



Terra Latinoamericana

ISSN: 2395-8030

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro; Preciado-Rangel, Pablo; Fortis-Hernández, Manuel; Valenzuela-García, Ana Alejandra; García-Hernández, José Luís; Cervantes-Vázquez, María Gabriela

Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*)

Terra Latinoamericana, vol. 40, e835, 2022, Enero-Diciembre
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57371833002>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*)

Effects of applying bovine manure and vermicompost on soil in watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivation

Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez¹ , Pablo Preciado-Rangel¹ ,
Manuel Fortis-Hernández² , Ana Alejandra Valenzuela-García¹ ,
José Luís García-Hernández¹  y María Gabriela Cervantes-Vázquez¹ 

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35, ejido Venecia. 35111 Gómez Palacio, Durango, México.

² Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México.

* Autora para correspondencia (cevga@hotmail.com)

RESUMEN

El aprovechamiento de los residuos en los sistemas de producción agrícola, exige el utilizar diferentes abonos orgánicos para encontrar los niveles de aplicación y sus posibles combinaciones que produzcan cultivos de calidad. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) en el suelo, así como el resultado positivo en la producción de sandía. Se aplicó EB y V en el mismo sitio experimental dos ciclos continuos (2013-2014), para EB en los niveles de 0, 40, 60 y 80 Mg ha⁻¹, considerando fertilización química (FQ) para la Comarca Lagunera 120-60-00 y para V 0, 3.0, 6.0 y 9.0 Mg ha⁻¹. Se tomaron muestras de suelo al inicio y al término de cada año a tres profundidades tomando en consideración el área radicular de la planta y el bulbo de humedad 0-15, 15-30 y 30-45 cm, evaluando materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE) y nitratos (NO₃⁻). En el fruto se evaluaron los sólidos solubles totales (°Bx) y el rendimiento. Los contenidos mayores de MO (3.23% en el 2013) y NO₃⁻ (41.4 kg ha⁻¹ en el 2014) se encontraron de 0-15 cm con la interacción de 80 Mg ha⁻¹ de EB y 9.0 Mg ha⁻¹ de V. La CE se incrementó hasta 6.6 dS m⁻¹ de 0-15 cm lo que implicó, después de dos ciclos de aplicación la disminución en el rendimiento hasta 66.1% en

los niveles de 80 Mg ha⁻¹ de EB y 3.0 Mg ha⁻¹ de V. En el 2014 se encontró diferencias para el rendimiento y los °Bx. En el 2014, se obtuvo el mayor rendimiento (29.2 Mg ha⁻¹) concluyendo que la fertilización química (FQ) fue superada por la interacción de EB (80 Mg ha⁻¹) con V (6.0 Mg ha⁻¹), para °Bx igual a 8.4 en la interacción de 60 Mg ha⁻¹ de EB con 9.0 Mg ha⁻¹ de vermicompost.

Palabras clave: abonos orgánicos, conductividad eléctrica, materia orgánica.

SUMMARY

The use of residues in agricultural production systems requires the use of different organic fertilizers to find application levels and possible combinations that produce quality crops. Thus, the objective of this study is to evaluate the effects of bovine manure (EB) and vermicompost (V) on soil, as well as the positive result in watermelon production. EB and V were applied in the same experimental site for two continuous cycles (2013-2014): EB at the levels of 0, 40, 60 and 80 Mg ha⁻¹, considering chemical fertilization for the Comarca Lagunera (FQ) 120-60 -00 and V 0, 3.0, 6.0 and 9.0 Mg ha⁻¹. Soil samples were taken at the beginning and end of each year at three depths taking

Cita recomendada:

Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Valenzuela-García, A. A., García-Hernández, J. L. y Cervantes-Vázquez, M. G. (2022). Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Terra Latinoamericana*, 40, 1-13. e835. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>

into consideration the plant root area and moisture bulb 0-15, 15-30 and 30-45 cm, evaluating organic matter (MO), pH, electrical conductivity (CE) and nitrates (NO_3^-). Total soluble solids ($^{\circ}\text{Bx}$) and yield were evaluated in the fruit. The highest contents of MO (3.23% in 2013) and NO_3^- (41.4 kg ha^{-1} in 2014) were found at 0-15 cm with the interaction of 80 Mg ha^{-1} (EB) and 9.0 Mg ha^{-1} (V). CE increased to 6.6 dS m^{-1} from 0-15 cm, which after two application cycles implied the decrease in yield to 66.1% at the levels of 80 Mg ha^{-1} (EB) and 3.0 Mg ha^{-1} (V). In 2014 differences were found for yield and $^{\circ}\text{Bx}$ when the highest yield (29.2 Mg ha^{-1}) was obtained at 80 Mg ha^{-1} EB level with 6.0 Mg ha^{-1} of V and for $^{\circ}\text{Bx}$ equal to 8.4 in the interaction of 60 Mg ha^{-1} of EB with 9.0 Mg ha^{-1} of vermicompost.

Index words: electric conductivity, organic fertilizers, organic matter.

INTRODUCCIÓN

Los materiales orgánicos como fertilizante son usados por ser ambientalmente seguros en comparación con las formas químicas de fertilizantes (Ali *et al.*, 2019; Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020). Existen múltiples abonos orgánicos de los cuales el estiércol es el más económico ya que es ampliamente usado en zonas agrícolas por su abundancia (López-Calderón *et al.*, 2015; Andrade-Sifuentes *et al.*, 2020). La materia orgánica que aporta el estiércol tiene un efecto significativo en las condiciones fisicoquímicas de suelo (Galantini y Rosell, 2006) incrementando la producción de cultivos por la disponibilidad de nutrientes (Adekiya, Agbede, Aboyeji, Dunsin y Simeon, 2019). Además, existen determinadas técnicas que mejoran la calidad de su uso como fertilizante como la lumbricultura y la solarización.

La lumbricultura utiliza residuos orgánicos como materia prima, y gracias al proceso de digestión de la lombriz se incrementa la disponibilidad de MO (Zavala-Reyna, Bautista, Alvarado, Velázquez y Peña, 2017). Otro beneficio en la aplicación de vermicompost, es el incremento microbiano y el incremento de nitrógeno en el suelo (Kale, Mallesh, Kubra y Bagyara, 1992; Garbanzo-León y Vargas-Gutiérrez, 2017), mejorando de esta forma las condiciones biológicas y químicas del suelo. En cuanto a las mejoras físicas del suelo, al aplicar vermicompost permite el aprovechamiento de

la humedad de suelo (Aguilar-Benítez *et al.*, 2012), facilitando el transporte de nutrientes solubles disponibles y aprovechables por las plantas, mejorando la producción y rendimiento (Díaz-Méndez *et al.*, 2014; Moreno-Reséndez *et al.*, 2015; Sánchez-Hernández *et al.*, 2016).

La cantidad de patógenos en el estiércol fresco es un inconveniente sanitario (García-Galindo *et al.*, 2019), por lo que se emplean técnicas de esterilización como la solarización que es económica y de un costo bajo en las regiones soleadas, ya que solo utiliza la temperatura de los meses más cálidos y un plástico anti albedo como principales componentes (Vázquez-Vázquez *et al.*, 2010; Castellanos *et al.*, 2017).

Una de las principales hortalizas por su interés comercial es la sandía. En 2019, China reportó una producción 60 861 241 Mg, siendo el principal productor a nivel mundial. México produjo 1 345 705 Mg de sandía, ocupando el lugar número 11 a nivel mundial (FAOSTAT, 2020), con un rendimiento medio nacional de 42.6 Mg ha^{-1} (SIAP, 2020), representando la Comarca Lagunera el 2.28% del valor de la producción anual nacional. Basado en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de diferentes niveles de estiércol bovino y vermicompost sobre las condiciones químicas del suelo y el impacto en el cultivo de sandía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El estudio se realizó durante dos años consecutivos (2013-2014), en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia localizada en el municipio de Gómez Palacio (25° 78' N, 103° 34' E), Durango, México a una altura de 1 110 m. El sitio se caracteriza por precipitaciones medias anuales de 248.4 mm con temperaturas medias de 22.1 °C. Los suelos típicos de la región son suelos del tipo arcillo-limoso (Reta-Sánchez, Serrato, Quiroga, Figueroa y Gaytán, 2017).

Tratamientos

Los tratamientos en estudio se diseñaron a partir de la combinación de estiércol bovino lechero solarizado (EB), y fertilización convencional con vermicompost (V). El estudio constó de 20 tratamientos (Cuadro 1), los cuales consistieron en cuatro dosis de EB (0,40, 60

y 80 Mg ha⁻¹) y la fertilización química utilizada por los productores (120-60-00) con cuatro dosis crecientes de vermicompost (0, 3.0, 6.0 y 9.0 Mg ha⁻¹). Debido a la naturaleza de los factores en estudio se utilizó un arreglo en franjas (Martínez-Garza, 1988) con tres repeticiones y el diseño de distribución en campo correspondió fue bloques al azar. Dando como resultado 60 unidades experimentales, las cuales consistieron en camas de siembra de cuatro m por uno m. El EB fue obtenido y solarizado durante 90 días en la FAZ para cada año de aplicación, en pilas de estiércol húmedas y selladas con cubiertas de polipropileno transparente antialbedo con 30 micras de espesor para mantener la humedad

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en el cultivo de sandía 2013-2014.

Table 1. Treatments applied in the 2013-2014 watermelon crop.

Tratamientos	Descripción
T1	Testigo absoluto
T2	3.0 Mg ha ⁻¹ de V [†]
T3	6.0 Mg ha ⁻¹ de V
T4	9.0 Mg ha ⁻¹ de V
T5	40 Mg ha ⁻¹ EB
T6	40 Mg ha ⁻¹ EB + 3.0 Mg ha ⁻¹ de V
T7	40 Mg ha ⁻¹ EB + 6.0 Mg ha ⁻¹ de V
T8	40 Mg ha ⁻¹ EB + 9.0 Mg ha ⁻¹ de V
T9	60 Mg ha ⁻¹ EB
T10	60 Mg ha ⁻¹ EB + 3.0 Mg ha ⁻¹ de V
T11	60 Mg ha ⁻¹ EB + 6.0 Mg ha ⁻¹ de V
T12	60 Mg ha ⁻¹ EB + 9.0 Mg ha ⁻¹ de V
T13	80 Mg ha ⁻¹ EB
T14	80 Mg ha ⁻¹ EB + 3.0 Mg ha ⁻¹ de V
T15	80 Mg ha ⁻¹ EB + 6.0 Mg ha ⁻¹ de V
T16	80 Mg ha ⁻¹ EB + 9.0 Mg ha ⁻¹ de V
T17	FQ
T18	FQ + 3.0 Mg ha ⁻¹ de V
T19	FQ + 6.0 Mg ha ⁻¹ de V
T20	FQ + 9.0 Mg ha ⁻¹ de V

V = vermicompost; EB = estiércol bovino lechero; FQ = fertilizante químico.

V = vermicompost; EB = bovine milk manure; FQ = chemical fertilizer.

y la temperatura en el interior. El V, fue adquirido del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), y elaborado por el proceso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) tomando como material de origen el estiércol bovino. Las características químicas de ambos abonos se muestran en el Cuadro 2. Los abonos se aplicaron al suelo un mes antes del trasplante en los niveles correspondientes. Por otro lado, la FQ se aplicó en dos partes, durante el trasplante y a los 30 días posteriores, aplicando Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0).

Muestreo del Sitio Experimental

Se tomó una muestra de suelo por unidad experimental a tres profundidades considerando el área radicular de la sandía y el bulbo de humedad del sistema de riego (0 a 15, 15 a 30 y de 30 a 45 cm) antes y al finalizar cada ciclo vegetativo (2013 y 2014). Con ayuda de una barrena de caja. Se analizaron en el laboratorio de Suelos en la FAZ. Se evaluó el contenido de nitratos (NO₃⁻) (Robarge, Edwards y Johnson, 1983); la conductividad eléctrica (CE), la reacción del suelo (pH) 1:2 p/v; el contenido de materia orgánica (MO) por el método Walkley y Black (1934). Las características químicas iniciales de suelo para el 2013 y 2014 se presentan en el Cuadro 3.

Manejo del Cultivo

Se utilizó como material genético la variedad regional de sandía (*Citrullus lanatus* L.) WR 124, utilizada por su resistencia a patógenos. La semilla se sembró en almacigo, 35 días antes de la siembra en un invernadero de la FAZ, posteriormente se trasplante cuando las plántulas tenían tres hojas verdaderas, con una densidad de plantación de 5000 plantas ha⁻¹. Se regó con una lámina media para ambos ciclos de 39 cm, considerando una evaporación media (tanque evaporímetro tipo "A") de 0.94 cm, a través de cintillas con goteros cada 15 cm (0.000883 L s⁻¹ por gotero).

Variables Evaluadas en Planta

Las variables evaluadas en la planta al finalizar el experimento fueron rendimiento y sólidos solubles totales (°Bx) en fruto.

Se recolectaron tres frutos de la parte central de cada unidad experimental para evitar el efecto de borde.

Cuadro 2. Características químicas del EB y V utilizados en el experimento 2013-2014.**Table 2. Chemical characteristics of EB and L used in the 2013-2014 experiment.**

Abono orgánico	MO		PSI		CE		pH		P		N	
	- - - - - % - - - - -		- - - - - dS m ⁻¹ - - - - -		- - - - - mg kg ⁻¹ - - - - -							
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
EB	5.98	6.12	4.77	5.12	7.76	7.91	8.09	8.12	45.89	42.78	1.69	1.72
V	4.83	4.92	4.63	4.72	0.75	0.62	8.42	8.50	38.33	36.22	6.13	6.42

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

MO = organic matter; PSI = percentage of interchangeable sodium; CE = electrical conductivity; pH = hydrogen potential (soil reaction); P = phosphorus; N = nitrogen; EB = bovine milk manure; V = vermicompost.

Para el rendimiento, cada fruto se pesó mediante una báscula analógica de reloj (Basculas on line® Th20bal). Los frutos cosechados y pesados, fueron utilizados para medir los °Bx, los cuales se midieron cortando transversalmente desde el ápice a la extremidad posterior, se tomó la pulpa de la parte externa hacia dentro y se homogeneizo con un procesador (Oster® FPSTFP1355). Se midió el líquido homogeneizado con un refractómetro digital calibrado (Atago® PAL-1) para obtener los sólidos solubles totales.

Evaluación Estadística

Los datos sobre las variables de respuesta para los factores en estudio, así como sus interacciones (EB – V), fueron analizados mediante un análisis de varianza utilizando el software estadístico Statistical Analysis System versión 10 (SAS, 2019). Se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para comparar medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de Suelo

El análisis de varianza para 2013 y 2014 en todas las variables de suelo por separado para EB y V (Cuadro 4), indicó que los valores mayores se alcanzaron con 80 Mg ha⁻¹ de EB, siendo significativos. Con V, se obtuvieron valores mayores en todas las variables de suelo el nivel de 9.0 Mg ha⁻¹. La CE, el contenido de MO y el contenido de NO₃⁻, muestra valores significativamente superiores en la profundidad de 0-15 cm, mientras el pH en la profundidad de 15-30 centímetros.

Conductividad Eléctrica (CE)

La interacción de EB y V tiene valores significativos para CE (Cuadro 4) y son más altos que los del

Cuadro 3. Características químicas del suelo al inicio de cada experimento 2013-2014.**Table 3. Chemical characteristics of the soil at the beginning of each 2013-2014 experiment.**

Profundidad	CE		pH		MO		NO ₃ ⁻	
	cm	- - - dS m ⁻¹ - - -	2013	2014	2013	2014	2013	2014
0-15	4.54	3.78	7.75	8.32	1.32	1.13	3.90	3.85
15-30	3.36	2.98	7.20	7.65	1.24	1.10	3.80	3.23
30-45	2.52	2.98	7.52	7.23	0.99	0.82	3.26	2.92

CE = conductividad eléctrica; pH = potencial hidrógeno; MO = materia orgánica; NO₃⁻ = nitratos.

CE = electrical conductivity; pH = hydrogen potential; MO = organic matter; NO₃⁻ = nitrates.

efecto simple de EB y V para la CE (Figura 1a y b). Los valores más altos fueron de 5.19 dS m^{-1} en 2013 y 6.6 dS m^{-1} en 2014, con 80 Mg ha^{-1} de EB y 3.0 Mg ha^{-1} de V, afectando la producción de sandía, ya que se encontró que CE superiores a 5 dS m^{-1} , genera toxicidad por acumulación de Na^+ en los tejidos, reduciendo la homeostasis y afectando las zonas de crecimiento de sandía, afectando su producción hasta en un 35% (Romic *et al.*, 2008, Júnior, Silva, Lima, Silva y Maia, 2017). Es importante señalar que la CE esta se relaciona con la cantidad de sales solubles (mayor CE mayor

cantidad de sales) (Atienza-Martínez, Ábrego, Gea y Marías, 2020) y al aplicar EB y V se puede incrementar la cantidad de sales al mineralizarse la MO presente en estos (Trejo-Escareño, Salazar, López y Vázquez, 2013).

pH de Suelo

Se encontraron diferencias significativas para la reacción del suelo (pH) por efecto de la interacción EB y V (Cuadro 4), con un valor más alto de 8.59

Cuadro 4. Efecto de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) en las tres profundidades de suelo (subíndice 1 = 0 a 15 cm; 2 = 15 a 30 cm; 3 = 30 a 45 cm), sobre la conductividad eléctrica (CE), reacción del suelo (pH), materia orgánica (MO), nitratos (NO_3^-).

Table 4. Effect of bovine manure (EB) and vermicompost (V) in the three soil depths (subscript 1 = 0 to 15 cm; 2 = 15 to 30 cm; 3 = 30 to 45 cm), on electrical conductivity (CE), soil reaction (pH), organic matter (MO), nitrates (NO_3^-).

Factor	Nivel	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 - - - - -													
2013													
EB	0	2.96 c [†]	3.68 b	2.85 b	7.37 b	7.66 d	7.69 a	1.30 d	1.24 dc	1.15 b	14.37 c	6.23 d	5.30 c
	40	3.57 b	3.06 c	2.48 c	7.54 a	7.85 ab	7.70 a	1.31 d	1.21 d	1.10 b	9.06 e	7.54 c	6.32 b
	60	3.92 a	4.05 a	3.42 a	7.56 a	7.79 bc	7.66 a	1.82 b	1.61 b	1.40 a	21.70 b	7.93 bc	6.74 b
	80	4.19 a	2.86 d	2.54 c	7.51 a	7.91 a	7.63 a	2.42 a	1.33 c	1.15 b	32.23 a	9.05 b	6.28 b
	FQ	4.07 a	3.78 b	2.92 b	7.31 b	7.74 dc	7.48 b	1.58 c	1.73 a	1.33 a	11.13 d	13.92 a	9.82 a
V	0	3.88 a	3.60 b	2.47 c	7.32 c	7.65 b	7.24 b	1.47 d	1.41 bc	1.19 bc	13.36 d	9.58 a	7.01 b
	3	3.77 a	3.67 a	3.04 a	7.44 b	7.80 a	7.79 a	1.74 b	1.44 ab	1.25 ab	15.73 c	9.03 a	5.90 c
	6	3.66 a	3.47 c	2.80 b	7.58 a	7.79 a	7.75 a	1.62 c	1.35 c	1.14 c	17.53 b	7.87 b	6.69 b
	9	4.09 a	2.98 d	3.04 a	7.49 ab	7.85 a	7.76 a	1.91 a	1.50 a	1.31 a	24.18 a	9.25 a	7.97 a
EB×V		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2014													
EB	0	4.11 b	4.03 b	3.44 b	7.86 c	7.76 b	7.99 a	1.62 c	1.63 b	1.70 a	2.08 c	2.41 d	5.13 a
	40	3.17 d	3.26 c	2.78 d	8.11 a	8.05 a	8.00 a	1.65 c	1.74 b	1.37 b	5.21 b	4.05 c	3.15 b
	60	3.33 d	4.12 a	3.72 a	7.99 b	8.03 a	7.96 a	2.11 b	1.72 b	1.69 a	9.31 b	5.77 b	2.27 c
	80	4.43 a	3.95 b	3.45 b	8.05 ab	8.13 a	7.94 a	2.53 a	2.15 a	1.60 a	13.40 a	4.75 bc	2.37 c
	FQ	3.79 c	3.98 b	3.22 c	8.08 ab	8.00 a	7.96 a	1.70 c	1.63 b	1.29 b	7.68 ab	8.95 a	5.04 a
V	0	3.68 b	3.88 b	2.77 c	7.85 b	7.82 b	7.54 c	1.51 b	1.34 c	1.14 b	3.69 b	7.80 a	4.83 a
	3	4.16 a	4.29 a	3.34 b	8.07 a	8.05 a	8.09 b	2.04 a	1.99 a	1.64 a	4.55 b	5.08 b	2.79 c
	6	3.97 b	3.30 a	3.82 a	8.10 a	8.00 a	8.07 b	2.00 a	1.85 b	1.61 a	3.12 b	3.47 c	2.46 c
	9	4.32 a	4.31 a	3.34 b	8.05 a	8.07 a	8.18 a	2.16 a	1.93 ab	1.72 a	6.67 a	4.39 bc	4.29 b
EB×V		*	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*

EB×V = interacción de estiércol bovino y vermicompost; FQ = fertilizante químico; * = significativo $P \leq 0.05$; ns = no significativo. [†] Medias con letras iguales dentro de cada columna y cada factor son estadísticamente iguales, según Tukey.

EB×V = interaction of bovine manure and vermicompost; FQ = chemical fertilizer; * = significant $P \leq 0.05$; ns = not significant. [†] Means with equal letters within each column and each factor are statistically equal, according to Tukey.

en el 2014, para 80 Mg ha⁻¹ de EB y 6.0 Mg ha⁻¹ de V (Figura 2b). En estos tratamientos se incrementó el pH del suelo, probablemente al enriquecimiento de cationes. Además, a la amonificación de la MO presente los abonos orgánicos favorecen la atracción de protones (H⁺) (Whalen, Chang y Clayton, 2002; Liu *et al.*, 2010; Benedicto-Valdés, Montoya, Vicente, Ramírez y Escalante, 2019, González-Betancourt *et al.*, 2020), sin embargo, no fue evaluado en este estudio. La importancia del pH se debe a que puede afectar en gran medida la actividad enzimática de los microorganismos (Miao *et al.*, 2019), la disponibilidad de nutrientes (Malik *et al.*, 2018) y finalmente la capacidad productiva del suelo (Li, Cui, Chang y Zhang, 2019).

Materia Orgánica (MO)

Existen diferencias para la MO en la interacción EB y V (Cuadro 4). En la comparación de medias del 2013 y 2014, se observaron valores más altos con 3.23 y con 2.73%, respectivamente, con 80 Mg ha⁻¹ de EB y 9.0 Mg ha⁻¹ de V, siendo estadísticamente igual a 60 Mg ha⁻¹ de EB con 9.0 Mg ha⁻¹ de V (Figura 3a y b). Esto concuerda a lo encontrado por Oladipupo, Alade, Adewuyi, Ajiboye y Toyin (2020), Pastor-Mogollón, Martínez y Torres (2016) y Yang *et al.* (2016) que reportaron incrementos de MO por la aplicación en suelo de estiércol bovino y vermicompost en estratos inferiores de 30 cm. Por otra parte, al disminuir los niveles de EB de 80 a 40 Mg ha⁻¹, el porcentaje de MO en el suelo disminuyó.

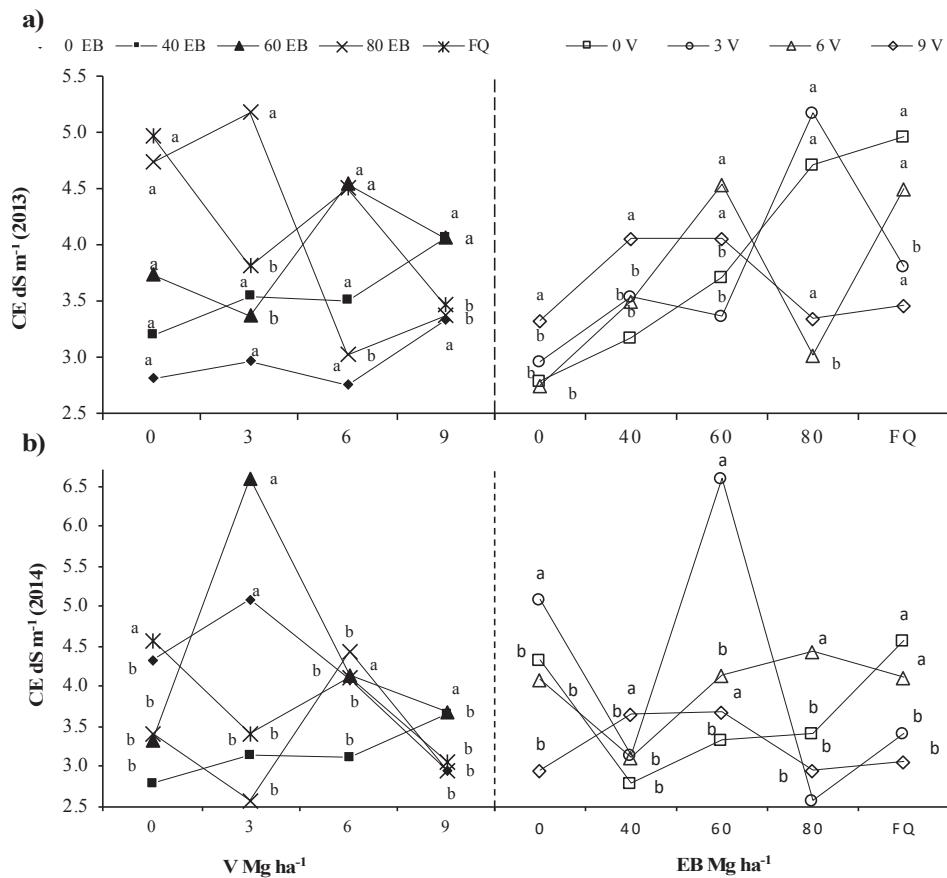


Figura 1. Interacción de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) en la conductividad eléctrica (CE) de suelo en el 2013 (a) y 2014 (b) a una profundidad 0-15 cm. Puntos adyacentes con diferente letra en cada línea son significativos de acuerdo a Tukey ($Pr \leq 0.05$).

Figure 1. Interaction of bovine manure (EB) and vermicompost (V) in electric conductivity soil (EC) in 2013 (a) and 2014 (b) at a depth of 0-15 cm. Adjacent points with different letters on each line are significant according to Tukey ($Pr \leq 0.05$).

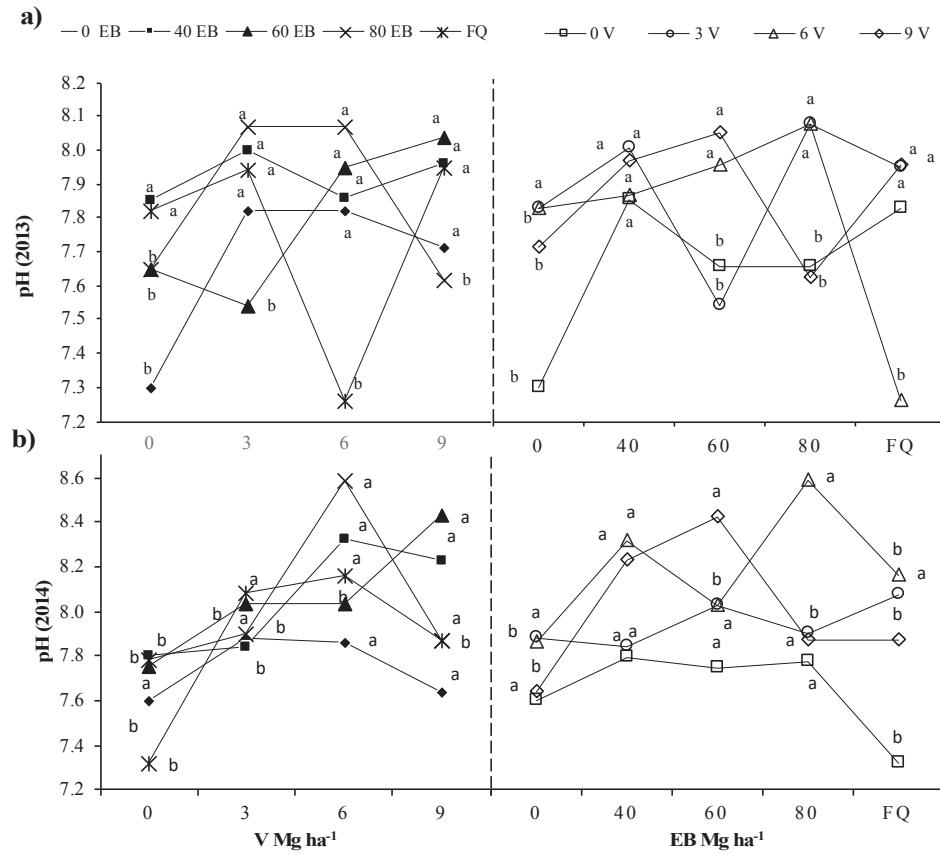


Figura 2. Interacción de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) en el pH de suelo en 2013 (a) y 2014 (b) a una profundidad 15-30 cm. Puntos adyacentes con diferente letra en cada línea son significativos de acuerdo a Tukey ($P_r \leq 0.05$).

Figure 2. Interaction of bovine manure (EB) and vermicompost (V) in soil pH in 2013 (a) and 2014 (b) at a depth of 15-30 cm. Adjacent points with different letters on each line are significant according to Tukey ($P_r \leq 0.05$).

Nitratos (NO_3^-)

Los NO_3^- mostraron diferencia estadística (Cuadro 4), con valores más altos en la interacción con respecto al efecto simple de EB y V (Figura 4a y b). La concentración de NO_3^- en el suelo en el 2013 fue hasta 39.7 kg ha^{-1} con 80 Mg ha^{-1} de EB y 9.0 Mg ha^{-1} de V, siendo superior al testigo absoluto hasta por 32.1 kg ha^{-1} . Para el año 2014, se encontró un 41.4 kg ha^{-1} con 80 Mg ha^{-1} de EB y 9.0 Mg ha^{-1} de V siendo estadísticamente igual para 80 Mg ha^{-1} de 6.0 Mg ha^{-1} EB. En niveles inferiores de 60 Mg ha^{-1} de EB y 9.0 Mg ha^{-1} de V, la concentración de NO_3^- en el suelo desciende, esto se atribuye a la baja mineralización de la MO presente en esos tratamientos y una posible inmovilización por la microflora (Ferrera y Alarcón, 2015). Por otra parte, los abonos orgánicos

incrementan los NO_3^- en el suelo (Cai *et al.*, 2020) y se pueden encontrar la mayor concentración en profundidades menores de 30 cm (Fortis-Hernández *et al.*, 2009), por las condiciones adecuadas como la aireación y temperatura que favorecen la diversidad microbiana y la degradación enzimática que convierte una gran cantidad de N orgánico a NH_4^+ y NO_3^- (Martín y Rivera, 2004; Wang *et al.*, 2015; Zhou, Gu, Schlesinger y Ju, 2016).

Variables en Planta

Rendimiento

Los valores tienen diferencia estadística para sólidos solubles totales y rendimiento solo en el año 2014 con la interacción de EB y V (Cuadro 5).

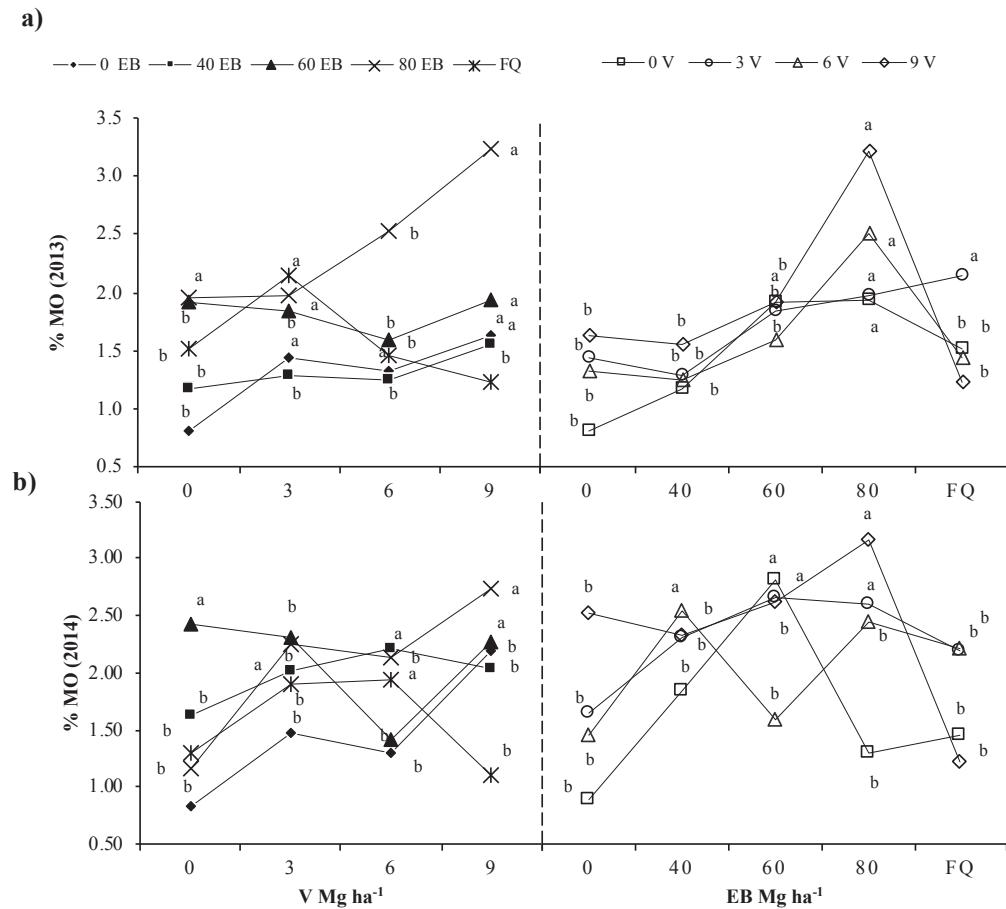


Figura 3. Interacción de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) en la materia orgánica (MO) de suelo en el 2013 (a) y 2014 (b) a una profundidad 0-15 cm. Puntos adyacentes con diferente letra en cada línea son significativos de acuerdo a Tukey ($P_r \leq 0.05$).

Figure 3. Interaction of bovine manure (EB) and vermicompost (V) in organic matter (MO) of soil in 2013 (a) and 2014 (b) at a depth 0-15 cm. Adjacent points with different letters on each line are significant according to Tukey ($P_r \leq 0.05$).

Los tratamientos con los que se obtiene el mejor rendimiento de sandía (29.01 Mg ha^{-1}) son los de EB y V en los niveles de 80 Mg ha^{-1} y 6.0 Mg ha^{-1} , respectivamente (Figura 5a). Un mayor rendimiento del fruto de sandía, probablemente es una respuesta a la mayor concentración de NO_3^- presentes en la interacción con 80 Mg ha^{-1} de EB y 6.0 Mg ha^{-1} de V. Como mencionan Preciado-Rangel *et al.* (2002), el desarrollo vegetativo se favorece con la mayor disponibilidad de NO_3^- . Rendimientos similares fueron reportados por Pérez-González, Sánchez, Mendoza, Inzunza y Cueto (2003) así como por Espinoza-Arellano, Orona, Narro y León (2006) en un sistema convencional de producción aplicando fertilización química.

Por otro lado, el rendimiento es inferior en un 66.1% en los niveles de 80 Mg ha^{-1} de EB y 3.0 Mg ha^{-1} de V, en esta interacción los valores son superiores a 6.0 dS m^{-1} para CE y como se discutió anteriormente, el rendimiento puede disminuir por toxicidad con Na^+ .

Sólidos Solubles Totales ($^{\circ}\text{Bx}$)

El valor más alto de $8.40 \text{ } ^{\circ}\text{Bx}$ corresponde al nivel de 60 Mg ha^{-1} de EB y 9.0 Mg ha^{-1} de V (Figura 5b). Mainga, Saha y Mwololo (2018) también se encontraron diferencias significativas con el uso de estiércol, señalan que al incrementar los niveles de estiércol se incrementan los sólidos solubles totales del fruto de sandía.

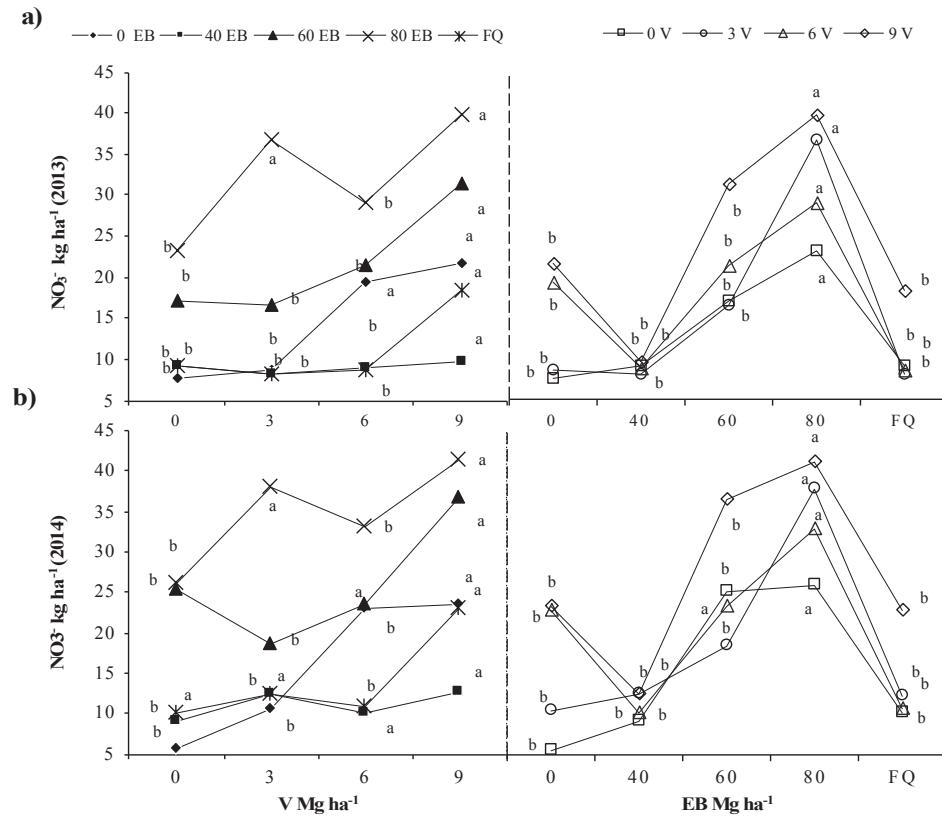


Figura 4. Interacción de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) para los NO_3^- de suelo en el 2013 (a) y 2014 (b) a una profundidad 0-15 cm. Puntos adyacentes con diferente letra en cada línea son significativos de acuerdo a Tukey ($Pr \leq 0.05$).

Figure 4. Interaction of bovine manure (EB) and vermicompost (V) for soil NO_3^- in 2013 (a) and 2014 (b) at a depth of 0-15 cm. Adjacent points with different letters on each line are significant according to Tukey ($Pr \leq 0.05$).

Cuadro 5. Análisis de varianza para las variables de rendimiento y sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$) en sandía (Cuadrados medios) con la aplicación de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) (2013-2014).

Table 5. Analysis of variance for the total soluble solids plant variables in watermelon ($^{\circ}\text{Brix}$) and yield (mean squares) with the application of bovine manure (EB) and vermicompost (V) (2013-2014).

Factor de variación	GL	Rendimiento 2013	Rendimiento 2014	$^{\circ}\text{Brix}$ 2013	$^{\circ}\text{Brix}$ 2014
Repetición	2	2.15	0.04	0.06	0.35
EB	4	59.66	39.53	0.95	4.87
V	3	256.58	117.53	0.52	2.25
EB × V	12	20.41	84.79**	2.89	3.13**
Error	24	1.03	0.11	0.90	1.01
Coeficiente de variación		4.53	1.57	14.46	16.41

EB × V = interacción de estiércol bovino y vermicompost; ** = Altamente significativo de acuerdo a Tukey ($Pr \leq 0.01$).

EB × V = interaction of bovine manure and vermicompost; ** Highly significant according to Tukey ($Pr \leq 0.01$).

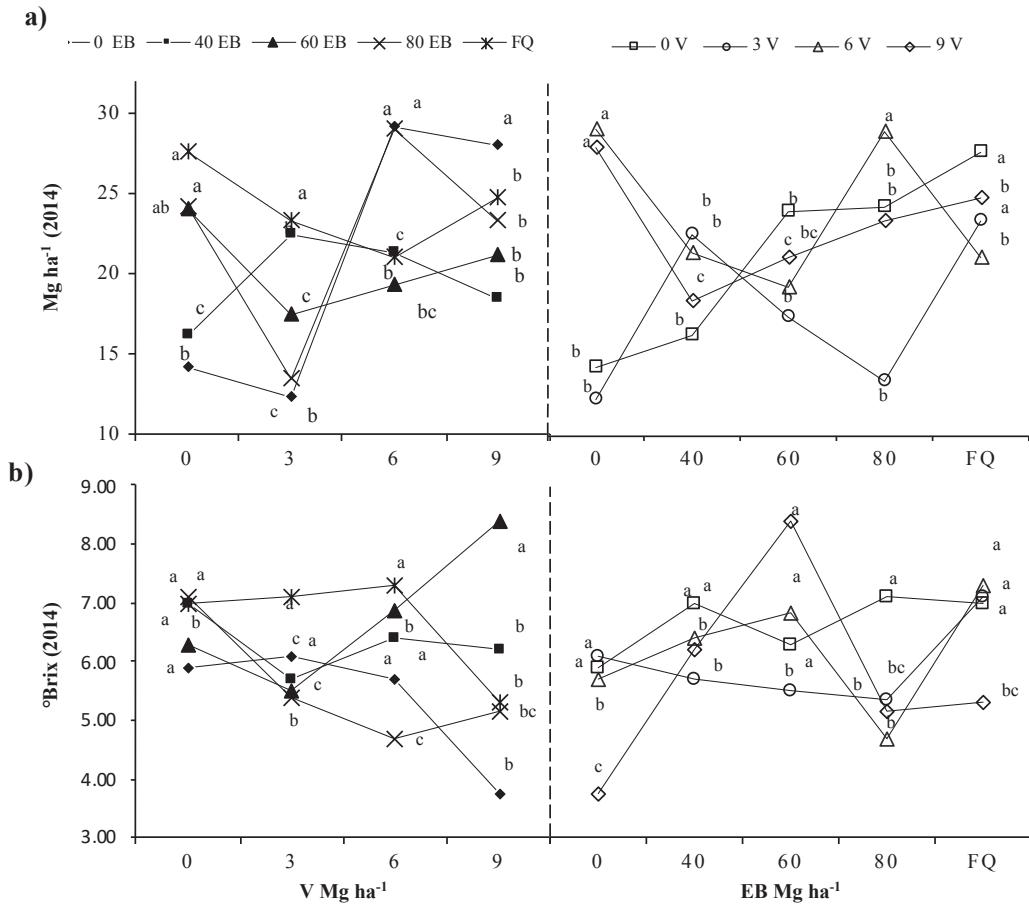


Figura 5. Interacción de estiércol bovino (EB) y vermicompost (V) para las variables de rendimiento (a) y sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) (b) en el 2014. Puntos adyacentes con diferente letra en cada línea son significativos de acuerdo a Tukey ($Pr \leq 0.05$).

Figure 5. Interaction of bovine manure (EB) and vermicompost (V) for performance variables (a) and total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$) (b) in 2014. Adjacent points with different letters in each line are significant according to Tukey ($Pr \leq 0.05$).

El contenido de $^{\circ}\text{Bx}$ en los tratamientos de este experimento fueron inferiores a los encontrados por Suárez-Hernández, Grimaldo, García, González y Huitrón (2017) y por Orrala-Borbor, Herrera y Balmaseda (2019), los cuales reportan valores superiores a 10 $^{\circ}\text{Bx}$ en sistemas de producción convencional, pero siendo suficiente para que tenga una aceptación en los estándares de mercado (Cenobio-Pedro, Inzunza, Mendoza, Sánchez y Román, 2006).

CONCLUSIONES

Las características de suelo mostraron diferencias con la aplicación de estiércol bovino (EB) y

vermicompost (V) después de dos ciclos continuos de aplicación para el cultivo de sandía.

La interacción de EB (80 Mg ha^{-1}) y V (9.0 Mg ha^{-1}), fue superior a la fertilización química en 1.43% de materia orgánica (MO) y en 30.3 mg kg^{-1} los NO_3^- , en la profundidad de 0-15 centímetros.

Por otro lado, el pH de suelo se incrementó conforme los niveles de EB y V, hasta en un 8.53 para los niveles 80 Mg ha^{-1} y 6.0 Mg ha^{-1} respectivamente, a una profundidad de 0-30 cm, siendo superior al químico y testigo.

En el 2014, se obtuvo el mayor rendimiento (29.2 Mg ha^{-1}) concluyendo que la fertilización química (FQ) fue superada por la interacción de EB (80 Mg ha^{-1}) y de V (6.0 Mg ha^{-1}). En cuanto a los sólidos

solubles totales mostraron diferencia estadística hasta el segundo ciclo de aplicación con 8.4 °Brix en la interacción de EB (60 Mg ha⁻¹) y V (9.0 Mg ha⁻¹).

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización e investigación: T.J.A.C.V. Validación y análisis formal: P.P.R. Escritura, revisión, edición y visualización: M.G.C.V. y M.F.H. Supervisión: J.L.G.H. Adquisición de fondos: A.A.V.G.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).

LITERATURA CITADA

- Adekiya, A. O., Agbede, T. M., Aboyeji, C. M., Dunsin, O., & Simeon, V. T. (2019). Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish. *Scientia Horticulturae*, 243, 457-463. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.048>
- Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Ramírez-Vallejo, P., Benedicto-Valdés, S. G., & Molina-Galán, J. D. (2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46(1), 37-50.
- Ali, Q., Ashraf, S., Kamran, M., Ijaz, M., Rehman, A., Tahir, M., & Ahmad, S. (2019). Organic manuring for agronomic crops. In M. Hasanuzzaman (Ed.). *Agronomic crops* (pp. 163-193). Singapore: Springer.

- Andrade-Sifuentes, A., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., Orozco-Vidal, J. A., Yescas-Coronado, P., & Rueda-Puente, E. (2020). *Azospirillum brasiliense* and solarized manure on the production and phytochemical quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomy*, 10(12), 1956. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121956>
- Atienza-Martínez, M., Ábreo, J., Gea, G., & Marias, F. (2020). Pyrolysis of dairy cattle manure: evolution of char characteristics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 145, 104724. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104724>
- Benedicto-Valdés, G. S., Montoya-García, C. O., Vicente-Hernández, Z., Ramírez-Ayala, C., & Escalante-Estrada, J. A. S. (2019). Incorporación de abonos orgánicos y liberación de C-CO₂ como indicador de la mineralización del carbono. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18), 513-522. <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2022>
- Cai, Y., Shen, J.-P., Di, H. J., Zhang, L.-M., Zhang, C., & He, J.-Z. (2020). Variation of soil nitrate and bacterial diversity along soil profiles in manure disposal maize field and adjacent woodland. *Journal of Soils and Sediments*, 20(10), 3557-3568. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02679-z>
- Castellanos, J. Z., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, E. M., Olalde-Portugal, V., Preciado-Rangel, P., Ríos-Plaza, J. L., & García-Hernández, J. L. (2017). Hot pepper (*Capsicum annuum* L.) growth, fruit yield, and quality using organic sources of nutrients. *Compost Science & Utilization*, 25, S70-S77. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2017.1362673>
- Cenobio-Pedro, G., Inzunza-Ibarra, M. A., Mendoza-Moreno, S. F., Sánchez-Cohen, I., & Román-López, A. (2006). Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 515-520.
- Díaz-Méndez, H. A., Preciado-Rangel, P., Álvarez-Reyna, V. P., Fortis-Hernández, M., García-Hernández, J. L., & Sánchez-Chávez, E. (2014). Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. *ITEA*, 110(4), 335-342. <http://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.021>
- Espinosa-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A. V., & Preciado-Rangel, P. (2020). Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 795-803. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>
- Espinoza-Arellano, J. J., Orona-Castillo, I., Narro-Reyes, J. G., & León-Robles, M. J. (2006). Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización del cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 10, 1-13.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2020). *Base de datos estadísticos*. Consultada el 28 de abril, 2020, desde <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2015). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo-Sum*, 8(2), 175-183.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336.

- Galantini, J., & Rosell, R. (2006). Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil and Tillage Research*, 87(1), 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.032>
- Garbanzo-León, G., & Vargas-Gutiérrez, M. (2017). Actividad microbial en sustratos y análisis de crecimiento en almácigos de tomate en Guanacaste, Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 159-169. <https://doi.org/10.17584/rch.2017v11i1.6345>
- García-Galindo, O., Figueroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J. A., Núñez-Hernández, G., Gallegos-Robles, M. A., & López-Martínez, J. D. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticale. *Nova Scientia*, 11(22), 124-141. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709>
- González-Betancourt, M., Gallegos-Robles, M., Sánchez-Chávez, E., Orona-Castillo, I., Espinosa-Palomeque, B., & López-Martínez, J. (2020). Estiércol bovino solarizado en la producción de tomate bajo condiciones de malla sombra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 253-262. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2299>
- Júnior, E., Silva, A., Lima, J., Silva, M., & Maia, J. (2017). Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(12), 1149-1157. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017001200003>
- Kale, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B., & Bagyaraj, D. J. (1992). Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1317-1320. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90111-A](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90111-A)
- Li, Y., Cui, S., Chang, S. X., & Zhang, Q. (2019). Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *Journal of Soils and Sediments*, 19(3), 1393-1406. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Hwat-Bing, S., Ding, L., ... Fan, T. (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.029>
- López-Calderón, M. J., Figueroa-Viramontes, U., Fortis-Hernández, M., Núñez-Hernández, G., Ochoa, E., & Sánchez-Duarte, J. (2015). Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Phyton*, 84, 8-13.
- Mainga, B., Saha, H. M., & Mwololo, J. K. (2018). Use of cattle manure, calcium ammonium nitrate and diammonium phosphate in watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai) production increases fruit quality and maximize small holder farmers net returns and profits. *Horticulture International Journal*, 2(5), 244-251. <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00059>
- Malik, A. A., Puissant, J., Buckeridge, K. M., Goodall, T., Jehmlich, N., Chowdhury, S., ... Griffiths, R. I. (2018). Land use driven change in soil pH affects microbial carbon cycling processes. *Nature Communications*, 9(1), 3591. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05980-1>
- Martín, G. M., & Rivera, R. (2004). Mineralización del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* en un suelo ferralítico rojo de la habana. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 83-88.
- Martínez-Garza, A. (1988). *Diseños experimentales, métodos y elementos de teoría*. México, D. F.: Trillas.
- Miao, F., Li, Y., Cui, S., Jagadamma, S., Yang, G., & Zhang, Q. (2019). Soil extracellular enzyme activities under long-term fertilization management in the croplands of China: a meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 114(2), 125-138.
- Moreno-Reséndez, A., Hernández-García, R., Rodríguez-Dimas, N., Reyes-Carrillo, J. L., Márquez-Quiroz, C., & Preciado-Rangel, P. (2015). Development of "Serrano" pepper in vermicompost: Perlite substrates under shade net conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(12), 897-902. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-04-092>
- Oladipupo, A. J., Alade, A. A., Adewuyi, S., Ajiboye, G. A., & Toyin-Blessing, O. (2020). Soil phosphorus fractions, reaction, and conductivity in some southwestern nigerian soils as affected by animal manure mixtures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(20), 2616-2632. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1845362>
- Orrala-Borbor, N. A., Herrera-Isla, L. F., & Balmaseda-Espinosa, C. E. (2019). Técnicas de cultivo de sandía injertada, efectos en rendimiento y calidad del fruto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1887-1894. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1118>
- Pastor-Mogollón, J., Martínez, A., & Torres, D. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28(1), 29-38.
- Pérez-González, J. L., Sánchez-Cohen, I., Mendoza-Moreno, F., Inzunza-Ibarra, M. A., & Cueto-Wong, J. A. (2003). Productividad y rendimiento de sandía por efecto del agua en diferentes condiciones de manejo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9(1), 209-216.
- Preciado-Rangel, P., Baca-Castillo, G. A., Tirado-Torres, J. L., Kohashi-Shibata, J., Tijerina-Chavez, L., & Martínez-Garza, A. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra Latinoamericana*, 20(3), 267-276.
- Reta-Sánchez, D. G., Serrato-Corona, J. S., Quiroga-Garza, H. M., Figueroa-Viramontes, U., & Gaytán-Mascorro, A. (2017). Potencial forrajero de cultivares de canola primaverales e invernales en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(2), 227-233.
- Robarge, W. P., Edwards, A., & Johnson, B. (1983). Water and waste water analysis for nitrate via nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14(12), 1207-1215. <https://doi.org/10.1080/00103628309367444>
- Romic, D., Ondrasek, G., Romic, M., Josip, B., Vranjes, M., & Petosic, D. (2008). Salinity and irrigation method affect crop yield and soil quality in watermelon (*Citrullus lanatus* L.) growing. *Irrigation and Drainage*, 57(4), 463-469. <https://doi.org/10.1002/ird.358>
- Sánchez-Hernández, D. J., Fortis-Hernández, M., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Ortiz, J. C., de la Cruz-Lázaro, E., Sánchez-Chávez, E., & Preciado-Rangel, P. (2016). Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutracéutica. *Interciencia*, 41, 213-217.

- SAS Institute. (2019). *Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. version 10*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera) (2020). Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado el 21 de abril, 2020, desde http://infosiap_siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/identidad/index.jsp
- Suárez-Hernández, Á. M., Grimaldo-Juárez, O., García-López, A. M., González-Mendoza, D., & Huitrón-Ramírez, M. V. (2017). Influence of rootstock on postharvest watermelon quality. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(1), 49-58. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.06.019>
- Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., & Vázquez-Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 727-738. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i5.1171>
- Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E., Fortis-Hernández, M., Reyes-Oliva, M. I., Zúñiga-Tarango, R., & González, J. A. (2010). Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), 609-617.
- Walkley, A., & 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 Science*, 37(1), 29-38.
- Wang, X., Cui, H., Shi, J., Zhao, X., Zhao, Y., & Wei, Z. (2015). Relationship between bacterial diversity and environmental parameters during composting of different raw materials. *Bioresource Technology*, 198, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.041>
- Whalen, J. K., Chang, C., & Clayton, G. W. (2002). Cattle manure and lime amendments to improve crop production of acidic soils in Northern Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, 82(2), 227-238. <https://doi.org/10.4141/S01-030>
- Yang, R., Mo, Y., Liu, C., Wang, Y., Ma, J., Zhang, Y., Li, H., & 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), e0156515. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156515>
- Zavala-Reyna, A., Bautista-Olivas, A. L., Alvarado-Ibarra, J., Velázquez-Contreras, L. E., & Peña-León, D. (2017). Cuantificación energética ambiental en la producción de Vermicompost. *Agrociencia*, 51(5), 543-553.
- Zhou, J., Gu, B., Schlesinger, W. H., & Ju, X. (2016). Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Scientific Reports*, 6(1), 25088. <https://doi.org/10.1038/srep25088>