

# Utilización de vermicomposta en invernadero para producir tomate y controlar *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Luis Fernando Ceja Torres<sup>✉</sup>, Rebeca Flores Magallón y Gilberto Vázquez Gálvez

## Instituto Politécnico Nacional.

CIIDIR-Unidad Michoacán. Justo Sierra No 28. C.P. 59510. Jiquilpan, Michoacán.

✉ lfceja@ipn.mx

Citar

## Resumen

Se evaluaron dos vermicompostas, una obtenida a partir del contenido ruminal de bovino y la otra de gallinaza, así como un estiércol de ganado vacuno para producir tomate variedad Sun 7705 y determinar su efecto sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol). Los sustratos fueron mezclados individualmente con arena de tezontle en proporción 50/50 % y puestos en bolsas de plástico negro de 5 l de capacidad y un testigo absoluto con arena de tezontle al 100 %, con y sin inóculo del hongo; todos ellos conformaron ocho tratamientos que se estudiaron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental constó de cuatro plantas por tratamiento. Las variables evaluadas

en el cultivo de tomate, mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). La mejor producción se obtuvo con vermicomposta de gallinaza, superando 56 % a la de rumen y 64 % al estiércol de ganado vacuno ( $p \leq 0.05$ ). La altura ( $r=0.87$ ) y el peso seco de la planta ( $r=0.82$ ) se correlacionaron con la mayor producción de tomate. En la vermicomposta de gallinaza disminuyó la densidad de inóculo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* entre 62 a 95 %, con respecto a la arena.

**Palabras clave:** biofertilizante, control, fitopatógenos.

## Abstract

Two vermicomposts were evaluated –one obtained from bovine rumen contents, another from chicken-manure, as well as a third, based on dairy cattle manure– to assess their effect on Sun 7705 variety tomato production, and on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol). The substrates were individually mixed with tezontle sand at a ratio of 50/50 and then placed in 5-L, black plastic bags. Also, an absolute witness was made with tezontle sand at 100 %, with and without the inoculum of the fungus. Together they formed

8 treatments that were studied in a completely randomized experimental design with four replications. Each experimental unit consisted of four plants per treatment. The variables evaluated in tomato cultivation showed significant between-treatment differences ( $p \leq 0.05$ ). The highest production was obtained with the chicken manure vermicompost, which exceeded the rumen by 56 %, and surpassed the dairy cattle manure by 64 % ( $p \leq 0.05$ ). Both height ( $r=0.87$ ) and dry plant weight ( $r=0.82$ ) correlated with the in-

crease in tomato production. In the chicken manure vermicompost, the density of the inoculum of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* decreased by 62-to-95 % with respect to the tezontle sand witness.

**Keywords:** biofertilizer, control, plant pathogens.

## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L. (= *Lycopersicon esculentum* Mill.)) es una de las hortalizas importantes en México; en 2009 la superficie sembrada fue de 53 mil 500 ha, de las cuales 15 mil se establecieron en Sinaloa y 5 mil has en Michoacán y esa es la razón por la que se le considere como el segundo productor a escala nacional (SIAP 2010). En nuestro país, este cultivo es también el principal en invernadero (Steta 2004). Bajo este sistema de producción, se utiliza gran variedad de sustratos comerciales; sin embargo desde el punto de vista sustentable, se deben considerar aquellos que aportan macro y micro nutrimentos en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades nutritivas del cultivo.

La vermicomposta se utiliza como sustrato orgánico para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, pero se han realizado estudios que indican que tienen una doble función, la cual se asocia con el control de enfermedades. Los efectos más importantes se relacionan con la reducción de la incidencia y severidad de enfermedades radicales, a causa de que incrementan las poblaciones de los hiperparásitos y microorganismos antagonistas que producen enzimas y metabolitos tóxicos que impiden la proliferación de organismos patógenos, entre los que se encuentran los hongos y los nematodos. Esto redundaría en las plantas, pues produce mejoras importantes en su aspecto, sanidad y rendimiento (Gajalakshmi *et al.* 2001; Zavaleta-Mejía *et al.* 2003; Villa-Briones *et al.* 2006). En México los problemas fitosanitarios constituyen la principal limitante del cultivo del tomate en las zonas productoras (Michel-Aceves *et al.* 2008), es por ello que en los últimos años, la superficie dedicada a este cultivo ha disminuido de manera gradual (Carrillo-Fasio *et al.* 2003). Por su importancia,

destacan las enfermedades fungosas y en especial la marchitez ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, el cual causa pudrición radical y lesiones necróticas en el cuello y base del tallo, pero también puede provocar secadera de plántulas en invernadero (Jarvis 1988).

Las vermicompostas obtenidas del proceso de biodegradación del contenido ruminal de bovino, gallinaza y el estiércol de ganado vacuno, se pueden aprovechar como abonos orgánicos y como sustratos para la producción y sanidad de hortalizas como el tomate. Por ello se plantearon los objetivos de valorar desde el punto de vista agronómico diferentes vermicompostas en el cultivo de tomate que se produce bajo invernadero y determinar su efecto en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

## Materiales y métodos

### Biodegradación del contenido ruminal de bovino y gallinaza mediante la técnica de la lombricultura

En el campo experimental del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) IPN Unidad Michoacán, que se ubica en las coordenadas: 19° 59' 57.8" N, 102° 42' 24.14" O, en el municipio de Jiquilpan de Juárez, Michoacán, se construyeron dos camas de 9 m de largo por 1 m de ancho, con una profundidad de 30 cm, delimitadas con ladrillos y cubiertas con plástico, para evitar la migración de las lombrices y mantenerlas a temperatura adecuada.

Se recolectó contenido ruminal del rastro municipal de Sahuayo, Michoacán (20° 03' 40.7" N, 102° 41' 47.17" O); la gallinaza fue tomada de una granja avícola establecida en la localidad de San José de las Moras, municipio de La Barca, Jalisco (20° 19' 39.96" N, 102° 35' 20.70" O). Una vez recolectados los sustratos se depositaron en las camas y se mantuvieron por un lapso de 15 días, humedecidos y aireados con la finalidad de estabilizar la temperatura. Luego se hizo una prueba de sobrevivencia y se inocularon las lombrices (*Eisenia foetida*), las cuales se encargaron de llevar a cabo el proceso de biodegradación; en el caso del contenido ruminal de bovino fue de

45 días, previamente precompostado, más un período de reposo o maduración de un mes. El proceso de biodegradación fue más tardado en el caso de la gallinaza, ya que duró alrededor de 60 días, independientemente del precompostado y del período de maduración. Las vermicompostas estabilizadas mostraron una coloración marrón oscura, con un característico olor a bosque húmedo, su textura fue granulosa y/o esponjosa recién obtenidas (Salazar *et al.* 2003).

### Caracterización física y química de las vermicompostas y el estiércol vacuno

El pH se determinó por la inmersión directa del electrodo de un potenciómetro (Conductronic) calibrado previamente con buffer de pH 4.0 y buffer pH 7.0. La conductividad eléctrica (CE) se hizo mediante el método potenciométrico. La materia orgánica (MO) se determinó mediante el método Walkley & Black. En el caso de macro y microelementos se utilizó absorción atómica, digestión de  $\text{HCNO}_3/\text{HCNO}_3$  y el método Kjeldahl.

Las vermicompostas a partir del contenido ruminal y la gallinaza, además del estiércol de ganado vacuno, mostraron ciertas diferencias en cuanto a las características físicas y químicas; el pH fue de 7.0 en el contenido ruminal, 6.7 en el de gallinaza y de 7.4 en el estiércol vacuno (Cuadro 1); estos valores se encuentran ligeramente altos si se considera que el óptimo para el desarrollo de las plantas de tomate se encuentra entre 5.5 a 6.5; sin embargo, pudo haber modificaciones al mezclarlos con la arena de tezontle (no analizado). La conductividad eléctrica (CE) de los sustratos fue de 1.68 a 2.10, valores cercanos al rango óptimo (0.75-1.99 mS/cm) para un sustrato ideal (Abad *et al.* 2005). Las dos vermicompostas también presentan cantidades adecuadas de materia orgánica (28.3 a 30.6 %) y buen porcentaje de humedad (41.7 %), muy cercano al

óptimo de 40 %. Asimismo, el valor de nitrógeno total fue alto, incluso en el registrado en el estiércol de ganado vacuno (Cuadro 1). Las vermicompostas y el estiércol vacuno presentaron una relación C/N inferior a 20, teniendo valores de 8.2 y 9.3 en la vermicomposta de gallinaza y rumen, respectivamente (Cuadro 1). Todos estos parámetros se encuentran dentro de las especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz de la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007. No se hizo ningún análisis a la arena de tezontle, sin embargo el tamaño de partícula y su proporción puede influir sobre las propiedades físicas (Vargas-Tapia *et al.* 2008), por lo general presenta buena aireación y buen drenaje, baja capacidad de intercambio catiónico y muy poco aporte de nutrientes; un análisis químico de arena obtuvo 0.011 % de N, 0.0005 % P, 0.01 % K, 0.0016 % Mg, 0.004 % Ca, 2.1 mg kg<sup>-1</sup> Fe y 0.90 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (Rodríguez *et al.* 2008).

### Valoración agronómica de los sustratos en el cultivo de tomate var. Sun 7705 bajo invernadero y su efecto en el control de *Fol*

El experimento se desarrolló de agosto de 2008 a marzo de 2009 en un invernadero de 360 m<sup>2</sup> tipo capilla a dos aguas, con cubierta de plástico en la parte superior y malla antiáfida en los laterales, con piso de concreto. A partir de dos vermicompostas, estiércol vacuno y arena de tezontle, se conformaron los tratamientos siguientes: 1) vermicomposta del contenido ruminal de bovino+arena+*Fol*; 2) vermicomposta del contenido ruminal de bovino+arena; 3) vermicomposta de gallinaza+arena+*Fol*; 4) vermicomposta de gallinaza+arena; 5) estiércol de ganado vacuno+arena+*Fol*; 6) estiércol de ganado vacuno+arena; 7) arena+*Fol*; y 8) arena (testigo). En ninguno de los tratamientos se utilizó solución nutritiva. Los sustratos se colocaron en bolsas de 5 l de capacidad en proporción 50/50 %

**Cuadro 1.** Caracterización física y química de las vermicompostas (VC) y el estiércol de ganado vacuno.

Sustratos	pH	CE mS/cm <sup>-1</sup>	MO %	Humedad %	CO* %	C/N %	N %	P %	K %	Mg %	Ca %	Fe %	Zn mg/kg <sup>-1</sup>
VC de rumen	7.04	1.68	28.3	41.7	16.4	9.3	1.8	0.73	0.33	1.66	4.6	0.82	179.3
VC de gallinaza	6.69	2.10	30.6	41.7	17.7	8.2	2.1	0.71	0.56	1.66	5.4	1.26	145.9
Estiércol vacuno	7.39	2.07	27.2	26.5	15.8	11.2	1.4	0.77	0.11	0.55	17.6	0.82	562.4

\*=carbono orgánico.

del volumen; asimismo, los tratamientos que incluyeron *Fol* después de haberlo aislado a partir de material vegetativo enfermo, purificarlo e incrementarlo, se inoculó en una suspensión de  $1 \times 10^6$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ /maceta al momento del transplante.

La valoración agronómica y el efecto de los sustratos sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, se realizó en tomate tipo saladette de la variedad Sun 7705 de crecimiento indeterminado; las plantas fueron guiadas a un solo tallo por eliminación de los brotes axilares y tutoradas con rafia de color negro; la distancia entre plantas fue de 40 cm.

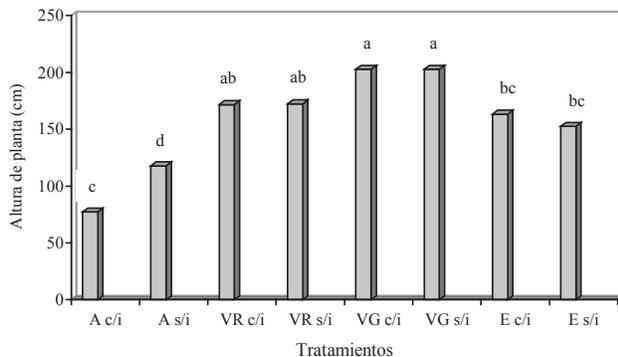
Las variables fueron las siguientes: la altura y el peso seco de la planta se midieron al final del ciclo de cultivo, la producción de fruto de octubre de 2008 a febrero de 2009, y la densidad de inóculo de *Fol* y hongos totales un mes después del transplante y al final del ciclo de cultivo; estos se cuantificaron en el laboratorio de microbiología del CIIDIR IPN Unidad Michoacán, para lo cual se pesaron 10 g del sustrato correspondiente y se transfirieron individualmente a 90 ml de diluyente de peptona; se agitó de manera constante durante cinco minutos y luego se transfirió 1 ml de esta suspensión a 9 ml de diluyente de peptona y así sucesivamente hasta la dilución  $10^{-2}$ , después de agitar en un bortex-genie 2 (modelo G560), se dispersó con una varilla de triángulo 300  $\mu\text{L}$  en cada placa de PDA+ST; enseguida se incubaron por 72 horas a 28 °C y se contabilizaron las colonias.

En el invernadero se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones, la unidad experimental fue de cuatro plantas de tomate. Las correlaciones entre variables en estudio, los análisis de varianza para el diseño utilizado y la comparación de promedios mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se realizaron en computadora con el programa Statistic Analysis System (SAS Institute 1988).

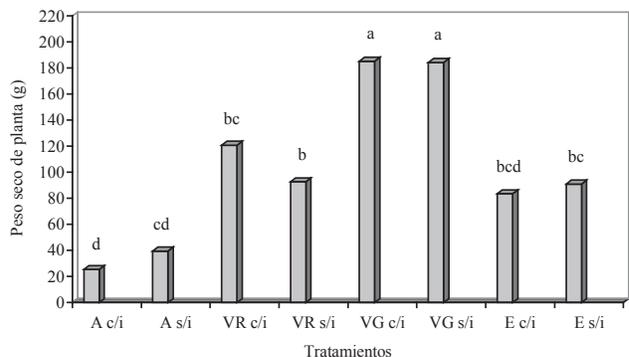
## Resultados y discusión

### Valoración agronómica de las vermicompostas y del estiércol de ganado vacuno en el cultivo de tomate

Las dos vermicompostas indujeron buen crecimiento del cultivo de tomate, las plantas más altas fueron las que se desarrollaron en vermicomposta de gallinaza, con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) respecto al estiércol de ganado vacuno y las plantas crecidas en arena (testigo), estas últimas registraron la menor altura, como se observa en la figura 1. El efecto de estos abonos orgánicos, pudo deberse a que mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio donde se desarrollaron las plantas de tomate, al aumentar la capacidad de retención de agua, la capacidad de intercambio iónico, mejorar la disponibilidad de nutrientes, regular el pH del medio, aumentar la actividad microbiana y favorecer la asimilación de los nutrientes por su lenta liberación (FAO 1983; Verdezoto 1988;



**Figura 1.** Altura promedio de plantas de tomate desarrolladas con vermicomposta de rumen (VR), vermicomposta de gallinaza (VG) estiércol de ganado vacuno (E) y arena de tezontle (A), con inóculo (c/i) y sin inóculo de *Fusarium oxysporum* (s/i). Medias con la misma letra sobre las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

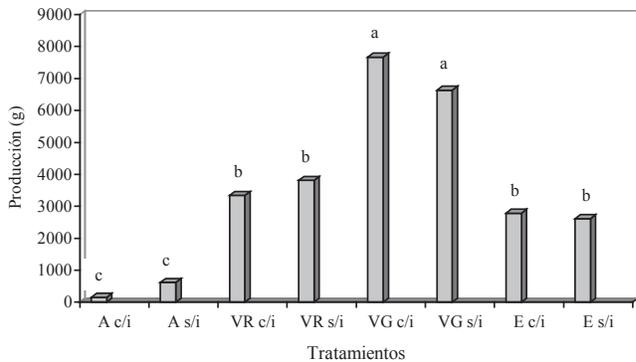


**Figura 2.** Peso seco de plantas de tomate desarrolladas con vermicompostas de rumen (VR), vermicomposta de gallinaza (VG) estiércol de ganado vacuno (E) y arena de tezontle (A), con inóculo (c/i) y sin inóculo de *Fusarium oxysporum* (s/i). Medias con misma letra sobre las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Domínguez 1990). Además, las compostas y las vermicompostas favorecen el desarrollo de cultivos en invernadero por el hecho de que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo (Atiyeh *et al.* 2000b) no así la arena de tezontle por ser un sustrato inerte. En un trabajo realizado por Cobiella *et al.* (1995) con humus de lombriz a partir de estiércol en diferentes concentraciones, se apreció un efecto estimulante en la altura y ancho del follaje en variedades de tomate y pimiento bajo condiciones de campo, lo cual pudo deberse según este investigador, a la estimulación de los procesos fisiológicos de las plantas.

Con relación al peso seco de las plantas, se puede observar en la figura 2, un incremento de éste con la vermicomposta de gallinaza, siendo estadísticamente superior ( $p \leq 0.05$ ) al resto de los tratamientos. Al respecto Velasco *et al.* (2001) infirieron que la disponibilidad de nutrimentos es determinante en la acumulación de la materia seca y señala que una vermicomposta puede aportar al suelo 1.49 % de N total, 6000 mg kg<sup>-1</sup> de P, 12 000 mg kg<sup>-1</sup> de K total y cantidades considerables de otros elementos. En este estudio, la vermicomposta de gallinaza mostró mayor cantidad de N, K, Mg y Fe, con respecto a la vermicomposta de rumen y el estiércol vacuno (Cuadro 1). Resultados similares a los encontrados en este trabajo fueron reportados por Atiyeh *et al.* (2000a), quienes indicaron que las vermicompostas han incrementado el crecimiento y desarrollo en diversos cultivos y por ende su peso seco, debido quizás a que las lombrices incrementan la maduración de los residuos orgánicos. Otros resultados reportados por Manjarrez-Martínez *et al.* (1999), indicaron un comportamiento equivalente en el peso seco del follaje, entre plantas de chile serrano tratadas con vermicomposta a partir de pulpa de café y suelo como testigo.

El mejor rendimiento de fruto tipo saladette variedad Sun 7705 se obtuvo con la vermicomposta de gallinaza ( $p \leq 0.05$ ), que superó en 56 % al de rumen con inóculo y 64 % al estiércol de ganado vacuno inoculado con *Fol*. Como se puede ver en la figura 3, la producción de frutos con la vermicomposta de gallinaza fue mayor hasta un 98 % con respecto a la obtenida en arena de te-



**Figura 3.** Producción total de tomate por parcela útil con vermicompostas de rumen (VR), vermicomposta de gallinaza (VG) estiércol de ganado vacuno (E) y arena de tezontle (A), con inóculo (c/i) y sin inóculo de *Fusarium oxysporum* (s/i). Medias con misma letra sobre las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

zontle inoculado con el hongo y sin fertilización química; lo cual puede estar relacionado con el mayor aporte de nutrientes por parte de la gallinaza y el mayor contenido de materia orgánica (Cuadro 1). Los resultados obtenidos con este sustrato, pueden compararse con los rendimientos en el número de frutos de tomate que se obtuvieron con mezclas de arena en proporciones de 50/50 (porcentaje en peso) con vermicompostas preparadas a partir de estiércol de caballo, estiércol de caballo más estiércol de cabra con paja de alfalfa, estiércol de cabra con paja de alfalfa, y estiércol de cabra con paja de alfalfa+pasto y hojas de jardín (Moreno *et al.* 2005). Otro estudio en el cultivo de tomate var. Adela y André, hecho por Moreno *et al.* (2008), señalaron que la fertilización a través de la solución nutritiva, puede ser sustituida con la aplicación de un determinado tipo de vermicomposta mezclada con arena con proporción de 50/50 % en base peso, y que mejora también el diámetro ecuatorial (7.5 cm) y el peso del fruto (225 g). Moreno *et al.* (2012) también concluyeron que los sustratos que incluyen vermicomposta sin fertilizantes sintéticos, desarrollaron completamente el cultivo de tomate, sin mostrar síntomas aparentes de deficiencias y sin afectar la calidad del fruto.

La altura ( $r=0.87$ ) y el peso seco de la planta ( $r=0.82$ ) se correlacionaron con la mayor producción de tomate (Cuadro 2). Esto puede deberse a una mayor área foliar en plantas más desarrolladas y en consecuencia una mayor intersección de luz (Hernández-Santiago *et al.* 2005), aunado a lo anterior las plantas menos desarrolladas pu-

**Cuadro 2.** Matriz de correlación de Pearson y nivel de significancia de variables agronómicas.

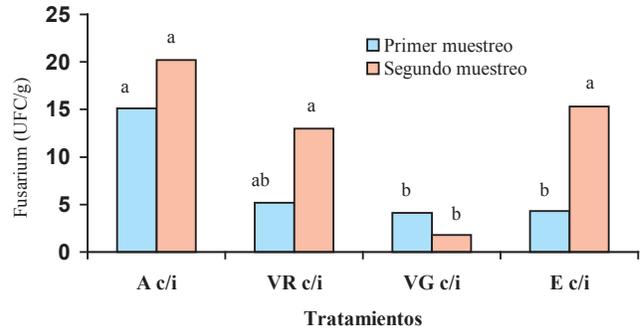
	Altura de planta	Producción	Peso seco
Altura de planta	±.00000	0.87405 <0.0001	0.76654 0.0005
Producción		±.00000	0.82140 <0.0001
Peso seco			±.00000

dieron tener un mayor efecto de sombreado, ya que todos los tratamientos se colocaron a la misma distancia (40 cm entre plantas). Al respecto Manjarrez-Martínez *et al.* (1999), anotaron que en el cultivo de chile serrano la tasa fotosintética aumentó conforme la dosis de vermicomposta y que la producción de frutos de esta hortaliza fue favorecida.

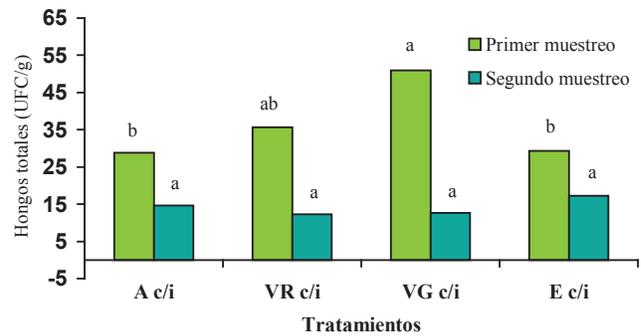
**Efecto de las vermicompostas en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici***

En la figura 4 se pueden observar diferencias significativas en la incidencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* ( $p \leq 0.05$ ) en los diferentes tratamientos evaluados. En el primer muestreo (un mes después de la inoculación del hongo), la mayor incidencia de éste se presentó en la arena, siendo de 66 a 73 % superior a la densidad de inóculo encontrada en las vermicompostas de rumen y gallinaza respectivamente. Estos sustratos orgánicos tienen efectos importantes sobre el crecimiento y el rendimiento de las especies vegetales, debido en parte, a que han sido usadas de manera exitosa para suprimir fitopatógenos del suelo y a la gran capacidad que tienen para mantener las plantas sanas (Harry y Hoitink 1986). La mayor densidad de inóculo del hongo en arena pudo deberse a que este sustrato es inerte, por lo que *Fol* no tuvo competencia para establecerse con éxito.

Para el segundo muestreo (al final del ciclo de cultivo), la tendencia de los niveles de inóculo de *Fol* fueron a la alza. En el sustrato de arena se incrementó de 15.1 a 20.2 UFC  $\times 10^2$ , en la vermicomposta de rumen de 5.2 a 13.0 UFC  $\times 10^2$ , en el estiércol vacuno de 4.3 a 15.3 UFC  $\times 10^2$ , en la única que disminuyó fue en la vermicomposta de gallinaza de 4.1 a 1.8 UFC  $\times 10^2$  (Figura 4). La disminución de la densidad de inóculo en éste



**Figura 4.** Densidad de inóculo ( $1 \times 10^2$ ) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en tomate. Letras iguales en cada muestreo, no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 5.** Densidad de inóculo ( $1 \times 10^2$ ) de hongos totales en tomate. Letras iguales en cada muestreo, no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

tratamiento, pudo ser resultado del incremento de microorganismos, debido a que las vermicompostas inducen el desarrollo de hongos y bacterias antagónicas a patógenos de la raíz (Jacobo *et al.* 1990), ya que si comparamos el patrón de comportamiento de hongos totales, según la figura 5, con el de *Fol* en la figura 4, se puede observar que en los tratamientos orgánicos existe menor cantidad de propágulos de este hongo y es precisamente donde hubo mayor cantidad de colonias de hongos totales.

En la figura 5 se ve que es mayor la cantidad de hongos totales en la vermicomposta de gallinaza, con diferencias significativas con respecto a los sustratos a base de estiércol de ganado vacuno y arena, los cuales presentaron valores similares en la cantidad de hongos totales. Las dos vermicompostas pudieron haber sido relevantes en la disminución del nivel de inóculo de *Fol*, ya que éstos pueden prevenir y controlar la presencia y severidad de las enfermedades del suelo, basando su acción en el incremento de la

capacidad biológica del sustrato para amortiguar los patógenos; en la reducción del número de patógenos por la competencia que se establece con los microorganismos no patógenos del sustrato; en el aumento del contenido de nitrógeno amoniacal en el proceso de mineralización del abono orgánico, y en el incremento de la capacidad de los hospedantes para provocar rechazo hacia los patógenos (Trinidad 1987). Sin embargo, para el segundo muestreo, la densidad de hongos totales disminuyó entre 66 a 76 % en las vermicompostas (Figura 5).

La incorporación de mejoradores orgánicos al suelo, permite incrementar la producción de los cultivos a causa de los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren en el suelo y que benefician el desarrollo de la planta. Dentro de ellos la vermicomposta se considera como el mejor abono orgánico que existe (Compagnoni 1983; Martínez y Gómez 1995), y su incorporación al suelo dio lugar a la reducción del impacto de varios fitopatógenos que infectan a través de las raíces (Szczecz et al. 1993; Pereira et al. 1996a, 1996b; Orlikowski & Skrzypczak 1997). Villa-Briones et al. (2006), en un estudio donde incorporaron vermicomposta para controlar *Nacobbus aberrans* en tomate bajo condiciones de invernadero, se redujo significativamente ( $p \leq 0.05$ ) 50 % el índice de agallamiento radical en esta hortaliza; también se incrementó significativamente el peso seco del follaje 1.9 veces más.

## Conclusiones

Las vermicompostas que se utilizaron en esta investigación, favorecieron el desarrollo vegetativo y productivo del tomate bajo condiciones de invernadero, lo que se atribuyó a sus contenidos nutritivos y a sus características físicas y químicas; obteniéndose una mayor altura y peso seco de las plantas, así como el mejor rendimiento, con la vermicomposta de gallinaza. En este sustrato disminuyó la densidad de inóculo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. ❖

## Literatura citada

- ABAD, E., K.MARTÍNEZ, C. PLANAS, J. PALACIOS, J. CAIXACH & J. RIVERA. 2005. Priority organic pollutant assessment of sludges for agricultural purposes. *Chemosphere* 61: 1358–1369.
- ATIYEH, R.M., J. DOMÍNGUEZ, S. SUBLER & C.A. EDWARDS. 2000A. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiology* 44: 709–724.
- ATIYEH, R.M., N. ARANCON, C.A. EDWARDS & J.D. METZGER. 2000B. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175–180.
- CARRILLO-FASIO, J.A., T.J. MONTOYA-RODRÍGUEZ, R.S. GARCÍA-ESTRADA, J.E. CRUZ-ORTEGA, I. MÁRQUEZ-ZEQUERA & A.J. SAÑUDO-BARAJAS. 2003. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 123–127.
- COBIELLA, R., P. DE LA ROSA & M. GOLACHEA. 1995. Aplicación de humus foliar como alternativa en la producción de hortalizas. Taller Nacional sobre Desertificación. CISS 27. Guantánamo, Cuba.
- COMPAGNONI, L. 1983. *Cría moderna de las lombrices. El abono más económico, rentable y eficaz*. Editorial de Vecchi, Barcelona, España. 127 pp.
- DOMÍNGUEZ, A. 1990. *El abonado de los cultivos*. Ediciones Mundi Prensa, España. 39 pp.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1983. Uso eficaz de fertilizantes en las zonas con precipitaciones de verano. *Boletín* 11: 39.
- GAJALAKSHMI, S., E.U. RAMASAMI & S.A. ABBASI. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Biores Technology* 76: 177–181.
- HARRY, A. & H.J. HOITINK. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. *Annual Review of Phytopathology* 24: 93–114.
- HERNÁNDEZ-SANTIAGO, Q., F. SÁNCHEZ-DEL CASTILLO, A. PEÑA-LOMELÍ & D. MONTALVO-HERNÁNDEZ. 2005. Sustratos y frecuencias de riego para la producción de jitomate en hileras a diferente altura. *Terra Latinoamericana* 23: 341–349.
- JACOBO, C.J.L., O.D. TÉLIZ, E.R. GARCÍA, G.M.P. RODRÍGUEZ, Q.C. VÁZQUEZ & M.A. CASTILLO. 1990. Manejo de estiércol vacuno para reducir la inci-

- dencia de *P. cinnamomi* en árboles de aguacate. *Revista Mexicana de Fitopatología* 8: 126–131.
- JARVIS, W.R. 1988. *Fusarium* crown and root of tomatoes. *Phytoprotection* 69: 49–64.
- MANJARREZ-MARTÍNEZ, M.J., R. FERRERA-CERRATO & M.C. GONZÁLEZ-CHÁVEZ. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética del chile serrano. *Terra Latinoamericana* 17(1): 9–15.
- MARTÍNEZ, S.D. & Z.J. GÓMEZ. 1995. Uso de lombricompuestos en la producción comercial del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Acta Agronómica Colombiana* 45: 79–84.
- MICHEL-ACEVES, A.C., M.A. OTERO-SÁNCHEZ, R.D. MARTÍNEZ-ROJERO, R. ARIZA-FLORES, A. BARRIOS-AYALA & A. REBOLLEDO-MARTÍNEZ. 2008. Control biológico in vitro de enfermedades fungosas en tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12(3): 55–68.
- MORENO, R.A., T. ZARATE & P.M.T. VALDÉS. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65: 27–34.
- MORENO, R.A., F.L. GÓMEZ, R.P. CANO, C.V. MARTÍNEZ, C.J.L. REYES, M.J.L. PUENTE & D.N. RODRÍGUEZ. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost : arena en invernadero. *Terra Latinoamericana* 26: 103–109.
- MORENO, R.A., A.F.J. LÓPEZ, V.U. FIGUEROA, D.N. RODRÍGUEZ, A.J. VÁSQUEZ, C.J.L. REYES, R.P. CANO & V.M.H. REYES. 2012. Tomato production in sand: vermicompost mixtures compared with sand and nutritive solution. *Journal of Agricultural Science and Review* 1(1): 19–26.
- ORLIKOWSKI, L.B. & C. SKRZYPCZAC. 1997. Calcium, antifug and keratin bark urea extract in the control of *Fusarium* wilt and *Phytophthora* rot on some plants. *Program Plant Protection* 37: 151–156.
- PEREIRA, J.C.R., G.M. CHAVES, L. ZAMBOLIM, K. MATSUOKA, A.R. SILVA & F.X.R. DO VALE. 1996A. Integrated control of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 21: 254–260.
- PEREIRA, J.C.R., G.M. CHAVES, L. ZAMBOLIM, K. MATSUOKA, A.R. SILVA & F.X.R. DO VALE. 1996B. Control of *Sclerotium cepivorum* by the use vermicompost, solarization, *Trichoderma harzarium* and *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 22: 228–234.
- RODRÍGUEZ, D.N., R.P. CANO, V.U. FIGUEROA, G.A. PALOMO, C.E. FAVELA, R.V.P. ÁLVAREZ, H.C. MÁRQUEZ & R.A. MORENO. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 31(3): 265–272.
- SALAZAR, S.E., H.M. FORTIS, A.A. VÁZQUEZ & V.C. VÁZQUEZ. 2003. Abonos orgánicos y plasticultura. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. 233 pp.
- SAS INSTITUTE. 1988. *SAS User's Guide: Statistics. Release 6.03 Edition*. SAS Institute, Inc. Cary, N.C. U.S.A. 1028 pp.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP) [INTERNET]. 2010 [citado 11 marzo 2010]; Disponible en: <[http://reportes.siap.gob.mx/Agricola\\_siap/ResumenProducto.do](http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do)>.
- STETA, M. 2004. Mexico as the new major player in the vegetable greenhouse industry. *Acta Horticulturae* 659: 31–36.
- SZCZECH, M.W., M.W. RODOMANSKI, U.S. BRZESK & J.F. KOTOWSKI. 1993. Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological, Agriculture and horticulture* 10: 47–52.
- TRINIDAD, S.A. 1987. *El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola*. Serie cuadernos de Edafología. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 102 pp.
- VARGAS-TAPIA, P., J.Z. CASTELLANOS-RAMOS, J.J. MUÑOZ-RAMOS, P. SÁNCHEZ-GARCÍA, L. TIJERINA-CHÁVEZ, R.M. LÓPEZ-ROMERO, C. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ & J.L. OJODEAGUA-ARREDONDO. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34(3): 323–331.
- VELASCO, V.J., L. FERRERA-CERRATO & S.J.J. ALMARAZ. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana* 19(3): 241–248.
- VERDEZOTO, V. 1988. *Caracterización de ocho tipos de abonos orgánicos y su eficiencia relativa a nivel de macetas*. Tesis de Licenciatura. ESPOCH – Riobamba. 67 pp.
- VILLA-BRIONES, A., E. ZAVALA-MEJÍA, M. VARGAS-HERNÁNDEZ, O. GÓMEZ-RODRÍGUEZ & S. RAMÍREZ-ALARCÓN. 2006. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Revista Chapingo, Ser. Horticultura* 14(3): 249–255.

**ZAVALETA-MEJÍA, E. 2003.** *Incorporación de materia orgánica al suelo (modificadores orgánicos)*, pp. 26–37. En: E. Zavaleta-Mejía, M.R.I. Rojas & M.D.L. Ochoa (eds.). *Manejo ecológico de enfermedades*. Colegio de Postgraduados. Instituto de fitosanidad. Montecillo México.