

# Rendimiento y Calidad de dos Genotipos de Tomate, Cultivado en Mezclas de Vermicomposta y Arena, Bajo Condiciones de Invernadero

Alejandro Moreno-Reséndez<sup>1\*</sup>, Lilia del Carmen Ávalos-García<sup>2</sup>, Pedro Cano-Ríos<sup>3</sup>, Víctor Martínez-Cueto<sup>3</sup>, José Luis Reyes-Carrillo<sup>4</sup> y Norma Rodríguez-Dimas<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Suelos. <sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo en Horticultura. <sup>3</sup>Profesores Investigadores del Departamento de Horticultura. <sup>4</sup>Profesor Investigador del Departamento de Biología. <sup>5</sup>Asesor Externo. Maestro en Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fé s/n. Torreón, Coah, México. CP 27059. \*Autor responsable, e-mail: alejamorsa@yahoo.com.mx

1 Recibido: Noviembre, 2005. Aceptado: Julio, 2006.

**Abstract.** *Yield and quality of two tomato genotypes, growing in vermicompost and river sand mixtures, under greenhouse conditions.* This experiment was carried out under greenhouse conditions, in order to evaluate the behavior of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) commercial genotypes; Andre and Adela, both of indeterminate growth habits, to establish the optimum mixture of vermicompost (VC) and river sand (RS) to satisfy the nutritional needs of this crop. The sowing of seeds was made as of June 25th 2002 in a 200 cavities polystyrene tray, padded with Peat Most. The transplant was carried out on August 4 placing the tomato seedlings in black plastic bags of 25 kg/ea. In this experiment four mixtures of vermicompost and river sand (VC:RS) were studied: 12.5:87.5; 25:75; 37.5:62.5 and 50:50 (percent weight basis). The pots were placed in the greenhouse at two staggered rows 30 cm apart. A total of eight treatments were evaluated, two genotypes and four mixtures of VC:RS with four replicates every one. The treatments were arranged on a randomized block design and its means were compared by the LSD test (5 %). In function of the evaluated variables in the genotypes [fruit weight, equatorial and polar diameters, and soluble solids (°Brix), had highly significant differences ( $P \leq 0.01$ ) and the variable number of clusters significant difference ( $P \leq 0.05$ )] it was determined that the genotype Andre overcame to the genotype Adela in the levels of the VC:RS mixtures, from 25:75 to 37.5:62.5 (% weight basis). Furthermore, since, as both genotypes achieve their development in the different mixtures of VC:RS, without synthetic fertilizers, is possible to conclude that the vermicompost can be used to supply the tomato crop nutrient requirement.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum*, *Eisenia fetida*, growing media, organic agriculture, organic residues.

**Resumen.** Para determinar el efecto de mezclas de vermicomposta (VC) y arena de río (AR), a diferentes niveles de composición, sobre el rendimiento y calidad de dos genotipos de tomate en invernadero, se desarrolló el presente trabajo bajo condiciones de invernadero. La siembra de semillas de tomate genotipos Andre y Adela, de hábito de crecimiento indeterminado se efectuó el 25 de Junio del 2002 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, rellenas con peat moss. El transplante se realizó, el 4 de Agosto, colocando una plántula por maceta. Como macetas se utilizaron bolsas de plástico negro, calibre 500, con una capacidad de 25 kg. Para los sustratos de crecimiento se utilizaron cuatro mezclas de vermicomposta y arena de río (VC:AR) con la siguiente composición: 12.5:87.5, 25:75; 37.5:62.5 y 50:50 (% en base a peso). Las macetas se colocaron en el invernadero en fila a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, y a una distancia de 30 cm entre plantas. En total se evaluaron ocho tratamientos, conformados por dos genotipos y cuatro mezclas de VC:AR, con cuatro repeticiones cada uno. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques al azar y para la comparación de las medias de tratamiento la prueba de DMS (5 %). En función de las variables evaluadas en los genotipos [peso de fruto, diámetro ecuatorial y polar y sólidos solubles presentaron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) y la

variable número de lóculos diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ )] se determinó que el genotipo Andre superó al genotipo Adela en los niveles con las mezclas que oscilaron de 25:75 a 37.5:62.5 (% en base a peso). Adicionalmente, puesto que ambos genotipos completaron su desarrollo fenológico en las diversas mezclas de VC:AR, sin el uso de fertilizantes sintéticos bajo condiciones de invernadero es posible concluir que la vermicomposta empleado puede satisfacer los requerimientos nutritivos del cultivo de tomate.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum*, *Eisenia fetida*, sustrato de crecimiento, agricultura orgánica, residuos orgánicos.

---

## Introducción

El desarrollo de hortalizas en invernadero representa una alternativa viable para la producción de tomate en cualquier época del año (Robledo, 2002). Sin embargo, por si solo el invernadero no es una garantía para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos. En términos generales, esta demanda se satisface con el uso de fertilizantes sintéticos, los cuales pueden provocar efectos nocivos tanto al cultivo como al ambiente cuando se utilizan de manera indiscriminada y de forma irracional. Por otra parte, la elaboración de los fertilizantes depende de diversos recursos naturales no renovables e.g., el petróleo (Chan, 2001) cuya disponibilidad, con el tiempo, será cada vez más reducida. En consecuencia, si se desea mantener o incrementar el rendimiento de los cultivos en los sistemas de producción en invernadero, es necesario buscar alternativas relacionadas con el uso eficiente de los recursos naturales que tiendan hacia una agricultura sostenible (Hansen *et al.*, 2001).

Una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de las especies vegetales, desarrolladas en invernadero, es el uso de la vermicomposta (VC) como sustrato de crecimiento, ya que este material, por sus características físicas, químicas y biológicas, potencialmente puede reducir el uso de los fertilizantes sintéticos (Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999). El VC es un abono orgánico de alta calidad, con características propias, que lo hacen prácticamente insuperable, ya que puede incrementar hasta en un 300 % el rendimiento de diversas especies vegetales (Bravo-Varas, 1996). Según Edwards y Steele (1997) el VC, de acuerdo al uso que se destine se puede clasificar como: a) fertilizante orgánico, b) mejorador del suelo y c) medio de crecimiento para las hortalizas que se desarrollan en invernaderos.

El VC resulta de una serie de transformaciones

bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices de tierra, e. g., *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al.*, 2000a; 2000b; 2001). Por medio de estos procesos los residuos se transforman en un material rico en elementos nutrimentales y fácilmente asimilables para las plantas (Velasco-Velasco *et al.*, 2003). El VC presenta un pH que oscila de 6.8 a 7.2, contiene sustancias biológicamente activas (e. g., auxinas y citocininas) que actúan como reguladores de crecimiento, gran capacidad de intercambio catiónico ( $72.9 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$  de suelo), ácidos fúlvicos y húmicos (14 – 30 % y 2.5 – 5.3 %, respectivamente), gran capacidad de retención de humedad (40 %), y una porosidad elevada que facilita la aireación y el drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Karsten y Drake, 1995; Buck *et al.*, 1999; Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a; Bansal y Kapoor, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Pereira y Arruda, 2003).

Debido a las propiedades que presenta el VC tiene gran potencial para usarse como medio de crecimiento para el desarrollo de diversas especies vegetales (Atiyeh *et al.*, 2002). Cuando el VC se ha utilizado como abono orgánico ha provocado efectos significativos sobre el desarrollo de cultivos hortícolas, almácigos y plantas ornamentales, en invernaderos y bajo condiciones de campo, e.g., tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimiento verde (*Capsicum annuum*), frambuesa (*Rubus idaeus*), maravillas (*Calendula officinalis* L.), lechuga (*Lactuca sativa*), fresas (*Fragaria vesca* L.), y algodón (*Gossypium hirsutum*), (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000b; Brown *et al.*, 2000; Cracogna *et al.*, 2001).

Atiyeh *et al.* (2000b) determinaron que, con la sustitución del medio de crecimiento comercial Metro – Mix 360 con 20 % de VC de estiércol de cerdo, no sólo se mejoró el crecimiento de las plántulas de tomate en invernadero, sino que también se logró incrementar significativamente su rendimiento obteniéndose una producción de  $5.1 \text{ kg planta}^{-1}$ . Este valor fue 58 % más alto que el rendimiento generado en las macetas testigo con Metro – Mix 360 sin VC.

Una tendencia consistente en ensayos en los que se evaluó el crecimiento de diversas especies vegetales en macetas, ha sido que el desarrollo más adecuado se presentó cuando el VC constituye de 10 a 20 % del volumen del sustrato de crecimiento, ya que con una mayor proporción del material, no siempre se logró mejorar el crecimiento de las plantas. En algunos casos, aún con tan sólo el 5 % del VC en la mezcla utilizada, se obtuvieron respuestas significativas en el desarrollo de las especies vegetales (Subler *et al.*, 1998). Por su parte, Atiyeh *et al.* (2000b) concluyeron que los medios de crecimiento que

contenían mezcla del VC y sustratos comerciales, e.g., Metro-Mix 360, generaron efectos significativos sobre el crecimiento del tomate desarrollado en macetas con 100 % de VC, ya que este material tiende a secarse más rápido que las diferentes mezclas, por lo tanto dichas mezclas se consideraron como un magnifico medio de crecimiento para las plantas. Sin embargo, Subler *et al.* (1998) han establecido que la información disponible, acerca de las respuestas de las plantas a la aplicación del VC, a los suelos o los medios de crecimiento, es todavía escasa y por lo tanto es necesario evaluar el efecto de este abono orgánico sobre el desarrollo de las especies vegetales.

Lo señalado anteriormente permite suponer que las necesidades nutritivas de las especies vegetales se pueden satisfacer con el empleo de sustratos de origen orgánico, solos o mezclados. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de mezclas de vermicomposta y arena, a diferentes niveles de composición, sobre el rendimiento y calidad de dos genotipos de tomate en invernadero.

### Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en Torreón, Coah., México, localizada a 25° 05' N y 101° 40' O, con una precipitación media anual de 235 mm, temperatura media

protege con mallasombra (60 %) durante las estaciones más calurosas del año.

Para el experimento se utilizaron semillas de los genotipos comerciales Andre y Adela de tomate "bola" (*Lycopersicon esculentum* Mill.): cuyo hábito de crecimiento es indeterminado y con larga vida de anaquel. La siembra se realizó, el 25 de junio de 2002, en una bandeja de poliestireno de 200 cavidades, con Peat moss como sustrato (Atiyeh *et al.*, 2000b). La bandeja se colocó dentro del invernadero y se aplicó un riego con agua de la llave, cada tres días, hasta el momento del transplante. Éste se realizó cuando las plántulas alcanzaron 15 cm de altura, en promedio, colocando una plántula por maceta. Como macetas se utilizaron bolsas de plástico negro calibre 500 de 25 kg. Las macetas fueron colocadas dentro del invernadero, en una fila a doble hilera, con arreglo topológico a tresbolillo, y a una distancia de 30 cm entre plantas.

Como sustratos de crecimiento se evaluaron cuatro mezclas de VC:AR. El VC empleado en el experimento se preparó a partir de la homogenización de dos tipos de VC (Cuadro 1) derivados de la biotransformación de las lombrices *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al.*, 2000b; Ndegwa *et al.*, 2000) sobre dos diferentes residuos orgánicos – estiércol de caballo, y estiércol de cabra con paja de alfalfa – durante un período de 90 días, como lo sugieren Bansal y Kapoor (2000). La arena de río (AR) utilizada en las mezclas fue esterilizada con bromuro de metilo (CH<sub>3</sub>Br),

**Cuadro 1.** Características químicas de vermicomposta utilizado como sustrato de crecimiento para el desarrollo de genotipos de tomate Andre y Adela bajo condiciones de invernadero.

| Vermicompostas | MO (%) | NT (%) | P ppm    | Cu (mg L <sup>-1</sup> ) | Fe (mg L <sup>-1</sup> ) | Zn (mg L <sup>-1</sup> ) | Mn (mg L <sup>-1</sup> ) | Ca (meq L <sup>-1</sup> ) | Mg (meq L <sup>-1</sup> ) | Na (meq L <sup>-1</sup> ) |
|----------------|--------|--------|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| VCEc           | 24.74  | 0.948  | 2 229.72 | 1.82                     | 26.0                     | 12.0                     | 21.2                     | 14.67                     | 0.84                      | 8.43                      |
| VCEcaPa        | 15.25  | 0.828  | 945.73   | 1.42                     | 15.0                     | 7.8                      | 24.4                     | 11.17                     | 1.24                      | 25.78                     |
| VPVC           | 20.00  | 0.89   | 4121.18  | 1.62                     | 20.5                     | 9.9                      | 22.8                     | 12.92                     | 1.04                      | 17.11                     |

VC = Vermicomposta; Ec = estiércol de caballo; EcaPa = Estiércol de cabra mas paja de alfalfa; VP = valores promedio del VC empleado preparado de la combinación de los vermicomposta; MO: Materia orgánica (Walkley Black), NT= Nitrógeno Total (Kjeldahl), P (Olsen modificado), Cu, Fe, Zn y Mn (extracción con DTPA y determinación por Absorción atómica, Perkín – Elmer 2380), Ca, Mg y Na (extracto de suelo a saturación y determinación por Absorción atómica, Perkín – Elmer 2380).

anual de 18.6 °C y una altitud de 1,139 (Schmidt, 1989).

El invernadero es semicircular, tiene cubierta de acrílico reforzado, esta acondicionado con pared húmeda, dos extractores, sistema de riego por goteo, y piso de grava; sus dimensiones son de 8 x 23 m. El invernadero cuenta con ventanas laterales con una altura de 1.20 m, que se cubren con el mismo acrílico reforzado, el cual se puede enrollar. Las ventanas están protegidas permanentemente con malla antiáfidos. Además, la cubierta de acrílico se

aplicando 0.454 kg por cada 3 m<sup>3</sup> de arena. Con los dos genotipos y las mezclas de VC:AR, se generaron ocho tratamientos (Cuadro 2), que se compararon entre si.

Para satisfacer la demanda hídrica de ambos genotipos, y dependiendo de las condiciones climáticas que prevalecieron dentro del invernadero, durante su desarrollo, se aplicaron de cuatro a cinco riegos maceta<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup>, con una duración de 2 min cada uno, empleando agua de la llave y un sistema computarizado de riego por goteo, tipo

espagueti.

Al iniciar la etapa de floración, se realizó la polinización diariamente, utilizando un cepillo dental eléctrico, el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de tres segundos. Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares para promover el desarrollo del cultivo a un solo tallo. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm, el tallo principal fue tutorado con rafia: esta actividad permitió mantener la planta erguida y además evitó que las hojas y los frutos tocaran el suelo.

**Cuadro 2.** Arreglo de tratamientos para la evaluación del efecto de mezclas de vermicomposta y arena de río, empleadas como sustrato de crecimiento para el desarrollo de genotipos de tomate Andre y Adela, bajo condiciones de invernadero.

| Tratamiento | Genotipo | Vermicomposta<br>(% en peso) | Arena de río |
|-------------|----------|------------------------------|--------------|
| T1          | Andre    | 12.5                         | 87.5         |
| T2          | Andre    | 25.0                         | 75.0         |
| T3          | Andre    | 37.5                         | 62.5         |
| T4          | Andre    | 50.0                         | 50.0         |
| T5          | Adela    | 12.5                         | 87.5         |
| T6          | Adela    | 25.0                         | 75.0         |
| T7          | Adela    | 37.5                         | 62.5         |
| T8          | Adela    | 50.0                         | 50.0         |

Durante la etapa de fructificación, al momento en que los primeros racimos alcanzaron el tono de punto rosado, se eliminaron las hojas que quedaron por debajo de éstos, con el propósito de facilitar la aireación y mejorar la coloración de los frutos. La cosecha se realizó una vez por semana, cuando los frutos presentaron un color rosado, y hasta que logró su maduración el octavo racimo.

Para combatir las plagas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo se utilizaron los siguientes productos: 1-(6-cloro-3-piridinil metil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidene-amina (Confidor®) en una dosis de 1 L ha<sup>-1</sup> para controlar la mosquita blanca (*Bemisia argentifolli*); se asperjó azufre al follaje, en una dosis de 2 L ha<sup>-1</sup> para el ácaro *Aculops lycopersici*, y el minador de la hoja (*Liriomyza spp.*) se combatió eliminando manualmente las hojas dañadas.

Las variables estudiadas fueron: diámetros polar y ecuatorial (DP y DE), número de lóculos (NL), espesor de pulpa (EP), sólidos solubles (SS), peso de frutos (PF) y rendimiento (R). Para determinar el efecto de los tratamientos, sobre el desarrollo de los genotipos de tomate,

se utilizó un diseño de bloques al azar; cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los datos de cada una de las variables evaluadas se analizaron estadísticamente por un análisis de varianza (ANDEVA), y para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS, 5%) ambos análisis se realizaron con apoyo del Programa SAS para Windows V 6.12 (SAS, 1998).

## Resultados y Discusión

En términos generales, los resultados obtenidos, con las mezclas de VC:AR, concuerdan con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a; 2000b; 2001), quienes destacan que el VC favorece el desarrollo de los cultivos en invernadero, cuando se utiliza como sustrato de crecimiento. El valor promedio de las características químicas del VC utilizado se presenta en el Cuadro 1 y, por los resultados obtenidos, se puede suponer que las necesidades nutritivas del tomate fueron satisfechas con los diferentes porcentajes de VC empleados en el presente estudio, al permitir el desarrollo completo de su ciclo fenológico, sin tener la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos. En el mismo sentido, el destacar que el cultivo del tomate se desarrolló favorablemente en diversos niveles de VC coincide con lo señalado por Riggle (1998) y Manjarrez-Martínez *et al.* (1999) quienes determinaron que las necesidades nutritivas de diversas especies vegetales se pueden satisfacer adecuadamente cuando se utiliza el VC como sustrato de crecimiento bajo condiciones de invernadero.

Derivado del ANDEVA (Cuadro 3) se determinó que cuatro de las variables evaluadas a los frutos de tomate: PF, DE, DP y SS (°Brix) presentaron diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ), mientras que la variable NL presentó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Por su parte, las variables R y EP resultaron no significativas. Los resultados obtenidos con las mezclas de VC:AR utilizadas en el presente ensayo, fueron similares a los reportados por Atiyeh *et al.* (2000a; 2001), quienes utilizaron mezclas de un medio de crecimiento comercial (Metro-Mix 360) con VC, preparado a partir de estiércol de cerdo, para evaluar el comportamiento del tomate. El haber obtenido respuestas significativas en las variables: NL, SS, DE DP y PF, para el cultivo de tomate, debido a la aplicación del VC, bajo las condiciones en la que se desarrolló el presente trabajo, permite establecer, de manera similar a lo señalado por Manjarrez-Martínez *et al.* (1999), que las características químicas de este material (Cuadro 1) pueden sustituir el uso de fertilizantes sintéticos.

Con la prueba de comparación de medias (Cuadro 4) se determinó que las variables evaluadas - NL, SS, DE y DP - para el genotipo Andre en el tratamiento T3 superaron

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para las variables evaluadas en genotipos de tomate Andre y Adela, cultivados en mezclas de vermicomposta y arena de río, bajo condiciones de invernadero.

| FV          | GI | DE     | SS (°Brix) | EP                  | NL    | DP     | PF         | R                     |
|-------------|----|--------|------------|---------------------|-------|--------|------------|-----------------------|
| Tratamiento | 7  | 4.40** | 2.94**     | 0.062 <sup>NS</sup> | 2.3*  | 4.08** | 28321.22** | 3899.43 <sup>NS</sup> |
| Error       | 24 | 0.90   | 0.75       | 0.15                | 0.95  | 0.50   | 4855.13    | 2650.77               |
| Total       | 31 |        |            |                     |       |        |            |                       |
| CV (%)      |    | 13.49  | 15.07      | 41.97               | 21.10 | 11.38  | 37.99      | 51.32                 |

FV = fuente de variación; GI = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; DE = diámetro ecuatorial; SS = sólidos solubles; EP = espesor de pulpa; NL = número de lóculos; DP = diámetro polar; PF = peso de los frutos; y R = rendimiento; \*\*, \* = diferencia significativa (P d<sup>o</sup> 0.01 y P d<sup>o</sup> 0.05 respectivamente) y NS = No significativo.

a los valores promedio de las variables del resto de los tratamientos. Con respecto al NL el tratamiento T3 generó un efecto estadísticamente igual al provocado por el tratamiento T7 asumiéndose, para esta variable, que ambas mezclas provocaron un efecto similar en los genotipos evaluados. Un comportamiento similar se observó para la variable DE entre los tratamientos T2 y T3, y para la variable DE entre los tratamientos T1, T2 y T3.

**Cuadro 4.** Efecto de mezclas de vermicomposta y arena de río, a diferentes niveles de composición, sobre variables de calidad de frutos de dos genotipos de tomate, cultivados en invernadero.

| Tratamiento | NL     | SS (°Brix) | DE (cm) | DP (cm) |
|-------------|--------|------------|---------|---------|
| T1          | 4.7 b  | 5.64 b     | 6.9 b   | 6.4 a   |
| T2          | 4.5 b  | 5.76 b     | 7.6 a   | 6.9 a   |
| T3          | 5 a    | 6.21 a     | 7.5 a   | 6.5 a   |
| T4          | 4.7 b  | 5.44 c     | 6.9 b   | 6.3 ab  |
| T5          | 4.4 c  | 5.34 c     | 6.9 b   | 6.0 c   |
| T6          | 4.1 d  | 5.87 ab    | 6.4 b   | 5.8 d   |
| T7          | 4.9 a  | 5.95 ab    | 6.9 b   | 5.8 cd  |
| T8          | 4.4 cd | 5.55 b     | 6.7 b   | 6.2 bc  |

NL = número de lóculos; SS = sólidos solubles (°Brix = grados Brix); DE = diámetro ecuatorial; DP = diámetro polar.

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba DMS (5 %).

Un resultado que se debe destacar ampliamente es el contenido de SS (°Brix) en los frutos de tomate, ya que los valores promedio que presentó esta variable, en todas las mezclas VC:AR, para ambos genotipos, registraron valores iguales o superiores al intervalo de 4.4 a 5.5 °Brix que Diez (1995) ha reportado como los niveles óptimos,

que deben contener los frutos de tomate utilizados para consumo en fresco o procesado, de manera especial se resalta el contenido de sólidos solubles del T3 con 6.21 °Brix, pues este valor superó en 25.5% al valor promedio óptimo establecido por Diez (1995).

Para la variable PF (P d<sup>o</sup>0.01) Cuadro 3, el análisis de varianza también determinó una respuesta altamente significativa (P d<sup>o</sup>0.01) para la interacción cultivar x mezcla VC:AR (Cuadro 5). Con la prueba DMS (5 %) aplicada a esta interacción (Cuadro 6) se determinó que la respuesta más favorable para el desarrollo del tomate, en invernadero, se presentó para el cultivar Andre utilizando los niveles de la mezcla VC:AR de los tratamientos T2 y T3 (25 %:75 % y 37.5 %:62.5 % respectivamente); estos niveles de VC resultaron ligeramente superiores a los niveles empleados por Subler *et al.* (1998) cuya mejor respuesta, para el desarrollo de las plantas, la obtuvieron al aplicar niveles de VC de 10 a 20 % en volumen. Igualmente, los niveles de 25 a 37.5 % de VC aplicados también superaron a la dosis de 20 % de VC de estiércol de cerdo que Atiyeh *et al.* (2000b) mezclaron con el medio de crecimiento comercial Metro – Mix 360 para obtener incrementos significativos en el rendimiento del tomate bajo condiciones de invernadero.

También es importante señalar, que los pesos promedio de los frutos del genotipo Andre, en los tratamientos T1, T2 y T3 (Cuadro 6) superaron a los pesos promedio de los frutos del genotipo Adela en 14.15, 38.47 y 33.25 % respectivamente. Mientras que el PF de ambos genotipos para la mezcla VC:AR (50:50) no presentó diferencia significativa. En el mismo sentido es factible señalar que el mayor peso de fruto, al menos para el genotipo Andre, se obtuvo con los niveles más bajos de VC en las mezclas evaluadas, del 12.5 al 37.5 %, condición que confirma lo establecido por Subler *et al.* (1998) quienes han determinado que con proporciones más elevadas de VC no siempre se logra

mejorar el crecimiento de las plantas.

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para genotipos, mezclas, e interacción cultivar x mezclas para la variable peso de fruto de los genotipos de tomate Andre y Adela, cultivados en mezclas de vermicomposta y arena de río, bajo condiciones de invernadero.

| Fuente de variación     | Gl | Cuadrados medios para Peso de fruto |
|-------------------------|----|-------------------------------------|
| Cultivar                | 1  | 82142.26 **                         |
| Mezcla VC:AR            | 3  | 9666.63 NS                          |
| Cultivar x Mezcla VC:AR | 3  | 20765.48 **                         |
| CV (%)                  |    | 37.19                               |

\*\* = diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) y NS = No significativo.

**Cuadro 6.** Comparación de los valores promedio del peso de fruto Andre y Adela, cultivados en mezclas de vermicomposta y arena de río, bajo condiciones de invernadero, para la interacción genotipos x mezclas.

| Mezcla de VC:AR<br>(% en base a peso) | Genotipo                          |          |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------|
|                                       | Andre<br>(g fruto <sup>-1</sup> ) | Adela    |
| 12.5:87.5                             | 196.3 ab                          | 170.5 ab |
| 25.0:75.0                             | 223.4 a                           | 139.7 b  |
| 37.5:62.5                             | 224.7 a                           | 174.7 a  |
| 50.0:50.0                             | 170.3 b                           | 171.7 ab |

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba DMS (5 %).

### Conclusiones

De los resultados obtenidos es posible concluir que los medios de crecimiento que tradicionalmente se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales, pueden ser sustituidos por mezclas que incluyan diversos niveles de VC y arena; el VC mezclado con arena, en una relación de 25.0:75.0 y 37.5:62.5 (% en base a peso), logró satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, siendo ambas mezclas más favorables para el desarrollo del genotipo Andre. Adicionalmente es posible destacar que la mezcla VC:AR 37.5:62.5 aplicada al genotipo Andre incrementa significativamente la acumulación de sólidos solubles (°Brix), característica de gran importancia para el fruto de tomate si éste se utiliza para consumo en fresco o procesado. Por lo tanto, es posible confirmar que la VC,

cuando se utiliza como sustrato de crecimiento, bajo condiciones de invernadero, puede suministrar los elementos nutritivos que se demandan para el óptimo desarrollo del tomate.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por el financiamiento de este trabajo a través del proyecto: “Desarrollo de especies vegetales en sustratos de vermicomposta bajo condiciones de campo e invernadero”, con clave: 02-03-1502-2867.

### Literatura Citada

- Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman, J. D. Metzger and W. Shuster. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000b. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75(3): 175-180.
- Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour. Technol.* 78(1): 11-20.
- Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresour. Technol.* 84(1): 7-14.
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresour. Technol.* 73(2): 95-98.
- Bravo-Varas, A. 1996. Técnicas y aplicaciones del cultivo de la lombriz roja californiana. (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades. Universidad Yacambu, Barquisimeto, Venezuela 6 p. <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/vravovaras.html> (15 de diciembre de 2001).
- Brown, G.G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36(3): 177-198.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35(1): 23-30.

- Chan, K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity -implications for functioning in soils. *Soil Till. Res.* 57(4): 179-191.
- Cracogna, M. F., M.N. Fogar, D. Rotela, y M.C., Iglesias. 2001. Uso de lombricompuesto e inoculante con *Azospirillum sp*, en el cultivo del zapallo anquito (*Cucurbita moschata* L.) (I). *Ciencia & Técnica. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Ciencias Agrarias* No. 045, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. 4 p. <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/cyt.htm> (1 de julio de 2003).
- Diez, J. M. 1995. Tipos varietales. pp. 95 – 129. *In:* F. Nuez (Ed.). *El cultivo del tomate*. Editorial Mundi-Prensa, México.
- Edwards, C. and Steele, J. 1997. Using earthworm systems. *Biocycle* 38(7): 63-64.
- Hansen, B., H.F. Alrøe, and E.S. Kristensen. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ* 83(1): 11-26.
- Karsten, G.R., and H.L. Drake. 1995. Comparative assessment of the aerobic and anaerobic microfloras of earthworm guts and forest soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 61(3): 1039–1044.
- Manjarrez-Martínez, M.J., R. Ferrera-Cerrato, and M.C. González-Chávez. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17(1): 9-15.
- Ndegwa, P. M., S. A. Thompson, and K.C. Dass. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71(1): 5-12.
- Pereira, M.G. and Arruda, M.A.Z., 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material: characterization and potentialities for cadmium adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.* 14(1): 39-47.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *BioCycle* 5(May):54-56.
- Robledo, T. 2002. Producción de hortalizas en invernadero con enfoque orgánico. pp 47-48. *In:* Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Torreón, Coah., México.
- Schmidt, R. H., Jr. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16: 241-256.
- SAS (Statistical Analysis System for Windows). 1998. Version 6.12 Cary, N.C. USA.
- Subler, S., Edwards, C., and Metzger, J. 1998. Comparing Vermicomposts And Composts. ***BioCycle*. 39(7): 63-66.**
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R. y Almaraz-Suárez, J. J., 2003. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum* brasilense en tomate de cáscara. *Terra*. 19(3): 241-248.
-