

Densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas, enmendados con vermicomposta

Population density of actinomycetes in flower cultured soils amended with vermicompost

Gustavo Yáñez-Ocampo^{1‡}, María Esther Sánchez-González², Nadia de la Portilla-López¹, Yolanda Marmolejo-Santillán³, Pedro Del Águila-Juárez¹, Jorge Lugo-de la Fuente¹ y Rocío Vaca-Paulín¹

¹ Laboratorio de Edafología y Ambiente; ² Estudiante, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100. 50000 Toluca, Estado de México, México.

[‡] Autor para correspondencia (gyanezo@uaemex.mx)

³ Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Colonia Carboneras. 42184 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

RESUMEN

La aplicación de agroquímicos en la floricultura, disminuye gradualmente la fertilidad y poblaciones de microorganismos benéficos del suelo, siendo los actinomicetos indicadores biológicos de la calidad edáfica. En el presente artículo se propuso como objetivo comparar los cambios en la densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas de rosa, clavel y agapando, y su tratamiento con vermicomposta. Los tratamientos fueron agapando como control, suelo con plaguicida del cultivo de rosa, suelo con plaguicida del cultivo de clavel, suelo con plaguicida del cultivo de rosa adicionado con vermicomposta a 40 Mg ha⁻¹ y suelo con plaguicida del cultivo de clavel adicionado con vermicomposta a 40 Mg ha⁻¹. Durante 28 días, se cuantificó la densidad de población de actinomicetos totales, por el método de conteo en placa. Los suelos florícolas son de textura franco-arenosa, por su bajo contenido en materia orgánica, se adicionó vermicomposta a los tratamientos. La población de actinomicetos totales de los suelos florícolas y vermicomposta fue del orden de 1×10^5 UFC g⁻¹ de suelo, lo que indicó un bajo contenido. Se detectaron cambios en la densidad poblacional de actinomicetos en los tratamientos de suelos florícolas de rosa y clavel con y sin vermicomposta, siendo mayor en los suelos florícolas de rosa y clavel sin la adición

de vermicomposta. Los cambios en la población de actinomicetos de los suelos cultivados con rosa y clavel indican que estos microorganismos están adaptados a la aplicación de plaguicidas. La adición de vermicomposta mejoró las propiedades fisicoquímicas de los suelos florícolas en sus respectivos tratamientos.

Palabras clave: biorremediación, fertilidad del suelo, mejorador orgánico, microbiota edáfica.

SUMMARY

The application of agrochemicals to floriculture gradually decreases fertility and populations of beneficial microorganisms of the soil, actinomycetes being biological indicators of edaphic quality. The objective of this study was to compare the changes in population density of actinomycetes in rose, carnation and flower of love floriculture soils, and their treatment with vermicompost. Treatments were flower of love as control, soil with pesticide from rose culture, soil with pesticide from carnation culture, soil with pesticide from rose culture conditioned with vermicompost 40 Mg ha⁻¹ and soil with pesticide from carnation culture conditioned with vermicompost 40 Mg ha⁻¹. During 28 days, total population density of actinomycetes was quantified by count plate. The floriculture soils have a sandy-loam texture, and due

Cita recomendada:

Yáñez-Ocampo, G., M. E. Sánchez-González, N. de la Portilla-López, Y. Marmolejo-Santillán, P. Del Águila-Juárez, J. Lugo-de la Fuente y R. Vaca-Paulín. 2020. Densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas, enmendados con vermicomposta. *Terra Latinoamericana* 38: 745-753.

DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.570>

Recibido: 05 de septiembre de 2019.

Aceptado: 20 de abril de 2020.

Publicado en *Terra Latinoamericana* 38: 745-753.

to their low content of organic matter, vermicompost was added to the treatments. The total actinomycete population of floriculture soils and vermicompost was 1×10^5 CFU g^{-1} of soil, which indicated a low content. Changes in the population density of actinomycetes were detected in treatments of soils cultured with rose and carnation with and without vermicompost, being higher in soils cultured with rose and carnation without the addition of vermicompost. The changes in the actinomycete population of soils cultured with rose and carnation indicate that these microorganisms are adapted to the application of pesticides. The addition of vermicompost improved the physicochemical properties of the floricultural soils in their respective treatments.

Index words: *bioremediation, soil fertility, organic enhancer, edaphic microbiota.*

INTRODUCCIÓN

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, en producción de rosa, gerbera y clavel bajo condiciones de invernadero (Orozco-Hernández, 2007). Para sostener la alta producción florícola, se aplican agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) al suelo; sin embargo, sus propiedades fisicoquímicas, así como las poblaciones microbianas benéficas involucradas en procesos bioquímicos del reciclado de carbono, nitrógeno y fósforo disminuyen gradualmente en cada ciclo de producción (Cruz *et al.*, 2015; Cruz-Ruiz *et al.*, 2015).

Los microorganismos del suelo que habitan la rizósfera de plantas, promueven el crecimiento vegetal mediante interacciones simbióticas (Politi *et al.*, 2014), estas interacciones son impactadas negativamente por la aplicación de plaguicidas y fertilizantes. De las poblaciones microbianas benéficas que habitan el suelo y que contribuyen a su fertilidad, destacan los actinomicetos, grupo de bacterias Gram positivas con alto contenido de guanina y citosina en su ADN, constituyen una fracción significativa con una densidad poblacional de alrededor de 1×10^8 unidades formadoras de colonias (UFC) g^{-1} (Kalia y Gosal, 2011; Briceño *et al.*, 2012). Los actinomicetos son considerados indicadores biológicos de la calidad del suelo, debido a que son capaces de sobrevivir en presencia de contaminantes como plaguicidas, hidrocarburos y metales pesados. Por ello, es recomendable monitorear su densidad poblacional, a fin de evaluar la calidad

microbiológica del suelo (Quintero-Lizaola, 2014; Sheng *et al.*, 2015; López-González *et al.*, 2015).

Los efectos negativos causados a la microbiota edáfica, por la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de flores, pueden ser mitigados mediante la aplicación de enmiendas orgánicas como la vermicomposta (producto orgánico estabilizado por la actividad de la lombriz *Eisenia foetida*) (Semple *et al.*, 2001; Vaca-Paulín *et al.*, 2006). Este producto, es un agente acondicionador y mejorador de la textura y materia orgánica del suelo (Camacho *et al.*, 2014), contiene ácidos húmicos y fúlvicos que favorecen el crecimiento en las plantas, otorgando resistencia y resiliencia al ecosistema edáfico, permitiendo que sea sustentable (Arias-Estévez *et al.*, 2008; Bustamante *et al.*, 2010; Del Águila-Juárez *et al.*, 2011).

El objetivo del presente estudio fue comparar la densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas de cultivos de rosa y clavel y con la aplicación de vermicomposta para restaurar la calidad del suelo y de su microbiota edáfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron muestras superficiales de suelo a una profundidad de 0 a 15 cm, en invernaderos del municipio de Tenancingo, Estado de México, donde se cultiva rosa, clavel y agapando. Se colectó 1 kg de suelo y se guardaron en bolsas de plástico, esta cantidad se utilizó para los análisis físicos y químicos del suelo y para los análisis microbiológicos se colectaron 50 g en cajas Petri estériles para almacenarse a 4 °C.

La vermicomposta fue proporcionada por el Dr. Cesar Vences Contreras de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), que fue realizada con paja y estiércol de caballo, usando lombriz de tierra *Eisenia foetida*, variedad roja californiana.

Previo a la caracterización fisicoquímica, las muestras de suelo y vermicomposta fueron secadas al aire libre y tamizadas con malla de tamaño de poro de 2 mm. Se realizó el análisis de textura con base en el método del hidrómetro (Gee y Bauder, 1986). Luego se cuantificó el pH con suspensión suelo: agua (1:2.5 p/v) usando un potenciómetro (inoLab® pH 7110); además de la conductividad eléctrica (CE, reportado en las unidades deciSiemens por metro ($dS m^{-1}$)) (1:5 p/v) del extracto acuoso; el contenido de materia orgánica se realizó según el método de Walkley y Black (1934) y el

nitrógeno total (TN) fue medido mediante el método de Kjeldahl (Bremner, 1996).

Para la caracterización fisicoquímica se pesó de 2-3 mg de muestra de cada tratamiento después de 28 días del experimento en una balanza AD6 [Perkin Elmer, USA]; las muestras fueron analizadas en un analizador elemental para carbono orgánico y nitrógeno Perkin Elmer Model 2400 usando helio (grado cromatográfico) como gas acarreador.

El análisis microbiológico de las muestras de suelo y vermicomposta se hizo para conocer la densidad poblacional de actinomicetos, previo a mezclarse en el experimento en macetas. Por ello, se analizaron las muestras originales y por separado, por el método de conteo en placa; como a continuación se describe brevemente, asépticamente 10 g de suelo se colocaron en matraces Erlenmeyer con 90 mL de solución salina estéril (0.9% NaCl) y se agitó a 150 rpm por 30 minutos. Posteriormente, se realizaron diluciones seriadas en tubos con 9 mL de solución salina estéril y de cada dilución se sembró un volumen de 100 μ L en placas de agar glicerol (Difco, Becton, Dickinson & Co., MD, USA) adicionando ampicilina a 50 μ g mL⁻¹ (para inhibir crecimiento de bacterias Gram negativas), las mismas fueron incubadas a 30 °C durante 4 días. El resultado fue expresado en unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (UFC g⁻¹). Este procedimiento se realizó con sus respectivas tres replicas.

A fin de comparar los cambios en la densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas y enmendados con vermicomposta, se elaboró un diseño experimental en bloques al azar. El experimento fue realizado en macetas de plástico con 500 g de suelo

y se usó vermicomposta a una dosis de 40 Mg ha⁻¹. Se establecieron cinco tratamientos con cuatro repeticiones, agapando (A) considerado suelo control ya que no se aplican plaguicidas a este cultivo, suelo donde se cultiva rosa (SPR), suelo donde se cultiva clavel (SPC), suelo donde se cultiva rosa enmendado con vermicomposta (SPRV) y suelo donde se cultiva clavel enmendado con vermicomposta (SPCV). Los cambios en la densidad poblacional de actinomicetos fueron cuantificados por el método de conteo en placa antes descrito, cada siete días por 28 días en total. El análisis fisicoquímico de los tratamientos se realizó al inicio y al final del experimento.

En el análisis estadístico se utilizó el software Statgraphics 5.1. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba Tukey HSD (Honest Significant Difference) ($P < 0.05$) para comparar las diferencias de los valores promedios de la densidad poblacional de actinomicetos entre los cinco tratamientos y en cada tiempo de muestreo. La comparación de las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos fue hecha con un ANOVA y una prueba de LSD ($P < 0.001$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo donde se cultiva rosa, clavel y agapando es de textura arenosa (Cuadro 1), de acuerdo con Cruz *et al.* (2015) un suelo con textura arenosa es adecuado para la agricultura ya que favorece el crecimiento vegetal de raíces y está bien drenado. El pH (Cuadro 1) de todas las muestras está en la región neutra, los valores de CE están acordes a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT,

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica de las muestras originales de suelos florícolas de rosa, clavel, agapando y vermicomposta.
Table 1. Physicochemical characterization of the original samples of floricultural soils of rose, carnation, flower of love and vermicompost.

Suelo florícola	Textura	pH	CE	Materia orgánica	Humedad
			\dagger dS m ⁻¹	- - - - - % - - - - -	
A	F-Ar	7.19± 0.36	0.14± 0.36	2.20± 0.68	37.3± 9.11
SPR	F-Ar	6.81± 0.18	1.32± 1.11	4.93± 0.29	29.3± 2.85
SPC	F-Ar	6.43± 0.54	1.43± 0.92	4.61± 0.29	18.1± 12.34
V	-	7.41± 0.06	3.99± 0.0	66.91± 23.94	51.0± 23.05

A = agapando (control); SPC = suelo cultivado con clavel; SPR = suelo cultivado con rosa; V = vermicomposta; F-Ar = arenoso; CE = conductividad eléctrica, \dagger deciSiemens por metro.

A = flower of love (control); SPC = soil cultured with carnation; SPR = soil cultured with rose; V = vermicompost; F-Ar = sandy; CE = electrical conductivity, \dagger deciSiemens per meter.

2000), excepto la CE de la vermicomposta que tuvo un valor elevado con respecto a los suelos. Con base en la misma norma, el contenido de materia orgánica es bajo en los suelos florícolas, esto sugiere que el suelo requiere de la adición de una enmienda que permita su restauración. Para el caso de la vermicomposta el contenido de materia orgánica es alto, por esta razón se le consideró como mejorador del suelo.

El contenido de actinomicetos en los suelos florícolas de clavel, rosa y agapando así como de vermicomposta se muestra en la Figura 1. De manera natural un suelo no perturbado por actividad antropogénica y sin presencia de contaminantes tendría un contenido de actinomicetos de 1×10^8 UFC g^{-1} (Tiquia, 2005; Shrestha *et al.*, 2015). De acuerdo con los resultados de la primera caracterización con las muestras originales, en el suelo donde se cultiva agapando la población de actinomicetos fue del orden cercano a 1×10^5 UFC g^{-1} , este contenido es bajo y no es congruente debido a que no hay presencia de plaguicidas. El mayor contenido de actinomicetos con diferencias significativas ($P < 0.006$), fue encontrado en suelos donde se cultiva rosa y clavel con 7×10^5 UFC g^{-1} y 6.4×10^5 UFC g^{-1} , respectivamente. Aun así, la densidad poblacional

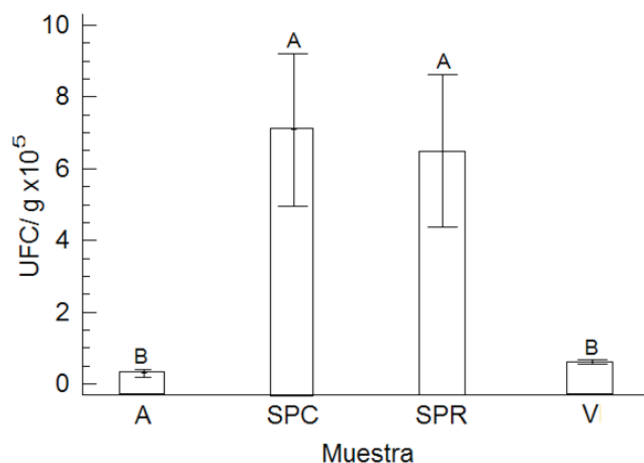


Figura 1. Densidad poblacional de actinomicetos de las muestras originales de suelo y vermicomposta. Letras diferentes en cada barra de la gráfica denotan diferencias significativas, $P < 0.0061$, $\alpha = 0.05$ (Tukey). S = suelo; P = plaguicida; A = agapando (control); R = rosa; C = clavel y V = vermicomposta.

Figure 1. Population density of actinomycetes from the original soil and vermicompost samples. Different letters in each bar of the graph denote significant differences, $P < 0.0061$, $\alpha = 0.05$ (Tukey). S = soil; P = pesticide; A = flower of love (control); R = rose; C = carnation and V = vermicompost.

de actinomicetos no está en el orden de magnitud de 1×10^8 UFC g^{-1} , ésta evidencia podría indicar que los microorganismos del suelo están siendo afectados por el uso de plaguicidas y manejo del cultivo.

Fuentes *et al.* (2010) y Benimeli *et al.* (2006) reportaron que los actinomicetos pueden crecer en suelos donde se aplican plaguicidas organoclorados, debido a que se han adaptado a ese tipo de ambiente. Esto sugiere que los actinomicetos que están presentes en suelos donde se cultiva rosa y clavel tienen la capacidad de sobrevivir a la aplicación de agroquímicos. Bhatti *et al.* (2017) y Sharma (2014) reportaron que debido a que los actinomicetos son formadores de esporas y además producen enzimas, es posible que sobrevivan en ambientes impactados con compuestos orgánicos persistentes como los plaguicidas que se aplican en la agricultura.

En el caso de la vermicomposta, es probable que la baja densidad poblacional de actinomicetos, se deba al tiempo de estabilización y mineralización de la materia orgánica lábil. Jeyabal y Kuppaswamy (2001) publicaron que el contenido de actinomicetos está en función del tiempo de maduración/estabilización, así como la disponibilidad de materia orgánica lábil que pudieran estar aún degradando los actinomicetos. A pesar de ello, la vermicomposta puede ser recomendada como mejorador de suelos y se ha reportado que la aplicación de vermicomposta en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas, mejora sus características (Chen *et al.*, 2015).

Según Quintero-Lizaola (2014) el contenido microbiano de la vermicomposta disminuye después del proceso de vermicompostaje, debido a que las lombrices de tierra degradan y mineralizan la materia orgánica lábil, así como también modifican las condiciones ambientales originales y específicamente, la conductividad eléctrica se puede ver incrementada y el pH se puede volver alcalino.

La Figura 2 muestra los cambios en la densidad poblacional de actinomicetos monitoreados a distintos intervalos de tiempo durante 28 días de experimento, con el uso de diferentes tratamientos adicionando vermicomposta a dosis de 40 Mg ha^{-1} . Al inicio del experimento (0 días, Figura 2a), todos los tratamientos comenzaron con una población de actinomicetos cercano a 1×10^5 UFC g^{-1} . A los 7 días de tratamiento se detectó un incremento significativo en la densidad poblacional de actinomicetos en el tratamiento del suelo donde se cultiva rosa (SPR).

Los tratamientos de suelo de clavel y rosa a los que se les adicionó vermicomposta (SPCV y SPRV) fueron significativamente iguales con respecto al suelo donde se cultiva clavel (SPC) y agapando (A) (Figura 2b). Es probable que éste incremento se deba a un periodo de adaptación entre los microorganismos presentes en los diferentes tratamientos. En un estudio realizado por Liu y Kang (2014) reportaron que los microorganismos del suelo responden a los cambios ambientales, así como a la modificación de la estructura y composición del suelo.

La densidad poblacional de actinomicetos cuantificada a 14 d fue diferente en cada tratamiento (Figura 2c). En los tratamientos sin vermicomposta (SPC y SPR) hubo mayor densidad poblacional de actinomicetos con respecto a los tratamientos adicionados con vermicomposta (SPCV y SPRV).

La adición de vermicomposta a los suelos donde se cultiva rosa y clavel no tuvo el efecto aditivo esperado de actinomicetos.

De acuerdo con Quintero-Lizaola (2014) y Espinosa-Palomeque *et al.* (2017), los actinomicetos son buenos indicadores biológicos para evaluar la calidad de suelos contaminados por compuestos orgánicos persistentes. Por esta razón, es probable que los actinomicetos de los suelos florícolas sin adición de vermicomposta, sean más resistentes y fácilmente adaptables a la presencia de los plaguicidas que se aplican al suelo.

De acuerdo con Ros *et al.* (2010) y Orozco-Corral *et al.* (2016), la densidad poblacional de actinomicetos se estabiliza cuando han consumido la materia orgánica lábil del suelo, por lo que la materia orgánica no lábil que es más difícil de degradar, provoca que

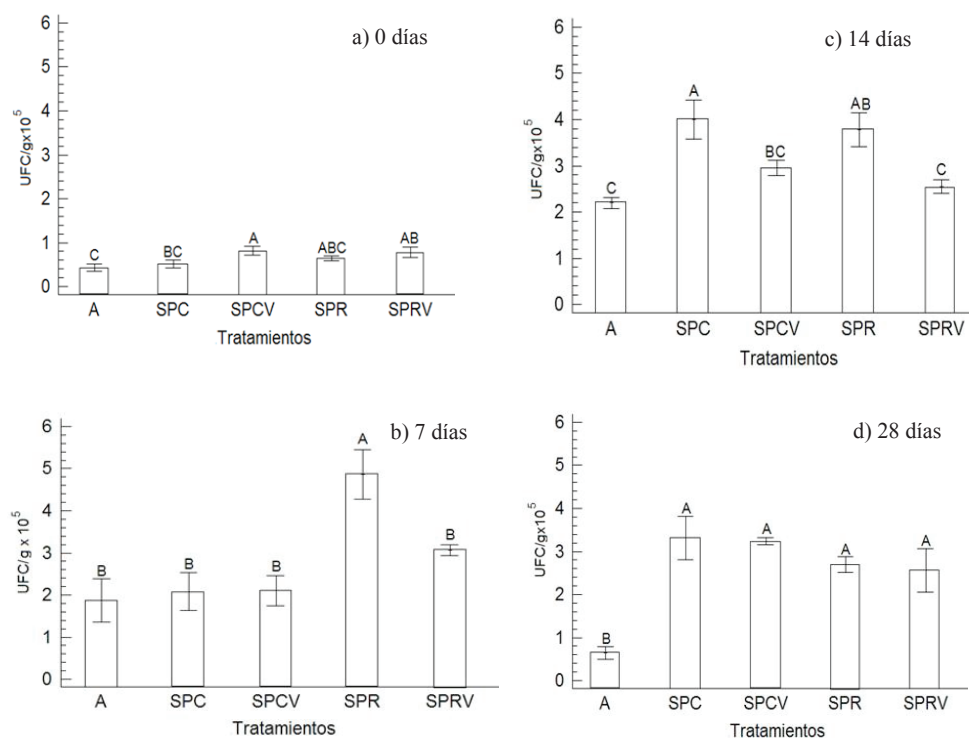


Figura 2. Densidad poblacional de actinomicetos en suelos florícolas y tratados con vermicomposta 40 Mg ha⁻¹. Tiempos de monitoreo: a) 0 días de tratamiento, b) 7 días de tratamiento, c) 14 días de tratamiento y d) 28 días de tratamiento. Letras diferentes en cada barra de la gráfica denotan diferencias significativas, $P < 0.0061$, $\alpha = 0.05$ (Tukey). S = suelo; P = plaguicida; A = agapando (control); R = rosa; C = clavel y V = vermicomposta.

Figure 2. Population density of actinomycetes in floricultural soils and treated with vermicompost 40 Mg ha⁻¹. Monitoring times: a) 0 days of treatment, b) 7 days of treatment, c) 14 days of treatment and d) 28 days of treatment. Different letters in each bar of the graph denote significant differences, $P < 0.0061$, $\alpha = 0.05$ (Tukey). S = soil; P = pesticide; A = flower of love (control); R = rose; C = carnation and V = vermicompost.

la población de actinomicetos disminuya. En la Figura 2d se aprecia precisamente este fenómeno, es decir, la densidad poblacional de actinomicetos en el día 28 del experimento se mantuvo estable en el orden de 3×10^5 UFC g^{-1} para todos los tratamientos excepto el control (agapando).

En el Cuadro 2 se reportan los valores de pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico y nitrógeno de todos los tratamientos, después de 28 días de experimentación. Con respecto al pH se encontraron diferencias significativas ($F_{4, 15} = 213$, $P < 0.001$), los tratamientos A y SPRV mostraron pH neutro y los tratamientos SPR, SPC y SPCV fueron moderadamente ácidos con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). En la conductividad eléctrica (CE) hubo diferencias significativas ($F_{4, 15} = 301$, $P < 0.001$), siendo el tratamiento SPC el de mayor CE (2.44 ± 0.23 dS m^{-1}).

El tratamiento con el mayor contenido de carbono orgánico (CO) fue SPCV con 3.24 ± 0.14 % ($F_{4, 15} = 57$, $P < 0.001$). El nitrógeno total (NT) también tuvo diferencias significativas, los tratamientos SPRV y control tuvieron el contenido más bajo de NT ($F_{4, 15} = 196$, $P < 0.001$). La relación C/N con el valor más alto fue en el tratamiento SPCV (9.52) seguido de SPR (8.35), SPRV (8.15), SPC (7.76) y finalmente el tratamiento A (6.94) (Cuadro 2).

El bajo contenido de carbono orgánico (reportado porcentualmente) en los tratamientos al finalizar

el experimento (28 días), puede estar dado a la actividad microbiana debido al proceso de mineralización del carbono que haya sido favorecido en el suelo donde se cultiva clavel, rosa y agapando. De acuerdo con Awasthi *et al.* (2015) y Bhattacharya *et al.* (2016) la degradación de la materia orgánica se debe a la respiración microbiana del suelo.

Es evidente que la adición de vermicomposta incrementó la relación porcentual de carbono orgánico en los suelos florícolas. Barton *et al.* (2016), demostraron que la vermicomposta es un agente que mejora la humedad, textura y en este caso el contenido de materia orgánica también. Por esta razón, el uso de enmiendas orgánicas como la vermicomposta, ayuda a restaurar las propiedades fisicoquímicas de suelos impactados por el uso de fertilizantes y plaguicidas (Canarini *et al.*, 2006; Cabanillas *et al.*, 2013; Chatterjee *et al.*, 2016;).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio mostraron que la vermicomposta adicionada a los suelos florícolas cultivados con rosa y clavel, no incrementó la densidad poblacional de actinomicetos; sin embargo, ésta enmienda orgánica mejoró las propiedades fisicoquímicas de los suelos florícolas en sus respectivos tratamientos. La densidad poblacional de actinomicetos en los suelos cultivados con rosa y clavel está adaptada a la aplicación de plaguicidas.

Cuadro 2. Caracterización fisicoquímica de los diferentes tratamientos del suelo florícola, después de 28 días.
Table 2. Physicochemical characterization of the different floricultural soil treatments after 28 days.

	pH	CE	CO	TN	C/N
		†dS m^{-1}	- - - - - % - - - - -		
SPC	6.34±0.06e	2.44±0.23a	2.64±0.14b	0.34±0.01b	7.76
SPCV	6.42±0.04d	2.17±0.10bc	3.24±0.14a	0.34±0.01b	9.52
SPR	6.51±0.06c	2.19±0.10b	2.84±0.16ab	0.34±0.01b	8.35
SPRV	6.67±0.10b	2.02±0.21c	3.10±0.14ab	0.38±0.01a	8.15
A	7.17±0.04a	0.18±0.01d	1.32±0.34c	0.19±0.01c	6.94

CE = conductividad eléctrica; CO = carbono orgánico; TN = nitrógeno total. † deciSiemens por metro. SPC = suelo donde se cultiva clavel; SPCV = suelo donde se cultiva clavel enmendado con vermicomposta; SPR = suelo donde se cultiva rosa; SPRV = suelo donde se cultiva rosa enmendado con vermicomposta; A = agapando (control).

CE = electrical conductivity; CO = organic carbon; TN = total nitrogen. † deciSiemens per meter. SPC = soil where carnation is cultured; SPCV = soil where carnation is cultured, amended with vermicompost; SPR = soil where rose is grown; SPRV = soil where rose is grown amended with vermicompost; A = flower of love (control).

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FONDOS

Fuente de financiamiento para la investigación reportada: PRODEP-SEP proyecto no. 1056926.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Administración del proyecto y adquisición de fondos: Gustavo Yáñez-Ocampo, contribuyó en la búsqueda de recursos, con el proyecto financiado. Análisis formal: Yolanda Marmolejo-Santillán, contribuyó en el análisis elemental de carbono y nitrógeno. Conceptualización: Gustavo Yáñez-Ocampo y Jorge Lugo-de la Fuente, contribuyeron en formulación y desarrollo de ideas, objetivos de la investigación. Escritura: preparación del borrador original: María Esther Sánchez-González y Nadia de la Portilla-López, contribuyeron en la redacción general del manuscrito. Escritura: revisión y edición: Jorge Lugo-de la Fuente contribuyó en corrección de estilo, normas editoriales, edición de gráficas y cuadros. Investigación: María Esther Sánchez-González, realizó los trabajos experimentales de campo y de laboratorio. Metodología: Rocío Vaca-Paulín, contribuyó en la elaboración del diseño experimental y el análisis estadístico de los datos. Recursos: Gustavo Yáñez-Ocampo, contribuyó en la búsqueda de recursos, con el proyecto financiado. Validación: Pedro Del Águila-Juárez, contribuyó en diseño de muestreo, revisión de datos experimentales de la investigación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al PRODEP-SEP por el financiamiento del proyecto no. 1056926.

LITERATURA CITADA

- Arias-Estévez, M., E. López-Periago, E. Martínez-Carballo, J. Simal-Gándara, J. C. Mejuto, and L. García-Río. 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123: 247-260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.011>.
- Awasthi, M. K., A. K. Pandey, P. S. Bundela, and J. Khan. 2015. Co-composting of organic fraction of municipal solid waste mixed with different bulking waste: Characterization of physicochemical parameters and microbial enzymatic dynamic. *Bioresour. Technol.* 182: 200-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.104>.
- Barton, L., F. C. Hoyle, K. T. Stefanova, and D. V. Murphy. 2016. Incorporating organic matter soil greenhouse gas emissions and increases grain yield in a semi-arid climate. *Agric. Ecosyst. Environ.* 231: 320-330. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.07.004>.
- Bhattacharya, S. S., K. H. Kim, S. Das, M. Uchimiya, B. H. Jeon, E. Kwon, and J. E. Szulejko. 2016. A review on the role of organic inputs in maintaining the soil carbon pool of the terrestrial ecosystem. *J. Environ. Manage.* 167: 214-227. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.09.042>.
- Bhatti, A. A., S. Haq, and R. A. Bhat. 2017. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microb. Pathog.* 111: 458-467. doi: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>.
- Benimeli, C. S., G. R. Castro, A. P. Chaile, and M. J. Amoroso. 2006. Lindane removal induction by *Streptomyces* sp. M7. *J. Basic Microbiol.* 46: 348-357. doi: <https://doi.org/10.1002/jobm.200510131>.
- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. pp. 1085-1122. *In*: D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, and M. E. Sumner (eds.). *Methods of soil analysis Part 3, Chemical Methods*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. Print. ISBN: 9780891188254.
- Briceño, G., M. S. Fuentes, G. Palma, M. A. Jorquera, M. J. Amoroso, and D. C. Diez. 2012. Chlorpyrifos biodegradation and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol production by actinobacteria isolated from soil. *Int. Biodeterior. Biodegradat.* 73: 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.06.002>.
- Bustamante, M. A., F. Suárez-Estrella, C. Torrecillas, C. Paredes, R. Moral, and J. Moreno. 2010. Use of chemometrics in the chemical and microbiological characterization of composts from agroindustrial wastes. *Bioresour. Technol.* 101: 4068-4074. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.085>.
- Cabanillas, C., D. Stubbia, and A. Ledesma. 2013. Production and income of basil in and out of season with vermicompost from rabbit manure and bovine ruminal contents alternative to urea. *J. Clean. Product.* 47: 77-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.012>.

- Camacho, A. D., L. Martínez, H. Ramírez-Saad, R. Valenzuela y M. Valdés. 2014. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana* 32: 291-300.
- Canarini, A., Y. Carrillo, P. Mariotte, L. Ingram, and F. A. Dijkstra. 2016. Soil microbial community resistance to drought and links to C stabilization in an Australian grassland. *Soil Biol. Biochem.* 103: 171-180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.024>.
- Chatterjee, D., R. Kuotsu, J. Z. Kikon, D. Sarkar, M. Ao, S. K. Ray, T. Bera, and B. C. Deka. 2016. Characterization of vermicompost prepared from agricultural solid waste in North Eastern Hill Region of Nagaland, India. *Proc. Natl. Acad. Sci. India, Sect. B. Biol. Sci.* 86: 823-833. doi: <https://doi.org/10.1007/s40011-015-0538-5>.
- Chen, M., P. Xu, G. Zeng, C. Yang, D. Huang, and J. Zhang. 2015. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. *Biotechnol. Adv.* 33: 745-755. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.05.003>.
- Cruz-Ruiz, A., E. Cruz-Ruiz, R. Vaca-Paulín, P. del Águila-Juárez, and J. Lugo de la Fuente. 2015. Assessment of soil parameters related with soil quality in agricultural systems. *Life Sci. J.* 12: 154-161. doi: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/65677>.
- Cruz-Ruiz, A., E. Cruz-Ruiz, R. Vaca, P. Del Águila, and J. Lugo. 2015. Effects of pumice mining on soil quality. *Solid Earth Discuss.* 7: 1375-1398. doi: <https://doi.org/10.5194/sed-7-1375-2015>.
- Del Águila-Juárez, P., J. A. Lugo-de la Fuente, and R. Vaca-Paulín. 2011. Vermicomposting as a process to stabilize organic waste and sewage sludge as an application for soil. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: 949-963.
- Espinosa-Palomeque, B., A. Moreno-Reséndez, P. Cano-Ríos, V. P. Álvarez-Reyna, J. Sáenz-Mata, H. Sánchez-Galván y G. González Rodríguez. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afrodita en invernadero. *Terra Latinoamericana* 35: 169-178.
- Fuentes, M. S., C. S. Benimeli, S. A. Cuzzo, and M. J. Amoroso. 2010. Isolation of pesticide-degrading actinomycetes from a contaminated site: Bacterial growth, removal and dechlorination of organochlorine pesticides. *Int. Biodeterior. Biodegradat.* 64: 434-441. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.05.001>.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-409. *In:* A. Klute (ed.). *Methods of soil analysis. Part 1. Agron. Mongr.* 9. ASA and SSSA, Madison, WI, USA.
- Jeyabal, A. and G. Kuppaswamy. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *Eur. J. Agron.* 15: 153-170. doi: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00100-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00100-3).
- Kalia, A. and S. K. Gosal. 2011. Effect of pesticide application on soil microorganisms. *Arch. Agron. Soil Sci.* 57: 569-596. doi: <https://doi.org/10.1080/03650341003787582>.
- Liu, S. H. and Y. H. Kang. 2014. Changes of soil microbial characteristics in saline-sodic soils under drip irrigation. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 14: 139-150. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000011>.
- López-González, J. A., F. Suárez-Estrella, M. C. Vargas-García, M. J. López, M. M. Jurado, and J. Moreno. 2015. Dynamics of bacterial microbiota during lignocellulosic waste composting: Studies upon its structure, functionality and biodiversity. *Bioresour. Technol.* 175: 406-416. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.123>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. SEMARNAT. México, D. F.
- Orozco-Corral, A. L., M. I. Valverde-Flores, R. Martínez-Téllez, C. Chávez-Bustillos y R. Benavides-Hernández. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana* 34: 441-456.
- Orozco-Hernández, M. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. *Convergencia. Rev. Cienc. Soc.* 14: 111-160.
- Polti, M. A., J. D. Aparicio, C. S. Benimeli, and M. J. Amoroso. 2014. Simultaneous bioremediation of Cr(VI) and lindane in soil by actinobacteria. *Int. Biodeterior. Biodegradat.* 88: 48-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.12.004>.
- Quintero-Lizaola, R. 2014. Poblaciones microbianas, actividades enzimáticas y sustancias húmicas en la biotransformación de residuos. *Terra Latinoamericana* 32: 161-172.
- Ros, M., I. Rodríguez, C. García, and T. Hernandez. 2010. Microbial communities involved in the bioremediation of an aged recalcitrant hydrocarbon polluted soil by using organic amendments. *Bioresour. Technol.* 101: 6916-6923. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.126>.
- Semple, K. T., B. J. Reid, and T. R. Farmor. 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environ. Pollut.* 112: 269-283. doi: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00099-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00099-3).
- Sharma, M., P. Dangi, and M. Choudhary. 2014. Actinomycetes: source, identification and their applications. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 3: 801-832.
- Sheng, Q., M. Qian, F. Wei-Wei, W. Yu, Z. Xiao, X. Ke, and H. Ji-Hong. 2015. Biodiversity and plant growth promoting traits of culturable endophytic actinobacteria associated with *Jatropha curcas* L. growing in Panxi dry-hot valley soil. *Appl. Soil Ecol.* 93: 47-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.04.004>.
- Shrestha, K., S. Stevens, P. Shrestha, E. M. Adetutu, K. B. Walsh, A. S. Ball, and D. J. Midmore. 2015. Characterization of the soil microbial community of cultivated and uncultivated vertisol in Australia under several management regimes. *Agr. Ecosyst. Environ.* 199: 418-427. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.002>.
- Tiquia, S. M. 2005. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *J. Appl. Microbiol.* 99: 816-828. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02673.x>.

Vaca-Paulín, R., M. V. Esteller-Alberich, J. Lugo-de la Fuente, and H. A. Zavaleta-Mancera. 2006. Effect of sewage sludge or compost on the sorption and distribution of copper and cadmium in soil. *Waste Manage.* 26: 71-81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.03.008>.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.