

CACHAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE TOMATE

Edgar Alejandro Berrospe-Ochoa[¶]; Víctor Manuel Ordaz-Chaparro;
María de las Nieves Rodríguez-Mendoza; Roberto Quintero-Lizaola.

Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: beocedal@colpos.mx ([¶]Autor para correspondencia).

RESUMEN

En el presente trabajo se probaron seis sustratos alternativos a base de cachaza que sufrieron procesos de estabilización biológica, solos o mezclados con estiércol bovino y su posterior utilización para la producción de plántula de tomate, con la finalidad de fomentar el uso de otros materiales diferentes a la turba. La investigación se llevó a cabo en tres etapas: 1) elaboración de siete tratamientos por medio del secado, lavado y secado, compostaje y vermicompostaje de cachaza sola y mezclada con estiércol bovino, y tratamiento a base de turba y agrolita utilizado como testigo; 2) caracterización de los tratamientos (sustratos) mediante sus propiedades físicas y químicas; 3) producción de almácigos, registrando el desarrollo y calidad de plántulas. Los tratamientos provenientes del secado y lavado de cachaza presentaron características físicas similares al testigo. Los tratamientos expuestos a un proceso de compostaje presentaron características físicas variables en función del material fuente. Los tratamientos provenientes del vermicompostaje resultaron con baja porosidad y retención de agua. En general, todos los tratamientos presentaron buenas condiciones químicas. En cuanto a la producción de plántulas, el tratamiento elaborado a base de cachaza seca presentó las mejores características de plántulas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Solanum lycopersicum* L., sustratos, cachaza, semilleros, almácigos.

FILTER MUD AS GROWTH MEDIUM ON TOMATO SEEDLING

ABSTRACT

In the present research six alternative growth media made of filter mud were evaluated, which suffered biological stabilization processes, alone or mixed with cattle manure and its subsequent use for the production of tomato seedling, in order to promote the use of other materials different from the peat. Research was conducted in three stages: 1) the elaboration of 7 treatments by means of drying, washing and drying, composting and vermicomposting of filter mud, alone or mixed with cattle manure, and treatments peat/perlite-based used as control treatment; 2) treatment characterization (growth media) by means of their physical and chemical properties; 3) seedlings production, recording the development and quality of seedlings. Treatments coming from dried and washed filter mud showed physical characteristics similar to the control treatment. Treatments exposed to a composting process showed variable physical characteristics according to the source material. Treatments coming from the vermicomposting process showed a low porosity and water retention. In general, all treatments showed good chemical conditions. As for seedlings production, the treatment based on dried filter mud showed the highest seedling quality.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Solanum lycopersicum* L., growth medium, filter mud, nursery, seedlings.

INTRODUCCIÓN

La producción de azúcar es una de las agroindustrias más importantes del país; un problema ecológico que enfrenta esta industria es la alta generación de residuos durante el proceso de extracción; la cachaza es uno de los residuos que no se reincorporan al proceso, pues por lo regular es desechada al drenaje en la mayoría de los ingenios del país, sin algún tratamiento previo, originando contaminación ambiental. Existen propuestas para el manejo y aprovechamiento de la cachaza, por lo que el considerarla como subproducto traerá beneficios económicos y ecológicos.

En las últimas dos décadas, la producción de hortalizas en el país ha cambiado de sistemas de producción tradicional a sistemas tecnificados, en donde la calidad de plántula desempeña un papel crucial en la productividad. De forma natural los productores se han especializado en la producción intensiva de plántula para cultivo bajo invernadero o campo abierto; esto ha llevado a la búsqueda de alternativas para la producción en volumen del material necesario para trasplante, por lo cual el uso de charolas germinadoras provee de un mayor control productivo.

La producción de plántulas requiere de grandes cantidades de sustratos que en su mayoría son orgánicos y frecuentemente a base de turba de *Sphagnum* (peat moss) importada principalmente de Canadá, Letonia, Finlandia, Estonia y Holanda (INEGI, 2008); este uso ya generalizado fomenta la dependencia tecnológica y el aumento de los costos de producción.

Por lo regular la turba se mezcla con otros productos que mejoran sus condiciones físicas con el fin de brindar a la planta un medio óptimo para su desarrollo; sin embargo, a nivel comercial el conocimiento de sus características no es preciso, además del alto precio de comercialización y la baja e inconstante disponibilidad en el mercado.

El sustrato utilizado en la producción de plántulas tiene cuatro funciones importantes: 1) proveer el agua suficiente a la semilla y posteriormente a la plántula; 2) suministrar los nutrimentos necesarios para el buen desarrollo y crecimiento de la plántula; 3) permitir el buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato; y 4) servir como soporte físico a la plántula (Rodríguez *et al.*, 2010).

Debido al uso de subproductos agroindustriales como materia prima, a los bajos costos de inversión, así como relativamente el corto tiempo de elaboración de productos, se ve a los procesos físicos y de biodegradación como una opción para la producción de sustratos orgánicos que puede ayudar a la solución de problemas tales como contaminación ambiental debida al mal manejo de residuos agroindustriales como los azucareros, además de apoyar a la disminución de costos de producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para trasplante.

En el presente trabajo se evaluaron diferentes tratamientos de cachaza con el propósito de generar un

INTRODUCTION

Sugar production is one of the most important agro-industry sectors of the country; an ecological problem facing this industry is the high production of waste during the extraction process; filter mud is one waste that is not reused during the process, since in most of the mills of the country this waste is discarded down the drain without a pre-treatment, causing environmental pollution. There are proposals for the management and use of filter mud, therefore to consider it as a byproduct will bring economic and ecological benefits.

In the past two decades, the production of vegetables in the country has changed from traditional production systems to technically advanced systems, where the quality of seedling plays a crucial role on productivity. In a natural way, growers have specialized in the intensive production of seedling under greenhouse or open field conditions; this has led to the search for alternatives for volume production for transplanting, so the germination trays use provides greater control of production.

Seedling production requires large amounts of growth media that are mostly organic and frequently based on peat of *Sphagnum* (peat moss) imported mainly from Canada, Latvia, Finland, Estonia and the Netherlands (INEGI, 2008); this use encourages technological dependence and increases production costs.

Usually, the peat is mixed with other products improving their physical condition, in order to provide the plant an optimal environment for development; however, at a commercial level the knowledge of its characteristics is not accurate as well as the high cost of marketing and the low and fickle market availability.

The growth medium used on tomato seedlings has four important functions: 1) to provide sufficient water to the seed and subsequently to the seedling; 2) to supply the nutrients required for the proper development and seedling growth; 3) to enable good gas exchange between the atmosphere and the growth medium; and 4) to serve as physical medium to the seedling (Rodríguez *et al.*, 2010).

Due to the use of agro-industrial by-products as raw material, to the low investment costs, as well as, to the short time of product elaboration, physical processes and biodegradation are considered as an option for production of organic growth media that can help to solve problems such as environmental pollution due to the mismanagement of agro-industrial waste such as sugar mills, in addition to the support of reducing production costs of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) for transplanting.

In the present research different filter mud treatments were evaluated with the purpose of generating an organic growth medium on tomato seedling, in order to promote the use of this agro-industrial waste.

sustrato orgánico para la producción de plántula de tomate, y con esto fomentar el uso de este residuo agroindustrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México. Se utilizó como material experimental cachaza fresca recolectada de los tanques de filtrado de cachaza del ingenio del Grupo Porres, en Santa Clara, municipio de Los Reyes, Michoacán; a la que se determinó el contenido de humedad, densidad aparente (Da) (Ansorena, 1994), materia orgánica (MO), N_{total} (Horneck y Miller, 1998), P (Olsen y Dean, 1965), K y Mg (Alcántar y Sandoval, 1999).

Con la cachaza recolectada se hicieron diferentes combinaciones que dieron origen a seis tratamientos: cachaza (T1); cachaza lavada (T2); compost de cachaza (T3); compost de la mezcla de cachaza con estiércol vacuno 1:1 v/v (T4); vermicompost de cachaza (T5) y vermicompost de cachaza mezclada con estiércol vacuno 1:1 v/v (T6). Como testigo (T7) se tomó una preparación de turba comercial (Peat Moss Sunshine 3) más agrolita a razón de 3:1 v/v, realizándose cuatro repeticiones de cada tratamiento.

La investigación se llevó a cabo en tres etapas:

Primera etapa (elaboración de tratamientos). Para la elaboración del tratamiento T1 se tomaron 30 L de cachaza fresca; para la obtención del tratamiento T2, se tomaron 30 L de cachaza fresca y fueron lavados con agua a razón de 1:5 v/v (cachaza:agua); ambos tratamientos fueron secados al sol hasta obtener peso constante, colocándolos posteriormente en bolsas de polietileno negro y almacenados en lugar ventilado, fresco y seco hasta su utilización. Los tratamientos T3, T4, T5 y T6 fueron elaborados en contenedores de poliestireno de 50 cm de largo, 30 cm de ancho, 18.5 cm de altura, 2 cm de espesor y 30 L de capacidad. Los tratamientos T3 y T4 se sometieron a un proceso de compostaje durante 120 días. Para la elaboración del tratamiento T3 se utilizaron 30 L de cachaza fresca; para el tratamiento T4 se mezclaron homogéneamente 15 L de cachaza fresca y 15 L de estiércol vacuno. Ambos tratamientos se realizaron en condiciones de invernadero y al término del proceso se dejaron secar a la sombra. Para el tratamiento T5 se usaron 30 L de cachaza fresca y para T6 se usaron 15 L de cachaza fresca más 15 L de estiércol vacuno, permitiendo su compostaje en ambos tratamientos durante 30 días, una vez que los tratamientos registraron temperaturas menores a los 30 °C se agregó agua hasta alcanzar una humedad del 80 % y se inoculó cada uno con 200 lombrices composteras adultas de la especie *Eisenia foetida*. Los materiales inoculados se mantuvieron en lugar seco y sombreado a temperatura ambiente hasta los 120 días. El tratamiento T7, utilizado como testigo, fue elaborado mediante la mezcla de 30 L de turba con 10 de agrolita.

MATERIALS AND METHODS

This project was conducted in the Colegio de Postgraduados, campus Montecillos, Estado de México. Fresh filter mud was used as experimental material, it was collected from filtrate tanks from the Grupo Porres sugar mill, in Santa Clara, municipality of Los Reyes, Michoacán; moisture content, bulk density (BD) (Ansorena, 1994), organic matter (OM), N_{total} (Horneck and Miller, 1998), P (Olsen and Dean, 1965), K and Mg (Alcántar and Sandoval, 1999) were bring out.

With the collected filter mud, different combinations were made, giving rise to six treatments: filter mud (T1); washed filter mud (T2); filter mud compost (T3); filter mud-cattle manure compost mixture 1:1 v/v (T6). As control treatment (T7) a preparation of commercial peat (Peat Moss Sunshine 3) plus perlite in a ratio 3:1 was used, performing 4 replications of each treatment.

Research was conducted in three stages:

First stage (treatments elaboration). For the elaboration of treatment T1, 30 L fresh filter mud were used; to obtain treatment T2, 30 L fresh filter mud were used and washed with water in a rate 1:5 v/v (filter mud: water); both treatments were sundried until obtaining constant weight, then placed in black polyethylene bags and stored in a ventilated, fresh and dry area until be used. To elaborate treatments T3, T4, T5 and T6 polystyrene containers (50 cm length, 30 cm wide, 18.5 cm height, 2 cm thickness and 30 L capacity) were used. Treatments T3 and T4 were submitted to a composting process during 120 days. For the elaboration of T3, 30 L fresh filter mud were used; for treatment T4, 15 L fresh filter mud and 15 L cattle manure were mixed homogeneously. Both treatments were conducted under greenhouse conditions and at the end of the process these treatments were placed to dry in the shade. For treatment T5, 30 L fresh filter mud were used, for T6, 15 L fresh filter mud plus 15 L cattle manure were used, having a composting time of 30 days in both treatments, once treatments recorded temperatures below 30 °C, water was added until reaching a humidity of 80 % and each one was inoculated with 200 adult composting worms belonging to the species *Eisenia foetida*. The inoculated materials were kept in a shaded dry place at room temperature up to 120 days. Treatment T7, used as control treatment, was prepared by mixing 30 L peat with 10 L perlite.

Second stage (Characterization of growth media): the physical properties evaluated were: granulometry (Martinez, 1993); bulk density (Ansorena, 1994); thickness index (TI); weighted mean diameter of particles (WMD); total porosity, (Ansorena, 1994); and moisture retention curve (De Boodt and Verdonck, 1974). The chemical properties determined were: pH and electrical conductivity (EC) (Warncke, 1986); OM (Ansorena, 1994); N_{total} (Horneck and Miller, 1998); ratio C:N (Alcantar and Sandoval, 1999); P (Olsen and Dean, 1965) and Bray-1 (Bray and Kurtz, 1945) for control treatment; CEC, Ca, Mg, K y Na (Rhoades, 1982).

Segunda etapa (Caracterización de sustratos): Las propiedades físicas que se evaluaron fueron: granulometría (Martínez, 1993); Densidad aparente (Ansorena, 1994); índice de grosor (Ig); diámetro medio ponderado de partículas (DMP); porosidad total; (Ansorena, 1994); y curva de retención de humedad (De Boodt y Verdonck, 1974). Las propiedades químicas que se determinaron fueron: pH y conductividad eléctrica (CE) (Warncke, 1986); MO (Ansorena, 1994); N_{total} (Horneck y Miller, 1998); relación C:N (Alcantar y Sandoval, 1999); P (Olsen y Dean, 1965) y Bray-1 (Bray y Kurtz, 1945) para el testigo; CIC, Ca, Mg, K y Na (Rhoades, 1982).

Tercera etapa (Producción de almácigos): Los tratamientos elaborados fueron evaluados con la producción de plántulas; de cada tratamiento se tomó una muestra de 2 kg, misma que fue tamizada para obtener un tamaño de partícula menor a 2 mm. Se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, llenando 50 cavidades con cada tratamiento (previamente humedecido) de forma manual y compactado mediante golpes ligeros para dejar aproximadamente 0.5 cm entre la superficie de la charola y la superficie del sustrato. Posteriormente se colocó una semilla por celda (las semillas fueron inundadas con agua acidulada a pH 5.5 durante 12 horas antes de la siembra) tapando con el mismo sustrato hasta llenar las cavidades de las charolas. Se evaluó la producción de plántula de tomate cv. Marmande V. R. Los tratamientos fueron colocados bajo condiciones de invernadero; los semilleros se regaron una vez al día, estribados en columnas y cubiertos con plástico hasta la emergencia de las plántulas. Una vez emergidas las plántulas y hasta el término del experimento se regaron manualmente dos veces por día; el agua de riego se sustituyó por una solución Steiner al 25 % (Steiner, 1984) desde la aparición de los primordios foliares hasta el momento del trasplante. Una vez por semana se efectuaron riegos con agua destilada hasta saturación y ser recolecto el líquido drenado, para la determinación de pH y CE. Se registró el porcentaje y la tasa de germinación de cada tratamiento. Se realizó una colecta de plántulas a los 35 días después de la emergencia tomando al azar diez plántulas de la parte central de cada tratamiento; el material recolectado fue lavado y enjuagado con agua destilada; posteriormente se determinó altura de plántula midiendo desde la base hasta la punta apical, diámetro de tallo utilizando un vernier analógico, número total de hojas, área foliar usando un integrador de área (modelo LI-3000, LI-COR, Lincoln, NE), longitud y volumen radical, peso seco de la parte aérea y de la raíz. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con siete tratamientos, cuatro bloques y cuatro repeticiones de 50 celdas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la caracterización física (Cuadro 1) realizada a los diferentes tratamientos, se observó que el tratamiento T7 (testigo) tuvo un índice de grosor (Ig), un diámetro medio ponderado (DMP) y porosidad similar

Third stage (seedling production): treatments were evaluated with the production seedling; a sample of 2 kg was took of each treatment, which was sieved in order to obtain a particle size smaller than 2 mm. Polystyrene germination trays of 200 cavities were used, 50 cavities were filled manually with each treatment (pre-wetted) and compacted by light blows leaving approximately 0.5 cm from the surface of the tray to the growth medium surface. Thereafter, one seed per cell was placed (seeds were flooded with acidified water to pH 5.5 during 12 hours before sowing) covering with the same growth medium until filling the cavities of the trays. The production of tomato seedling cv. Marmande V. R. was evaluated. Treatments were placed under greenhouse conditions; seedbeds were watered once a day piled in columns and covered with plastic until the seedlings emerge. Once the seedlings emerged and until the end of the experiment, they were watered twice a day manually; irrigation water was replaced with a 25 % Steiner solution (Steiner, 1984) from the onset of primordia leaf until the time of transplanting. Once a week watered with distilled water until saturation and the drained fluid was collected in order to determine pH and EC. Percentage and germination rate of each treatment was recorded. Seedling samples were collected 35 days after the emergence taking randomly ten seedlings of the central part of each treatment; the collected material was washed and rinsed with distilled water; subsequently, seedling height was determined measuring from the base to the apical area, stem diameter using an analog vernier, total number of leaves, leaf area using an area integrator (model LI-3000, LI-COR, Lincoln, NE), length and root volume, dry weight of the aerial part and of the root. The randomized complete block design was used with seven treatments, four blocks and four replications of 50 cells.

RESULTS AND DISCUSSION

In the physical characterization conducted to different treatments (Table 1), it was observed that treatment T7 (control treatment) had a similar thickness index (TI), weighted mean diameter (WMD) and porosity to that observed by Anicua-Sánchez *et al.* (2008) and Khayyat *et al.* (2007), but greater bulk density (BD) (Quesada y Méndez, 2005). Treatment T1 (dried filter mud) reported a bulk density similar statistically to that obtained in treatment 7 (control treatment).

Washing the filter mud to obtain treatment T2 had no effect on the bulk density, but the composting of treatment T3 and the vermicomposting of treatment T5 favored its significant increase; on the other hand, to mix filter mud with cattle manure and to pass the mixture through processes such as composting and vermicomposting (treatment T4 and T6, respectively) also provoked an increase in bulk density. Regardless of the source material, the vermicomposting similarly increased the bulk density in treatment T5 and T6, agreeing with Hernández *et al.* (2008).

a lo encontrado por Anicua-Sánchez *et al.* (2008) y Khayyat *et al.* (2007), pero con densidad aparente (D_a) mayor (Quesada y Méndez, 2005). El tratamiento T1 (cachaza seca) registró una D_a estadísticamente similar a la obtenida en el tratamiento T7 (testigo).

El lavado de la cachaza para la obtención del tratamiento T2 no afectó la D_a , pero el compostaje del tratamiento T3 y el vermicompostaje del tratamiento T5 favorecieron su aumento significativo; por otro lado, el mezclar la cachaza con estiércol y pasar la mezcla por procesos como el compostaje y el vermicompostaje (tratamientos T4 y T6, respectivamente) también provocaron el aumento de la D_a . Independientemente del material fuente, el vermicompostaje aumentó de forma similar la D_a en los tratamientos T5 y T6, coincidiendo con Hernández *et al.* (2008).

El tratamiento T1 registró Ig menor en comparación al tratamiento T7 (testigo); por otro lado, el lavado (tratamiento T2) y compostaje (tratamiento T3) de cachaza aumentaron en Ig a proporciones similares al testigo, pero el vermicompostaje de la cachaza (tratamiento T5) disminuyó Ig. Independientemente de haber tenido un proceso de compostaje o vermicompostaje, las mezcla de cachaza más estiércol (tratamientos T4 y T6) mostraron tener Ig similar al testigo.

La cachaza seca presentó significativamente menor DMP en comparación al testigo; el lavado y el compostaje de la cachaza no modificaron el DMP, pero el vermicompostaje redujo significativamente este parámetro. El mezclar la cachaza con estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje aumentó el DMP (en comparación al material inicial) a niveles similares al testigo; al vermicompostear la mezcla se mantuvo el DMP similar al material inicial.

Treatment T1 recorded a lower TI compared with treatment T7 (control treatment); on the other hand, washing (treatment T2) and the composting (treatment T3) of filter mud increased the TI to similar proportions to the control treatment, but the vermicomposting of filter mud (treatment T5) decreased the TI. Regardless of having a composting or vermicomposting process, the mixture of filter mud with cattle manure (treatment T4 and treatment T6) showed a TI similar to the control treatment.

Dried filter mud had significantly lower WMD compared to the control treatment; washing and the composting of filter mud had no effect on WMD, but the vermicomposting of filter mud reduced significantly this parameter. The mixture of filter mud and cattle manure and passing the mixture through a process of composting increased the WMD (compared to the initial material) to levels similar to the control treatment; by vermicomposting the mixture, the WMD was similar to the initial material.

The dried filter mud had porosity statistically similar to the peat (control treatment). Washing the filter mud had no effect on the porosity, but the composting and the vermicomposting decreased their proportion compared to the initial material. Mixing the filter mud with the cattle manure and passing the mixture through a process of composting increased the porosity, provoking a significant decrease in the proportion. To supply sufficient water to the plant and to provide a good exchange of gases between the atmosphere and the growth medium, there are two important functions that were observed in moisture retention curve, while the moisture content was determined and the middle stages were defined (Figure 1).

CUADRO 1. Caracterización física de siete tratamientos propuestos para el estudio de cachaza como sustrato en propagación de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tratamiento	Densidad aparente ($\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Índice de grosor (%)	Diámetro medio ponderado (mm)	Porosidad (%)
T1	0.17d ^z	42 bc	0.94 bc	91.1a
T2	0.17d	59 a	1.16 b	92.7a
T3	0.36c	53 ab	0.97 bc	80.7b
T4	0.63a	57 a	1.70 a	68.9c
T5	0.40b	35 c	0.70 c	77.4b
T6	0.41b	52 ab	1.08 b	77.3b
T7	0.15d	58 a	1.56 a	88.8a
DMS	0.03	10.7	0.3	5.9
CV	3.6	7.5	9.5	1.8

^z Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$, DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación, Ig: índice de grosor.

TABLE 1. Physical characterization of seven treatments proposed for the study of filter mud as growth medium on tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.).

Treatment	Bulk density (Mg·m ⁻³) (Mg·m ⁻³)	Thickness index (%)	Weighted mean diameter (mm)	Porosity (%)
T1	0.17d ^z	42 bc	0.94 bc	91.1a
T2	0.17d	59 a	1.16 b	92.7a
T3	0.36c	53 ab	0.97 bc	80.7b
T4	0.63a	57 a	1.70 a	68.9c
T5	0.40b	35 c	0.70 c	77.4b
T6	0.41b	52 ab	1.08 b	77.3b
T7	0.15d	58 a	1.56 a	88.8a
WMD	0.03	10.7	0.3	5.9
CV	3.6	7.5	9.5	1.8

^zValues with the same letter within each column are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$, DMS: least significant difference, CV = coefficient of variation, TR : thickness index.

La cachaza seca tuvo una porosidad estadísticamente similar a la turba (testigo). El lavado de la cachaza no alteró la porosidad, pero el compostaje y el vermicompostaje disminuyeron su proporción en comparación al material inicial. El mezclar la cachaza con el estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje o vermicompostaje alteró la porosidad, disminuyendo significativamente la proporción.

El suministrar agua suficiente a la planta y permitir un buen intercambio gaseoso entre la atmósfera y el sustrato, son dos funciones importantes que se observan en la curva de retención de humedad, a la vez que se determina el contenido de humedad y se delimitan las fases en el medio (Figura 1).

Las proporciones de agua fácilmente disponible (AFD), agua de reserva (AR), agua difícilmente disponible (ADD), así como la capacidad de aireación y contenido de sólidos que presentó el tratamiento T7, fueron similares a lo reportado en otras investigaciones (Chávez *et al.*, 2008; Dede *et al.*, 2006; Íñiguez *et al.*, 2006; Zamora *et al.*, 2005; Bohne, 2004; Gruda y Schnitzler, 2004; Verdonck y Demeyer, 2004; Cotxarrera *et al.*, 2002; García *et al.*, 2001).

El contenido de material sólido en la cachaza seca fue similar al tratamiento testigo. El lavado y compostaje de la cachaza no alteraron la proporción de sólidos, pero el vermicompostaje aumentó significativamente el contenido de sólidos en relación al material inicial. Al mezclar la cachaza con estiércol y sufrir la mezcla un proceso de compostaje (tratamiento T4) aumentaron significativamente las proporciones de sólidos, ocurriendo el mismo fenómeno en el vermicompost de la mezcla (tratamiento T6).

La cachaza seca registró una CA significativamente menor que la registrada en el tratamiento T7. La CA de la cachaza aumentó significativamente con el compostaje y disminuyó con el vermicompostaje. El mezclar cachaza con estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje o vermicompostaje provocó la disminución de la CA, observándose una mayor afectación en el primero.

The proportions of water readily available (WRA), water reserve (WR), hard water available (HWA) as well as, the aeration capacity and contents of solids shown by treatment T7, were similar to that reported in other research (Chavez *et al.*, 2008; Dede *et al.*, 2006; Íñiguez *et al.*, 2006; Zamora *et al.*, 2005; Bohne, 2004; Gruda and Schnitzler, 2004; Verdonck and Demeyer, 2004; Cotxarrera *et al.*, 2002; García *et al.*, 2001).

The solids content in the dried filter mud was similar to the control treatment. Washing and the composting of filter mud had no effect on the proportion of solids, but the vermicomposting increased significantly the content of solids in relation to the initial material. By mixing filter mud with cattle manure and passing the mixture through a process of composting (treatment 4) the solid proportions increased significantly, the same phenomenon occurred in the case of the vermicomposting (treatment T6).

Dried filter mud showed significantly AC lower than that recorded in treatment T7. AC filter mud increased significantly with composting and decreased with vermicomposting. Mixing filter mud with cattle manure and passing the mixture through a composting and vermicomposting process caused the decrease of AC, the first one was more affected.

Dried filter mud recorded significantly higher proportion of WRA compared to the control treatment. Washing the filter mud had no effect on this parameter, but the composting and vermicomposting of this material caused the decrease in WAR proportion. By mixing filter mud with cattle manure and passing the mixture through a composting or vermicomposting process decreased significantly the proportion of WRA in relation to the initial material.

Dried filter mud had a similar WR content recorded in the control treatment. Washing the filter mud caused the significant increase in WR content, and the composting of the material decreased the proportion. By mixing filter mud with cattle manure and passing the mixture through a composting or vermicomposting also caused the decrease in WR content in relation to the initial material.

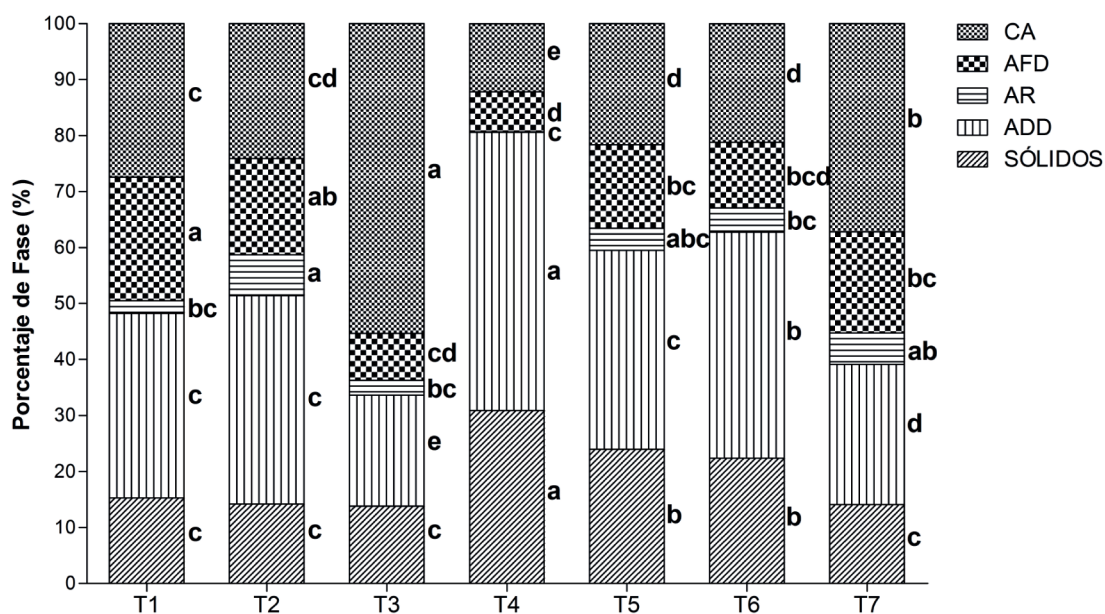


FIGURA 1. Caracterización de fases en tratamientos elaborados a base de cachaza. ADD: agua difícilmente disponible; AR: agua de reserva; AFD: agua fácilmente disponible; CA: capacidad de aireación. Series con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

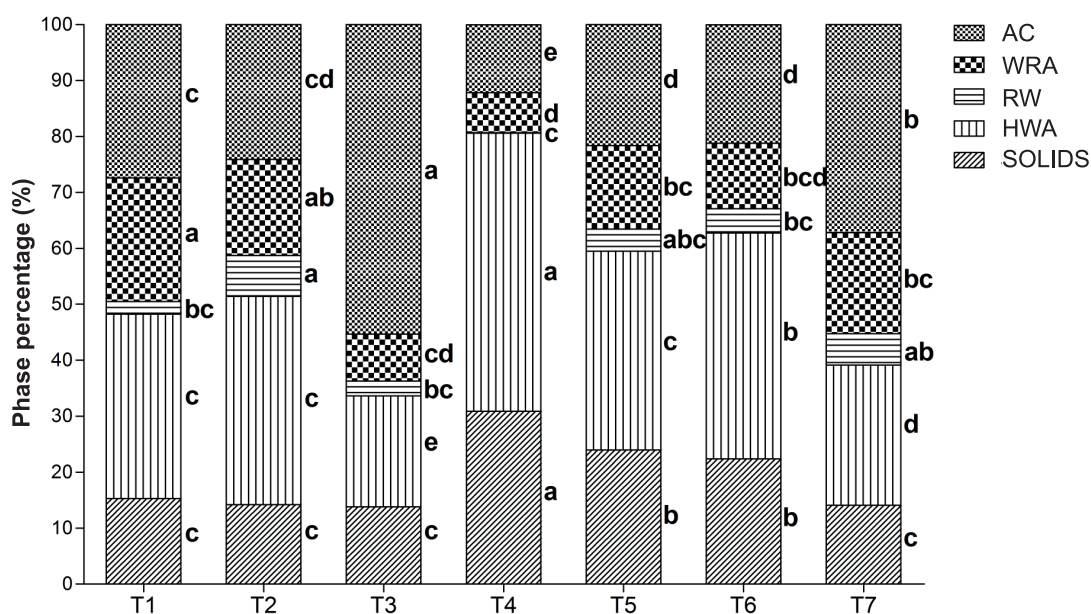


FIGURE 1. Characterization of phases in treatments based on filter mud. HWA: hard water available; WR: water reserve; WRA: water readily available; AC: aeration capacity. Sets with the same letter are not significantly different according to the Tukey test at $P \leq 0.05$.

La cachaza seca registró significativamente mayor proporción de AFD en comparación al testigo. El lavado de la cachaza no alteró este parámetro, pero el compostaje y el vermicompostaje de este material provocaron la disminución de la proporción de AFD. El mezclar la cachaza con estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje o vermicompostaje disminuyó significativamente la proporción de AFD en relación al material inicial.

La cachaza seca tuvo un contenido de AR similar al registrado en el tratamiento testigo. El lavado de la cachaza provocó el aumento significativo del contenido de AR, y el compostaje de este material disminuyó la proporción. El mezclar la cachaza con estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje o vermicompostaje, también provocó la disminución del contenido de AR en relación al material inicial.

La proporción de ADD registrada en la cachaza seca fue significativamente mayor en comparación al tratamiento T7, no viéndose afectada esta proporción con el lavado o vermicompostaje del material. El compostaje de la cachaza disminuyó el contenido de ADD. Al mezclar la cachaza con estiércol y pasar la mezcla por un proceso de compostaje o vermicompostaje aumentaron los contenidos de ADD.

Considerando los parámetros establecidos por De Boodt y Verdonck (1974) y Pastor (1999), los tratamientos T1, T2 y T7 fueron óptimos para ser empleados como sustratos hortícolas.

Por otra parte, en la caracterización química de los tratamientos (Cuadro 2), el tratamiento T7 (testigo) presentó pH ácido, baja conductividad eléctrica (CE), bajas concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y sodio (Na), alta relación C:N, alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y materia orgánica (MO); con contenidos traza de potasio (K); coincidiendo los datos con lo reportado por Chavez *et al.* (2008), Ostos *et al.* (2008), Dede *et al.* (2006), Olivo y Buduba (2006), Quesada y Méndez (2005), Schmilewski (2008) y Zamora *et al.* (2005), pero con mayores concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) que lo reportado por Quesada y Méndez (2005) y Zamora *et al.* (2005).

En general, los tratamientos elaborados presentaron pH y CE significativamente diferentes entre sí, observándose acidez y CE baja sólo en el tratamiento testigo. La cachaza seca y la cachaza lavada registraron la mayor proporción significativa de MO de los tratamientos en estudio, coincidiendo con Sangwan *et al.* (2008) y Venegas-González *et al.* (2005); el resto de los tratamientos fueron menores y similares entre sí. Los tratamientos propuestos fueron ricos en N en comparación al tratamiento T7 (a excepción de los tratamientos T2 y T5), observándose que el lavado y el vermicompostaje de la cachaza fomentaron la pérdida de N. Considerando que una relación C:N entre 12 y 15 es sinónimo de madurez en compost y vermicompost (Venegas-González, 2005), los tratamientos elaborados a

The proportion of HWA recorded in the dried filter mud was significantly higher compared to treatment T7, washing or vermicomposting of the material had no effect on the proportion. The composting of filter mud decreased the content of HWA. By mixing filter mud with cattle manure and passing the mixture through a composting or vermicomposting process increased the contents of HWA.

Regarding the parameters established by De Boodt and Verdonck (1974) and Shepherd (1999), treatments T1, T2 and T7 were optimal for use as horticultural growth media.

Moreover, in the chemical characterization of treatments (Table 2), T7 treatment (control) showed acidic pH, low electrical conductivity (EC), low concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P) and sodium (Na), high C: N ratio, high cation exchange capacity (CEC) and organic matter (OM); with contains traces of potassium (K); agreeing with that reported by Chavez *et al.* (2008), Ostos *et al.* (2008), Dede *et al.* (2006), Olivo and Buduba (2006), Quesada and Méndez (2005), Schmilewski (2008) and Zamora *et al.* (2005), but with higher concentrations of calcium (Ca) and magnesium (Mg) to that reported by Quesada and Méndez (2005) and Zamora *et al.* (2005).

In general, treatments showed pH and EC significantly different from each other, observing low EC and acidity only in the control treatment. Washed filter mud and dried filter mud recorded the highest significant proportion of OM of the treatments under study, agreeing with Sangwan *et al.* (2008) and Venegas-González *et al.* (2005); the other treatments were lower and similar. The proposed treatments were rich in N compared to the treatment T7 (except for treatment T2 and T5), showing that washing and the vermicomposting of filter mud promoted the loss of N. Regarding that C:N ratio between 12 and 15 is synonymous with maturity in compost and vermicompost (Venegas-González, 2005), the treatments based on filter mud had a high maturity, showing no significant differences among them, but different from the control treatment.

Treatment T7 recorded the lowest concentrations of P and Mg, the rest of the treatments were higher and significantly similar. Mixing cattle manure with filter mud increased the content of K, regardless of the method of stabilizing material.

The control treatment had the lowest concentration of Ca compared with treatments based on filter mud, the highest amount of Ca was recorded in treatments T1, T3 and T6, showing that washing and the vermicomposting of filter mud caused the loss of Ca, as well as in the case of the composting. The lowest levels of Na were recorded in the treatments T7, T1 and T3, showing that washing and the vermicomposting of filter mud promoted the increase of Na concentrations. Adding cattle manure to filter mud also provoked the increase of Na concentrations, regardless of the stabilization process that the mixture has suffered.

base de cachaza tuvieron una alta madurez, no mostrando diferencias significativas entre sí, pero diferentes al testigo. El tratamiento T7 registró las menores concentraciones de P y Mg; el resto de los tratamientos fueron mayores y significativamente similares entre sí. El mezclar estiércol a la cachaza aumentó los contenidos de K, sin importar el método de estabilización del material.

CEC is the ability of the growth medium to retain cations such as Ca, Mg, K and Na; which are readily exchanged by other cations (H^+) (Ketterings *et al.*, 2007), for which to a larger capacity greater the potential of a growth medium to retain nutrients, such as in the case of treatment T7. Dried filter mud showed a CEC significantly lower, but after going through a composting or vermicomposting process it

CUADRO 2. Caracterización química de siete tratamientos propuestos para el estudio de cachaza como sustrato en propagación de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

TRAT	pH	CE ($dS \cdot m^{-1}$)	MO ------(%)-----	N	C:N	P (ppm)	K	Ca	Mg	Na	CIC
T1	7.7e ^z	3.8d	70ab	2.4a	17b	418.3a	0.015b	55.9a	20.1a	0.002c	21.3b
T2	7.8d	2.4f	74a	1.8c	24b	579.9a	0.010b	42.7bc	25.6a	0.004b	28.3b
T3	7.6f	6.4c	59d	2.1b	17b	627.4a	0.012b	47.0ab	29.9a	0.002c	46.2a
T4	8.5b	18.2a	61cd	2.2ab	16b	465.8a	0.084a	34.5cd	21.9a	0.021a	32.7ab
T5	8.4c	3.2e	60cd	1.8c	20b	475.3a	0.015b	32.0d	22.6a	0.004b	33.1ab
T6	8.7a	12.2b	62d	2.3ab	16b	560.8a	0.081a	49.5ab	19.6a	0.021a	21.9b
T7	4.6g	0.2g	67c	0.7c	57a	2.1b	0c	6.2e	1.8b	0.001c	51.0a
DMS	0	0	4.5	0.25	14.1	387.9	0.01	9.6	14.5	0.001	26.5
CV	0	0	2.5	3.3	15.0	21.9	7.7	6.3	18.0	4.9	19.9

^zValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$, DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación. TRAT: tratamiento.

TABLE 2. Chemical characterization of seven treatments proposed for the study of filter mud as growth medium on tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.).

TRAT	pH	CE ($dS \cdot m^{-1}$)	OM ------(%)-----	N	C:N	P (ppm)	K	Ca	Mg	Na	CIC
T1	7.7e ^z	3.8d	70ab	2.4a	17b	418.3a	0.015b	55.9a	20.1a	0.002c	21.3b
T2	7.8d	2.4f	74a	1.8c	24b	579.9a	0.010b	42.7bc	25.6a	0.004b	28.3b
T3	7.6f	6.4c	59d	2.1b	17b	627.4a	0.012b	47.0ab	29.9a	0.002c	46.2a
T4	8.5b	18.2a	61cd	2.2ab	16b	465.8a	0.084a	34.5cd	21.9a	0.021a	32.7ab
T5	8.4c	3.2e	60cd	1.8c	20b	475.3a	0.015b	32.0d	22.6a	0.004b	33.1ab
T6	8.7a	12.2b	62d	2.3ab	16b	560.8a	0.081a	49.5ab	19.6a	0.021a	21.9b
T7	4.6g	0.2g	67c	0.7c	57a	2.1b	0c	6.2e	1.8b	0.001c	51.0a
DMS	0	0	4.5	0.25	14.1	387.9	0.01	9.6	14.5	0.001	26.5
CV	0	0	2.5	3.3	15.0	21.9	7.7	6.3	18.0	4.9	19.9

^zValues with the same letter within each column are equal according to the Tukey test at $P \leq 0.05$, DMS: least significant difference, CV = coefficient of variation. TRAT: treatment.

El testigo registró la menor concentración de Ca en comparación con los tratamientos a base de cachaza; la mayor cantidad de Ca se registró en los tratamientos T1, T3 y T6, observándose que el lavado y el vermicompostaje de la cachaza provocaron la pérdida de Ca, al igual que el compostaje de la mezcla de cachaza más estiércol. Los menores contenidos de Na se registraron en los tratamientos T7, T1 y T3, observándose que el lavado y vermicompostaje de la cachaza favorecieron el aumento de las concentraciones de Na. El adicionar estiércol a la cachaza provocó también el aumento de las concentraciones de Na, sin importar el proceso de estabilización que haya sufrido la mezcla.

La CIC es la capacidad del sustrato para retener cationes como Ca, Mg, K y Na; los cuales son fácilmente intercambiados por otros cationes (H^+) (Ketterings *et al.*, 2007), por lo cual a mayor capacidad, mayor será el potencial de un sustrato para retener nutrientes, como en el caso del tratamiento T7. La cachaza seca presentó una CIC significativamente menor, pero al pasar por un proceso de compostaje o vermicompostaje aumentó su CIC a niveles similares al testigo. Al adicionar estiércol a la cachaza y sufrir la mezcla un proceso de compostaje (tratamiento T4) se provocó el aumento de la CIC; pero no en el caso del vermicompostaje de la mezcla (tratamiento T6), ya que la CIC se mantuvo similar al material inicial.

En la etapa de producción de almácigos y con un nivel de significancia del 95 %, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en la germinación de semillas de tomate, por lo cual todos los tratamientos aportaron las condiciones físicas y químicas apropiadas a pesar de no presentar curvas similares de germinación acumulada (Figura 2).

Al término de la producción de semilleros, las plántulas que desarrollaron el mayor diámetro de tallo (DT) fueron las obtenidas en el tratamiento T1 con un promedio de 4.5 mm; en el tratamiento T7 el desarrollo del DT fue significativamente menor al registrar 1.2 mm; y en el resto de los tratamientos el DT no registró diferencias significativas con el testigo.

Las plántulas que se desarrollaron en el tratamiento T1 presentaron las mejores características agronómicas de los tratamientos en estudio, fomentadas por el contenido de nutrientes y los altos volúmenes de agua fácilmente disponible, expresándose en plantas altas y pesadas (Figura 3), con un mayor desarrollo foliar (Figura 4) y radical (Figura 5).

increased its CEC to levels similar to the control treatment. By adding cattle manure to the filter mud and passing the mixture through a composting process (treatment T4) it led to an increase of CEC, but it differ in the case of vermicomposting (treatment T6), since the CEC was similar to the initial material.

In the production stage of seedlings with a level of 95 % significance, no statistical differences between treatments on germination of tomato seeds were observed, therefore all treatments provided the appropriate physical and chemical conditions although not showing similar curves of cumulative germination (Figure 2).

After the seed production, the seedlings that developed the highest stem diameter (SD) were obtained in treatment T1 with an average of 4.5 mm, in treatment T7 the development of SD was significantly lower after recording 1.2 mm, and with the rest of the treatments SD did not differ significantly with the control treatment.

Seedlings that developed in treatment T1 had the best agronomic characteristics of the treatments under study, promoted by the nutrient content and high volumes of WRA, showing higher and heavy plants (Figure 3), with greater leaf (Figure 4) and radical development (Figure 5).

CONCLUSIONS

Dried filter mud generated a stable growth medium with optimal aeration capacity, water fully available and nutrients, making feasible to use it as growth medium on tomato seedlings.

Washing and drying the filter mud increased the moisture holding capacity, but decreased the nutrient content.

The composting of filter mud generated a stable growth medium with high aeration capacity, but with low moisture retention capacity.

The addition of cattle manure to the composting of filter mud gave rise to a growth medium with little pore space and with the least moisture holding capacity of the substrates made.

The vermicomposting process generated growth media with low total pore space, regardless of the source material, which was reflected in low soil moisture content.

All growth media had the physical and chemical conditions that allowed the germination of tomato seeds; however, seedlings with higher quality were obtained using dry filter mud.

End of English Version

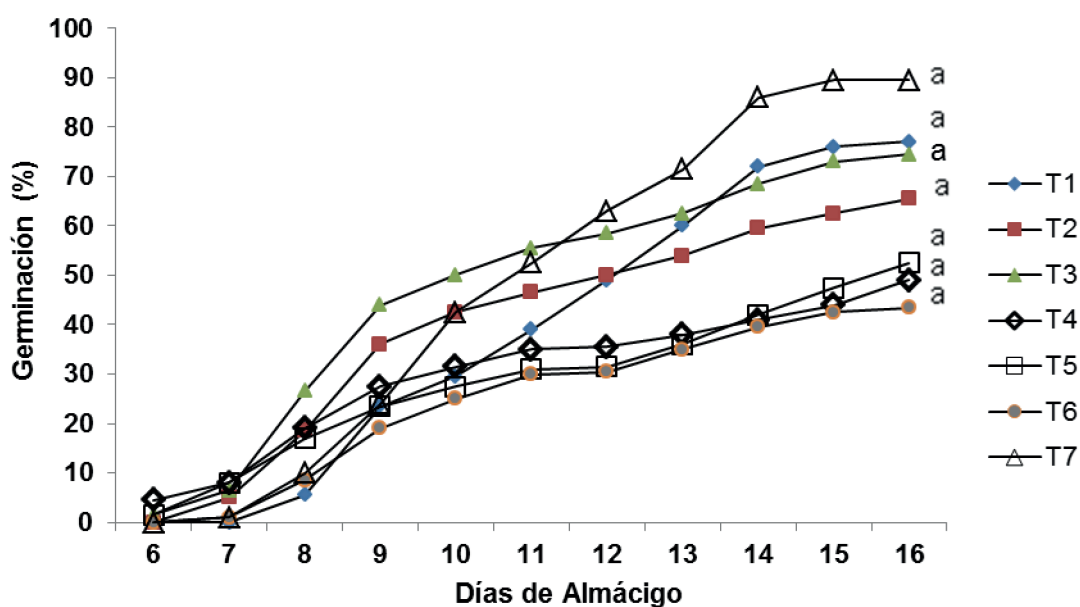


FIGURA 2. Germinación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tratamientos elaborados a base de cachaza bajo diferentes procesos de estabilización. Líneas con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$,

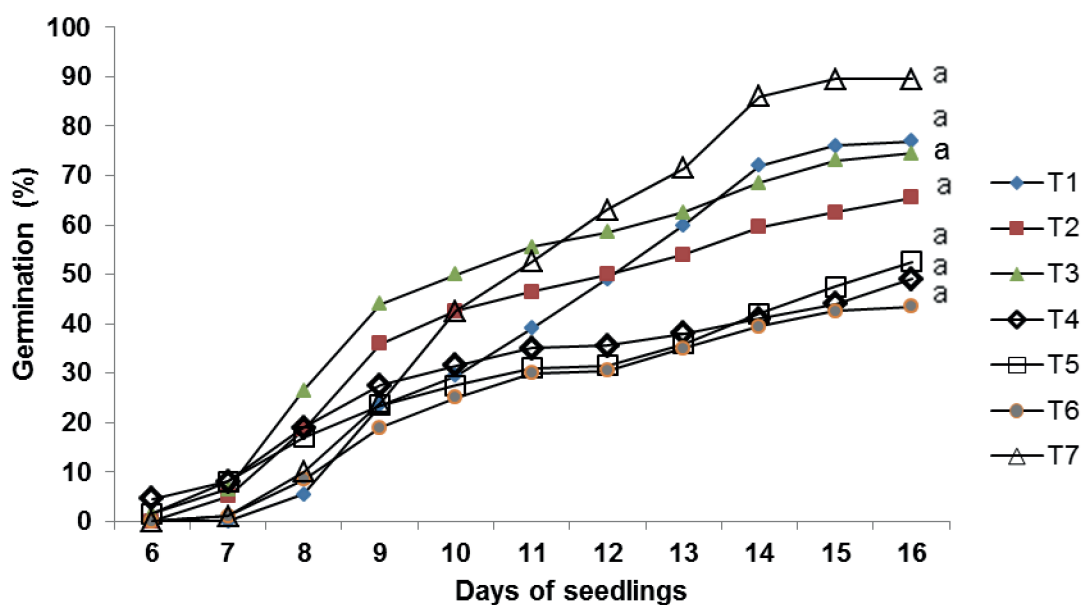


FIGURE 2. Germination of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in treatments made with filter mud under different stabilization processes. Lines with the same letter are not significantly different according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

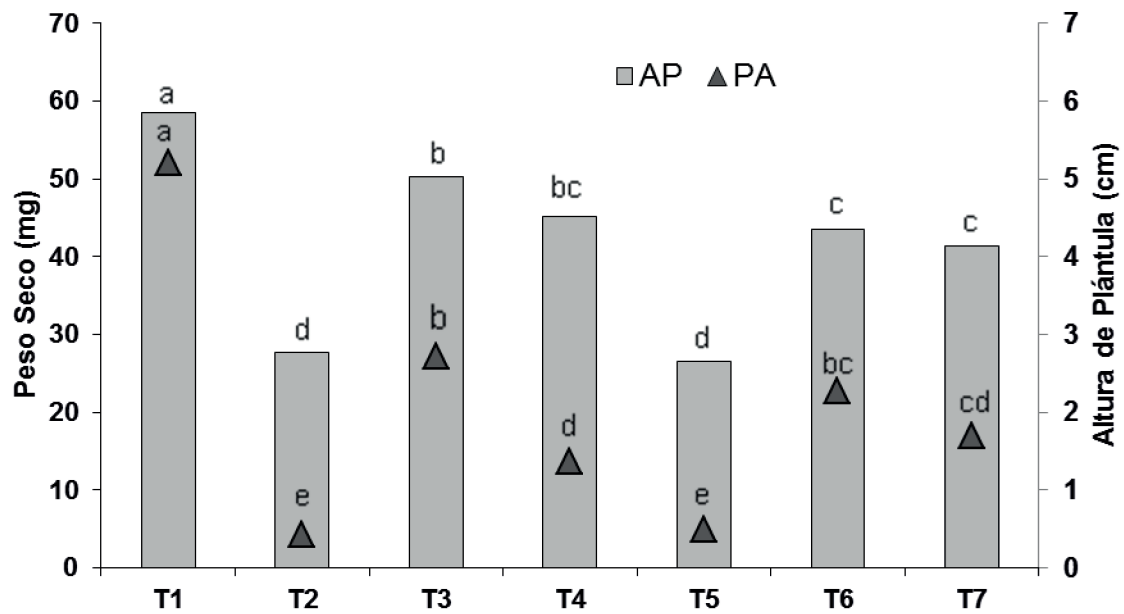


FIGURA 3. Altura de plántula (AP) en relación al peso seco de la parte aérea (PA) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en tratamientos elaborados a base de cachaza bajo diferentes procesos de estabilización. Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes a una $P \leq 0.05$, de acuerdo con la prueba de Tukey.

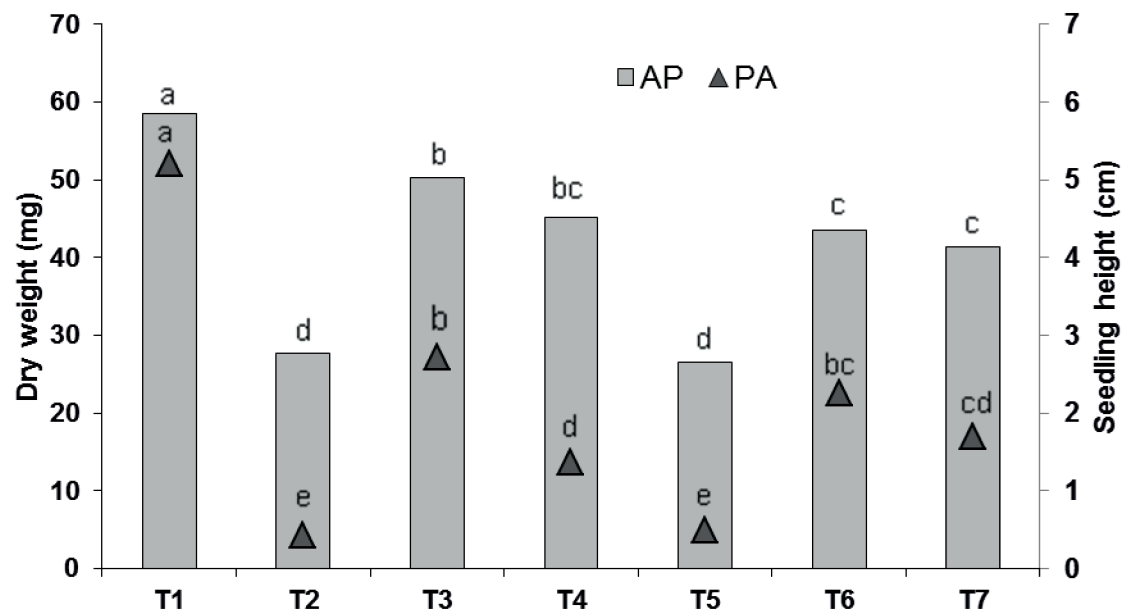


FIGURE 3. Seedling height (SH) in relation to dry weight of aerial parts (AP) of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in treatments based on filter mud produced under different stabilization processes. Columns with the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$, according to the Tukey test.

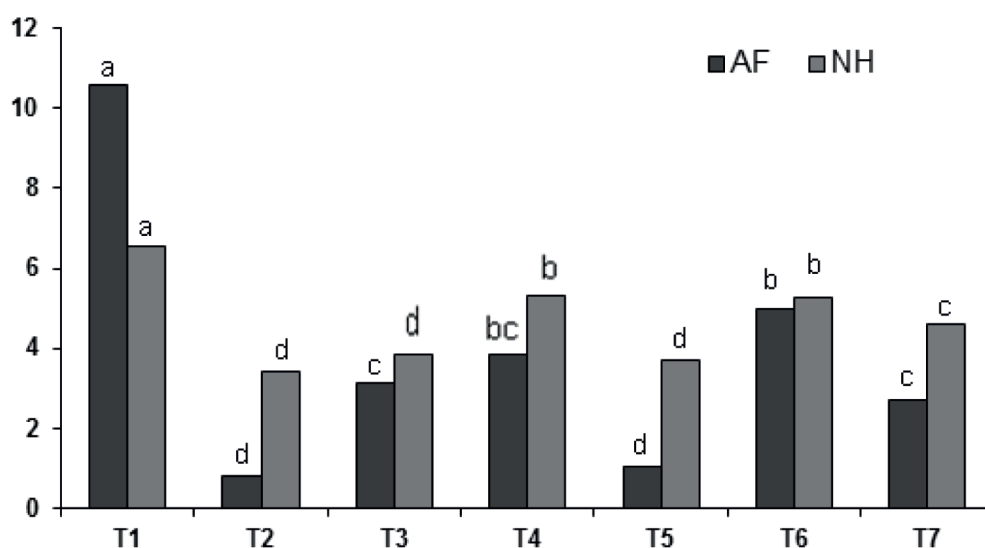


FIGURA 4. Área foliar (AF) en cm² en relación al número de hojas (NH) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en tratamientos elaborados a base de cachaza bajo diferentes procesos de estabilización. Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

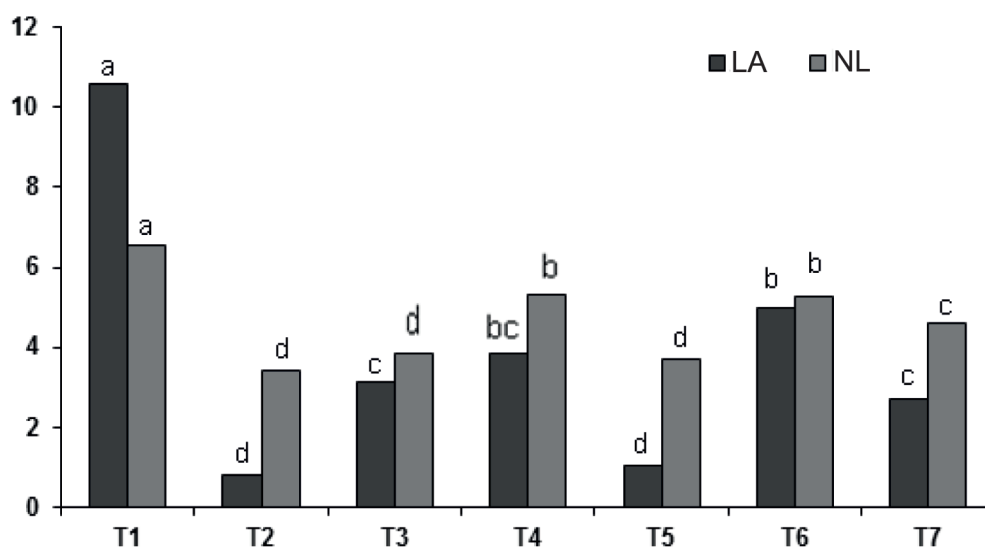


FIGURE 4. Leaf area (LA) in cm² in relation to the number of leaves (NL) of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in treatments based on filter mud produced under different stabilization processes. Columns with the same letter are not significantly different according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

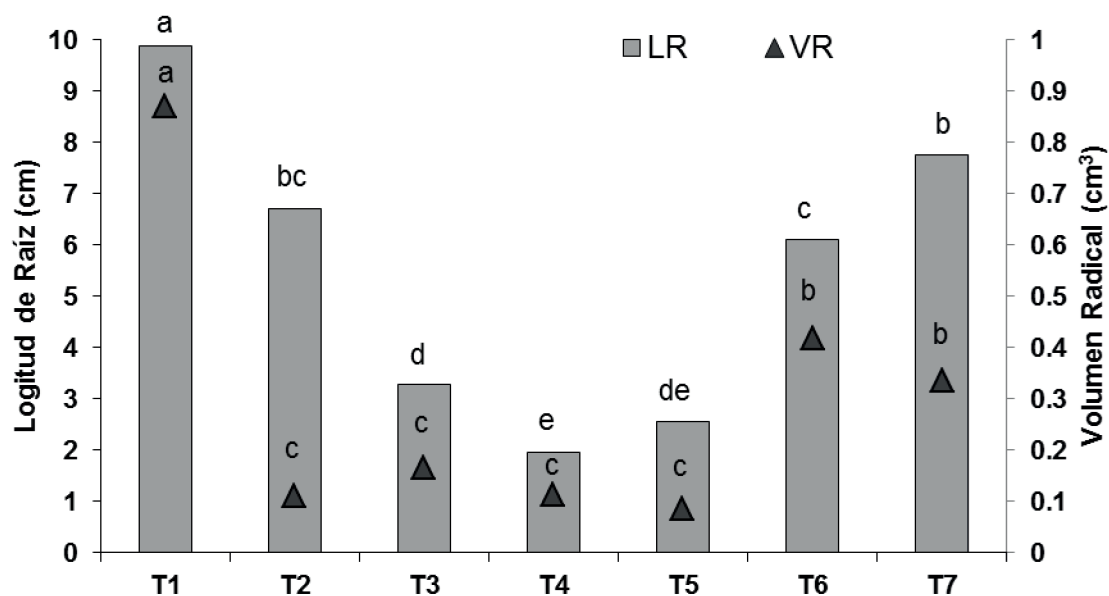


FIGURA 5. Longitud de raíz (LR) en relación al volumen radical (VR) de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en tratamientos elaborados a base de cachaza bajo diferentes procesos de estabilización. Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

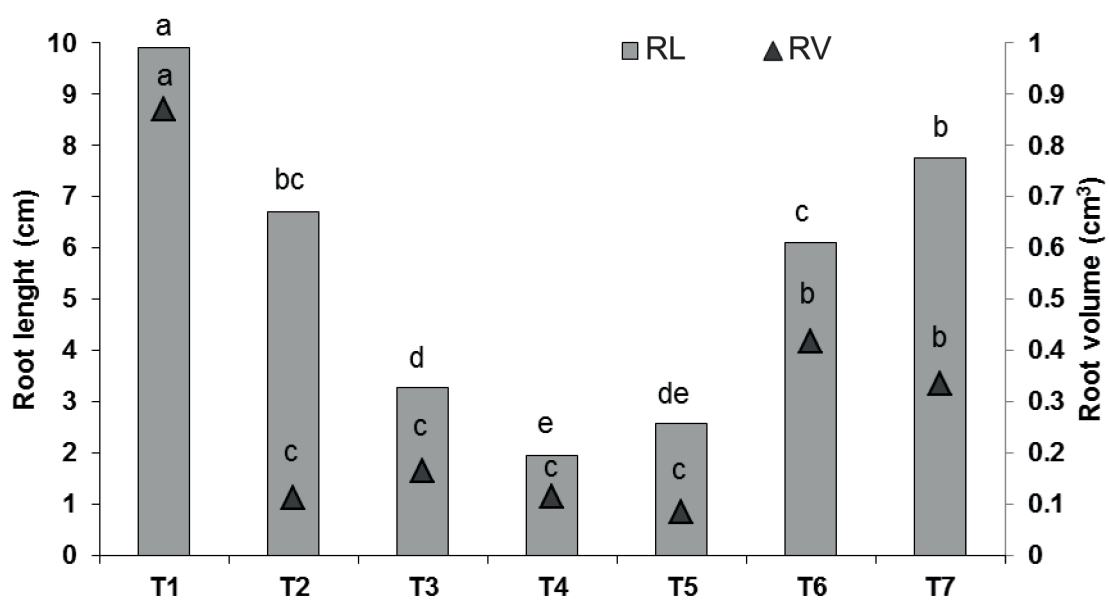


FIGURE 5. Root length (RL) in relation to root volume (RV) of seedlings of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in treatments based on filter mud produced under different stabilization processes. Columns with the same letter are not significantly different according to Tukey's test at $P \leq 0.05$.

CONCLUSIONES

El secado de la cachaza provocó un sustrato estable con óptima capacidad de aireación, así como de agua totalmente disponible y de nutrimentos, lo que hace factible su utilización como sustrato para la producción de plántulas de tomate.

El lavado y secado de la cachaza aumentó la capacidad de retención de humedad, pero disminuyó el contenido nutrimental.

El compostaje de la cachaza generó un sustrato estable con una alta capacidad de aireación, pero con baja capacidad de retención de humedad.

La adición de estiércol vacuno al compostaje de la cachaza dio origen a un sustrato con poco espacio poroso y con la menor capacidad de retención de humedad de los sustratos elaborados.

El proceso de vermicompostaje generó sustratos con poco espacio poroso total, sin importar el material fuente, lo cual se tradujo en bajos contenidos de humedad aprovechable.

Todos los sustratos elaborados tuvieron las condiciones físicas y químicas que permitieron la germinación de las semillas de tomate; sin embargo, las plántulas con mayor calidad se obtuvieron con cachaza seca.

LITERATURA CITADA

- ALCÁNTAR, G. G.; SANDOVAL, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación análisis e interpretación. Publicación especial número 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. México.
- ANICUA-SÁNCHEZ, R.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. C.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P. 2008. Physical and micromorphological properties of organic and inorganic materials for preparing growing media. *Acta Hort.* 779: 577-582.
- ANSORENA, M. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Ediciones MundiPrensa. Madrid, España. 172 p.
- BOHNE, H. 2004. Growth of nursery crops in peat-reduced and in peat-free substrates. *Acta Hort.* 644: 103-106.
- BRAY, R.; KURTZ, L. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59: 39-45.
- CHÁVEZ, W.; BENEDETTO, A. D.; CIVEIRA, G.; LAVADO, R. 2008. Alternative soilless media for growing *Petunia x hybrida* and *Impatiens wallerana*: Physical behavior, effect of fertilization and nitrate losses. *Bioresource Technology* 99: 8082-8087.
- COTXARRERA, L.; TRILLAS-GAY, M. I.; STEINGERG, C.; AL-ABOUVETTE, C. 2002. Use of sewage sludge compost and *Trichoderma asperellum* isolates to suppress Fusarium wilt of tomato. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 467-476.
- DEDE, Ö. H.; KÖSEOĞLU, G.; ÖZDEMİR, S.; ÇELEBİ, A. 2006. Effects of organic waste substrates on the growth of impatiens. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 375-381.
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37: 2054-2062.
- GARCÍA, C. O.; ALCÁNTAR, G. G.; CABRERA, R. I.; GAVI, R. F.; VOLKE, H. V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19(3): 249-258.
- GRUDA, N.; SCHNITZLER, W. H. 2004. Suitability of wood fiber substrate for production of vegetables transplants. I. Physical properties of wood fiber substrates. *Scientia Horticulturae* 100: 309-322.
- HERNÁNDEZ, J. A.; GUERRERO, F.; MÁRMOL, L. E.; BÁRCENAS, J. M.; SALAS, E. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de palma aceitera. *Interciencia* 33(9): 668-671.
- HORNECK, D. A.; MILLER, R. O. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. pp 75-84. *In: Handbook of reference methods for plant analysis tissue. Left plants speak.* KARLA, Y. P. (Ed). Soil and Plant Analysis Council. CRC Press, Boca Raton. FL. USA.
- INEGI. 2008. Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 2008. Importación en dólares. INEGI. México. 528 p.
- ÍÑIGUEZ, G.; PARRA, J.; VELASCO, P. A. 2006. Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 8. Evolución de algunos constituyentes de la mezcla de biosólidos-bagazo de agave durante el compostaje. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 22(2): 83-93.
- KETTERINGS, Q.; REID, S.; RAO, R. 2007. Cation exchange capacity (CEC). Fact sheet 22. Agronomy Fact Sheets Series, Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University. New York, USA. 2 p.
- KHAYYAT, M.; NAZARI, F.; SALEHI, H. 2007. Effects of different pot mixtures on pothos (*Epipremnum aureum* Lindl. and Andre 'Golden Pothos') growth and development. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2(4): 341-348.
- MARTÍNEZ, F. X. 1993. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Actas de Horticultura* 11: 55-66.
- OLIVO, V. B.; BUDUBA, C. G. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosques* 27(3): 267-271.
- OLSEN, S. R.; DEAN, L. A. 1965. Phosphorus, pp. 1035-1049. *In: Methods of Soil Analysis. Part 2. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY.* Black, C. A. (Ed.) Madison, WI, USA.
- OSTOS, J. C.; LÓPEZ-GARRIDO, R.; MURILLO, J. M.; LÓPEZ, R. 2008. Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects in growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. *Bioresource Technology* 99: 1793-1800.
- PASTOR, J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra* 17(3): 231-235.
- QUESADA, R. G.; MÉNDEZ, S. C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almacigos

- de hortalizas. *Rev. Agr. Trop.* 35: 01-13.
- RHOADES, J. 1982. Cation exchange capacity. pp. 178-190. *In: Methods of soil analysis. Part 2.* PAGE, A. L. (Ed.). Agronomy monograph N° 9. ASA & SSSA. Madison, WI. USA.
- RODRÍGUEZ-MACÍAS, R.; ALCANTAR-GONZÁLEZ, E. G.; IÑIGUEZ-COVARRUBIAS, G.; ZAMORA-NATERA, J. F.; GARCÍA-LÓPEZ, P. M.; RUIZ-LÓPEZ, M.A.; SALCEDO-PÉREZ E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. *Interciencia* 35 (7): 515-520.
- SANGWAN, P.; KAUSHIK, C. P.; GARG, V. K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposers using exotic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 99: 2442–2448.
- STEINER, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soils Culture. ISOSC. Proceedings. The Netherlands. pp 633-649.
- SCHMILEWSKI, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*. Vol. 3. Germany. Pp. 3:1-8
- VENEGAS-GONZÁLEZ, J.; CAJUSTE, J. L.; TRINIDAD-SANTOS, A.; GAVI-REYES, F.; SÁNCHEZ-GARCIA, P. 2005. Análisis químico de compost y efecto de su adición sobre la producción de biomasa en zarzamora. *Terra Latinoamericana* 23(3): 285-292.
- VERDONCK, O.; DEMEYER, P. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Hort.* 644: 99-101.
- WARNCKE, D. D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience* 21: 223-225.
- ZAMORA, B. P.; SÁNCHEZ, P.; VOLKE, V. H. 2005. Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. *INCI* 30(6): 69-81.