



La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos

The incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost reduces the negative effects of monoculture in soils

Jacinto Vázquez^{1,*}; Manuel Alvarez-Vera^{2,3}; Sergio Iglesias-Abad²; Jorge Castillo²

¹ Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Católica de Cuenca UCACUE, Cuenca, Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Cuenca UCACUE, Cuenca, Ecuador.

³ Jefatura de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca UCACUE, Cuenca, Ecuador.

Received August 26, 2019. Accepted March 14, 2020.

Resumen

La producción de flores es un rubro importante en la economía del Ecuador, pero los sistemas intensivos en forma de monocultivo de especies como la *Gypsophila paniculata* provocan alteraciones en el suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost en el suelo de monocultivo de *Gypsophila*. Se planteó un ensayo en condiciones de invernadero, con un diseño completo al azar (DCA) con nueve tratamientos. En macetas con sustratos suelo de producción de *Gypsophila* procedente de Ecuador al que se incorporó dosis de compost y vermicompost se sembró *Gypsophila* para evaluarse tres ciclos de cosecha. Se determinó absorción foliar y peso fresco de materia verde. Terminada cosecha 1 y cosecha 3, se caracterizó el sustrato suelo. La incorporación de compost o vermicompost frente al tratamiento Testigo, mejora la absorción foliar de fósforo, potasio, magnesio y azufre en las tres cosechas, en el sustrato suelo se incrementó la conductividad eléctrica (C.E.), el fósforo disponible y contenido de materia orgánica (MO), hay efecto tampón del pH y la densidad aparente disminuye. Los valores de peso fresco de tallos de tratamientos con enmiendas orgánicas son superiores al Testigo en las tres cosechas.

Palabras clave: Características de suelo; *Gypsophila paniculata*; materia orgánica del suelo; fósforo disponible.

Abstract

Flower production is an important item in the Ecuadorian economy, but intensive monoculture systems of species such as *Gypsophila paniculata* cause alterations in the soil. The objective was to evaluate the effect of the incorporation of organic amendments in the form of compost and vermicompost in the *Gypsophila* monoculture soil. A trial was considered under greenhouse conditions, with a completely randomized design (CRD) with nine treatments. *Gypsophila* was planted in pots with *Gypsophila* production soil from Ecuador to which compost and vermicompost doses were added to evaluate three harvest cycles. Foliar absorption and fresh weight of green matter were determined. After harvest 1 and harvest 3, the soil substrate was characterized. The incorporation of compost or vermicompost compared to the Control treatment, improves the foliar absorption of phosphorus, potassium, magnesium and sulfur in the three harvests, in the soil substrate the Electrical Conductivity (EC), the available phosphorus and the content of Organic Matter (OM), there is a buffer effect on the pH and the bulk density decreases. The fresh weight values of stems from treatments with organic amendments are higher than the Control in the three harvests.

Keywords: Characteristics of soil; *Gypsophila paniculata*; soil organic matter; available phosphorus.

How to cite this article:

Vázquez, J.; Alvarez-Vera, M.; Iglesias, S.; Castillo, J. 2020. La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria* 11(1): 105-112.

* Corresponding author

E-mail: jvazquez@ucacue.edu.ec (J. Vázquez).

© 2020 All rights reserved

DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.01.12

1. Introducción

El Ecuador no posee las cuatro estaciones del año por estar situado en la línea equinoccial, motivo por el cual cuenta con un número de horas luz relativamente constante, esto permite la producción continua de varias especies de flores de verano como la *Gypsophila paniculata*, de la cual es el principal productor con el 77% de la producción mundial que representa el 9% de las exportaciones de flores del país (Pro Ecuador, 2015). La exportación de flores es un rubro importante para el país, según estadísticas del Banco Central del Ecuador en el año 2016 estas representaron el 7,2% de las exportaciones no petroleras, por su parte la Corporación Financiera Nacional (2017), señala que en ese mismo año la *Gypsophila* representó el 10% de la producción nacional de flores, a más de esto, el sector florícola es una industria que genera una alta demanda de mano de obra calificada y no calificada con un promedio de 12 personas por hectárea, por lo que influye en la economía de los sectores en la que se desarrolla. *Gypsophila* es una planta altamente extractora de nutrientes, por lo que la producción en forma de monocultivo provoca que el suelo se vea reducido en su concentración de elementos (Aragon, 2002; López et al., 2006), dando como resultado una disminución en la producción de cosechas posteriores, lo que se podría considerar como causa de la degradación del suelo.

Los sistemas agrícolas intensivos han afectado las funciones de los ecosistemas, lo cual se manifiesta de manera significativa a través de la pérdida de su diversidad biológica (Landeros-Sánchez et al., 2011), son sistemas con largos periodos del mismo cultivo, con bajo aporte anual de carbono y disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo, estos efectos generan una progresiva disminución de su fertilidad (Duval et al., 2015), el establecimiento del monocultivo favorece una disminución de la concentración de materia orgánica (Fernández et al., 2016) y cambios en la comunidad microbiana del suelo (Wang et al., 2017), con una disminución de los contenidos del carbono orgánico y las fracciones de micronutrientes, así como un aumento de la susceptibilidad a la erosión hídrica (Martínez et al., 2008), lo que conlleva al empobrecimiento del suelo y la reducción del rendimiento de los cultivos con el transcurso de los años (Cabrerá y Zuaznabar, 2010); la calidad del suelo disminuye con cada ciclo de cultivo (Selvaraj et al., 2017), los cultivos sucesivos en el mismo sitio degradan la calidad del suelo (Zhijun et al., 2018).

Al respecto, Li et al. (2018) estudiaron campos con monocultivos de camote durante 1, 2, 3 y 4 años, los resultados revelaron que el cultivo continuo condujo a una disminución significativa en el pH, carbono orgánico y abundancia bacteriana del suelo. Woźniak (2019) probó dos sistemas de siembra en cultivo de trigo de invierno, el rendimiento en el sistema de monocultivo fue significativamente menor en comparación con el rendimiento del trigo de invierno cultivado en el sistema de rotación de cultivos, esta reducción se debió a un menor número de espigas por metro cuadrado, menor peso de 1000 granos y menor peso de grano por espiga. Zhang et al. (2020) señalan que los monocultivos forestales alteran la comunidad microbiana, reducen la fertilidad del suelo y presumiblemente reducen la productividad forestal en comparación con la producción de especies mixtas.

Transcurridas varias décadas de prácticas agrícolas comerciales con un predominio del monocultivo, las técnicas agrícolas tradicionales, como los cultivos integrados, prácticas de agricultura orgánica y uso de sustancias orgánicas como el estiércol animal y las enmiendas orgánicas entre otras, están volviendo gradualmente. En este contexto, Kwiatkowski et al. (2020) señalan que incorporar biomasa de cultivos afectó de manera beneficiosa las propiedades químicas del suelo, en particular el contenido de humus del suelo, carbono orgánico, fósforo, magnesio y micronutrientes (Mn, Fe, Zn, Cu). Por su parte, Vuyuru et al. (2019) indican que, la rotación de cultivo de frijol caupí y soja, junto con la aplicación de fungicidas de semillas, parece una práctica prometedora para mejorar los rendimientos de monocultivo de caña de azúcar en los suelos histosoles. Stepien y Kobialka (2019) probaron durante 94 años el efecto de la aplicación de estiércol frente a los fertilizantes minerales y su combinación en sistemas de monocultivo y rotación de cultivo de centeno, concluyendo que, aplicar estiércol a largo plazo mitiga el efecto negativo de los fertilizantes minerales en la acidificación del suelo y duplica el contenido de carbono orgánico del suelo. En tanto que, Celestina et al. (2019) manifiestan que, las enmiendas orgánicas como el estiércol, el compost y los residuos vegetales son usados con frecuencia en la producción de cultivos, como alternativas a los fertilizantes inorgánicos, para restaurar suelos degradados y mejorar las restricciones fisicoquímicas. Orozco et al. (2016) y Castelo-Gutiérrez et al. (2016), coinciden en que, estrategias como la incorporación de enmiendas orgánicas de los residuos de las

actividades agrícolas como el compost y el vermicompost pueden restablecer las principales funciones biológicas, físicas y químicas del suelo.

Por lo señalado, es relevante estudiar los efectos de la incorporación de enmiendas orgánicas en suelos de monocultivo, determinando aspectos como, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de materia orgánica del suelo, las características físicas del suelo y el efecto en el desarrollo del cultivo indicador. Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost en suelos de monocultivo de *Gypsophila*.

2. Materiales y métodos

Zona de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), ubicada en el distrito La Molina, provincia de Lima, Perú, a una altura de 230 ms.n.m, con promedios de temperatura entre 14,6 °C a 28,7 °C, y una precipitación promedio anual de 60 mm (Vega y Mejía, 2017).

Sustrato y enmiendas orgánicas

Como sustrato se utilizó un suelo de cultivo de *Gypsophila paniculata* proveniente de Ecuador, provincia del Azuay, cantón Gualaceo, que se encuentra a 2230 ms.n.m., su temperatura promedio es de 18 °C, la humedad relativa de 75%, precipitación anual de 750 mm y su área agroecológica es sierra sur ecuatoriana. Las características del suelo fueron: textura franco arenoso, pH de 8 (moderadamente alcalino), C.E. de 0,96 dS/m (muy ligeramente salino), la materia orgánica en 0,84% (bajo), el fósforo disponible en 13,9 ppm (medio), el potasio disponible en 378 ppm (alto), y con baja retención de agua y cationes.

Como enmiendas orgánicas se utilizaron, compost (COM) y vermicompost (VER) de origen común, a base de restos de podas, cortes de césped, frutas y estiércol de ganado vacuno, producidas en la compostera del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM. Las características del compost fueron: pH (6,87), C.E. (12,70 dS/m), Humedad (34,39%), MO (40,73%) y relación C/N (10,83), en tanto que las características del vermicompost fueron: pH (6,51), C.E. (7,16 dS/m), Humedad (42,60%), MO (37,75%) y relación C/N (10,42). Se sembraron plantas de *Gypsophila paniculata*, variedad Milenium enraizadas en el Vivero del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales (PIPO) de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

Los datos meteorológicos de temperatura máxima y temperatura mínima diaria en °C y la humedad relativa promedio diaria en porcentaje fueron proporcionados por el Departamento de Ingeniería Ambiental, Física y Meteorología de La UNALM y pertenecen al Observatorio Meteorológica Alexander Von Humboldt.

Métodos

Se utilizó un modelo de Diseño Completos al Azar (DCA) con 9 tratamientos y 4 repeticiones, dando un total de 36 unidades experimentales que consistieron de una planta de *Gypsophila* sembrada en maceta con 1,5 kg de sustrato suelo con su dosis de enmienda orgánica de 0,25% - 0,50% - 1,00% y 2,00% de peso con excepción del tratamiento TESTIGO que no tuvo enmienda; a todos los tratamientos se aplicó fertilización complementaria, en la siembra se empleó una dosis de N (200 ppm), P (75 ppm) y K (150 ppm); para la cosecha 2 y cosecha 3 se aplicó una dosis de N (200 ppm), como fuentes se utilizó los fertilizantes nitrato de amonio, cloruro de potasio y superfosfato triple; para el análisis estadístico de las variables masa de materia verde se utilizó la prueba de hipótesis marginal LSD Fisher ($\alpha = 0,05$) del Análisis de Variancia ANOVA con el programa estadístico InfoStat/E con especificación del modelo en R.

Las plantas de *Gypsophila* se manejaron para producir un tallo por planta y por cosecha, en una balanza digital (Sartorius CP323 S) en cosecha 1, cosecha 2 y cosecha 3 se determinó la masa de materia verde en gramos, posteriormente se separó la parte foliar y se colocaron en la estufa (Venticell LSIS-B2V / VC 222) a 75 °C por 24 horas para establecer el peso seco de las hojas, con estas muestras y mediante procedimiento de digestión húmeda se determinó la extracción foliar de los diferentes tratamientos, el porcentaje de los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y sodio) y las partes por millón de los micronutrientes (zinc, cobre, manganeso, hierro, boro). El nitrógeno se determinó por destilación con el sistema micro Kjeldahl; el fósforo, azufre y boro por colorimetría y el resto de elementos por absorción atómica con el equipo (PerkynElmer Analyst 200). Con los datos del análisis foliar y el peso seco en gramos del follaje se estableció el promedio de absorción foliar por tallo, en gramos para los macronutrientes y miligramos para los micronutrientes.

Para determinar características físicas y químicas del sustrato suelo, se tomó una muestra inicial del sustrato y de todos los tratamientos terminada cosecha 1 y

cosecha 3. En el líquido sobrenadante de una relación suelo agua 1:1 v/v con un potenciómetro Consort modelo C1020 se midió el pH y con un conductímetro YSI modelo 32 la C.E. Para determinar MO se empleó el método de Walkley y Black, para el fósforo disponible el método Olsen modificado, para potasio disponible se utilizó la metodología del acetato de amonio, la capacidad de intercambio catiónico CIC con la metodología de acetato de amonio pH 7,0, para el catión Na⁺ por absorción atómica con el equipo PerkinElmer AAnalyst 200, para el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se utilizó la fórmula que divide el valor del catión Na⁺ entre el valor de la CIC y los multiplica por cien. Para la densidad aparente (Da) se utilizó el método de la probeta con una muestra de 50 g de suelo. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

3. Resultados y discusión

Masa de materia verde

Para la variable masa de materia verde en g, en cosecha 1, cosecha 2 y cosecha 3, se presentaron diferencias estadísticas significativas con p-value de 0,0342, 0,0138 y 0,0219 respectivamente. En la Figura 1, se observa que en las tres cosechas el tratamiento TESTIGO fue relegado a los últimos lugares; para este mismo tratamiento al comparar el valor de la cosecha 2 con el de la cosecha 1 hay una disminución del 55% de la masa de la materia verde, en tanto que en la cosecha 3 la disminución es de 3% con relación a la cosecha 2, lo que indica que hay una reducción progresiva de la producción de biomasa con el transcurso de las cosechas. Por su parte los tratamientos con enmiendas orgánicas presentan pesos de materia verde superiores al tratamiento TESTIGO en las tres cosechas. En cosecha 1 el tratamiento Compost al 0,5% es superior en 10% al TESTIGO, en tanto que en cosecha 2 el tratamiento Vermicompost al 0,25% excede en 23% al TESTIGO y en la cosecha 3 el tratamiento Vermicompost al 1,0% supera en 25% al TESTIGO, pero de igual manera se puede ver una reducción progresiva en los valores, lo que indica que el monocultivo de *Gypsophila* tiende a disminuir la capacidad productiva del suelo en el que se desarrolla.

La *Gypsophila* es una flor de corte y su comercialización se la realiza por peso o masa de materia verde, al respecto Wachowicz y Serrat (2006) señalan que la cantidad de materia verde es un factor indicativo de

calidad en la comercialización de flores de corte que depende de la capacidad de producción del suelo. La *Gypsophila* es una planta que extrae diferentes nutrientes del suelo, entre los que podemos tener el Ca y K (Aragon, 2002; López et al., 2006), por lo que su explotación continua requiere de la implementación adecuada de programas para compensar los elementos extraídos en cada campaña.

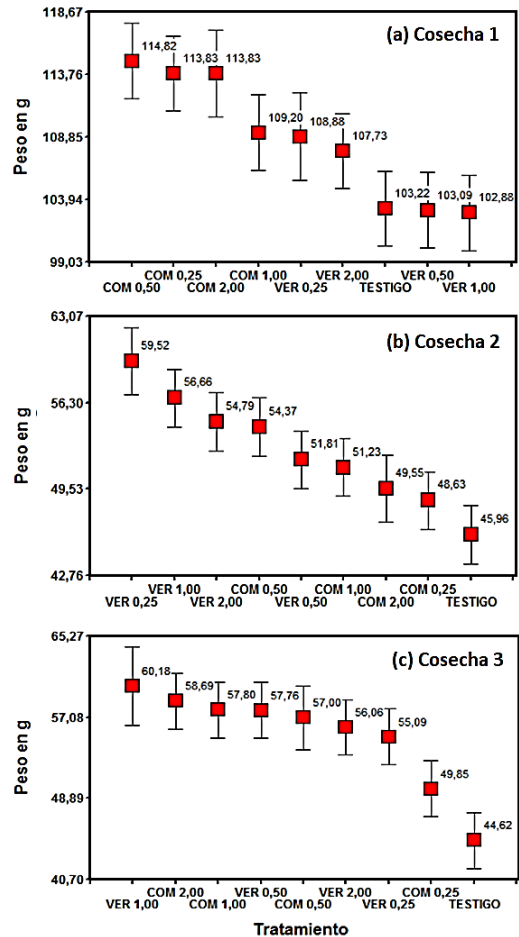


Figura 1. Peso en gramos de materia verde de tallos de *Gypsophila paniculata*. a) cosecha 1, b) cosecha 2 y c) cosecha 3.

La incorporación de enmiendas orgánicas tiene efectos positivos en la producción de materia verde de los tallos de *Gypsophila*, para Azarmi et al. (2008), el vermicompost puede mejorar las características físicas del suelo como la densidad aparente y la porosidad, las mismas que favorecen la capacidad de retención de humedad, por su parte Celestina et al. (2019), manifiestan que, las respuestas de rendimiento de cultivos a la aplicación de enmiendas orgánicas pueden deberse a la mejora de las limitaciones del suelo, los nutrientes de las plantas contenidos en la enmienda o ambos factores que

actúan en conjunto, para Vázquez y Loli (2018) la incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost incrementan el porcentaje de MO en el suelo, reducen los rangos de variación del pH y aumenta la disponibilidad de fósforo. Por su parte, Wachowicz y Serrat (2006) obtuvieron valores superiores de masa de materia verde en plantas de *Gypsophila* con dosis mayores de materia orgánica de lodos de alcantarilla con respecto al testigo.

En el análisis se tomó en cuenta que, para la cosecha 1 se incorporó las enmiendas orgánicas, la fertilización de fondo, el estado fisiológico de la planta y la influencia de las condiciones meteorológicas en el desarrollo del cultivo. En el periodo de cosecha 1 se registró el promedio más bajo de temperatura de la investigación con un valor de 18,7 °C en tanto que el promedio de humedad relativa del ciclo de cosecha 1 fue el más alto registrado en la investigación con un valor de 83,0%; para el periodo de cosecha 2 el promedio de temperatura fue mayor, en tanto que el promedio de humedad relativa fue menor en relación a la cosecha 1, con valores de 26,1 °C de temperatura y 73,6% de humedad relativa; en el periodo de cosecha 3 el promedio de temperatura fue menor al de cosecha 2 pero mayor al de cosecha 1 con un valor de 23,8 °C, en tanto que el promedio de humedad relativa fue de 75,3 %, mayor al de cosecha 2, pero menor al de cosecha 1. Al respecto, López et al. (2006) señalan que, la *Gypsophila* es una planta en la cual la temperatura es un factor determinante para el crecimiento y el control de floración, temperaturas nocturnas bajas favorecen el desarrollo vegetativo independiente del número de horas de luz, alta humedad alarga el ciclo de cultivo. En tanto que Casierra-Posada y Peña (2010) señalan que con temperaturas medias más elevadas durante el cultivo se acorta el periodo de inicio de producción con el riesgo de disminuir la producción de materia verde, todo esto con fotoperiodo favorable.

Absorción foliar de macro y micronutrientes en tallos de *Gypsophila paniculata*

En la Tabla 1 se observa que la absorción de fósforo, potasio, magnesio y azufre, disminuye

con el paso de las cosechas. Los tratamientos con enmiendas orgánicas presentan valores promedio de absorción mayores con relación al tratamiento TESTIGO, en los elementos P, K, S, Mg y Na, lo cual indica que las enmiendas influyen positivamente en la absorción de estos nutrientes, pero es evidente que con el transcurso de las cosechas disminuyen los niveles de absorción, con la consiguiente disminución de la producción de biomasa, lo que se podría interpretar como una degradación de la capacidad productiva del suelo.

Para el elemento P, en cosecha 1 y cosecha 2, el vermicompost presenta los mayores niveles promedio con valores de 0,0052 g y 0,0042 g, respectivamente; en tanto que en cosecha 3 el promedio mayor le corresponde al compost con un valor de 0,0042 g. Para el elemento K, en cosecha 1 y cosecha 3 el compost tiene los niveles promedio más altos con valores de 0,1147 g y 0,042 g respectivamente, mientras que en la cosecha 2 al vermicompost le corresponde el nivel promedio mayor con un valor de 0,041 g.

Con respecto a los elementos menores el comportamiento fue diferente, en la Tabla 2 se constata una disminución en la cosecha 2 y un incremento en la cosecha 3 para los elementos zinc, cobre, y boro, en tanto que el manganeso y el hierro se incrementan con el transcurso de las cosechas. Hay que tener en cuenta que al igual que para los elementos mayores, los niveles de absorción son superiores en los tratamientos con enmiendas orgánicas como Compost y Vermicompost con relación al tratamiento TESTIGO, con excepción del manganeso y hierro.

Para el suelo en estudio se observa que el monocultivo de la *Gypsophila* provoca la compactación de este, motivo por el cual la aplicación de las enmiendas orgánicas presenta efectos positivos en las características físicas como la densidad aparente y la formación de agregados con el consiguiente aumento en la circulación de oxígeno, esto permiten un mejor balance hídrico, condición adecuada para una mayor absorción de nutrientes.

Tabla 1

Promedio en gramos de absorción foliar de macronutrientes por tallo en *Gypsophila paniculata*

	Tratamiento	Elementos						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Cosecha 1	TESTIGO	0,0560	0,0038	0,1079	0,2025	0,0178	0,0519	0,0011
	COM	0,0768	0,0049	0,1147	0,2245	0,0211	0,0517	0,0013
	VER	0,0847	0,0052	0,1101	0,2523	0,0238	0,0534	0,0012
Cosecha 2	TESTIGO	0,0769	0,0033	0,0359	0,2608	0,0157	0,0133	0,0012
	COM	0,0722	0,0037	0,0399	0,2545	0,0177	0,0141	0,0014
	VER	0,0475	0,0042	0,041	0,2576	0,018	0,0152	0,0014
Cosecha 3	TESTIGO	0,0833	0,003	0,0348	0,235	0,0083	0,0101	0,0027
	COM	0,0970	0,0042	0,042	0,2461	0,0139	0,011	0,0028
	VER	0,0889	0,004	0,0416	0,2341	0,0125	0,0111	0,0023

Tabla 2
Promedios en miligramos de absorción foliar de micronutrientes por tallo en *Gypsophila paniculata*

Cosecha	Tratamiento	Elementos				
		Zn	Cu	Mn	Fe	B
Cosecha 1	TESTIGO	0,11	0,03	0,3	1,25	0,77
	COM	0,13	0,04	0,29	1,65	0,78
	VER	0,15	0,05	0,28	1,87	0,71
Cosecha 2	TESTIGO	0,09	0,02	0,38	2,03	0,49
	COM	0,09	0,03	0,33	1,29	0,5
	VER	0,09	0,03	0,31	1,31	0,52
Cosecha 3	TESTIGO	0,18	0,03	0,37	2,07	0,66
	COM	0,22	0,04	0,46	2,56	0,75
	VER	0,21	0,04	0,42	2	0,73

Las enmiendas orgánicas como el compost y los residuos vegetales son alternativas a los fertilizantes inorgánicos, pueden restaurar los suelos degradados y mejorar las restricciones fisicoquímicas del suelo (Celestina et al., 2019), el suministro de oxígeno es esencial para la absorción de fósforo por las raíces, lo mismo se aplica a otros nutrientes vegetales, la absorción de nutrientes aumenta con el contenido de carbohidratos de la raíz ya que estos actúan como fuente de energía para la absorción de iones durante la respiración (Mengel y Kirkby, 2001), agregar compost al suelo provoca diversos efectos benéficos como el aporte de nutrientes, estimula el desarrollo radicular e incorpora microorganismos beneficiosos implicados en el ciclo de diferentes nutrientes (Laich, 2011), algunos microorganismos benéficos como las bacterias pueden mejorar el crecimiento de las plantas a través la movilización de compuestos del suelo, poniéndolos a disposición de la planta para ser utilizados como nutrientes (García-Fraile et al., 2015), la materia orgánica contribuye al incremento en la disponibilidad de fósforo en forma paulatina para los cultivos (Bravo et al., 2013).

Características físicas y químicas del sustrato suelo

Los resultados de las características del sustrato suelo se presentan en la Tabla 3, con relación a los valores promedio de pH y comparando con los resultados del análisis inicial, se puede observar que terminada la cosecha 1 disminuye el valor en tanto que

terminada la cosecha 3 hay un incremento del valor en todos los tratamientos, pero es importante tener en cuenta la respuesta del suelo por el efecto tampón, la disminución del pH es menor en los tratamientos con Compost y Vermicompost terminada la cosecha 1 y su incremento es también menor terminada la cosecha 3 con respecto al TESTIGO. Hay un incremento de la Conductividad Eléctrica en todos los tratamientos en comparación con el resultado inicial, terminada la cosecha 1 y cosecha 3 el promedio más alto le corresponde a los tratamientos con Compost con valores de 1,13 y 2,18 dS/m respectivamente.

Con respecto al contenido de MO del suelo, se observa que para el tratamiento TESTIGO los niveles disminuyen con el transcurso de las cosechas con respecto al valor inicial, es así que terminada la cosecha 3 se tiene el 54% del valor inicial, en tanto que los tratamientos con Compost y Vermicompost mantienen e incluso incrementan los valores promedios al comparar con el valor inicial. La disponibilidad de P en el suelo se incrementa, es así que terminada la cosecha 1 los tratamientos con Compost tienen un valor promedio de 19,13 ppm, superior en 27% al valor inicial, mientras que terminada la cosecha 3 el valor promedio mayor le corresponde a los tratamientos con Vermicompost con 26,55 ppm, valores superiores en 48% al inicial. En cuanto a los valores promedio de densidad aparente, terminada la cosecha 3 en los tratamientos con Compost y Vermicompost hay una disminución del valor en tanto que para el tratamiento TESTIGO el valor se incrementa, esto con relación al valor inicial. Estos resultados de contenido de MO, disponibilidad de P y densidad aparente del suelo, indican un efecto positivo de la incorporación de enmiendas orgánicas.

Hay que tener en cuenta el incremento de los valores de Na⁺ y PSI terminada la cosecha 1 y cosecha 3 para todos los tratamientos, ya que estos valores se pueden considerar como posibles causas para la degradación del suelo.

Tabla 3
Promedios de las características físicas y químicas del suelo por enmiendas luego de cosecha1 y cosecha3 frente al sustrato suelo inicial

	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	M.O. %	P ppm	K ppm	CIC meq/100 g	Na+ meq/100 g	PSI	Da g/cm ³	
Inicial	8,00	0,96	0,84	13,90	378,00	10,24	0,18	1,76	1,40	
Cose 1	TEST	7,78	1,00	0,49	10,40	230,00	9,28	0,18	1,97	
	COM	7,87	1,13	1,02	19,13	275,25	7,72	0,23	2,96	
	VER	7,83	0,98	0,90	19,08	252,50	8,16	0,21	2,61	
Cose 3	TEST	8,63	1,57	0,46	11,80	110,00	8,00	0,48	6,00	1,41
	COM	8,32	2,18	1,04	19,28	122,75	8,00	0,48	6,00	1,37
	VER	8,35	1,96	1,02	26,55	106,50	8,28	0,48	5,83	1,36

Con los resultados del tratamiento TESTIGO se puede afirmar que el cultivo de *Gypsophila* degrada el suelo, si consideramos que el pH reacciona aumentando en forma paralela a la concentración del catión sodio y al porcentaje de sodio intercambiable, motivo por el cual con el transcurso de los ciclos de cosecha la C.E. es mayor y se incrementa la salinidad del suelo. Por otro lado, el contenido de MO se reduce de manera que afecta la CIC, el poder tampón, las propiedades físicas (densidad aparente, estructura y la porosidad del suelo), así como los iones disponibles de fósforo y potasio.

La incorporación de enmiendas orgánicas al suelo tiene efectos positivos en sus características físicas y químicas, al respecto, Kwiatkowski *et al.* (2020) señalan que, con la incorporación de biomasa de cultivos mejora los niveles de contenido de humus del suelo, carbono orgánico, fósforo, magnesio y micronutrientes, para Clocchiatti *et al.* (2019) el incremento de la materia orgánica del suelo a menudo coincide con un aumento de la biomasa fúngica, los suelos cultivables albergan un conjunto diverso de hongos, que pueden ser estimulados por enmiendas orgánicas, el nivel de estimulación depende de la calidad de las enmiendas. Por su parte, Martínez *et al.* (2008) manifiestan que, la materia orgánica del suelo tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y tiende a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino. Para Orozco *et al.* (2016), estos valores de pH podrían ser la principal causa de la baja disponibilidad de fósforo, ya que según Mengel y Kirkby (2001), con pH de suelo neutro las dos especies de fosfatos están en forma disponible, con el aumento del pH su disponibilidad disminuye.

Al disminuir el contenido de MO del suelo, se reduce el poder tampón del suelo, lo que puede ser causa del incremento de pH (Chang *et al.*, 2007; Cantero *et al.*, 2016), por otro lado el incremento del catión Na⁺ podría ser la principal causa del mayor valor en la C.E. (Cortés-D *et al.*, 2013), la disminución en contenido de potasio del suelo tiene relación con la alta demanda por parte de la *Gypsophila* (Aragon, 2002; López *et al.*, 2006) y se debe tener en cuenta que nutrientes rápidamente absorbidos por la planta como el catión potasio y el anión fosfato presentes en la solución del suelo, son transportados a las raíces principalmente por difusión, por lo que se requiere mantener los niveles de concentración de estos elementos (Mengel y Kirkby, 2001), el fósforo tiene un movimiento a muy cortas distancias (~2 mm) para llegar a las raíces, en tanto que el potasio se consideran disponibles

sólo las formas en la solución y adsorbido o intercambiable (Álvarez y Rimski-Korsakov, 2016).

Zhang *et al.* (2020), en su estudio de suelos forestales de *Larix*, determinaron que en bosques de monocultivo hay una reducción significativa ($p < 0,006$) de las concentraciones de N, P y C, un pH más bajo y una mayor densidad aparente del suelo, en comparación con bosque de especies mixtas y bosques con especies mixtas y *Larix*, en tanto que para Shi y Schulin (2019), la enmienda con residuos orgánicos puede reducir la erosión del suelo y la escorrentía superficial, disminuyendo las tasas de pérdida de elementos disueltos como el carbono orgánico, P, Cu y Zn, lo que resulta en un incremento de las concentraciones de estos elementos en el suelo.

4. Conclusiones

La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de Compost y Vermicompost en el suelo de monocultivo de *Gypsophila* tuvo un efecto positivo en las características físicas y químicas, se incrementó el contenido de materia orgánica (MO), la conductividad eléctrica (C.E.) y el fósforo disponible en el suelo, hubo efecto tampón del pH y la densidad aparente disminuyó. Estos resultados afectaron de manera beneficiosa a las plantas de *Gypsophila*, ya que se mejoró la absorción foliar de fósforo, potasio, magnesio y azufre en las tres cosechas y los valores de peso fresco de tallos de tratamientos con enmiendas orgánicas son superiores al tratamiento Testigo en las tres cosechas evaluadas con diferencias estadísticas significativas. Estudios futuros deberían comprobar estos resultados experimentales en campos de cultivo de *Gypsophila* y se debería tomar en cuenta los efectos que tienen las enmiendas en las comunidades microbianas del suelo.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, C.; Rimski-Korsakov, H. 2016. Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Ed. EFA. Buenos Aires, s.e., 165 pp.
- Aragon, M. 2002. *Gypsophila*. Bogotá, Colombia. Editorial Hortitecnia. 67 pp.
- Azarmi, R.; Giglou, M.T.; Taleshmikail, R.D. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. African Journal of Biotechnology 7(14): 2397-2401.
- Banco Central del Ecuador. 2018. Información Estadística Mensual No. 1978: diciembre 2016. Banco Central del Ecuador.
- Bravo, I.; Montoya, J.C.; Menjivar, J.C. 2013. Retention and availability of phosphorus associated with organic matter in a *Typic Melanudands* of Cauca department, Colombia. Acta agronómica 62(3): 261-267.

- Cabrera, J.A.; Zuaznábar, R. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. Cultivos tropicales 31(1): 5-13.
- Cantero, A.; Bailón, R.; Villanueva, R.; Calixto, M. Del C.; Robles, F. 2016. Compost made with green waste as an urban soil improver. Ingeniería Agrícola y Biosistema 8(2): 71-83.
- Casierra-Posada, F.; Peña, J.E. 2010. Crecimiento y producción de *Gypsophila paniculata* en respuesta al termoperíodo, confinamiento y despunte. Colombiana de Ciencias Hortícolas 4(3): 209 - 222.
- Castelo-Gutiérrez, A.A.; García-Mendivil, H.A.; Castro-Espinoza, L.; Lares-Villa, F.; Arellano-Gil, M.; Figueroa-López, P.; Gutiérrez-Coronado, M.A. 2016. Residual mushroom compost as soil conditioner and bio-fertilizer in tomato production. Revista Chapingo Serie Horticultura 22(2): 83-93.
- Celestina, C.; Hunt, J.R.; Sale, P.W.G.; Franks, A.E. 2019. Soil & Tillage Research Attribution of crop yield responses to application of organic amendments: A critical review. Soil & Tillage Research 186: 135-145.
- Chang, E.; Chung, R.; Tsai, Y. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. Soil Science and Plant Nutrition 53(2): 132-140.
- Clocchiatti, A.; Hannula, S.E.; Berg, M. Van Den; Korthals, G. 2019. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. Applied Soil Ecology 147: 1-11.
- Corporación Financiera Nacional. 2017. Sector Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, Producción de Flores. [Informe]. - Ecuador: Corporación Financiera Nacional.
- Cortés-D, D.L.; Pérez-B, J.H.; Camacho-Tamayo, J.H. 2013. Relación espacial entre la Conductividad Eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 16(2): 401-408.
- Duval, M.E.; Capurro, J.E.; Galantini, J.A.; Andriani, J.M. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. Ciencia del Suelo 33(2): 247-261.
- Fernández, P.; Acevedo, D.; Morales, A.; Uribe, M. 2016. State of the essential chemical elements in the soils of natural, agroforestry and monoculture systems. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7(35): 65-77.
- García-Fraile, P.; Menéndez, E.; Rivas, R. 2015. Role of Bacterial Biofertilizers in Agriculture and Forestry. Bioengineering 2(3): 183-205.
- Kwiatkowski, C.; Harasim, E.; Staniak, M. 2020. Effect of catch crops and tillage systems on some chemical properties of loess soil in a short-term monoculture of spring wheat. Journal of Elementology 25(1): 35-43.
- Laich, F. 2011. El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. 21 de Octubre de 2011: 1-7.
- Landeros-Sánchez, C.; Moreno-Seceña, J.C.; Nikolskii, L.; Bakhlaeva, O. 2011. Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. Ecología austral 18: 337-346.
- Li, H.; Wang, J.; Liu, Q.; Zhou, Z.; Xiang, D.; Chen, F. 2018. Effects of consecutive monoculture of sweet potato on soil bacterial community as determined by pyrosequencing. Journal of Basic Microbiology 2018: 1-11.
- López, J.; Romero, M.; Benavente-Gracia, A.; Guerrero, L. 2006. Complementos ornamentales de verde y flor. Especies de interés para la región de Murcia. Ed. R de MC de A y Agua. Serie Técn s.l., Pictografía, S.L. 216 pp.
- Martínez, E.; Fuentes, J.; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Suelo Nutrición Vegetal 8(1): 68-96.
- Mengel, K.; Kirkby, E. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, 5th edn. Dordrecht, 849 pp.
- Orozco, A.; Valverde, M.; Trélles, R.; Chávez, C.; Benavides, R. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. Terra Latinamericana 34: 441-456.
- Pro Ecuador; Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. 2015. Análisis sectorial flores de verano. 14 p.
- Selvaraj, S.; Duraisamy, V.; Huang, Z.; Guo, F.; Ma, X. 2017. Influence of long-term successive rotations and stand age of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations on soil properties. Geoderma 306: 127-134.
- Shi, P.; Schulin, R. 2019. Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, Cu and Zn via surface runoff from arable soils. Soil & Tillage Research 195: 1-8.
- Stepien, W.; Kobialka, M. 2019. Effect of long-term organic and mineral fertilisation on selected physico-chemical soil properties in rye monoculture and five-year crop rotation. Soil Science Annual 70(1): 34-38.
- Vázquez, J.; Loli, O. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. Scientia Agropecuaria 9(1): 43-52.
- Vega, C.E.; Mejía, J.A. 2017. Performance of *Phaseolus vulgaris* under partial root-zone drying cultivated in a hydrogravitropic system response. Scientia Agropecuaria 8(2): 137-147.
- Vuyyuru, M.; Sandhu, H.; McCray, J.; Raid, R.; Erickson, J.; Ogram, A. 2019. Amending sugarcane monoculture through rotation breaks and fungicides: effects on soil chemical and microbial properties, and sucrose yields. Crop and Pasture Science 70(11): 990-1003.
- Wachowicz, C.M.; Serrat, B.M. 2006. Morphological parameters of *Gypsophila Paniculata* L. grown with sewage sludge and phosphorus fertilization. Estud. Biol. 28(65): 51-58.
- Wang, J.; Ren, C.; Cheng, H.; Zou, Y.; Ahmed, M.; Li, Q. 2017. Conversion of rainforest into agroforestry and monoculture plantation in China: Consequences for soil phosphorus forms and microbial community. Science of the Total Environment 595: 769-778.
- Woźniak, A. 2019. Effect of Crop Rotation and Cereal Monoculture on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain and on Crop Infestation with Weeds and Soil Properties. International Journal of Plant Production 13: 177-182.
- Zhang, J.; Zhang, J.; Yang, L. 2020. A long-term effect of *Larix* monocultures on soil physicochemical properties and microbes in northeast China. European Journal of Soil Biology 96: 103149.
- Zhijun, H.; Selvalakshmi, S.; Vasu, D.; Liu, Q.; Cheng, H. 2018. Identification of indicators for evaluating and monitoring the effects of Chinese fir monoculture plantations on soil quality. Ecological Indicator 93: 547-554.