

Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México

Tomás Juan Álvaro Cervantes Vázquez¹
Manuel Fortis Hernández²
Héctor Idilio Trejo Escareño¹
Cirilo Vázquez Vázquez^{1§}
Miguel Ángel Gallegos Robles¹
José Luis García Hernández¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35000. Tel. 01(871) 7118918. (alvaro87tomas@hotmail.com; idilio72@yahoo.com.mx; garoma64@hotmail.com; luis.garher@hotmail.com). ²Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera. Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. CP. 27170. Tel. 01(871) 7507198, 7507199. (mforty05@yahoo.com.mx).

§Autor para correspondencia: cirvaz60@hotmail.com.

Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de la fertilización con estiércol bovino solarizado y vermicompost a diferentes niveles en el cultivo de sandía variedad PEACOCK WR124. Se utilizó un sistema de riego por cintilla. Los factores de estudio fueron el estiércol bovino (FE) y vermicompost (FV) en diferentes niveles. En el caso del FE: 0, 40, 60, 80 t ha⁻¹, fertilización química (FQ) 120-60 y para FV: 0, 3, 6, 9 t ha⁻¹. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas con tres repeticiones. Las variables de suelo estudiadas fueron: conductividad eléctrica, pH, materia orgánica y nitratos en tres profundidades (0 a 15, 15 a 30 y 30 a 45 cm). Se evaluó el rendimiento y sólidos solubles totales en fruto. Los valores mayores de materia orgánica (3.23%) y nitratos (39.71 mg kg⁻¹), se presentaron en la profundidad de 0 a 15 cm, correspondientes al tratamiento de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado y 9 t ha⁻¹ de vermicompost, mostrando un incremento por efecto de la interacción de los abonos orgánicos. Se encontró diferencia estadística significativa en CE y pH del suelo. Los mejores rendimientos se asociaron al tratamiento de vermicompost de 3 t ha⁻¹ con el tratamiento químico, con rendimiento de 32 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Citrullus lanatus* L., estiércol solarizado, riego por cintilla, vermicompost.

Recibido: noviembre de 2017

Aceptado: enero de 2018

Introducción

La Comarca Lagunera se ubica en los límites de Coahuila y Durango, estados del norte de México. Esta región se caracteriza por tener una fuerte actividad económica basada en la producción agropecuaria, principalmente la producción de leche y sus derivados. En la región se tienen más de 500 000 cabezas de ganado lechero. Lo anterior deriva en una generación de más de 1 200 000 t año⁻¹ de estiércol base seca (Salazar-Sosa *et al.*, 2007), lo cual genera un abono orgánico como fuente de nitrógeno orgánico (Helmy y Ramadan, 2009).

Al respecto de los abonos orgánicos, la capacidad productiva y las condiciones físico-químicas de un suelo se ven beneficiadas a largo plazo por el aporte de materia orgánica, gracias al proceso llamado mineralización que transforma a la materia orgánica en nutrientes asimilable por las plantas (Hernández *et al.*, 2010). La mineralización se incrementa con la actividad enzimática de los microorganismos, después de la aplicación de fuentes de materia orgánica (Fuentes *et al.*, 2006) viéndose influenciada positivamente por las condiciones físicas como la temperatura (óptima de 26-36 °C) y la humedad (capacidad de campo) en la capa arable del suelo (León-Nájera *et al.*, 2006).

Antes de usar el estiércol como abono, tiene que ser tratado para eliminar microorganismos patógenos. La solarización es un método costeable y económico que aprovecha las características climáticas como altas temperaturas y radiación solar (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2010).

La aplicación de estiércol bovino en la Comarca Lagunera ya ha sido estudiada; por ejemplo, en maíz los mejores resultados fueron obtenidos aplicando 120 t ha⁻¹ de estiércol (Salazar-Sosa *et al.*, 2009). Por otra parte, López-Calderón *et al.* (2015) señalan que 266 kg ha⁻¹ de nitrógeno se puede obtener con la aplicación de 133 t ha⁻¹ de estiércol. Mientras que Vázquez-Vázquez *et al.* (2007), recomiendan aplicar dosificaciones inferiores a 200 t ha⁻¹ de estiércol con la finalidad de evitar el incremento de la conductividad eléctrica por el aporte de sales contenidas en el estiércol.

Otra forma de mejorar el estiércol es elaborar vermicompost, que es la biodegradación de materiales orgánicos por la acción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se ha demostrado que la adición de vermicompost a los suelos incrementa considerablemente el crecimiento y la productividad de cultivos hortícolas (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007). Además, se ha propuesto que los efectos del vermicompost podrían presentar beneficios como mejorar las condiciones físicas (porosidad, retención de humedad, aireación y drenaje) y químicas (materia orgánica y nitratos) del suelo estimulando el crecimiento vegetativo y obteniendo buenos rendimientos (Lim *et al.*, 2015), así como el decline de la densidad de plagas en los cultivos (Razmjou *et al.*, 2011), y la posible existencia de mecanismos biológicos de estimulación del crecimiento vegetal (Ferrerías *et al.*, 2006).

Por otro lado, la sandía es uno de los productos agrícolas que se cultivan en casi todo el mundo. México produjo 953 244 toneladas en el 2013 (FAOSTAT, 2017) con un rendimiento medio nacional de 28.41 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2017). En el 2013, en la Comarca Lagunera (SIAP-SAGARPA, 2017) se cultivaron 924.1 hectáreas con rendimientos similares a la media nacional que oscilan entre 22.04 t ha⁻¹ (Espinoza *et al.*, 2006) y 26.7 t ha⁻¹ (Cenobio-Pedro *et al.*, 2006). Por lo que se considera un cultivo de alto rendimiento en la región.

El objetivo del presente estudio consistió en encontrar el mejor tratamiento que incremente el rendimiento de la sandía y mejore las condiciones físicas y químicas del suelo; ya que la adición de abonos orgánicos podría suplir en parte a la fertilización mineral.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango (CAE-FAZ-UJED). La localización geográfica es 25° 46' 56" de latitud norte y 103°21' 02" de longitud al oeste, con una altura de 1 150 msnm. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C.

Los suelos típicos de la región son de aluvión, tipo Aridisol, con un contenido pobre de materia orgánica (0.9%); pH neutros a poco alcalinos y ricos en carbonatos (Flores-Sánchez *et al.*, 2015). El pH inicial (7.2) es un valor común de los suelos calcáreos de la Comarca Lagunera (Salazar-Sosa *et al.*, 2010). En el Cuadro 1, se observan las características químicas del suelo en las tres profundidades estudiadas antes de que fuera establecido el experimento.

Cuadro 1. Características químicas iniciales del suelo de CAE-FAZ-UJED (2013).

Profundidad (cm)	pH	CE (dS m ⁻¹)	MO (%)	NO ₃ ⁻	Ca ⁺	Mg ⁺	Cl	HCO ₃
				(mg kg ⁻¹)				
0-15	7.75	4.54	1.32	3.9	6.5	1.78	3.64	2.46
15-30	7.2	3.36	1.24	3.8	6.88	1.39	4.69	1.84
30-45	7.52	2.52	0.99	3.26	6.01	2.08	3.42	1.78

pH= reacción del suelo; CE= conductividad eléctrica; MO= materia orgánica; NO₃= nitratos; Ca= calcio; Mg= magnesio; Cl= cloruros; HCO₃= bicarbonato.

El material genético utilizado fue sandía variedad PEACOCK WR124 la cual se recomienda por su resistencia a patógenos como la *Antracnosis* y al marchitamiento por *Fusarium*. El trasplante se realizó el día 28 de marzo de 2013 usando plántulas con tres hojas verdaderas con una distancia entre plantas de 0.5 m con 4 m entre camas con una densidad de plantación de 5 000 plantas ha⁻¹ y 20 plantas por unidad experimental. Contó con 60 unidades experimentales de 4 m de ancho x 10 m de largo dando un área de 40 m². Se utilizó un sistema de riego por goteo a través de cintillas con goteros cada 15 cm con un gasto de 16 ml min⁻¹ con una frecuencia de riego de 3 días aplicando una lámina de 42 cm considerando una evaporación promedio de 0.96 cm dia⁻¹ del tanque evaporímetro tipo A en 111 días del ciclo del cultivo.

Los factores de estudio fueron estiércol solarizado (FE) y vermicompost (FV) en diferentes niveles. El FE consideró cinco niveles incluyendo dos adicionales: A1 (testigo)= 0 t ha⁻¹, A2= 40 t ha⁻¹, A3= 60 t ha⁻¹, A4= 80 t ha⁻¹, A5 (120-60-00)= FQ. La FV contó con cuatro niveles: B1 (testigo)= 0 t ha⁻¹, B2= 3 t ha⁻¹, B3= 6 t ha⁻¹, B4= 9 t ha⁻¹. Con estos factores y sus niveles se generaron los siguientes tratamientos: T1 = testigo absoluto; T2= 3 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T3= 6 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T4= 9 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T5= 40 Mg ha⁻¹ de estiércol; T6= 40 Mg ha⁻¹ de estiércol y 3 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T7= 40 Mg ha⁻¹ de estiércol y 6 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T8 = 40 Mg ha⁻¹ de estiércol y 9 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T9= 60 Mg ha⁻¹ de estiércol; T10= 60

Mg ha⁻¹ de estiércol y 3 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T11= 60 Mg ha⁻¹ de estiércol y 6 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T12= 60 Mg ha⁻¹ de estiércol y 9 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T13= 80 Mg ha⁻¹ de estiércol; T14= 80 Mg ha⁻¹ de estiércol y 3 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T15= 80 Mg ha⁻¹ de estiércol y 6 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T16= 80 Mg ha⁻¹ de estiércol y 9 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T17= fertilización química ; T18= fertilización química y 3 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T19= fertilización química y 6 Mg ha⁻¹ de vermicompost; T20= fertilización química y 9 Mg ha⁻¹ de vermicompost.

Los tratamientos contaron con tres repeticiones y se distribuyeron en campo al considerar un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas. Los datos de las variables se analizaron con el programa estadístico SAS versión 8 (2005), realizando análisis de covarianza para encontrar si existen diferencias por la aplicación de los tratamientos con respecto a las condiciones iniciales del suelo y prueba de separación de medias DMS ($p \leq 0.05$).

Las muestras de suelo se colectaron al principio y al finalizar el experimento en cada unidad experimental, a tres profundidades de 0 a 15, 15 a 30 y de 30 a 45 cm. La recolección de las muestras para análisis químico se llevó a cabo manualmente con la ayuda de una barrena de caja colocando 1 kg de sustrato en bolsas plásticas transparentes de 2 kg de capacidad previamente etiquetadas para su identificación. Posteriormente las muestras se llevaron al laboratorio de suelos de la FAZ-UJED para los análisis correspondientes.

Las variables de suelo estimadas fueron materia orgánica (MO) determinada por el método Walkley-Black (Walkley y Black, 1934); nitratos (NO₃) por nitración del ácido salicílico (Robarge *et al.*, 1983); conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca), magnesio (Mg) y cloruros (Cl) por pasta de saturación de la NOM-021-RECNAT-2000; potencial hidrogeno (pH) 1:2 p/v. La humedad de suelo (% m/v) se midió a 65 días después del trasplante (ddt), cuando el cultivo presentaba más de 50% del desarrollo fenológico, para observar el efecto de la retención de humedad en los diferentes tratamientos. La humedad se midió a dos profundidades: de 0 a 7.5 y de 7.5 a 15 cm. Las variables evaluadas en planta fueron rendimiento y sólidos solubles totales (°Brix) en fruto, el cuál fue medido con un refractómetro digital Atago PAL-1 analizándose 12 plantas por unidad experimental.

El estiércol bovino fue obtenido del establo de la FAZ-UJED y se solarizó en terrenos de CAE-FAZ-UJED. Mientras que la vermicompost fue adquirida en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), las características de ambos abonos se muestran en el Cuadro 2. Las dosificaciones con estiércol y vermicompost se aplicaron al suelo un mes antes del trasplante. El tratamiento con fertilización química (FQ) se aplicó en la dosis recomendada para la región de 120-60-00 N-P-K: kg ha⁻¹ (Ruiz, 1985), la cual consistió de Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0), los cuales se aplicaron en dos partes, la primera durante el trasplante y la segunda a los 30 días ddt.

Cuadro 2. Características químicas del estiércol solarizado y vermicompost utilizados en el experimento de sandía.

Abono orgánico	P	N	CE	pH	MO	PSI
	(mg kg ⁻¹)		(dS m ⁻¹)		(%)	
Estiércol	45.89	6.89	7.76	8.09	5.98	4.77
Vermicompost	38.33	6.13	0.75	8.42	4.83	4.63

P= fósforo; N= nitrógeno; CE= conductividad eléctrica; pH= potencial hidrógeno (reacción del suelo); MO= materia orgánica; PSI= porcentaje de sodio intercambiable.

Resultados y discusión

El análisis de covarianza para conductividad eléctrica (CE) al finalizar el experimento, muestra diferencia estadística significativa en la interacción de estiércol y vermicompost en las tres profundidades evaluadas (0-15, 15-30, 30-45 cm) (Cuadro 3). Al realizar la comparación de medias de la interacción de estiércol solarizado y vermicompost en la profundidad de 0-15 cm, se observa el valor más elevado de CE en el nivel de fertilización química de 4.98 dS m⁻¹, sin embargo, es estadísticamente igual a la interacción de estiércol en la aplicación de 80 t ha⁻¹ y 3 de vermicompost (Cuadro 4).

Cuadro 3. Análisis de covarianza (cuadrados medios) de los valores finales de las características químicas del suelo en cada unidad experimental, realizadas a tres profundidades.

FV	CE ₁	CE ₂	CE ₃	pH ₁	pH ₂	pH ₃	MO ₁	MO ₂	MO ₃	NO ₃ ⁻ ₁	NO ₃ ⁻ ₂	NO ₃ ⁻ ₃
	(dS m ⁻¹)						(%)			(mg kg ⁻¹)		
R	0.2	0.05	0.01	0.003	0.004	0.003	0.01	0.02	0.001	0.02	1.31	0.84
FE	2.94**	3.85**	0.82**	0.05**	0.12**	0.08**	1.55**	0.35**	0.19**	942.95**	106.09**	35.43**
FV	0.21	3.12**	0.94**	0.02**	0.19**	0.23**	0.44**	0.04*	0.07*	318.31**	2.12*	10.99**
FE*FV	1.41**	2.11**	0.72**	0.24**	0.2**	0.11**	0.4**	0.33**	0.16**	48.99**	34.54**	9.85**
Error	0.11	0.04	0.01	0.003	0.01	0.007	0.01	0.01	0.02	0.01	1.96	0.77
Vin	0.12	0.01	1.57**	0.53**	0.22**	0.25**	0.06*	0.05*	0.0001	0.05*	3.07	0.0002
CV	8.96	6.26	4.21	0.80	1.39	1.14	7.49	7.98	11.79	0.61	15.68	12.77

FV= factor de variación; R= repetición; FE= estiércol bovino lechero; FV= vermicompost; FE*FV= interacción de estiércol y vermicompost; Vin= valores iniciales de la unidad experimental; CV= coeficiente de variación; CE= conductividad eléctrica; pH= reacción del suelo; MO= materia orgánica; NO₃⁻= nitratos; 1= profundidad de 0 a 15 cm; 2= profundidad de 15 a 30 cm; 3= profundidad de 30 a 45 cm; * = significativo $p \leq 0.05$; ** = altamente significativo $p \leq 0.01$.

Cuadro 4. Comparación de medias para conductividad eléctrica (dS m⁻¹) en la interacción de los tratamientos de estiércol y de vermicompost en la profundidad de 0 a 15 cm al finalizar el ciclo.

Tratamiento de vermicompost (t ha ⁻¹)	Tratamientos de estiércol (t ha ⁻¹)				
	0	40	60	80	FQ
0	2.8 aβ	3.19 bβ	3.73 bβ	4.73 aα	4.98 aα
3	2.97 aβ	3.55 aβ	3.37 bβ	4.19 aα	3.02 cβ
6	2.75 aβ	3.51 aβ	4.55 aα	3.81 bβ	4.51 aα
9	3.34 aβ	4.06 aα	4.07 aα	3.36 bβ	3.47 bα

DMS= 0.614. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Ello indica que la fertilización orgánica en estas cantidades no incrementó la CE de forma considerable; si esta hubiera alcanzado valores mayores de 5 dS m⁻¹ se hubieran presentado una disminución de 27% a 35% de la producción de sandía tal y como lo señala Romic *et al.* (2008). En este sentido, Smith *et al.* (2001) señalan que se tiene que tomar en cuenta el incremento de la CE para la dosificación de abonos orgánicos, ya que esto afectara el rendimiento.

Los valores para pH muestran diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) en la interacción estiércol y vermicompost en las tres profundidades, debido al efecto de los tratamientos con respecto al valor inicial del pH en el suelo (Cuadro 3). Los valores más altos (pH= 8.07) se presentaron en la profundidad de 15-30 cm con la interacción de 3 y 6 t ha⁻¹ de vermicompost y con 80 t ha⁻¹ de estiércol, teniendo valores estadísticamente igual a la interacción FQ y 9 t ha⁻¹ de vermicompost (Cuadro 5). Con base al análisis de covarianza se atribuye la diferencia de pH al efecto de las condiciones iniciales y no a los tratamientos, como lo encontrado por Albuquerque *et al.* (2012), al aplicar 20 t ha⁻¹ de estiércol bovino para el cultivo de sandía.

Cuadro 5. Comparación de medias para pH en la interacción de los tratamientos de estiércol y de vermicompost para la profundidad 15 a 30 cm al finalizar el ciclo.

Tratamiento de vermicompost (t ha ⁻¹)	Tratamientos de estiércol (t ha ⁻¹)				
	0	40	60	80	FQ
0	7.3 b β	7.85 a α	7.65 b β	7.65 b β	7.82 b α
3	7.82 a β	8 a α	7.54 b β	8.07 a α	7.94 a β
6	7.82 a β	7.86 a β	7.95 a α	8.07 a α	7.26 b β
9	7.71 a β	7.96 a α	8.04 a α	7.62 b β	7.95 a α

DMS= 0.124. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

El análisis de covarianza para el porcentaje de MO en la interacción de estiércol y vermicompost muestra diferencia estadística significativa en las tres profundidades (Cuadro 3). Sin embargo, el efecto fue mayor hasta la profundidad de 30 cm, esto debido a los tratamientos y al valor inicial, mientras que en la profundidad tres (30 - 45 cm) el efecto fue solamente de los tratamientos. Al realizar la comparación de medias se observa que en la interacción de 80 t ha⁻¹ de estiércol y 9 t ha⁻¹ de vermicompost, en la profundidad de 0-15 cm el porcentaje de materia orgánica fue el más elevado con 3.23% (Cuadro 6). Esto es relevante ya que presentó un valor mayor al uso de fertilizante químico.

Cuadro 6. Comparación de medias para porcentaje de materia orgánica, al finalizar el ciclo, en la interacción de los tratamientos de estiércol con vermicompost de 0-15 cm de profundidad.

Tratamiento de vermicompost (t ha ⁻¹)	Tratamientos de estiércol (t ha ⁻¹)				
	0	40	60	80	FQ
0	0.81 b β	1.17 b β	1.92 a α	1.95 b α	1.52 b β
3	1.44 a β	1.29 a β	1.85 a β	1.97 b α	2.15 a α
6	1.33 a β	1.25 b β	1.59 b β	2.52 b α	1.45 b β
9	1.63 a β	1.55 a β	1.93 a β	3.23 a α	1.23 b β

DMS= 0.301. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas (DMS; $p \leq 0.05$).

Se han reportado incrementos de MO en profundidades inferiores a 30 cm con dosificaciones de estiércol bovino (Salazar-Sosa *et al.*, 2009; Vázquez-Vázquez *et al.*, 2011; Yang y Aihua, 2016). Nascimento *et al.* (2016), encontraron un incremento en la materia orgánica en un suelo Neosol Fluvico después de un ciclo de aplicación con estiércol bovino para el cultivo de sandía.

Esto difiere a lo encontrado por Yang *et al.* (2016), el cual mencionan que, en suelos limosos con altos contenidos de nutrientes asimilables, requieren por lo menos dos ciclos consecutivos aplicando estiércol bovino composteado, sobre la misma área experimental, para ver diferencias estadísticas. También en el caso de la vermicompost la MO se incrementa en estratos inferiores a 20 cm (Campitelli *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2016).

El análisis de covarianza para concentración de nitratos (NO_3^-) en la interacción de estiércol y vermicompost muestra diferencia estadística significativa en las tres profundidades (Cuadro 3), pero solo en la profundidad de 0-15 cm se observa un efecto significativo del valor inicial de los nitratos en el suelo. Se muestra en la comparación de medias (Cuadro 7) la interacción más alta con 39.71 mg kg^{-1} de nitratos en los tratamientos de 80 t ha^{-1} de estiércol y 9 t ha^{-1} de vermicompost. Así como concentraciones similares con interacción en la aplicación de 80 t ha^{-1} de estiércol y 3 t ha^{-1} de vermicompost con 36.76 mg kg^{-1} , representando un incremento de 46% comparado con la interacción de la FQ y 9 t ha^{-1} de vermicompost con 18.35 mg kg^{-1} .

Estos valores confirman lo encontrado por Fortis-Hernández *et al.* (2009) y Salazar-Sosa *et al.* (2004), en donde la mayor concentración de nitratos en la fertilización con abonos orgánicos para el cultivo de maíz y tomate, respectivamente, se encuentra en profundidades inferiores a 30 cm. En esta profundidad de suelo es donde las condiciones físicas como la aireación y temperatura favorecen la actividad enzimática microbiana degradadora de la materia orgánica y la conversión de NH_4^+ a NO_3^- (Salazar-Sosa *et al.*, 2003; Rivera y Martín, 2004).

La baja concentración de nitratos en los tratamientos con 40 t ha^{-1} (Cuadro 7) puede ser atribuida a la baja mineralización de la materia orgánica aportada por este tratamiento de estiércol bovino y vermicompost además, el nitrógeno disponible pudo ser inmovilizado por la microflora (Ferrera y Alarcón, 2001) y en consecuencia no ocurrió la correcta transformación de materia orgánica a formas asimilables para las plantas. Es importante tomar en cuenta la cantidad de nitrógeno disponible en los abonos orgánicos, así como los niveles aplicados para no afectar la mineralización y conversión de materia orgánica a nitrógeno (Brieva *et al.*, 2016), de lo contrario es importante agregar una fuente con valores más altos de nitrógeno (Palma-López *et al.*, 2016).

Cuadro 7. Comparación de medias para nitratos (NO_3^-) en mg kg^{-1} para la interacción de tratamientos de estiércol con vermicompost a 0-15 cm de profundidad al finalizar el ciclo.

Tratamiento de vermicompost (t ha^{-1})	Tratamientos de estiércol (t ha^{-1})				
	0	40	60	80	FQ
0	7.65 b β	9.26 b β	17.28 b β	23.29 b α	9.32 b β
3	8.76 b β	8.24 b β	16.79 b β	36.76 b α	8.12 b β
6	19.35 b β	8.97 b β	21.42 b β	29.18 b α	8.73 b β
9	21.75 a β	9.78 a β	31.32 a β	39.71 a α	18.35 a β

DMS= 0.129. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Con respecto a la humedad en el suelo, a los 65 días después del trasplante, muestra diferencia estadística significativa en las profundidades evaluadas (0 a 7.5 cm y de 7.5 a 15 cm) (Cuadro 8). De las interacciones de medias el valor más alto se obtuvo en la profundidad de 7.5 a 15 cm con

un valor de 28.41% para la humedad en el suelo en los niveles de 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino y 9 t ha⁻¹ de vermicompost (Cuadro 9), siendo estadísticamente igual a la interacción de FQ con todos los niveles de vermicompost y de igual forma para la interacción de estiércol bovino y de vermicompost en los niveles de 80 t ha⁻¹ y 9 t ha⁻¹. Ello refleja una de las mejoras físicas al suelo por parte de los abonos orgánicos (Castro *et al.*, 2009).

Cuadro 8. Análisis de varianza para humedad en el suelo a dos profundidades (cuadrados medios).

Factor de variación	H ₁	H ₂
Repetición	0.11	1.26
Factor estiércol (FE)	7.29**	6.43**
Factor vermicompost (FV)	18.86**	14.15**
Interacción estiércol y vermicompost (FE*FV)	0.054**	0.68**
Error	0.07	0.31
Coefficiente de variación (CV)	1.04	2.12

H= promedio de porcentaje de humedad (v/m); 1= profundidad de 0-7.5 cm; 2= profundidad de 7.5-15 cm; * = significativo $p \leq 0.05$; ** = altamente significativo $p \leq 0.01$.

Cuadro 9. Comparación de medias a los 65 ddt para porcentaje de humedad por el método gravimétrico (v/m) en la interacción de los tratamientos de estiércol y vermicompost para la profundidad 7.5 -15.

Tratamiento de vermicompost (t ha ⁻¹)	Tratamientos de estiércol (t ha ⁻¹)				
	0	40	60	80	FQ
0	24 bβ	27.8 aα	27.82 aα	27.79 aα	27.91 aα
3	25.21 aβ	24.97 bβ	25.61 aα	28.09 aα	25.7 aα
6	26.36 aα	25.84 aα	24.42 bα	23.64 bβ	26.9 aα
9	27.01 aα	28.41 aα	25.35 aβ	28.09 aα	28.06 aα

DMS= 2.8. Comparación de medias entre columnas con letras latinas y entre hileras con letras griegas, letras iguales no son estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$).

Respecto al rendimiento, hubo rendimientos promedio de hasta 31.8 t ha⁻¹, correspondientes a 3 t ha⁻¹ de vermicompost con FQ (Figura 1). Mostrando diferencia estadística significativa ($p \leq 0.01$) solamente para los factores individuales, pero no en la interacción (Cuadro 10). Obteniéndose los mejores rendimientos de sandía con el tratamiento 3 t ha⁻¹ de vermicompost y FQ, y 6 t ha⁻¹ de vermicompost y 80 t ha⁻¹ de estiércol, siendo ambos tratamientos estadísticamente iguales (Cuadro 11). El valor promedio más elevado entre niveles de vermicompost, con diferencia estadística, correspondió para el tratamiento de 3 t ha⁻¹ (26.48 t ha⁻¹) con una diferencia numérica de 2.76 t ha⁻¹ con respecto al tratamiento de dosis más baja de 6 t ha⁻¹ de vermicompost.

Estos rendimientos son similares a los reportados por Espinoza *et al.* (2006) bajo un sistema de producción convencional con 22.7 t ha⁻¹ y para un sistema de producción sin acolchado y con FQ de 26.7 t ha⁻¹ (Cenobio *et al.*, 2006). Al utilizar estiércol solarizado en la cantidad de 80 t ha⁻¹ y compararlo con el rendimiento obtenido con la FQ no se encontró diferencias significativas, esto concuerda con lo señalado por Trejo-Escareño *et al.* (2013); Rodríguez-Dimas *et al.* (2009) en estudios realizados en diferentes cultivos.

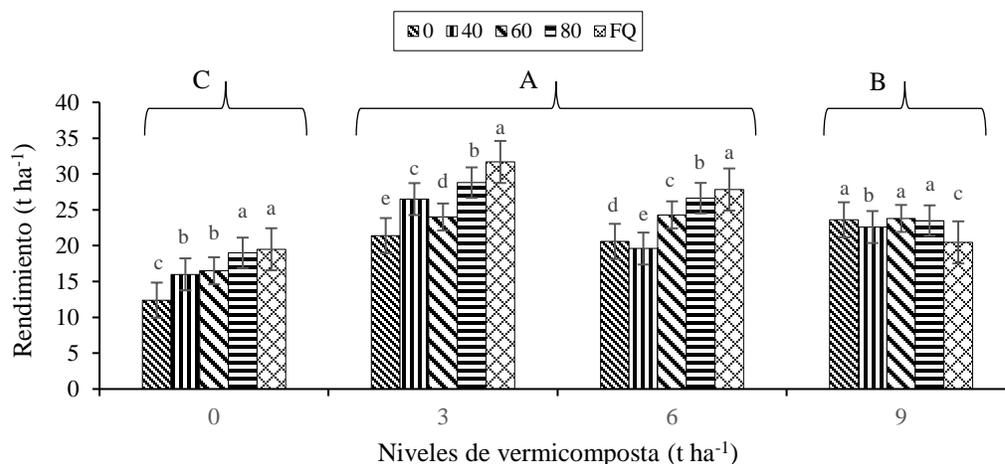


Figura 1. Promedios de rendimiento de sandía en los tratamientos evaluados.

Cuadro 10. Análisis de varianza para rendimiento y sólidos solubles totales (cuadrados medios).

Factor de variación	Rendimiento	Sólidos solubles totales (°Brix)
Repetición	2.15	0.06
Factor estiércol (FE)	59.66**	0.95
Factor vermicompost (FV)	256.58**	0.52
Interacción estiércol y vermicompost (FE*FV)	0.4	2.89
Error	1.03	0.93
Coefficiente de variación (CV)	4.53	14.46

**= altamente significativo $p \leq 0.01$.

Cuadro 11. Comparación de medias para el rendimiento de sandía de los tratamientos de estiércol y vermicompost.

Tratamientos de estiércol	Rendimiento (t ha⁻¹)	Tratamientos de vermicompost	Rendimiento (t ha⁻¹)
0	19.65 c*	0	16.68 c
40	21.17 c	3	26.48 a
60	21.91 b	6	23.72 a
80	24.52 a	9	22.82 b
FQ	24.87 a		
DMS = 0.59		DMS= 1.01	

*= comparación de medias letras latinas diferentes representan diferencias estadísticas entre medias.

La dulzura se relaciona con el contenido de sólidos solubles totales en sandía (Aguyoh *et al.*, 2010), en este experimento la fertilización con estiércol y vermicompost en sus diferentes niveles, no muestran diferencia estadística significativa (Cuadro 10), pero si una diferencia numérica (Figura 2). Resultados similares (Fatondji *et al.*, 2008; Massri y Labban, 2014) confirman que los abonos orgánicos no tienen relación con los sólidos solubles totales. Acorde a los estándares de mercado 8 grados brix es suficiente para que el producto tenga aceptación además de su buena calidad (Cenobio-Pedro *et al.*, 2006).

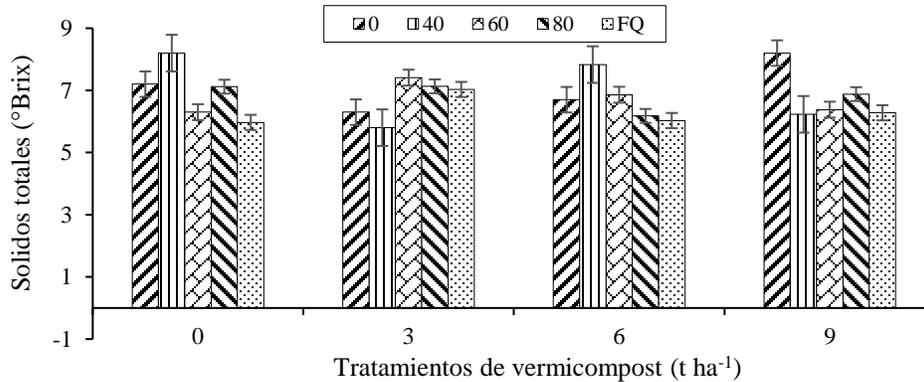


Figura 2. Promedios para grados Brix de sandía en los tratamientos evaluados.

Conclusiones

El tratamiento con el mejor rendimiento se obtuvo con 3 t ha⁻¹ de vermicompost y FQ con un rendimiento de 32 t ha⁻¹. Ningún tratamiento mostró efectos en los sólidos solubles totales. Para las características químicas del suelo la interacción de 80 t ha⁻¹ de estiércol y 9 t ha⁻¹ de vermicompost, incrementó a un 2.42% la MO y 35.81 mg kg⁻¹ los NO₃⁻ en la profundidad 15 cm. El pH inicial aumento de 7.1 a 8.07 con la interacción de 80 t ha⁻¹ de estiércol con 3 y 6 t ha⁻¹ de vermicompost. El mayor porcentaje de humedad 28.41 se obtuvo a una profundidad 7.5 a 15 cm con 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino y 9 t ha⁻¹ de vermicompost.

Literatura citada

- Aguyoh, J. N.; Audi, W.; Saidi, M. and Gao, Q. L. 2010. Growth, yield and quality response of watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb] Mansf. & Nakai) Cv. Crimson Sweet) subjected to different levels of tithonia manure. *Inter. J. Sci. Nature* 1(1):7-11.
- Albuquerque, J. A.; de la Fuente, C.; Campoy, M.; Carrasco, L.; Nájera, I. I.; Baixauli, C.; Caravaca, F.; Roldán, A.; Cegarra, J. and Bernal, M. P. 2012. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties. *Eur. J. Agron.* 43(1):119-128.
- Brieva, J.; Ferrer, J.; Fernández, C. y Ortega J. 2016. Efecto de la aireación en la producción de abono orgánico mediante la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca. *Rev. Tecnocientíf. URU.* 0(10):41-50.
- Campitelli, P.; Ceppi, S.; Sereno, R. y Rubenacker, A. 2011. Recuperación química de un suelo degradado mediante la utilización de un vermicompost. *Av. Cienc. Ing.* 2(2):83-95.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarric.* 33(1):31-43.
- Cenobio-Pedro G.; Inzunza-Ibarra, M. A.; Mendoza-Moreno, S. F.; Sánchez-Cohen, I. y Román-López, A. 2006. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 24(4):515-520.
- Espinoza, J. D.; Orona, I.; Narro, J. G. y León, M. D. 2006. Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización del cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. México. *Rev. Mex. Agron.* 10(19):1-13.

- Fatondji, D.; Pasternak, D. and Woltering, L. 2008. Watermelon production on stored rainwater in Sahelian sandy soils. *África. Afr. J. Plant Sci.* 2(12):151-160.
- Ferrera, R. y Alarcón A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum.* 8(2):175-183.
- Ferreras, L. E.; Gómez, S.; Toresani, I. and Rotondo, F.R. 2006. Effect of organic amends on some physical, chemical, and biological properties in a horticultural soil. *Bio. Technol.* 97(4):635-640.
- Flores, S. B.; Segura, C. M. Á.; Fortis, H. M.; Martínez, C. L.; Aldaco, N. R. A. y Orozco, V. J. A. 2015. Enmiendas de estiércol solarizado en la estabilidad de agregados de un Aridisol cultivado de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(7):1543-1555.
- FAOSTAT. 2017. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Fortis, H. M.; Leos, R. J. A.; Preciado, R. P.; Orona, C. I.; García, S. J. A.; García, H. J. L. y Orozco, V. J. A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 27(4):329-336.
- Fuentes, B.; Bolan, N.; Naidu, R. and de la Luz, M. 2006. Phosphorus in organic waste-soil systems. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 6(2):64-83.
- Gutiérrez, M., F. A. J.; Santiago, B. J. A.; Montes, M. C. C.; Nafte, M.; Abdud, A. M. A. Oliva, L. R. and Deendoven, R. R. L. 2007. Vermicompost as soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Bio. Technol.* 98(15):2781-2786.
- Helmy, A. M. and Ramadan M. F. 2009. Agronomic performance and chemical response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to some organic nitrogen sources and conventional nitrogen fertilizers under sandy soil conditions. *España. Grasas y Aceites.* 60(1):55-67.
- Hernández, R. O. A.; Ojeda, B. D. L.; López, J. C. y Arras, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Rev. Tecnociencia Chihuahua.* 4(1):1-6.
- León, N. J. A.; Gómez, A. R. S.; Hernández, D. J. D.; Álvarez, S. J. y Palma, L. D. J. 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. *Universidad y Ciencia.* 22(2):163-174.
- Lim, S. L.; Wu, T. Y.; Lim, P. N. and Shak, K. P. Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *J. Sci. Food Agric.* 95(6):1143-1156.
- López, C. M. J.; Figueroa, V. U.; Fortis, H. M.; Núñez, H. G.; Ochoa, M. E. y Sánchez, D. J. I. 2015. Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Rev. Inter. Bot. Exp.* 84(1):8-13.
- Martínez, A.; Torres, D. y Pastor, J. 2016. Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro.* 28(1):29-38.
- Massri, M. and Labban, L. 2014. Comparison of different types of fertilizers on growth, yield and quality properties of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Agric. Sci.* 5(6):475-482.
- Nascimento, J. A. M. do; Souto, J. S.; Pereira, W. E.; Medeiros, S. A. da S. and Cavalcante, L. F. 2016. Macronutrients in watermelon plants fertilized with potassium and cattle manure. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 20(9):836-840.
- Palma, L. D. J.; Zavala, C. J.; Cámara, R. J. C.; Ruiz, M. E. y Salgado, G. S. 2016. Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para elaborar abonos orgánicos. *Agroproductividad. Infante-Gil, S. I. (Ed.). Novena edición. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México, México.* 29-34 pp.

- Razmjou, J.; Mohammadi, M. and Hassanpour, M. 2011. Effect of vermicompost and cucumber cultivar on population growth attributes of the melon aphid (*Hemiptera: Aphididae*). *J. Econ. Entomol.* 104(4):1379-1383.
- Rivera, R. y Martín, G. 2004. Mineralización del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* en un suelo ferralítico rojo de la habana. *Cultivos Tropicales.* 25(3):83-88.
- Robarge, W. P.; Edwards, A. and Johnson, B. 1983. Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis.* 14(12):1207-1215.
- Rodríguez, D. N.; Cano, R. P.; Figueroa, V. U.; Favela, C. E.; Moreno, R. A.; Márquez, H. C.; Ochoa, M. E. y Preciado, R. P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoam.* 27(4):319-327.
- Romic, D.; Ondrasek, G.; Romic, M.; Josip, B.; Vranjes, M. and Petosic, D. 2008. Salinity and irrigation method affect crop yield and soil quality in watermelon (*Citrullus lanatus* L.) growing. *Irrig. Drainage.* 57(4):463-469.
- Ruíz, de la R. J. de D. 1985. El cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. Talleres del CAELALA. Número 9. Matamoros, Coahuila, México. 1 p.
- Salazar, S. E.; Beltrán, M A.; Fortis, H. M.; Leos, R. J. A.; Cueto, W. J. A. y Vázquez, V. C. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. *Terra Latinoam.* 21(4):561-567.
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; López, M. J. D.; Vázquez, V. C.; Serrato, C. J. S.; Orona, C. I. y Flores, M. J. P. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoam.* 28(4):381-390.
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; Vázquez, V. C.; López, M. J. D.; Fortis, H. M.; Zuñiga, T. R. y Amado, Á. J. P. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoam.* 27(4):373-382.
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; Vázquez, V. C. y López, M. J. D. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Rev. Inter. Bot. Exp.* 76(1):169-185.
- Salazar, S. E.; Vázquez, V. C.; Leos, R. J. A.; Fortis, H. M.; Montemayor, T. J. A.; Figueroa, V. R. y López, M. J. D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Rev. Inter. Bot. Exp.* 73(1):259-273.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SIAP-SAGARPA). 2017. <http://infosiap.siap.gob.mx/agricola-siap-gb/identidad/index.jsp>.
- Smith, C.; Beharee, V. and Hughes, C. 2001. The effects of composts produced by a simple composting procedure on the yields of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *flavescens*) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. *nanus*). *Sci. Hortic.* 91(4):393-406.
- SAS. 2005. Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. version 8. Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA.
- Trejo, E. H. I.; Salazar, S. E.; López, M. J. D. y Vázquez, V. C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4(5):727-738.
- Vázquez, V. C.; García, H. J. L.; Salazar, S. E.; López, M. J. D.; Valdez, C. R. D.; Orona, C. I.; Gallegos, R. M. Á. y Preciado, R. P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 17(1):69-74.

- Vázquez, V. C.; Salazar, S. E.; Fortis, H. M.; Reyes, O. M. I.; Zúñiga, T. R. y Gonzáles, J. A. 2010. Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4):619-625.
- Vázquez, V. C.; Salazar, S. E.; Leos, R. J. A.; Fortis, H. M.; López, M. J. D. y Zúñiga, T. R. 2007. Capítulo 4. Impacto de la aplicación de estiércol bovino en la calidad de suelo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *In: uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad.* 60-79 pp.
- Salazar, S. E.; Trejo, E. H. I.; Orona, C. I.; Vázquez, V. C.; López, M. J. D.; Fortis, H. M.; Flores, H. A.; Sánchez, R. J. F.; Leos, R. J. A. y Jiménez, D. F. (Eds.). Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Gómez Palacio, Durango. 60-81 pp.
- Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37(1):29-38.
- Yang L. and LI A. 2016. Effects of corn stalk-composted organic fertilizer on physiochemical properties of tobacco-growing soil. *Agric. Sci. Technol.* 17(11):2551-2554.
- Yang, R.; Mo, Y.; Liu, C.; Wang, Y.; Ma, J.; Zhang, Y. and Zhang, X. 2016. The effects of cattle manure and garlic rotation on soil under continuous cropping of watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *PLoS ONE.* 11(6):1-15.