



Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*

Compost and vermicompost as amendments in the recovery of a soil degraded by the management of *Gypsophila paniculata*

 Jacinto Vázquez^{1,2,*}; Oscar Loli²
¹ Universidad Católica de Cuenca, Av. de las Américas, Cuenca, Azuay, Ecuador.

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, Lima, Peru.

Received December 13, 2017. Accepted February 5, 2018.

Resumen

Debido al efecto positivo del empleo de enmiendas orgánicas en la producción agrícola, este va en aumento. El presente estudio evaluó el efecto de incorporar vermicompost en comparación con compost, de procedencia común, preparados en base de residuos de podas de jardín y estiércol vacuno, en las propiedades de un suelo de Ecuador, explotado por dieciocho años con monocultivo de *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata*). Se efectuó en invernadero, utilizando macetas con 1,5 kilogramos de suelo, adicionándose dosis 0,25%, 0,50%, 1,00%, 2,00 % de enmienda, para sembrar una planta de *Gypsophila* como indicador biológico para tres ciclos de cosecha, en diseño completo al azar (DCA), con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. La caracterización de enmiendas, permitió observar que, vermicompost presentó, menor pH, menor salinidad, menor concentración de sodio y mayor humedad retenida. Los resultados indican que, el tratamiento compost 0,50% en cosechas 1 y 2, logró mayor altura y peso seco del tallo, mientras que el tratamiento vermicompost 0,50% fue mejor en cosecha 3. Terminadas las cosechas 1 y 3 se analizaron los sustratos, comparándolos con las características iniciales, indican que, las enmiendas permiten reducir la densidad e incrementan el contenido de MO del suelo, así como una reducción en el pH.

Palabras clave: post; enmiendas orgánicas; recuperación de suelo; vermicompost.

Abstract

Due to the positive effect of the employment of organic amendments on agricultural production, this is on the rise. The present study evaluated the effect of incorporating vermicompost compared with compost, common origin, prepared on the basis of waste from pruning of garden and cow dung, in the properties of a soil of Ecuador, exploited for eighteen years with monoculture of *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata*). It was made in the greenhouse, using pots with 1.5 kg of soil, adding doses 0,25%, 0,50%, 1,00%, 2,00% of amendment, to plant a plant of *Gypsophila* as biological indicator for three harvest cycles, in design complete random (DCA), with nine treatments and four replications. The characterization of amendments, allowed to observe, vermicompost presented, lower pH, lower salinity, lower sodium concentration and higher retained moisture. The results indicate that treatment compost 0.50% in crop 1 and 2, attained greater height and dry weight of stem, while treatment 0.50% vermicompost was better in harvest 3. Finished 1 and 3 crops were analyzed substrates, compared with the initial characteristics, indicate that, the amendments reduce the density and increase the content of soil, as well as a reduction in the pH.

Keywords: compost; organic amendments; soil recovery; vermicompost.

* Corresponding author
E-mail: jacintov70@hotmail.com (J. Vázquez).

1. Introducción

La *Gypsophila* es cultivada para flor cortada y utilizada tradicionalmente como complemento de arreglos y ramos florales (Casierra-Posada y Peña, 2010). La altura y el peso de los tallos son parámetros importantes para su comercialización, requiere de suelo con buen contenido de materia orgánica, demanda altas cantidades de calcio, potasio y cantidades normales de fósforo (P) (Aragon, 2002; López *et al.*, 2006). Su producción intensiva en forma de monocultivo provoca pérdida de fertilidad al suelo, pues este se empobrece al absorber la misma especie siempre los mismos nutrientes. Son sistemas con largos periodos del mismo cultivo, con bajo aporte anual de carbono y disminución de los contenidos de materia orgánica (Duval *et al.* 2015), acumulaciones importantes de elementos aplicados con los fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos (Sepúlveda-Varas *et al.*, 2012), impactos negativos en los agroecosistemas lo que provoca la degradación del suelo (Bonanomi *et al.*, 2014).

Ramírez *et al.* (2011) mencionan que la degradación del suelo es entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual o futura del suelo para sostener la vida humana. Para, Gibbs y Salmon (2015) es una reducción en la productividad de la tierra o suelo debido a la actividad humana, esto incluye una serie de cambios físicos, químicos y biológicos. Santana y Ulloa (2013) indican que el suelo es un recurso limitado y que, de su uso inapropiado e implementación de pobres prácticas de manejo, resulta la degradación.

Se entiende que recuperar suelos degradados es restablecer sus principales funciones biológicas, físicas y químicas, para lo que se puede utilizar diferente métodos y estrategias, entre estas la incorporación de enmiendas orgánicas de los residuos de las actividades agrícolas como el compost y el vermicompost (Porta *et al.*, 2003; Delgado-Moreno y Peña, 2009; Melgarejo, 1997; Orozco *et al.*, 2016), técnicas biológicas y el uso de la materia orgánica como el estiércol, compost y abono verde (Sastre-Conde *et al.*, 2015), la bioestimulación para recuperar la actividad microbiana en el suelo, mediante la utilización apropiada de enmiendas orgánicas y la adición de nutrientes como el carbono, el nitrógeno y el fósforo (Kanissery y Sims, 2011).

El aumento en la demanda de las enmiendas orgánicas está relacionada al efecto positivo que estos materiales tienen sobre

diversas propiedades del suelo y su uso como sustitutos o complementos de los fertilizantes (Duran y Henríquez, 2010), forma agregados y da estabilidad estructural, se une a las arcillas y forma el complejo de cambio, aumenta la reserva de nutrientes y su capacidad tampón; favorece los procesos de mineralización (Julca-Otiniano *et al.*, 2006), aumenta la retención de humedad y proporciona el alimento a los microbios en descomposición que son una fuente de suministro de nutrientes minerales para la plantas en un sistema ecológico equilibrado (Bonanomi *et al.* 2014).

En la búsqueda de alternativas de desarrollo sostenible, procesos como el compostaje, el vermicompostaje y los productos derivados de los mismos han adquirido un especial auge por su capacidad de restituir al suelo una cierta proporción de materia orgánica para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Castelo-Gutiérrez *et al.*, 2016).

Rubenacker *et al.* (2004) señalan que, el compostaje de residuos orgánicos permite obtener un producto estabilizado, maduro y saneado. Para Hernández (2011), las ventajas del compostaje de residuos y estiércoles en comparación con la aplicación directa se pueden resumir en: eliminación de patógenos y malas hierbas, estabilización microbiana, reducción del volumen y la humedad.

El vermicompostaje es un proceso que involucra la adición de lombrices que aceleran la conversión de los residuos orgánicos; estimulando los procesos de mineralización y humificación, obteniendo un producto final estable y maduro. Suministra todos los nutrientes necesarios para un buen desarrollo de las plantas y tiene el potencial de afectar de forma positiva su crecimiento, el cual está relacionado con la actividad hormonal y con los microorganismos del suelo (Beltrán-Morales *et al.*, 2016). La combinación de los dos procesos compostaje y vermicompostaje permiten obtener un producto final mejorado, en el sistema de compostaje sanitización y eliminación de compuestos tóxicos seguido del sistema de vermicompostaje que reduce rápidamente el tamaño de partícula y aumenta la disponibilidad de nutrientes (Tognetti *et al.*, 2005), es una tecnología que tiene un bajo costo y las lombrices pueden consumir prácticamente todos los tipos de materia orgánica compostada, en un día pueden comer una cantidad igual a su peso corporal (El-Haddad *et al.*, 2014).

La incorporación de enmiendas orgánicas elaborados a partir de diferentes materiales orgánicos tiene efectos positivos en la recuperación del suelo, por lo que se justifica realizar el estudio con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost que provengan de una misma fuente de materia prima, es así que el objetivo de esta investigación fue generar información que reúna en forma sistemática, las características de estos productos, los efectos de estas enmiendas sobre las propiedades del suelo, así como su respuesta en el desarrollo de las plantas.

2. Materiales y métodos

Zona de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria la Molina, ubicada en el distrito La Molina, provincia de Lima, Perú, con una latitud sur 12°05'06" y longitud oeste 76°75'00" a una altura de 230 msnm. Con promedios de temperatura 14,6 °C a 28,7 °C, y una precipitación promedio anual de 60 mm (Vega y Mejía, 2017).

Materiales

Se utilizó como sustrato un suelo empleado en el cultivo de *Gypsophila paniculata* por un tiempo de dieciocho años, proveniente de Ecuador, provincia del Azuay, cantón Gualaceo, que se encuentra a 2230 m.s.n.m. su temperatura promedio es de 18 °C, la humedad relativa promedio es de 75 por ciento, precipitación anual de 750 mm, su área agroecológica es sierra sur ecuatoriana. Suelo de textura Franco Arenoso, con un pH de (8,00) moderadamente alcalino, C.E (0,96 dS/m) es muy ligeramente salino, la materia orgánica (0,84 %) es bajo, el fósforo disponible (13,9 ppm) es medio, el potasio disponible (378 ppm) es alto, y con baja retención de agua y cationes. El compost (COM) y vermicompost (VER) fueron producidas en la compostera del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM, se utilizó como fuente común, restos de podas, cortes de césped y frutas, mezcladas con el estiércol de ganado vacuno, transcurridos sesenta días del proceso de compostaje, cuando la temperatura de la pila estuvo alrededor de los 40 °C, parte del material se destinó para alimentación de las lombrices (cama de vermicompostaje), el material restante continua el proceso de compostaje. Se sembró plantas de *Gypsophila paniculara*, variedad Milenium, enraizadas en el Vivero del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales (PIPO) de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

Métodos

Se caracterizaron las enmiendas en forma de compost y vermicompost mediante análisis físico químico, para la determinación de pH y C.E, se preparó una pasta saturada con 50 g de enmienda, se tomó la lectura directa con el potenciómetro Consort modelo C1020, para la Humedad se utilizó el método gravimétrico, el porcentaje de MO se obtuvo por calcinación, ingresando la muestra en una mufla Barnstead Thermolyne 62700 Furnace, a 550 °C por 5 horas, el P₂O₅ se determinó por digestión húmeda, se utilizó como extractante, bicarbonato de sodio, con una solución sulfo molibdica para desarrollo de color, se tomó lecturas de absorbancia en espectro fotómetro Thermo Scientific modelo Helios Epsilon, a 660 nm de longitud de onda, el K₂O, CaO, MgO y Na se determinaron con el extracto anterior, en equipo de absorción atómica (PerkynElmer AAnalyst 200).

Se empleó el Diseño Completos al Azar (DCA), con 9 tratamientos (cuatro dosis 0,25% - 0,50% - 1,00%, - 2,00 % en peso de COM y VER con un testigo) y 4 repeticiones, lo que dio un total de 36 unidades experimentales y se utilizó para cada una de estas, una maceta con 1,5 kilogramos del suelo tamizado, sembrada con una planta de *Gypsophila*, para determinar las diferencias estadísticas de altura de tallo en cm y peso seco de tallo en g, mediante la prueba de hipótesis marginal LSD Fisher (Alfa: 0,05) del Modelo Lineal General Mixto del programa estadístico InfoStat/E con especificación del modelo en R. Se manejó las plantas de *Gypsophila* para producir un tallo, para determinar altura de tallo se utilizó una regla graduada en cm y se mide desde la base hasta el brote más alto al momento de la cosecha, los tallos cosechados se colocaron en la estufa (Venticell LSIS-B2V / VC 222) por 24 horas y se determinó el peso seco de tallo en gramos con la ayuda de una balanza digital (Sartorius CP323 S), estos parámetros son fundamentales para la comercialización de la *Gypsophila* y se realizó en los tres ciclos de cosecha (cosecha 1, cosecha 2 y cosecha 3).

Se determinaron características físicas y químicas del sustrato, tomando muestras de los diferentes tratamientos finalizadas la cosecha 1 y cosecha 3, que se compararon con el análisis del sustrato suelo inicial, para determinar pH y C.E se midió el líquido sobrenadante de una relación suelo agua 1:1 v/v, con un potenciómetro Consort modelo C1020 para pH y con un conductímetro YSI modelo 32 para la C.E., el

carbonato de calcio CaCO_3 se determinó con la ayuda del calcímetro de Collins con graduación vertical al que se le tomó la lectura del agua saturada desplazada en ml, para MO se se trabajó con el método de Walkley y Black, con lo que se obtuvo el porcentaje de carbono orgánico, el fósforo disponible se determinó por el método Olsen modificado, para potasio disponible se utilizó la metodología del acetato de amonio, la capacidad de intercambio catiónico CIC se obtuvo con la metodología de acetato de amonio pH 7,0, en tanto que los cationes Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+ se determinó por absorción atómica con el equipo (PerkynElemr AAnalyst 200)., para determinar la densidad aparente (D_a), se pesó 50 g de suelo secado a estufa por 24 hora y se colocó en una probeta para determinar el volumen de suelo en ml.

3. Resultados y discusión

Caracterización de las enmiendas orgánicas

Las enmiendas utilizadas, presentan diferencias en pH, C.E., MO y Humedad, siendo el compost el que muestra valores más altos con, pH 6,87, C.E. 12,70 dS/m y MO 40,73%, en tanto que el porcentaje de humedad es mayor para el vermicompost con 42,69% (Tabla 1).

Con respecto al menor valor de pH del vermicompost, puede ser causado por el efecto de los microorganismos presentes en el pre-compost que son sometidos a la flora microbiana de las lombrices en su tracto intestinal, diferentes autores manifiestan que: puede deberse a la mineralización de los compuestos de N y P, la liberación de CO_2 y ácidos orgánicos de metabolismo microbiano, y la producción de ácidos húmicos y fúlvicos (Fornes *et al.*, 2012), la descarboxilación inicial de los ácidos orgánicos, la formación de amonio a partir de la degradación de las proteínas (Tognetti *et al.*, 2005). En cuanto a los valores inferiores de la C.E. en el vermicompost, puede ser causado por las características de producción del vermicompost (mayor tiempo) se tiene que los procesos de mineralización son mayores por lo que la materia orgánica va a ser menor (Lazcano *et al.*, 2008), hay menos producción de metabolitos solubles tales como amonio (Tognetti *et al.* 2005), el mayor uso de agua permite reducir el contenido de elementos

salinos como el potasio y el sodio (Fornes *et al.*, 2012). El menor contenido de materia orgánica en el vermicompost puede ser causado por el mayor grado de mineralización, debido a que las lombrices de tierra modifican la actividad degradante de la materia orgánica, en un grado mucho mayor que la fase activa del compostaje y esto se refleja en una menor relación C/N (Lazcano *et al.*, 2008).

Los porcentajes de N, K_2O y Na, son mayores en el compost con 2,18%, 1,37% y 0,41% respectivamente, en tanto el vermicompost presenta porcentajes mayores de P_2O_5 con 2,76%, CaO con 5,81% y MgO con 1,47%, estos resultados son coincidentes con los de Fornes *et al.* (2012) quienes, obtuvieron menor disponibilidad de macronutrientes solubles en vermicompost (de forma directa y con precompost) en comparación con compost de procedencia común, por efecto del riego de lechos de lombrices. Lazcano *et al.* (2008) mencionan que, el alto grado de mineralización del vermicompost produce mayores niveles de P disponible. Para Melgarejo *et al.* (1997), la disponibilidad de los nutrientes en los abonos orgánicos no depende de su contenido total en el material, sino de la dinámica del proceso, la temperatura alcanzada que permite el desarrollo de organismos especializados; así algunos elementos pueden llegar a estar más disponibles por efecto del pH, de la humedad y de la aireación.

Altura y contenido de materia seca de tallos de (*Gypsophila paniculata*)

Los parámetros altura y peso seco de tallos de *Gypsophila*, para la cosecha 1, cosecha 2 y cosecha 3, muestran un efecto positivo de los tratamientos con compost y vermicompost, también se aprecia que los valores más altos corresponden a los tratamientos con la dosis 0,50 (Tabla 2).

Para la variable altura de tallos, no existe diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, para cosecha 1 (p-value 0,1016), cosecha 2 (p-value 0,0594) y cosecha 3 (p-value 0,0662): En la cosecha 1, el tratamiento COM 0,50 obtuvo la mayor media con un valor de 97,00 cm, en tanto que el menor valor le corresponde al tratamiento COM 2,00 con 88,00 cm (Figura 1a).

Tabla 1

Caracterización físico-química de las enmiendas orgánicas compost y vermicompost

	pH	C.E (dS/m)	Humedad (%)	M.O (%)	C/N	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na (%)
COM	6,87	12,70	34,39	40,73	10,83	2,18	1,87	1,37	5,30	1,39	0,41
VER	6,51	7,16	42,60	37,75	10,42	2,10	2,76	0,64	5,81	1,47	0,18

Tabla 2

Promedios de los parámetros altura y peso seco de tallos en las diferentes cosechas por enmiendas y por dosis

	Altura de tallos <i>Gypsophila</i> en cm			Peso seco tallos <i>Gypsophila</i> en g		
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
Enmiendas						
TESTIGO	92,13	65,88	58,50	26,58	13,47	12,35
COM	92,35	70,08	60,89	27,90	14,21	12,68
VER	91,75	70,23	60,72	26,38	14,78	13,08
Dosis						
0,25	89,95	67,21	60,50	26,76	14,27	11,82
0,50	94,56	74,31	61,58	27,10	14,67	13,20
1,00	93,31	70,19	60,63	27,00	14,39	13,60
2,00	90,38	68,92	60,50	27,70	14,64	12,89

En la cosecha 2, el tratamiento COM 0,50 repite la mayor media con una altura de 76,88 cm, en tanto que el TESTIGO tiene la menor media con una altura de 65,88 cm (Figura 1b). Para la cosecha 3, el tratamiento VER 0,50 tiene la mayor media con una altura de 63,00 cm, en tanto que el tratamiento TESTIGO, al igual que en la cosecha 2, tiene la menor media con una altura de 58,50 cm (Figura 1c).

Las enmiendas orgánicas se caracterizan por ser materias orgánicas bastante estables, de difícil descomposición (< 5% anual), constituidas por compuestos complejos que van a afectar las propiedades del suelo, tanto físicas (agregación – estructura), químicas (CIC, poder tampón, potencial de liberación de nutrientes y sustancias reguladoras) y biológicas (actividad microbiana). De esta manera, las enmiendas acondicionan al suelo para que la planta pueda absorber mayor cantidad de nutrientes, no necesariamente liberan estos, dando como resultado un mayor rendimiento. Para Atiyeh *et al.* (2000) es posible que, las diferencias en el crecimiento de las plantas entre los tratamientos con vermicompost y los tratamientos con compost, no sean simplemente una función de las diferencias en su contenido nutricional, necesarios, es probable que haya otros insumos, como el aumento de la actividad enzimática y la presencia de microorganismos beneficiosos o de sustancias biológicamente activas que influyen en el crecimiento de las plantas, que podrían estar involucradas. Beltrán-Morales *et al.* (2016) relacionan el crecimiento de las plantas, con la actividad hormonal y con los microorganismos del suelo, muchos de los cuales se encuentran en el vermicompost y compost.

Para peso seco de tallos existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cosecha 1 (p-value 0,0101) y cosecha 2 (p-value 0,0197), para la cosecha

3 no hay diferencias estadísticas significativas (p-value 0,3969). En la cosecha 1, el tratamiento que obtiene la media más alta es COM 0,50 con un valor de 28,88 g, mientras que el tratamiento VER 0,50 presenta la menor media con un valor de 25,32 g (Figura 2a), para la cosecha 2, el tratamiento VER 2,00 tiene la media más alta con un peso de 15,16 g, en tanto que el tratamiento TESTIGO tiene la media menor con un peso de 13,47 g (Figura 2b). En la cosecha 3, el tratamiento VER 1,00 tiene la media más alta con un peso de 14,07 g, mientras el tratamiento COM 0,25 tiene la media menor con un peso de 11,17 g (Figura 2c).

Las enmiendas orgánicas tienen un efecto positivo en el contenido de materia seca de los tallos de *Gypsophila*, el compost y vermicompost acondicionan el suelo para brindar una mayor disponibilidad de nutrientes, que la planta puede extraer y la presencia de microorganismos causantes de la producción de enzimas que estimulan el desarrollo de las plantas. Hernández (2011) encontró un mayor rendimiento de materia seca en plantas de tomate en los tratamientos con compost y vermicompost sin presentar diferencias significativas entre estos, en tanto que los menores rendimientos los obtuvo con el testigo. Tognetti *et al.* (2005) señalan que, cuando se aplicaron compost y vermicompost al suelo degradado y se sembraron con raigrás, se produjeron rendimientos significativamente mayores en comparación con los controles; que esta mejora se debió a que las enmiendas orgánicas favorecieron al incremento del pH en el suelo, la reducción de la acidez, el incremento de la disponibilidad de (Ca, Mg, K, N, y P), favoreció la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y el porcentaje de materia orgánica. Para Beltrán-Morales *et al.* (2016) las enmiendas suministran todos los nutrientes necesarios para el buen desarrollo del cultivo.

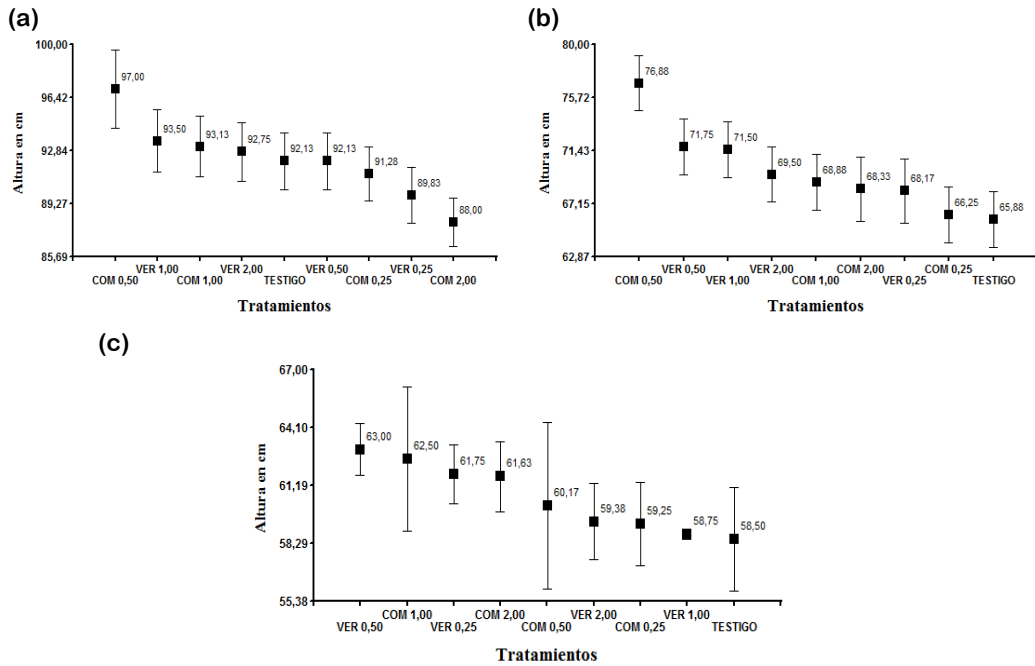


Figura 1. Altura de tallos de *Gypsophila* a la cosecha en cm. a) cosecha 1, b) cosecha 2, c) cosecha 3.

Indicadores de calidad del suelo

Los parámetros físicos y químicos son influenciados por la incorporación de las enmiendas en forma de compost y vermicompost; comparando con los valores iniciales del sustrato, el valor de pH disminuye luego de la cosecha 1, siendo más notorio en los tratamientos con dosis 0,50, en tanto que se nota un aumento de los valores de pH terminada la cosecha 3 y este efecto es más notorio en las dosis 0,25. La C.E. no varía en forma notoria después de la cosecha 1, en tanto que terminada la cosecha 3 el aumento es significativo en los tratamientos con enmiendas, especialmente en el compost y con la dosis de 2,00. La variación de los carbonatos de calcio CaCO₃ no es relevantes. Para el porcentaje de materia orgánica, los tratamientos con enmiendas presentan valores más altos en especial con las dosis de 2,00. La disponibilidad de P y K es mayor en los tratamientos con compost y vermicompost en dosis de 2,00. La capacidad de intercambio catiónico CIC, disminuye en los tratamientos con enmiendas luego de la cosecha 1 y presenta un ligero incremento terminada la cosecha 3, el vermicompost presentó los mayores valores. Para los cationes cambiante luego de la cosecha 1, los valores del Ca²⁺ y el K⁺ disminuyen en tanto que los del Mg²⁺ y el Na⁺ presentan un ligero aumento, terminada la cosecha 3 el Ca²⁺ y el Na⁺ presentan valores mayores y el

Mg²⁺ y K⁺ presentan valores menores con relación a los presentados, terminado la cosecha 1 (Tabla 3).

Con respecto a los valores de pH, luego de cosecha 1, el tratamiento VER 0,50 presenta el menor valor 7,72, terminada la cosecha 3, el tratamiento TESTIGO con un valor de 8,63 es el más alto (Tabla 4). Las enmiendas actúan como amortiguadores de los cambios bruscos de pH en el suelo, por su efecto buffer. Chang *et al.* (2007) señala que, la MO puede ayudar a amortiguar cambios de pH. Cantero *et al.* (2016) obtuvieron resultados similares con variaciones mínimas en el pH con la incorporación de compost en diferentes dosis, una disminución en el primer ciclo de cultivo de maíz y luego un incremento con un segundo ciclo de cultivo de frijol. Duran y Henríquez (2010) reportaron incrementos no significativos de pH en el sustrato a dosis crecientes de vermicompost luego de cuatro siembras de sorgo en un periodo de 30 días cada una.

Terminada la cosecha 1, mayor valor de C.E. lo tiene el tratamiento VER 2,00 con 1,30 dS/m, finalizada la cosecha 3, el mayor valor lo presenta el tratamiento COM 2,00 con 2,34 dS/m (Tabla 4). El mayor incremento de la C.E. del suelo en los tratamientos con compost guardan relación con la C.E. de las enmiendas, el compost tiene 12,7 dS/m, frente a 7,16 dS/m que le corresponde al vermicompost (Tabla 1).

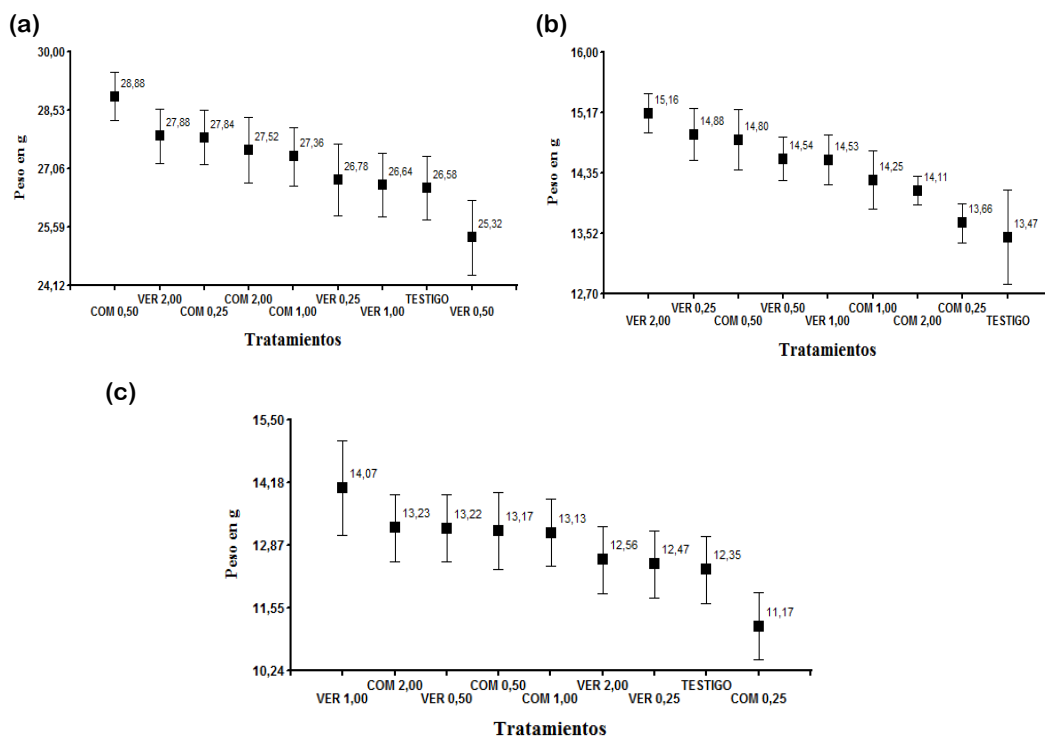


Figura 2. Peso seco de tallos de *Gypsophila* a la cosecha en gr. a) cosecha 1, b) cosecha 2, c) cosecha 3.

Estos datos coinciden con los obtenidos por Bonanomi *et al.* (2014) quienes señalan que, las parcelas con enmiendas orgánicas presentan un aumento significativo de Na⁺ intercambiable y conductividad eléctrica en comparación con los controles no tratados. Este resultado conduce a realizar otros ensayos, a largo plazo para observar el comportamiento de la C.E. del suelo con incorporaciones periódicas de enmiendas orgánicas.

Para porcentaje materia orgánica, terminada la cosecha 1, el tratamiento TESTIGO tiene el menor valor con 0,49%, en tanto que el mayor valor le corresponde al tratamiento COM 2,00 con 1,53%, terminada la cosecha 3, el mayor valor le corresponde al tratamiento VER 2,00 con 1,33 %, dejando el valor menor para el tratamiento TESTIGO con 0,46% (Tabla 4). Estos resultados se relacionan al contenido de materia orgánica del compost 40,73% y del vermicompost 37,75 (Tabla 1) y coinciden con los obtenidos por Olivares *et al.*, (2012) quienes mencionan que, para el caso del contenido de MO en el suelo, los tratamientos con las medias más altas correspondieron a aquellos que incluyeron composta y vermicomposta con o sin urea, mientras que los valores más bajos correspondieron a los tratamientos con fertilizantes químicos y al testigo.

Posterior a la cosecha 1, el menor valor de contenido de P en el suelo le corresponde al tratamiento TESTIGO con 10,40 ppm, en tanto que el tratamiento COM 2,00 presenta el valor más alto con 32,70 ppm, luego de la cosecha 3, el valor mayor le corresponde al tratamiento VER 1,00 con 33,80 ppm (Tabla 4). Al respecto, Duran y Henríquez (2010) señalan que, la aplicación de vermicompost incrementó la disponibilidad de P en el suelo.

En el contenido de K luego de la cosecha 1, se puede ver que el tratamiento COM 2,00 presenta el mayor valor con 346,00 ppm y el tratamiento TESTIGO el menor valor con 230,00 ppm. Terminada la cosecha 3 es más marcada la disminución del contenido de K en todos los tratamientos, siendo el VER 1,00 el que tiene el menor valor con 101,00 ppm en tanto que el mayor valor le corresponde a COM 2,00 con 145,00 ppm, se nota una clara influencia de las enmiendas en la disponibilidad de K en el suelo, pero el consumo es rápido, coincidente con lo que mencionan Aragon (2002) y López *et al.* (2006) en relación a que la *Gypsophila paniculata* es un cultivo con altos requerimientos de Ca y K especialmente en las etapas finales del cultivo (Tabla 4).

Tabla 3

Promedios de los indicadores del suelo por enmiendas y por dosis luego de Cose 1 (cosecha 1) y Cose 3 (cosecha 3) frente al sustrato suelo inicial

Elemento Tratamiento	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	CIC meq/100g	Cationes Cambiables				
								Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	
Inicial	8,00	0,96	2,00	0,84	13,90	378,00	10,24	8,06	1,18	0,81	0,18	
Enmiendas												
Cose 1	TESTIGO	7,78	1,00	2,00	0,49	10,40	230,00	9,28	7,51	1,12	0,47	0,18
	COM	7,87	1,13	2,03	1,02	19,13	275,25	7,72	5,58	1,29	0,62	0,23
	VER	7,83	0,98	2,08	0,90	19,08	252,50	8,16	6,08	1,29	0,58	0,21
Cose 3	TESTIGO	8,63	1,57	1,80	0,46	11,80	110,00	8,00	6,09	1,17	0,27	0,48
	COM	8,32	2,18	1,85	1,04	19,28	122,75	8,00	6,13	1,10	0,29	0,48
	VER	8,35	1,96	1,85	1,02	26,55	106,50	8,28	6,42	1,12	0,26	0,48
Dosis												
Cose 1	0,25	7,93	0,97	2,10	0,85	12,05	247,00	7,84	5,88	1,18	0,58	0,20
	0,50	7,79	1,05	2,00	0,91	14,60	252,50	7,84	5,94	1,16	0,55	0,19
	1,00	7,89	1,01	2,05	0,89	18,70	256,00	7,60	5,48	1,33	0,57	0,22
	2,00	7,81	1,20	2,05	1,19	31,05	300,00	8,48	6,01	1,48	0,72	0,27
Cose 3	0,25	8,47	1,81	1,90	0,77	16,00	107,50	8,16	6,36	1,08	0,26	0,47
	0,50	8,23	2,03	1,75	0,82	18,35	111,50	7,68	5,98	1,05	0,24	0,41
	1,00	8,30	2,13	1,85	1,23	27,60	113,00	8,16	6,30	1,10	0,26	0,51
	2,00	8,35	2,31	1,90	1,30	29,70	126,50	8,56	6,45	1,22	0,34	0,55

Para la CIC, terminada la cosecha 1, el tratamiento TESTIGO y el VER 2,00 con 9,28 meq/100g tienen el valor más alto, en tanto que el valor menor lo tiene el tratamiento COM 1,00 con 7,52 meq/100g, luego de la cosecha 3 el mayor valor le corresponde nuevamente al tratamiento VER 2,00 con 8,80 meq/100g, siendo en general las diferencias mínimas con los valores de la cosecha 1. De manera global se nota un mayor valor de la CIC con los tratamientos con vermicompost que coinciden con lo obtenido por Duran y Henríquez (2010), los que señalan que, la aplicación de vermicompost incrementó la disponibilidad de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, lo que da como resultado una mayor Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (Tabla 4). Terminada la cosecha 1 y la cosecha 3 hay una disminución del catión Ca⁺² y el catión K⁺ en todos los tratamientos, luego de cosecha 1 el mayor valor de Ca⁺² le corresponde al tratamiento TESTIGO con 7,51 meq/100g y luego de la cosecha 3 el tratamiento VER 2,00 presenta el mayor valor con 6,78 meq/100g, para el catión K⁺ terminadas la cosecha 1 y la cosecha 3, el tratamiento COM 2,00 presenta el valor más alto con 0,85 y 0,41 meq/100g respectivamente, esto guarda relación con lo manifestado por Aragon (2002) y López *et al.* (2006) sobre los altos requerimientos de Ca y K que tiene el cultivo de (*Gypsophila paniculta*). Para el catión Mg⁺², luego de la cosecha 1, el valor más alto le corresponde al tratamiento COM 2,00 con 1,48 meq/100 g, este tratamiento repite el valor más alto luego de la cosecha 3 con 1,22 meq/100 g valor similar al tratamiento VER 2,00. Los tratamientos con enmiendas presentan un incremento del catión Na⁺ terminadas la cosecha 1 y

cosecha 3, el valor más alto le corresponde al tratamiento COM 2,00 con 0,29 meq/100 g luego de cosecha 1 y 0,57 meq/100 g terminada la cosecha 3 (Tabla 4). Es posible que este aumento está asociado al incremento de la C.E. y la disminución del catión K⁺ en el suelo, estos datos guardan relación con lo manifestado por Bonanomi *et al.* (2014) quienes indican que, las parcelas con enmiendas orgánicas presentaron un aumento significativo de Na⁺ intercambiable. Castro *et al.* (2009) señala que la tendencia general es que los abonos orgánicos con altas concentraciones de nutrientes tienen mayor posibilidad de aportar igualmente mayores cantidades de nutrientes al sistema, luego de su descomposición y que no siempre un abono que contenga más nutrientes totales es el que los libera con más facilidad.

En cuanto a la densidad aparente (Da), terminada la cosecha 3 se observa que, los tratamientos con las enmiendas en forma de compost y vermicompost tienen los menores valores siendo los tratamientos COM 2,00, VER 0,50, VER 1,00 y VER 2,00 los más bajos con 1,35 g/cm³, en tanto que el mayor valor corresponde al tratamiento TESTIGO con 1,41 g/cm³ (Tabla 4), confirmando que la incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost al suelo contribuyen a una mayor cantidad de espacios porosos que pueden ser ocupados por agua y aire. Esto tiene relación con los valores obtenidos por Olivares *et al.* (2012) que señalan, que tratamientos a base de compost y vermicompost presentan menor Da (1,23 y 1,25 g.ml⁻¹) en tanto que tratamientos a base de fertilización química y el testigo presentan mayor Da (1,28 y 1,34 g.ml⁻¹).

Tabla 4

Caracterización físico y químicas de sustratos suelo inicial y de los diferentes tratamientos en estudio terminado la cosecha 1 y terminada la cosecha 3

Sustrato	Elemento Tratamiento	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	CIC meq/100g	Cationes cambiabiles meq/100g				Da g/cm ³
									Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
Inicial		8,00	0,96	2,00	0,84	13,90	378,00	10,24	8,06	1,18	0,81	0,18	
Cosecha 1	TESTIGO	7,78	1,00	2,00	0,49	10,40	230,00	9,28	7,51	1,12	0,47	0,18	
	COM 0,25	7,92	1,13	2,10	0,77	11,90	248,00	8,00	6,01	1,23	0,53	0,23	
	COM 0,50	7,86	1,10	1,90	0,92	14,00	251,00	7,68	5,87	1,12	0,53	0,17	
	COM 1,00	7,87	1,18	2,00	0,84	17,90	256,00	7,52	5,39	1,32	0,58	0,23	
	COM 2,00	7,84	1,10	2,10	1,53	32,70	346,00	7,68	5,06	1,48	0,85	0,29	
	VER 0,25	7,93	0,80	2,10	0,92	12,20	246,00	7,68	5,75	1,13	0,62	0,17	
	VER 0,50	7,72	0,99	2,10	0,89	15,20	254,00	8,00	6,02	1,20	0,56	0,22	
	VER 1,00	7,90	0,84	2,10	0,93	19,50	256,00	7,68	5,57	1,35	0,56	0,20	
	VER 2,00	7,78	1,30	2,00	0,85	29,40	254,00	9,28	6,96	1,47	0,59	0,26	
	Cosecha 3	TESTIGO	8,63	1,57	1,80	0,46	11,80	110,00	8,00	6,09	1,17	0,27	0,48
COM 0,25		8,56	1,86	1,90	0,86	13,30	105,00	8,32	6,59	1,03	0,25	0,44	1,39
COM 0,50		8,11	2,24	1,70	0,84	15,20	116,00	7,36	5,62	1,05	0,25	0,43	1,39
COM 1,00		8,28	2,27	1,90	1,18	21,40	125,00	8,00	6,17	1,10	0,26	0,48	1,37
COM 2,00		8,33	2,34	1,90	1,26	27,20	145,00	8,32	6,12	1,22	0,41	0,57	1,35
VER 0,25		8,38	1,76	1,90	0,67	18,70	110,00	8,00	6,12	1,12	0,27	0,49	1,39
VER 0,50		8,34	1,82	1,80	0,80	21,50	107,00	8,00	6,34	1,05	0,23	0,38	1,35
VER 1,00		8,31	1,98	1,80	1,28	33,80	101,00	8,32	6,43	1,10	0,26	0,53	1,35
VER 2,00		8,36	2,28	1,90	1,33	32,20	108,00	8,80	6,78	1,22	0,27	0,53	1,35

4. Conclusión

De los datos obtenidos en el presente trabajo podemos concluir que: El vermicompost presenta mejores índices de calidad, dados por su menor valor de pH, menor salinidad, menor concentración de sodio y una mayor humedad retenida, que lo convierten en un sustrato más adecuado para ser utilizado en la agricultura. En la cosecha 1 y cosecha 2, el compost presenta los mejores resultados de altura y peso seco de tallos en el cultivo indicador (*Gypsophila paniculata*), en cosecha 3, el vermicompost obtiene mejores resultados. La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost incrementan el porcentaje de MO en el suelo, la media más alta se obtiene con el tratamiento COM 2,00. Las enmiendas reducen los rangos de variación del pH del suelo debido a su poder tampón. La disponibilidad de fósforo en el suelo aumenta con la incorporación de enmiendas orgánicas. La incorporación de compost incrementa la C.E. del suelo, dato que se debe analizar en futuras investigaciones. Las enmiendas en forma de compost y vermicompost le dan mayor porosidad al suelo lo que se observa en la disminución de la densidad aparente. Se recomienda llevar el trabajo experimental a nivel de campo para comprobar in situ los resultados obtenidos.

Agradecimiento

A la Universidad Católica de Cuenca, por financiar la investigación.

Referencias Bibliográficas

Aragon, M. 2002. *Gypsophila*. Editorial Hortitecnia. 67 pp.
 Atiyeh, R.M.; Subler, S.; Edwards, C.A.; Bachman, G.; Metzger, J.D.; Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and conposts on plant growth in

horticultural container media and soil. *Pedo biologia* 44: 579-590.

- Beltrán-Morales, F.A.; García-Hernández, J.L.; Ruiz-Espinoza, F.H.; Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; González-Zamora, A.; Valdez-Cepeda, D. 2016. Efectos de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(7): 143-149.
- Bonanomi, G.; D'Ascoli, R.; Scotti, R.; Gaglione, S.A.; Caceres, M.G.; Sultana, S.; Scelza, R.; Rao, M.A.; Zoina, A. 2014. Soil quality recovery and crop yield enhancement by combined application of compost and wood to vegetables grown under plastic tunnels. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 192(0): 1-7.
- 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: 71-83.
- Casierra-Posada, F.; Peña, J.E. 2010. Crecimiento y producción de *Gypsophila paniculata* en respuesta al termoperiodo, 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.
- Castro, A.; Henríquez, C.; Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33: 31-43.
- Chang, E.; Chung, R.; Tsai, Y.; 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: 132-140.
- Delgado-Moreno, L.; Peña, A. 2009. Compost and vermicompost of olive cake to bioremediate triazines-contaminated soil. *Science of The Total Environment* 407(5):1489-1495.
- Duran, L.; Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta 1. *Agronomía Mesoamericana* 21: 85-93.
- 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.
- El-Haddad, M.E.; Zayed, M.S.; El-Sayed, G.A.M.; Hassanein, M.K.; Abd El-Satar, A.M. 2014. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Annals of Agricultural Sciences* 59(2):243-251.

- Fornes, F.; Mendoza-Hernández, D.; García de la Fuente, R.; Abad, M.; Belda, R.M. 2012. Bioresource Technology Composting versus vermicomposting : A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. *Bioresource Technology* 118: 296-305.
- Gibbs, H.K.; Salmon, J.M. 2015. Mapping the world's degraded lands. *Applied Geography* 57: 12-21.
- Hernández, J. 2011. Bio recuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. s.l., Universidad Politécnica de Madrid. 143 pp.
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florián, L.; Blas-Sevillano, R.; Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1): 49-61.
- Kanissery, R.G.; Sims, G.K. 2011. Biostimulation for the enhanced degradation of herbicides in soil. *Applied and Environmental Soil Science Article ID 843450*: 1-10.
- Lazcano, C.; Gómez-Brandón, M.; Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72: 1013-1019.
- 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.
- Melgarejo, M.R.; Ballesteros, M.I.; Bendeck, M. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Colombiana de Química* 26(2): 11-19.
- Olivares, M.A.; Hernández, A.; Vences, C.; Jáquez, J.; Ojeda, D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia* 28(1): 27-37.
- 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 Latinoamericana* 34(4): 441-456.
- Porta, J.; López, M.; Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 960 pp.
- Ramírez, M.E.; Limas, Ed.C.A.; Ortiz, P.R.; Díaz, M.A.R. 2011. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía* (53):77-88.
- Rubenacker, A.; Campitelli, P.; Sereno, R.; Ceppi, S. 2004. Recuperación Química de un suelo degradado mediante la utilización de un vermicomposto. *Redalyc.org* 2: 96.
- Santana, J.C.M.; Ulloa, F.E.F. 2013. Efecto de subproductos orgánicos del proceso panelero sobre propiedades físicas de un suelo sulfatado ácido. *Manejo y Conservación de Suelos y Aguas* 14(2): 207-214.
- Sastre-Conde, I.; Carmen-Lobo, M.; Icela-Beltrán-Hernández, R.; Poggi-Varaldo, H.M. 2015. Remediation of saline soils by a two-step process: Washing and amendment with sludge. *Geoderma* 247-248:140-150.
- Sepúlveda-Varas, A.; González, E.; Inostroza, C. 2012. Remediation de la contaminación por nitratos en el suelo: antecedentes generales y pertinencia en zona sur de Chile. *Gestión Ambiental* 21: 13-32.
- Tognetti, C.; Loas, F.; Mazzarino, M.J.; Hernandez, M.T. 2005. Composting vs Vermicomposting: A Comparison of End Product Quality. *Compost Science & Utilization* 13(1): 6-13.
- 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.