg·L⁻¹) and sulfur (48 mg·L⁻¹). As these levels are considered low compared to those in inorganic nutrient solution, these nutrients are added through chemical fertilizers to create similar content and thus appropriate treatments (Table 1).

Inorganic nutrient solutions were made from Steiner's nutrient solution (Steiner, 1984). For the preparation of inorganic nutrient solutions and the LCME nutrient

conformar contenidos similares y formar así los tratamientos correspondientes (Cuadro 1).

CUADRO 1. Tratamientos utilizados en la comparación del extracto líquido de estiércol bovino (ELEB) y fertilizante mineral (FM) para el riego de jitomate en hidroponía.

TABLE 1. Treatments used in the comparison of liquid cattle manure extract (the Spanish acronym, ELEB, is used below) and mineral fertilizer (FM) for irrigation of tomatoes in a hydroponic system.

Tratamiento	Forma de ELEB	CE (dS·m ⁻¹)	Adición de FM	Clave ²
1	Crudo	2.0	ELEB	ELEBc-CE ₂ -SF
2	Crudo	2.0	ELEB+FM	ELEBc-CE ₂ -CF
3	Crudo	4.0	ELEB	ELEBc-CE ₄ -SF
4	Crudo	4.0	ELEB+FM	ELEBc-CE ₄ -CF
5	Fermentado	2.0	ELEB	ELEBf-CE ₂ -SF
6	Fermentado	2.0	ELEB+FM	ELEBf-CE ₂ -CF
7	Fermentado	4.0	ELEB	ELEBf-CE ₄ -SF
8	Fermentado	4.0	ELEB+FM	ELEBf-CE ₄ -CF
9		2.0	Solución Steiner	SNS ₂
10		4.0	Solución Steiner	SNS ₄

SF: sin fertilizante, CF: con fertilizante, CE: conductividad eléctrica, FM: fertilizante mineral

²Clave para identificar tratamientos en el texto.

SF: no fertilizer, CF: with fertilizer, CE: electrical conductivity, FM: mineral fertilizer

²Key to identify treatments in the text.

Las soluciones nutritivas inorgánicas se formularon a partir de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984). Para la preparación de las soluciones nutritivas inorgánicas y el complemento de nutrimentos al ELEB, se emplearon compuestos grado fertilizante; las cantidades empleadas de cada fertilizante se muestran en el Cuadro 2.

Como planta indicadora se utilizó jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), híbrido FA-906 Gabriella, el cual se sembró el 1 de febrero de 2004 en una charola germinadora de 200 cavidades, usando perlita como sustrato; la emergencia de plántulas inició en el décimo día, y el trasplante se realizó en macetas de 15 litros de capacidad, utilizando tezontle rojo como sustrato definitivo de crecimiento, el trasplante se realizó el 11 de marzo de 2004, cuando las plantas alcanzaron 20 cm de altura.

Desde la siembra y hasta el 15 de febrero los riegos se realizaron diariamente con agua de la llave, a partir del 16 de febrero y hasta el 19 de marzo, ocho días después

suplement, fertilizer-grade compounds were used. The amounts of each fertilizer used are shown in Table 2.

As the indicator plant, tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), hybrid FA-906 Gabriella, was used. Seeds were sown on February 1, 2004 in a 200-cavity germination tray, using perlite as substrate. Seedling emergence began on the tenth day, and transplanting was performed using 15-liter containers with red tezontle (volcanic rock) as the final growth substrate. Transplanting took place on March 11, 2004, when the plants reached 20 cm in height.

From planting until February 15, irrigations were made daily with tap water; from February 16 until March 19, eight days after the final transplant into pots, irrigation was made with Steiner's nutrient solution at 50% concentration; and from March 20 until the end of the harvest, plants were watered with the nutrient solutions at 100 % concentration. There were eight changes of nutrient solution during the course of the experiment; that is, after 20 days of irrigation, the solution was discarded and a new one prepared as at the beginning to preserve to the utmost the full concentration of nutrients in the solution.

CUADRO 2. Fertilizantes comerciales utilizados para preparar 50 litros de solución nutritiva de Steiner y estiércol líquido de bovino en dos valores de CE.

TABLE 2. Commercial fertilizers used to prepare 50 liters of Steiner's nutrient solution and liquid cattle manure at two EC values.

Fertilizantes	Solución nutritiva Steiner		Solución estiércol líquido	
	2.0 dS·m ⁻¹	4.0 dS·m ⁻¹	2.0 dS·m ⁻¹	4.0 dS·m ⁻¹
Nitrato de calcio (g)	47.5	95.0	21.1	42.2
Nitrato de potasio (g)	17.6	35.2		
Sulfato de magnesio (g)	24.8	49.6	6.2	12.4
Sulfato de potasio (g)	14.1	28.2	4.2	8.4
Fosfato diamónico (g)	5.2	10.4		
Sagaquel-Fe ² (mL)	3.1	6.2	2.5	5.0
Sulfato de manganeso (g)	0.8	1.6		
Sulfato de zinc (g)	0.6	1.2		
Sulfato de cobre (g)	0.3	0.6		
Bórax (g)	2.1	4.2		

²Producto comercial que contiene 8 % (p/v) de Fe en forma de quelato.

²Commercial product containing 8 % (w/v) Fe in chelated form.

del trasplante definitivo en las macetas, el riego se hizo con solución nutritiva de Steiner al 50 % de su concentración, a partir del 20 de marzo y hasta el final de la cosecha, las plantas se regaron con el 100 % de concentración de las soluciones nutritivas. Se hicieron ocho cambios de solución nutritiva durante el desarrollo del experimento, esto consistió en que después de 20 días de riego, se desechó la solución y se preparó una nueva como al inicio con la finalidad de conservar al máximo la concentración completa de los nutrientes en la solución.

Antes del riego diario, en las soluciones nutritivas de cada tratamiento se repuso el agua gastada en el riego anterior con agua de la llave; seguidamente se ajustó el pH a 5.5 con una mezcla de ácido nítrico y ácido fosfórico (2:1 v/v), utilizando un potenciómetro portátil (Horiba). Todas las plantas se podaron al noveno racimo para favorecer la maduración de los frutos.

Las variables evaluadas en las plantas de jitomate fueron: altura de planta, número de entrenudos y número de inflorescencias a los 43, 80 y 130 d. La producción de materia seca se estimó tomando una planta de cada unidad experimental al final de la cosecha, la cual se separó en raíz, tallo y hojas, pesando cada órgano en fresco; las muestras se secaron en un horno con ventilación forzada a 72 °C hasta obtener peso seco constante. La producción total de materia seca por planta se obtuvo sumando el peso de cada órgano. El volumen de raíz se determinó por desplazamiento, sumergiendo el sistema radical completo en una probeta de 500 mL con agua.

Se contó el número total de frutos en los nueve racimos de cada planta durante 104 d; el rendimiento se cuantificó al sumar el peso de cada fruto; el diámetro de cada fruto se midió con un vernier y se obtuvo su valor promedio; el peso unitario se obtuvo dividiendo el rendimiento entre el total de frutos. Durante el periodo de cosecha se tomaron diez frutos por tratamiento a intervalos de 15 d, los cuales se pesaron en fresco, se metieron al horno a secarse, y con ello se obtuvo la materia seca.

Se empleó un arreglo factorial 2³, con los factores y niveles siguientes: ELEB crudo y fermentado (ELEBc y ELEBf), CE 2 y 4 dS·m⁻¹ (CE₂ y CE₄), con y sin complemento de fertilizantes (CF y SF); se consideró además un testigo producido con fertilizantes inorgánicos para cada nivel de CE. El diseño experimental que se empleó fue completamente al azar de 10 tratamientos, con ocho repeticiones, y un total de 80 unidades experimentales (plantas). El análisis estadístico de los tratamientos se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS v6.12 (SAS, 1997).

Prior to the daily watering in the nutrient solution of each treatment, the water used up from the previous watering was replenished with tap water; then the pH was adjusted to 5.5 with a mixture of nitric acid and phosphoric acid (2:1 v/v) using a portable potentiometer (Horiba). All plants were pruned to the ninth cluster to promote fruit ripening.

The variables evaluated in the tomato plants were: plant height, number of internodes and number of inflorescences at 43, 80 and 130 d. Dry matter production was estimated by taking one plant from each experimental unit at the end of the harvest, which was separated into root, stem and leaves, weighing each organ fresh. The samples were dried in a forced-air circulation oven at 72 °C until constant dry weight. Total dry matter production per plant was obtained by adding the weight of each organ. Root volume was determined by displacement, immersing the entire root system in a 500-mL test tube with water.

The total number of fruits in the nine clusters of each plant was counted for 104 d. Yield was measured by adding the weight of each fruit. The diameter of each fruit was measured with a vernier caliper and its average value calculated. Unit weight was obtained by dividing yield by total fruit. During the harvest, ten fruits were taken per treatment at intervals of 15 d, after which they were weighed fresh and placed into the oven in order to obtain dry matter.

A 2³ factorial arrangement with the following factors and levels was used: raw and fermented LCME (LCMEc and LCMEf), 2 and 4 dS·m⁻¹ EC (EC₂ and EC₄), with and without the addition of fertilizer (NF and WF), and a control produced with inorganic fertilizers for each EC level. A completely randomized experimental design with 10 treatments, eight replications and a total of 80 experimental units (plants) was used. Statistical analysis of the treatments was performed using an analysis of variance and means comparison by Tukey's method ($P \leq 0.05$) using SAS v6.12 statistical software (SAS, 1997).

RESULTS AND DISCUSSION

Growth variables

At 43 days after transplanting (dat), there was no statistical difference between treatments in the variables plant height, number of internodes and number of inflorescences, indicating that up to this stage the LCME treatments worked the same as the inorganic salts in tomato plant nutrition. Evaluation at 80 dat showed that plant height in the SNS₄ (Steiner's nutrient solution with 4 dS·m⁻¹) treatment was statistically lower than that in the LCMEc-EC₂-WF and SNS₂ treatments. From this sampling, SNS₄ treatment plants had burns on leaf margins and lower growth, probably due to problems in the concentration of the nutrient solution. The sampling at 130 dat confirmed the trend described above for SNS₄ treatment plants, showing the lowest number of internodes and inflorescences

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de crecimiento

A los 43 días después del trasplante (ddt) no hubo diferencia estadística entre tratamientos en las variables altura de plantas, número de entrenudos y número de inflorescencias, lo que indica que hasta esta etapa los tratamientos de ELEB funcionaron igual que las sales inorgánicas en la nutrición de plantas de jitomate. La evaluación a los 80 ddt mostró que la altura de plantas del tratamiento SNS₄ fue estadísticamente inferior a la de los tratamientos ELEBc-CE₂-CF y SNS₂. A partir de este muestreo las plantas del tratamiento SNS₄ presentaron quemaduras en los bordes de las hojas y menor crecimiento, debido probablemente a problemas en la concentración de la solución nutritiva. El muestreo a los 130 ddt confirmó la tendencia antes descrita de las plantas del tratamiento SNS₄, el menor número de entrenudos y de inflorescencias, respecto al resto de los tratamientos.

Los efectos principales de cada factor dentro del experimento factorial se observan en el Cuadro 3. La comparación entre el tipo de ELEB indica que es indistinta su utilización en estado crudo o fermentado, lo cual es importante desde el punto de vista de su manejo, ya que se puede utilizar sin fermentar, con sólo acondicionarlo y

compared to the other treatments.

The main effects of each factor in the factorial experiment are seen in Table 3. The comparison between LCME type indicates that its use in a raw or fermented state is indistinct, which is important from a handling standpoint, as it can be used unfermented, with just conditioning it and immediately after being excreted, which reduces the waiting time for its use and required storage space.

In the nutrient solutions, EC showed a significant difference in the dry weight, fresh weight and stem height variables, with plants watered with EC solutions of 2 dS·m⁻¹ having higher values, indicating that the concentration of salts in nutrient solutions differently affects tomato plant development and nutrition; a similar response was found in tomato and gerbera plants (Maloupa *et al.*, 1999).

Taking into account that the tomato is a plant tolerant to EC values close to 4 dS·m⁻¹, increasing the amount of salts in the nutrient solution caused a reduction in plant growth and dry matter production (112.1 g·plant⁻¹). Similar behavior was reported by Maloupa *et al.* (1999) in tomato and by Capulin-Grande *et al.* (2001) in *Lolium perenne* (perennial ryegrass). The concentration of salts did not statistically affect stem diameter, nor root volume since it was greater with EC of 4 dS·m⁻¹. The reverse effect was observed in

CUADRO 3. Efectos de los tratamientos sobre las variables de crecimiento del jitomate tratado con ELEB y fertilizantes minerales.

TABLE 3. Treatment effects on growth variables of tomato plants treated with LCME and mineral fertilizers.

Factores y Niveles	Peso seco de planta (g·planta ⁻¹)	Peso fresco de planta (g·planta ⁻¹)	Altura de Tallo (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Volumen de raíz (cm ³ ·planta ⁻¹)
Forma del ELEB					
Crudo	119.8 a ^z	710.2 a	230.1 a	1.34 a	182.2 a
Fermentado	124.2 a	697.3 a	222.7 a	1.35 a	175.0 a
CE (dS·m⁻¹)					
2.0	131.9 a	769.7 a	233.4 a	1.36 a	160.3 b
4.0	112.1 b	637.8 b	219.4 b	1.33 a	196.8 a
Fertilizantes minerales					
0FM	116.6 a	672.7 a	222.6 a	1.35 a	173.1 a
+FM	127.4 a	734.9 a	230.2 a	1.34 a	184.1 a
Solución nutritiva Steiner					
2.0	133.9 a	704.3 a	241.1 a	1.40 a	262.5 a
4.0	30.5 b	208.2 b	186.4 b	1.11 b	60.0 b
DMS	12.89	77.53	8.92	0.052	26.48
CV (%)	21.03	21.92	7.85	7.72	29.52

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

ELEB: extracto líquido de estiércol bovino, CE: conductividad eléctrica, DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación, 0FM: sin fertilizante mineral, +FM: con fertilizante mineral.

^zMeans with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at P≤ 0.05.

ELEB: Spanish acronym for liquid cattle manure extract, CE: electrical conductivity, DMS: least significant difference, CV: coefficient of variation, 0FM: no mineral fertilizer, +FM: with mineral fertilizer.

Estiercol bovino líquido...

utilizar inmediatamente después de haber sido excretado, lo que reduce el tiempo de espera en su uso y el espacio de almacenamiento.

En las soluciones nutritivas la CE mostró una diferencia significativa en las variables: peso seco, peso fresco y altura de tallo al presentar un mayor valor las plantas que fueron regadas con soluciones de CE de 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, lo que indica que la concentración de sales en las soluciones nutritivas influyó de manera diferencial en el desarrollo y nutrición de las plantas de jitomate; similar respuesta se encontró en plantas de jitomate y gerbera (Maloupa *et al.*, 1999).

Tomando en cuenta que el jitomate es una planta tolerante a valores de CE cercanos a 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, el aumento de la cantidad de sales en la solución nutritiva provocó una reducción en el crecimiento de plantas y en la producción de materia seca ($112.1 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$), similar comportamiento fue reportado por Maloupa *et al.* (1999) en jitomate y por Capulin-Grande *et al.* (2001) en *Lolium perenne*. La concentración de sales no influyó estadísticamente en el diámetro del tallo, no así en el volumen de raíz ya que éste fue mayor con CE de 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; el efecto inverso se observó en la solución nutritiva de Steiner. Las soluciones nutritivas de ELEB, al complementarse en su contenido nutrimental con fertilizantes minerales, mostraron un aumento (aunque sin diferencia estadística) del 8 % en peso de materia seca y en peso de tejido fresco por planta, y 6 % en el volumen de raíz, respecto a los no complementados.

Rendimiento de fruto

La comparación de medias de los tratamientos agrupados por CE indicó que cuando ésta fue de 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ no hubo diferencia significativa entre tratamientos para las variables: rendimiento, diámetro de fruto y total de frutos, aunque sí se encontró para el peso unitario de fruto (Cuadro 4). A pesar de esto, se observó una tendencia favorable en los tratamientos ELEBf-CE₂-CF y SNS₂ al mostrar los mayores valores en las variables del rendimiento. En el peso unitario por fruto hubo superioridad estadística del 13 % del ELEBc-CE₂-CF, respecto al ELEBf-CE₂-SF. Esta diferencia se debe a que a menor cantidad de frutos, su tamaño y calidad se incrementan.

En la comparación de medias de los tratamientos con CE de 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ se observa diferencia significativa para las variables: rendimiento, diámetro de fruto, total de frutos y peso unitario de frutos (Cuadro 4), indica un valor mayor de ELEBc-CE₄-CF respecto al resto de tratamientos, supera en 97 % el rendimiento y en 16 % el diámetro de fruto de las plantas del tratamiento SNS₄. Mismo comportamiento tuvo el ELEBc-CE₄-CF en el peso unitario de fruto, la ganancia fue del 19 y 47 % respecto al ELEBf-CE₄-CF y la SNS₄, respectivamente y un 36 % en el total de frutos producidos por la SNS₄.

La comparación de medias de todos los tratamientos mostró mayores valores de las soluciones preparadas

Steiner's nutrient solution. LCME nutrient solutions, by having their nutrient content supplemented with mineral fertilizers, showed an increase (although without statistical significance) of 8 % in dry matter weight and fresh tissue weight per plant, and 6 % in root volume compared to non-supplemented solutions.

Fruit yield

Means comparison of treatments grouped by EC indicated that when it was 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, there was no significant difference between treatments for yield, fruit diameter and total fruits, although it was found for unit fruit weight (Table 4). Despite this, a favorable trend was observed in the treatments LCMEf-EC₂-WF and SNS₂ as they showed the highest values in yield variables. In unit weight per fruit, LCMEc-EC₂-WF was 13% statistically superior to LCMEf-EC₂-NF. This difference is due to the fact that with a smaller quantity of fruits, their size and quality increase.

In comparing the means of treatments with EC of 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, a significant difference is observed for the variables: yield, fruit diameter, total fruits and unit fruit weight (Table 4). This indicates that LCMEc-EC₄-WF has a greater value compared to the other treatments, with 97 % more yield and 16 % greater fruit diameter than the SNS₄ treatment plants. LCMEc-EC₄-WF had the same behavior in unit fruit weight; the gain was 19 and 47 % over the LCMEf-EC₄-WF and SNS₄ treatments, respectively and 36 % in total fruits produced by SNS₄.

Means comparison of all treatments showed higher values for solutions prepared with EC₂ compared to EC₄ (Table 4). The yield achieved by raw LCME with EC₂ exceeded by 39 % that obtained with raw LCME and EC₄; the fermented LCME with EC₂ produced 52 % more than the fermented LCME with EC₄, and the SNS₂ treatment was 174 % higher than the SNS₄ one. There was no significant difference between the raw LCME and the fermented LCME, or between them and the SNS treatment at EC₂. The comparison of raw and fermented LCME in fruit yield per plant showed no significant difference with EC₂, but there was between these treatments and the SNS₄ one. Fruit diameter showed no significant difference when seedlings were irrigated with raw LCME (5.37 cm), fermented LCME (5.33 cm) and SNS (5.38 cm) at EC₂, but there was significance at EC₄, with the SNS₄ treatment having smaller diameter (4.38 cm) fruits. Regarding the number of fruits per plant, there was no significant difference between those irrigated with raw LCME (32), fermented LCME (34) and SNS (35), although these were superior to their counterparts (28, 30 and 22 fruits, respectively) with EC₄. The same behavior was observed in unit fruit weight, with no significant difference between plants irrigated with raw LCME ($77.8 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$), fermented LCME ($73.8 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$) and SNS ($78.5 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$). In this case also, values were superior to the treatments with EC₄ (61.9, 56.1 and $44.5 \text{ g}\cdot\text{plant}^{-1}$, respectively).

con CE_2 , respecto a las de CE_4 (Cuadro 4). El rendimiento alcanzado por ELEB crudo con CE_2 superó en 39 % al obtenido con ELEB crudo y CE_4 ; el ELEB fermentado con CE_2 produjo 52 % más que el ELEB fermentado con CE_4 , y el tratamiento SNS_2 fue superior en 174 % al tratamiento SNS_4 . No hubo diferencia significativa del ELEB crudo comparado con el ELEB fermentado y estos con el tratamiento SNS a CE_2 . La comparación del ELEB crudo y el fermentado en el rendimiento de frutos por planta no mostró diferencia significativa con CE_2 , pero sí la hubo entre estos con el tratamiento SNS_4 . El diámetro del fruto no mostró diferencia significativa cuando fueron regados con ELEB crudo (5.37 cm), fermentado (5.33 cm) y SNS (5.38 cm) a CE_2 , pero sí hubo significancia a CE_4 , teniendo menor diámetro (4.38 cm) los frutos obtenidos con el tratamiento SNS_4 . Respecto al número de frutos por planta no hubo diferencia significativa entre las regadas con ELEB crudo (32), ELEB fermentado (34) y SNS (35), aunque estos fueron superiores a sus contrapartes

The addition of inorganic fertilizers to the LCME nutrient solution had no significant effect on yield, diameter and total number of fruits, but there was difference in their unit weight (Table 5). According to Capulin-Grande *et al.* (2005) and Capulin-Grande *et al.* (2007), this behavior is mainly because the raw or fermented LCME solution at the time of preparation, and before irrigation, is acidified with the acid mixture to adjust the pH, which provides nitrogen and phosphorus to the nutrient solution, thereby increasing the content of these elements in the solution.

Results indicate that the use of raw LCME in tomato nutrition is environmentally advantageous, as the cattle manure can be used in a short time without needing to store it for fermentation, reducing negative environmental impacts. In addition, the use of LCME nutrient solutions encourages nutrient recycling and reduces the use of chemical fertilizers by 71 %, resulting in economic savings for the farmer.

CUADRO 4. Componentes del rendimiento de jitomate producido con estiércol líquido y fertilizantes minerales en hidroponía.

TABLE 4. Yield components of tomato produced with liquid manure and mineral fertilizers in a hydroponic system.

Tratamientos	Rendimiento de fruto	Diámetro de fruto	Total de frutos	Peso unitario
	(g·planta ⁻¹)	(cm)	(planta ⁻¹)	(g·fruto ⁻¹)
1 ELEBc- CE_2 -SF	2510 ab ^z	5.40 a	33 ab	75.9 ab
2 ELEBc- CE_2 -CF	2401 ab	5.34 ab	30 ab	79.8 a
5 ELEBf- CE_2 -SF	2382 ab	5.23 abc	34 a	69.5 bc
6 ELEBf- CE_2 -CF	2739 a	5.43 a	35 a	78.2 ab
9 SNS_2	2742 a	5.38 ab	35 a	78.5 ab
3 ELEBc- CE_4 -SF	1554 c	4.94 cd	27 bc	58.3 de
4 ELEBc- CE_4 -CF	1968 bc	5.08 bcd	30 ab	65.5 cd
7 ELEBf- CE_4 -SF	1721 c	4.84 d	30 ab	57.1 de
8 ELEBf- CE_4 -CF	1644 c	4.77 d	30 ab	55.1 e
10 SNS_4	1002 d	4.38 e	22 c	44.5 f
DMS	546.7	0.31	6.76	9.9
CV (%)	16.2	3.7	13.5	9.1

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. ELEBc: extracto líquido de estiércol bovino crudo, ELEBf: extracto líquido de estiércol bovino fermentado, CE_2 : conductividad eléctrica de 2 dS·m⁻¹, CE_4 : conductividad eléctrica de 4 dS·m⁻¹, SF: sin fertilizante, CF: con fertilizante, SNS_2 : solución nutritiva de Steiner con 2 dS·m⁻¹, SNS_4 : solución nutritiva de Steiner con 4 dS·m⁻¹.

^zMeans with the same letter within columns are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$. ELEBc: Spanish acronym for raw liquid cattle manure extract, ELEBf: fermented liquid cattle manure extract, CE_2 : electrical conductivity of 2 dS·m⁻¹, CE_4 : electrical conductivity of 4 dS·m⁻¹, SF: no fertilizer, CF: with fertilizer, SNS_2 : Steiner's nutrient solution with 2 dS·m⁻¹, SNS_4 : Steiner's nutrient solution with 4 dS·m⁻¹.

(28, 30 y 22 frutos, respectivamente) con CE_4 . El mismo comportamiento se observó en el peso unitario de fruto sin diferencia significativa entre las plantas regadas con ELEB crudo (77.8 g·planta⁻¹), ELEB fermentado (73.8 g·planta⁻¹) y SNS (78.5 g·planta⁻¹); en este caso también se observaron valores superiores a los tratamientos con CE_4 (61.9, 56.1 y 44.5 g·planta⁻¹, respectivamente).

El complemento de fertilizantes inorgánicos a la solución nutritiva de ELEB no tuvo efecto significativo para rendimiento, diámetro y número total de frutos, pero sí

CONCLUSIONS

Fermentation of liquid cattle manure extract (LCME) did not significantly increase the values of growth and production variables in tomato plants grown in a hydroponic greenhouse system, and neither did the addition of inorganic fertilizers to these substances.

Electrical conductivity plays a decisive role in the behavior of plants, since those irrigated with LCME stabilized at 2 dS·m⁻¹ were superior to those that received

CUADRO 5. Efecto del tipo de ELEB, conductividad eléctrica y complemento de fertilizantes de la solución nutritiva utilizada para la producción de jitomate.

TABLE 5. Effect of LCME type, electrical conductivity and fertilizer added to the nutrient solution used for tomato production.

Factor/niveles	Rendimiento de fruto (g·planta ⁻¹)	Diámetro de fruto (cm)	Total de Frutos (planta ⁻¹)	Peso Unitario (g·fruto ⁻¹)
Tipo de ELEB				
Crudo	2108 a ^z	5.19 a	30 b	69.9 a
Fermentado	2121 a	5.07 b	32 a	65.0 b
CE (dS·m⁻¹)				
2.0	2508 a	5.34 a	33 a	75.9 a
4.0	1721 b	4.90 b	29 b	59.0 b
Complemento con fertilizantes				
Sin	2042 a	5.15 a	31 a	65.2 b
Con	2188 a	5.10 a	31 a	69.7 a
DMS	152.21	0.08	1.88	2.79
CV (%)	14.3	3.25	12.04	8.22

^zMedias con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

ELEB: extracto líquido de estiércol bovino, CE: conductividad eléctrica, DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

^zMeans with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

ELEB: Spanish acronym for liquid cattle manure extract, CE: electrical conductivity, DMS: least significant difference, CV: coefficient of variation.

hubo diferencia para peso unitario de estos (Cuadro 5). De acuerdo con Capulin-Grande *et al.* (2005) y Capulin-Grande *et al.* (2007) este comportamiento se debe principalmente a que la solución de ELEB crudo o fermentado al momento de la preparación, y antes de los riegos, se acidula con la mezcla de ácidos para ajustar el pH, lo que le aporta nitrógeno y fósforo a la solución nutritiva, esto incrementa el contenido de estos elementos en la solución.

Los resultados indican que el empleo del ELEB crudo en la nutrición de jitomate es ventajoso ecológicamente, ya que en corto tiempo se puede utilizar el estiércol sin necesidad de almacenamiento para fermentarlo, reduciendo impactos negativos al ambiente, también se propicia un reciclamiento de nutrimentos, y se reduce el empleo de fertilizantes químicos en un 71 % (Cuadro 2) al elaborar las soluciones nutritivas con ELEB, lo que redunda en un ahorro económico para el productor.

CONCLUSIONES

La fermentación del extracto líquido de estiércol bovino (ELEB), es un procedimiento que no incrementó significativamente las variables de crecimiento y producción, en plantas de jitomate cultivadas en sistema hidropónico en invernadero, como no lo es tampoco el complemento con fertilizantes inorgánicos, de estas sustancias.

La conductividad eléctrica juega un papel determinante en el comportamiento de las plantas, ya que las regadas con ELEB estabilizado a 2 dS·m⁻¹ fueron superiores a las que utilizaron ELEB a 4 dS·m⁻¹, en las variables evaluadas.

LCME at 4 dS·m⁻¹, in the variables evaluated.

The production of dry matter and tomato fruit yield was similar when using liquid manure and mineral fertilizer, both in nutrient solution.

End of English Version

La producción de materia seca y rendimiento de fruto de jitomate fue similar al utilizar estiércol líquido en crudo y fertilizante mineral, ambos en solución nutritiva.

LITERATURA CITADA

- ARDESHIR, A.; VARCO J. J. 2001. Swine lagoon effluent as a source of nitrogen and phosphorus for summer forage grasses. *Agron. Journal* 93: 1174-1181.
- BURNS, J. C.; WESTERMAN, P. W.; KING, L. D.; CUMMINGS, G. A.; OVERCASH, M. R.; GOODE, L. 1985. Swine lagoon effluent applied to "coastal" bermudagrass: I. Forage yield, quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 14: 9-14.
- CAPULIN-GRANDE, J.; NÚÑEZ E., R.; ETCHEVERS B., J.; BACA C., G. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Revista Agrociencia* 35 (3): 287-299.
- CAPULIN-GRANDE, J.; NÚÑEZ E., R.; SÁNCHEZ G., P.; MARTÍNEZ G., A.; SOTO H., M. 2005. Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino, acidulado

- con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Revista TERRA Latinoamericana* 23: 241-247.
- CAPULIN-GRANDE J.; NÚÑEZ-ESCOBAR, R.; AGUILAR-ACUÑA, J. L.; ESTRADA-BOTELLO, M.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; MATEO-SÁNCHEZ, J. J. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1): 5-11.
- CUSHMAN, K. E.; SNYDER, R. G. 2002. Swine effluent compared to inorganic fertilizers for tomato production. *J. Plant Nutrition* 25(4): 809-820.
- DUFFERA, M.; ROBARGE, W. P.; MIKKELSEN, R. L. 1999. Greenhouse evaluation of processed swine lagoon solids as a fertilizer source. *J. Plant Nutrition* 22: 1701-1715.
- EGRINYA, E. A.; YAMAMOTO, S.; HONNA, T.; ISHIGURO, A. 2000. Characterization of organic matter and nutrients during composting of livestock manure, pp. 632-639. *In: Animal, Agricultural and Processing Wastes*. Moore, J. A. (ed.). Ame. Soc. Agric. Eng. Des Moines Iowa, USA.
- GODÍNEZ-MONTOYA, L.; GARCÍA-SALAZAR, J. A.; FORTIS-HERNÁNDEZ, M.; MORA-FLORES, J. S.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. A.; VALDIVIA-ALCALÁ, R.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. 2007. Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 25: 51-59.
- INBAR, Y.; CHEN, Y.; HADAR, Y. 1985. The use of composted slurry produced by methanogenic fermentation of cow manure as growth media. *Acta horticulturae* 172: 75-82.
- MALOUPA, E.; PAPADOPOULOS, A.; PATERAS, D. 1999. Wastewater re-use in horticultural crops growing in soil and soilless media. *Acta Horticulturae* 481: 603-607.
- MORALES-ROSALES, E. J.; ESCALANTE-ESTRADA, J. A.; TIJERINA-CHÁVEZ, J. L.; VOLKE-HALLER, V.; SOSA-MONTES, E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso de agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-fríjol. *Revista TERRA Latinoamericana* 24: 55-64.
- MORENO-CASELLES, J.; MORAL, R.; PÉREZ-MURCIA, M.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B. 2002. Nutrient value of animal manures in front of environmental hazards. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis* 33: 3023-3032.
- NEWTON, G. L.; GASCHO, G. J.; VELLIDIS, G.; HUBBARD, R. K.; GATES, R. N.; LAWRENCE, R. 2000. Liquid dairy manure fertilization of triple-crop forage systems, pp. 273-280. *In: Animal, Agricultural and Processing Wastes*. Moore, J. A. (ed.). Ame. Soc. Agric. Eng. Des Moines Iowa, USA.
- OLALDE-GUTIÉRREZ, V. M.; ESCALANTE-ESTRADA, J. A.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; TIJERINA-CHÁVEZ, J. L.; ENGLEMAN-CLARK E. M.; MASTACHE-LAGUNAS, A. 2000. Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno y rendimiento del girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Revista TERRA Latinoamericana* 18: 51-59.
- PICHARDO-RIEGO, J. C.; ESCALANTE-ESTRADA, J. A.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, M. A.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P. 2007. Aplicación dividida y eficiencia agronómica de nitrógeno, uso de agua y radiación, y rendimiento de haba. *Revista Terra Latinoamericana* 25: 145-154.
- RODRÍGUEZ-DIMAS, N.; CANO-RIOS, P.; FAVELA CHÁVEZ, E.; FIGUEROA-VIRAMONTES, U.; DE PAUL-ÁLVAREZ, V.; PALOMO-GIL, A.; MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C.; MORENO-RESÉNDEZ, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 185-192.
- SAS INSTITUTE. 1997. SAS/STAT use's guide: Statistics. Release 6.12 SAS Inst., Cary, N. C. 1028 p.
- SORIA F., M. J.; FERRERA-CERRATO, R.; ETCHEVERS B., J.; ALCANTAR G., G.; TRINIDAD S., A.; BORGES G., L.; PEREYDA, P. 2001. Producción de biofertilizante mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Revista Terra Latinoamericana* 19(4): 353-362.
- STEINER, A. A. 1984. The universal nutrient solution, pp. 633-649. *In: Proceedings of International Congress on Soilless Culture*. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands.