

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA DINÁMICA MICROBIOLÓGICA DEL SUELO Y PRODUCCIÓN DE *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM

María Isabel Saldaña y Hernández, Regino Gómez Álvarez, María del Carmen Rivera Cruz, José David Álvarez Solís, Carlos Fredy Ortiz García y Juan Manuel Pat Fernández

RESUMEN

Los abonos orgánicos aportan cantidades importantes de materia orgánica que modifica las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Para conocer el impacto de abonos sólidos y líquidos en el cultivo de ginger rojo *Alpinia purpurata*, se evaluó en un suelo Fluvisol, a los 365 días, el C orgánico, N total y P disponible de cinco tipos de abonos orgánicos, la densidad poblacional de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos, así como la respuesta de la planta. Los tratamientos fueron composta, vermicomposta, estiércol fermentado, Bocashi y humus líquido, en

dosis de 6Mg·ha⁻¹ para abonos sólidos y 60l·ha⁻¹ para el líquido, comparándolos contra fertilizante químico (150-50-250) y testigo absoluto. Los abonos aplicados mostraron que después de un año, las concentraciones de C, N y P se mantienen en niveles de fertilidad aceptables para la producción. Los abonos orgánicos incrementaron cinco veces la densidad poblacional de las BSF y 12% la colonización total por HMA, promoviendo mayor disponibilidad de P para las plantas, mejorando la producción de biomasa total y calidad de flor, sobresalieron en producción el estiércol fermentado y composta.

Introducción

Alpinia purpurata (Vieillard) K. Schumann, pertenece a la familia Zingiberaceae, es cultivada en regiones tropicales y subtropicales para flor de corte. Se conoce comúnmente como 'ginger', 'hawaiana' o 'antorcha'. El manejo convencional de esta especie incluye el uso de altas dosis de fertilizantes químicos. Se recomienda fertilización completa una vez al mes en las proporciones de 1:1:1 a 3:1:5 de NPK para incrementar la producción y calidad de la flor (Kobayashi *et al.*, 2007). El uso de fertilizantes químicos y orgánicos es una práctica común para

incrementar los rendimientos de los cultivos. La fertilización tiene un efecto sobre la dinámica de los microorganismos del suelo, los que desarrollan diferentes funciones, entre las que destacan la formación de humus, participación en los ciclos de nutrientes, descomposición de compuestos y la formación de agregados (Wu *et al.*, 2011). El uso de los abonos orgánicos mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Ingelmo y Rubio, 2007; Vargas y Suárez, 2007). La capacidad de suplemento de nutrientes de los abonos orgánicos a los cultivos depende de las propiedades de la

materia prima, proceso de elaboración, grado de mineralización de los materiales y condiciones imperantes en campo para su consecuente descomposición (Evanylo *et al.*, 2008). Esta última está en función de la población de microorganismos nativos, que intervienen en procesos relacionados con el suministro de macro y micronutrientes a las plantas (Soto, 2003). En la rizósfera coexisten una gran diversidad de microorganismos, entre los que sobresalen las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) que tienen un rol importante en el rendimiento de los cultivos ya

que hacen disponible el fósforo (P) mediante la solubilización y mineralización del P mineral y orgánico (Khan *et al.*, 2009). Estos procesos disminuyen los requerimientos de fertilizantes químicos de origen sintético (Aguirre-Medina *et al.*, 2007). En la producción de flores de corte la presencia de microorganismos que faciliten el suministro de P a las plantas cobra gran importancia, debido a que es un elemento indispensable en la floración (Salgado *et al.*, 2010). Es posible brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de la microflora nativa solubilizadora de P en la rizósfera mediante el uso de abonos orgánicos (Millaleo

PALABRAS CLAVE / Abonos Orgánicos / *Alpinia purpurata* / Comunidades Microbianas / Ginger Rojo / Macronutrientes /

Recibido: 30/09/2013. Modificado: 27/10/2014. Aceptado: 30/10/2014.

María Isabel Saldaña y Hernández. Ingeniera Agrónoma, Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT), México. Maestría en Producción de Cultivos Tropicales, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México. Profesora Investigadora, Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, México. Dirección: Zaragoza s/n. Villa Ocuilzapotlan,

Tabasco, México. e-mail: mabela_40@hotmail.com
Regino Gómez Álvarez. Licenciado en Química. Universidad de Química de la Habana, Cuba. Doctorado en Ciencias, Comisión Nacional de Grados Científicos, Cuba. Profesor Investigador. ECOSUR, México. e-mail: regomez@ecosur.mx)
María del Carmen Rivera-Cruz. Ingeniera Agrónoma, CSAT, México. Maestría y Doctorado en Ciencias en Edafología, COLPOS, México.

Profesora Investigadora, COLPOS, México. e-mail: mariari@colpos.mx
José David Álvarez Solís. Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Maestría en Ciencias en Edafología, COLPOS, México. Doctorado en Ciencias, UNAM, México. Profesor Investigador, ECOSUR, México. e-mail: dalvarez@ecosur.mx
Carlos Fredy Ortiz García. Ingeniero Agrónomo, CSAT, México. Maestría en Ciencias

en Fitopatología, COLPOS, México. Doctorado en Ciencias en Biología y Tecnologías Vegetales, Université Paul Sabatier, Francia. Profesor Investigador, COLPOS, México. e-mail: cfortizg@gmail.com
Juan Manuel Pat Fernández. Ingeniero Agrónomo, Maestro en Ciencias y Doctorado en Economía y Desarrollo Rural, Universidad Nacional Autónoma Chapingo, México. Profesor Investigador, ECOSUR, e-mail: jpat@ecosur.mx

EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS ON SOIL MICROBIAL DYNAMICS AND PRODUCTION OF *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM

María Isabel Saldaña y Hernández, Regino Gómez Álvarez, María del Carmen Rivera Cruz, José David Álvarez Solís, Carlos Fredy Ortiz García and Juan Manuel Pat Fernández

SUMMARY

Organic fertilizers provide an important contribution of organic matter that modifies the physical, chemical and microbiological characteristics of the soil. To determine the impact of solid and liquid fertilizers on cultures of *Alpinia purpurata*, the supply of organic C, total N and available P of five organic fertilizers, the population density of phosphate solubilizing bacteria (PSB), the indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), and the plant responses were evaluated, at 365 days, on a Fluvisol soil. The treatments were compost, vermicompost, fermented manure, Bokashi and liquid humus, at doses of

6Mg·ha⁻¹ of solid fertilizers, and 60 l·ha⁻¹ of liquid fertilizers, and compared with chemical fertilizer (150-50-250) and a control. The organic fertilizers applied showed that after a year, the C, N and P concentrations in the soil maintained acceptable nutritional levels for production. Organic fertilizers increased five times the population density of PSB and 12% the total colonization by AMF, promoting a higher P availability for the plants, improving the production of total biomass and flower quality, fermented manure and compost standing out in production.

EFEITO DE ADUBOS ORGÂNICOS NA DINÂMICA MICROBIOLÓGICA DO SOLO E PRODUÇÃO DE *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM

María Isabel Saldaña y Hernández, Regino Gómez Álvarez, María del Carmen Rivera Cruz, José David Álvarez Solís, Carlos Fredy Ortiz García e Juan Manuel Pat Fernández

RESUMO

Os adubos orgânicos aportam quantidades importantes de matéria orgânica que modifica as características físicas, químicas e microbiológicas do solo. Para conhecer o impacto de adubos sólidos e líquidos no cultivo de *Alpinia purpurata*, se avaliou em um Neossolo Flúvico, aos 365 dias, o C orgânico, N total e P disponível de cinco tipos de adubos orgânicos, a densidade populacional de bactérias solubilizadoras de fosfatos (BSF), fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos, assim como a resposta da planta. Os tratamentos foram compostagem, vermicompostagem, estrume fermentado, Bocashi e húmus líquido,

em doses de 6Mg·ha⁻¹ para adubos sólidos e 60l·ha⁻¹ para o líquido, comparando-os contra fertilizante químico (150-50-250) e testemunho absoluto. Os adubos aplicados mostraram que depois de um ano, as concentrações de C, N e P se mantêm em níveis de fertilidade aceitáveis para a produção. Os adubos orgânicos incrementaram cinco vezes a densidade populacional das BSF e 12% a colonização total por FMA, promovendo maior disponibilidade de P para as plantas, melhorando a produção de biomassa total e qualidade de flor, destacaram-se em produção o estrume fermentado e a compostagem.

et al., 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar el suministro de C orgánico, N total y P disponible en cinco adubos orgánicos, su efecto sobre la densidad de BSF y HMA nativos del suelo y en la producción de *A. purpurata* en Tabasco, México, durante un año.

Materiales y Métodos

Sitio experimental

Se estableció un experimento bajo condiciones de campo en suelo Fluvisol Eútrico (Palma-López y Cisneros, 2000) durante un año, iniciando el 19/04/2011. Se eligió una plantación comercial en la ranchería Medellín y Madero 3^a

sección, Centro, Tabasco, México, municipio donde se localiza la mayor superficie cultivada con flores de corte (Saldaña *et al.*, 2013). La ubicación geográfica correspondió a 18°06'40,7"N y 92°50'48,2"O y 11,7msnm; el clima es Am(f), con precipitación pluvial total anual de 1500mm y temperatura media anual de 26°C, lluvias máximas en verano y mínimas en primavera (INEGI, 2001). Este sitio está cultivado con cedro y caoba a una distancia de 4m entre árboles. En los espacios intermedios se encuentra ginger rojo a 2m entre plantas y 4m entre hileras. Las plantas de ginger contaban con cinco años de edad, formaban cepas de 1,5m de

diámetro y presentaban 15 tallos al momento de aplicar los tratamientos.

Propiedades del suelo

Las propiedades físico químicas del suelo se determinaron al inicio y al final del experimento de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), tomando muestras a 20cm de la planta y a 15cm de profundidad. Antes de aplicar los adubos éstas fueron: textura franca arenosa con 59,8; 13,6 y 26,6% de arena, limo y arcilla, respectivamente (Bouyoucos, 1962); pH 5,3 (potenciometría); materia orgánica 2,52% (MO; Walkley y Black, 1934); N total 0,23%

(micro Kjeldhal con digestión de la muestra por H₂SO₄; Page *et al.*, 1982); P disponible 5,6mg·kg⁻¹ (espectrometría UV-VIS, NaHCO₃-extraíble; Olsen y Sommers, 1982); K 0,26meq/100g (acetato de amonio 1N; Scholleberger y Simon, 1954); CIC 11,2cmol·kg⁻¹ (acetato de amonio 1N); C:N 10,42; el C orgánico se obtuvo de la MO utilizando el factor de Van Bemmelen de 1,724.

Adubos orgánicos

Los adubos evaluados fueron: composta, vermicomposta, estiércol fermentado, Bocashi y húmus líquido. La composta se elaboró con residuos de *Heliconia* y *Alpinia*, follaje verde de *Gliricidia sepium*,

estiércol de *Capra aegagrus hircus*, suelo y agua, mezclados en proporción 3:1:1 v/v (material vegetal:estiércol:suelo), de acuerdo al procedimiento descrito por Gómez-Álvarez y Castañeda-Ceja (2000). La vermicomposta fue procesada con la lombriz roja californiana, *Eisenia andrei*, alimentada con estiércol de borrego Pelibuey. El humus líquido se obtuvo del lixiviado de la vermicomposta, haciendo una mezcla con agua en relación 1:1 (vermicomposta: agua), se decantó y envasó la fase líquida. El estiércol fermentado se obtuvo de borregos Pelibuey alimentados con gramíneas y suplementados con sales minerales; se dejó fermentar durante 120 días resguardado del sol y lluvia. El Bocashi se elaboró con follaje de *Gliricidia sepium* + paja de gramíneas, estiércol de borrego Pelibuey, suelo, carbón vegetal, levadura, melaza y cal; las proporciones de la mezcla fueron 5:5:5:0,5:0,0125:0,04:0,09 (p/p). El Bocashi se fermentó durante 20 días hasta que tomó un color pardo oscuro y la temperatura se estabilizó.

Las determinaciones fueron similares a las hechas para evaluar las propiedades del suelo, a excepción de CE (extracto acuoso; Santamaría *et al.*, 2001); MO (por calcinación; Ball, 1964); N total (micro Kjeldhal; Bremner, 1965); N inorgánico (NH_4^+ y NO_3^- mediante destilación por arrastre de vapor); P disponible (espectrometría UV-VIS; Olsen y Dean, 1965); Ca y Mg solubles (espectrofotometría de absorción atómica). Las características físicas y químicas de los abonos se presentan en la Tabla I.

Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de la planta o cepa de *A. purpurata*. Las cepas fueron podadas 20 días antes de iniciar el experimento, con el objeto de homogeneizar las unidades experimentales, dejando en promedio 15 tallos

por planta. El factor de estudio fue el tipo de abono orgánico, con una dosis de $6\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para los abonos sólidos y $60\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el abono líquido, aplicados por única ocasión al inicio del experimento, alrededor de las unidades experimentales a 20cm de distancia de la base de la planta y 15cm de profundidad. Los tratamientos fueron: testigo (T), composta (C), vermicomposta (V), estiércol fermentado (EF), Bocashi (B), humus líquido (HL), y fertilizante químico (Q). Las fuentes de NPK del tratamiento Q (150-50-250) fueron: urea (46% N) aplicada en tres fracciones (mayo, agosto, diciembre), fosfato diamónico (46% P_2O_5) y cloruro de potasio (60% K_2O) en una sola aplicación. El manejo agronómico del sitio experimental fue similar al que realiza el productor y consistió en el control manual de malezas dos veces al año, poda y cosecha de flores semanal; no se realizó control de plagas y enfermedades, y se aplicaron tres riegos de auxilio de marzo a mayo.

Análisis microbiológico

Las poblaciones de BSF se determinaron en suelo rizosférico y no rizosférico a los 365 días después de aplicados los tratamientos (dda); se tomó una muestra por unidad experimental a 20cm de la cepa y a 15cm de profundidad, dando seguimiento de la raíz a partir de la base de la planta. En total fueron cuatro muestras por tratamiento. Las muestras se depositaron en bolsas de plástico herméticas y se transportaron en hielera al laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental del Colegio de

Post-graduados, Campus Tabasco. Se separó suelo adherido a 1-2mm de las raíces (suelo rizosférico) y suelo a 5-10cm de las raíces (suelo no rizosférico). La población de BSF se evaluó con el método de conteo viable de células vivas por siembra en superficie (Madigan *et al.*, 2004). Se utilizaron diluciones seriadas con base 10, diluyendo 10g de suelo en 90ml de agua estéril, hasta 1×10^{-3} . Se tomó 0,1ml de la dilución 1×10^{-3} y se colocó en el centro de una caja de Petri con medio de cultivo Pikovskaya (10g glucosa; 5g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 0,2g KCl; 0,5g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,1g $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5g extracto de levadura; 0,002g MnSO_4 ; pH 7,0), según Rao (1982), distribuyéndose sobre la superficie con espátula. El procedimiento se realizó por triplicado. El conteo de células viables se efectuó contando las unidades formadoras de colonias (UFC) que crecieron en la superficie del medio de cultivo de la caja de Petri, luego se transformó a UFC/g de rizósfera seca (UFCR) y UFC/g de suelo seco (UFCS). El conteo se efectuó con contador de colonias Darkfield Quebec (Cia American Optical). Las variables evaluadas fueron UFC de la rizósfera y del suelo. Para cuantificar estructuras de los HMA se colectaron raíces y suelo de la forma antes descrita y se procesaron siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970) modificada por Kormanik *et al.* (1982), para determinar el porcentaje de colonización total, por hifas, vesículas y arbuscúlos dentro de la raíz. El número total de esporas de HMA en el suelo fue estimado por el método de tamizado húmedo y decantación de

Gerdemann y Nicolson (1963). Se hicieron cuatro replicas para evaluar la colonización micorrízica y el número de esporas.

Producción de biomasa vegetal y calidad de la flor

Se cuantificó semanalmente durante 365 días la producción de biomasa acumulada en cada una de las unidades experimentales. Se contaron, cortaron, midieron y pesaron los tallos florales que llegaron a etapa de cosecha (cuando la flor presentó $\frac{3}{4}$ de sus brácteas abiertas), con flores de talla comercial ($\leq 20\text{cm}$ de longitud). Cada tallo floral cosechado se dividió en porción comercial y no comercial; la primera incluyó la flor, tres hojas apicales y 80cm del pseudotallo; la segunda fue el follaje y porción basal del tallo. Cada porción se pesó por separado en una balanza granataria marca Ohaus y se secaron hasta peso constante en horno marca Instrumentos Científicos Craft a 60°C para determinar la biomasa seca. Las variables de producción fueron: número de tallos comerciales por planta (NT), biomasa comercial (BC), biomasa no comercial (BNC), biomasa total (BT), longitud de tallo (LT), longitud de la flor (LF), diámetro de la flor (DF) y diámetro del tallo a los 80cm (D80).

Análisis foliar

Se tomaron cuatro hojas por unidad experimental, la cuarta hoja por tallo floral al finalizar el experimento; se lavaron con detergente Stran alcalino para eliminar las impurezas del campo, se enjuagaron con agua destilada y desionizada, se

TABLA I
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ABONOS UTILIZADOS

Tipo de composta	pH 1:2	MO	C	N	C/N	P Olsen mg·kg ⁻¹	K	Ca	Mg	NH_4^+ mg kg ⁻¹	NO_3^- mg kg ⁻¹
Composta	7,7	20,0	11,6	0,8	14,5	4,7	5,9	3,9	4,8	79,6	125,2
Bocashi	8,0	36,7	21,3	1,8	11,8	10,2	12,3	7,1	12,0	63,3	627,4
Vermicomposta	8,2	45,4	26,3	2,0	13,2	10,3	8,9	8,4	22,5	60,0	545,9
Estiércol	7,9	56,8	32,9	3,8	8,7	13,2	30,1	2,1	19,9	60,0	3309,7
Humus líquido	8,0	3,2	1,6	4,9	0,3	26,0	0,9	0,2	15,4	MLD	18,9

MLD: menor al límite de detección del método.

dejaron escurrir y se secaron a 65°C hasta peso constante, se molieron y cribaron a través de una malla N° 40. El N total se determinó por el método de microKjeldhal con digestión por H₂SO₄ (Malavolta *et al.*, 1997); y el P por UV de acuerdo a la metodología de Fick *et al.* (1979). Las variables evaluadas fueron N y P foliar.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias (Duncan; $p \leq 0,05$), y correlaciones (Pearson). Se utilizó el paquete estadístico SAS para Windows versión 9.1.3. (SAS, 2004).

Resultados y Discusión

Carbono orgánico y nutrientes disponibles en suelo

La mayor cantidad de C orgánico y N total en el suelo de la rizósfera correspondió al estiércol fermentado ($p \leq 0,05$; Tabla II). La concentración de N total en el experimento se encontró en el intervalo de 0,20-0,26% considerado como alto de acuerdo a la interpretación de la NOM 021-RECNAT. Para cultivos muy demandantes de N, como el de maíz forrajero, la aplicación de vermicomposta (10Mg·ha⁻¹) aumentó la presencia de nitratos, lo que eliminó la aplicación de fertilizante nitrogenado al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

Para el caso del P disponible, el fertilizante químico tuvo el nivel más alto (20,9mg·kg⁻¹; $p \leq 0,05$), seguido por la vermicomposta (12,5mg·kg⁻¹), estiércol fermentado (12,1mg·kg⁻¹) y Bocashi (9,8mg·kg⁻¹). Ochoa *et al.* (2009), utilizando residuos orgánicos municipales, encontró incrementos significativos en la concentración de P en suelos volcánicos. En el caso del humus líquido es probable que su impacto fue al inicio de la aplicación y que fue lixiviado en el tiempo, por lo que reflejó el valor más bajo después de un año.

Densidad de BSF en rizósfera y en suelo a distancia

Todos los abonos orgánicos, excepto la composta, mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,001$) en la densidad de BSF en la rizósfera ($5,5 \times 10^5$ UFC/g) con respecto al suelo a distancia ($1,4 \times 10^5$ UFC/g). Similares resultados fueron encontrados por Córdova-Bautista *et al.* (2009), quienes reportan que el número de bacterias en la rizósfera es hasta 192,5 veces mayor que en suelo Fluvisol éutrico cultivado con banana. De acuerdo a Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007) en la cercanía de la raíz habitan hasta 10 veces más microorganismos, en comparación con los cuantificados en suelo sin presencia de raíces. Esta respuesta se debe a que en la rizósfera se incrementa la acumulación de C y energía por el continuo flujo de sustancias orgánicas solubles en agua (azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas y vitaminas) e insolubles en agua como la pared celular, material descompuesto y otros residuos de raíces y mucilagos (Manoharachary y Mukeiji, 2006). El estiércol fermentado fue el abono que más estimuló la densidad de BSF a nivel de rizósfera ($10,4 \times 10^5$ UFC/g) y mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0,001$) con respecto a todos los demás tratamientos, siendo el más bajo el testigo ($2,7 \times 10^5$ UFC/g; Figura 1). En el suelo a distancia, la composta tuvo la mayor población ($3,9 \times 10^5$ UFC/g) y presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0,001$) con respecto a los demás tratamientos, siendo los más bajos el Bocashi ($0,84 \times 10^5$ UFC/g) y vermicomposta ($0,35 \times 10^5$ UFC/g). Al respecto, Akhtar y Siddiqui (2008) mencionan incrementos en la biomasa microbiana como resultado de la fertilización con abonos. En composta la población de BSF fue similar en suelo rizosférico y no rizosférico, lo cual puede ser debido al aporte de nutrientes para el desarrollo microbiano.

Colonización micorrízica

La colonización de HMA total se presentó en todos los tratamientos (Figura 2), sin

embargo, se mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,001$) en tres grupos: estiércol fermentado (76,8%) y Bocashi (74,5%) fueron las

TABLA II
CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO Y NUTRIENTES EN SUELO ABONADO EN *A. purpurata* A 365 DDA EN MEDELLÍN Y MADERO 3ª SECCIÓN, TABASCO, MÉXICO

Tratamiento	C _{orgánico}	N _{total}	P _{disponible}
	%		
	mg·kg ⁻¹		
Testigo	2,4 bc	0,22 bc	5,2 c
Composta	2,4 bc	0,21 bc	7,6 c
Vermicomposta	2,3 cd	0,21 bc	12,5 b
Estiércol	2,9 a	0,26 a	12,1 b
Bocashi	2,1 d	0,20 c	9,8 bc
Humus líquido	2,4 bc	0,22 bc	4,5 c
Químico	2,4 bc	0,21 bc	20,9 a

Cifras con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$; $n=3$).

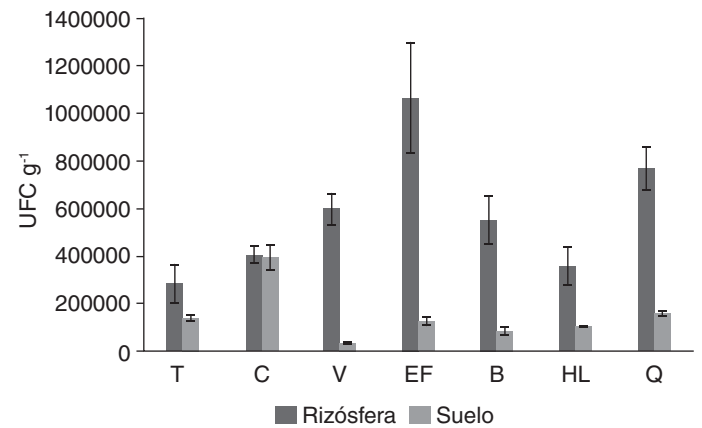


Figura 1. Densidad poblacional de BSF, en rizósfera y suelo a distancia de *A. purpurata* en Medellín y Madero 3ª sección, Tabasco, México. T: testigo, C: composta, V: vermicomposta, EF: estiércol fermentado, B: Bocashi, HL: humus líquido, Q: fertilizante químico.

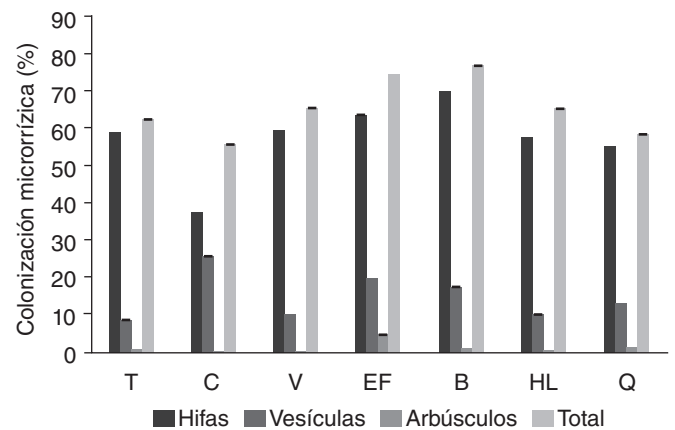


Figura 2. Colonización de hongos micorrízicos arbusculares en *A. purpurata*, en Medellín y Madero 3ª sección, Tabasco, México. T: testigo, C: composta, V: vermicomposta, EF: estiércol fermentado, B: Bocashi, HL: humus líquido, Q: fertilizante químico.

más altas colonizaciones; las intermedias fueron vermicomposta (65,5%) y humus líquido (65,2%); y las menores fueron testigo (62,0%), químico (58,5%) y composta (55,6%). Porcentajes de infección similares han sido reportados por Castro-Camaño y Sánchez-Colín (2012) en sorgo (*Sorghum bicolor*) fertilizado con vermicomposta.

El Bocashi y estiércol fermentado aumentaron el grado de colonización total en 19 y 17% con respecto al testigo ($p \leq 0,05$). Incrementos mayores (40%) han sido reportados por García (2005) con la aplicación de Bocashi. Millaleo *et al.* (2006) reportan también que las raíces de trigo, frijol y pradera presentaron incrementos de hasta 68% de colonización micorrízica cuando utilizaron la dosis más alta de composta (30Mg·ha⁻¹). La presencia de arbusculos fue notoriamente inferior al 90,8% reportado por Cortés-Sarabia *et al.* (2009) en el cultivo de ilama (*Annona diversifolia* Saff). Los arbusculos se consideran como un indicador más preciso de la colonización micorrízica total. Es probable que la escasa formación de arbusculos en raíces de *A. purpurata* se haya debido a que no existió deficiencia de P, ya que como mencionan López-Gutiérrez *et al.* (2001) y Üstüner *et al.* (2009) la presencia de HMA está relacionada

con el contenido de P en el suelo. Por lo general, bajos contenidos de P en el suelo favorecen el establecimiento de la simbiosis micorrízica. Por el contrario, un alto contenido de P ocasiona disminución de hifas, vesículas y arbusculos. Muñoz-Márquez *et al.* (2009) reportan ausencia de arbusculos en nogal (*Carya illinoensis*).

La aplicación del fertilizante químico fue similar con respecto al grado de colonización total de HMA que presentaron el testigo y la composta, lo que indica que no se inhibe el desarrollo de los HMA, al menos en el primer año con el uso de fertilización química. Este hallazgo difiere de los resultados de Lee-Espinosa *et al.*, 2012, quienes reportan inhibición en la colonización de HMA en violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) al aplicar altas concentraciones de fertilizantes químicos. Por su parte, Pezzani-Gutiérrez *et al.* (2012), trabajando con pastizales naturales, encontraron que el potencial micorrízico fue afectado negativamente por la fertilización. Toro *et al.* (2008) encuentran bajo porcentaje de colonización de HMA en sorgo fertilizado con fosfato diamónico.

El número de esporas en el suelo (Figura 3) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$): la mayor cantidad se observó con vermicomposta (540), en un nivel

intermedio estiércol fermentado (495), composta (408), químico (399), humus líquido (361) y testigo (329), siendo el más bajo el Bocashi con 204 esporas en 100g de suelo seco. Los reportes relacionados al número de esporas para diferentes cultivos y regiones ecológicas indican máximos de 1620 (Millaleo *et al.*, 2006) y mínimos de 50 esporas en *Bouteloua gracilis* en zonas semiáridas (Serrato-Gallardo *et al.*, 2012).

Contenido de N y P en follaje de *A. purpurata*

Todos los tratamientos mostraron valores de N y P en follaje (Tabla III) superiores al nivel mínimo aceptable para plantas sanas y vigorosas, de 2,0 y 0,16%, respectivamente, establecido por Kobayashi *et al.* (2007) para *A. purpurata*. La concentración de N en follaje fue similar en todos los tratamientos a diferencia del P, en el que se observaron tres grupos con diferencias significativas ($p \leq 0,05$): el Bocashi fue el más alto (0,21%), los intermedios corresponden al testigo (0,19%), composta (0,19%) y vermicomposta (0,19%), mientras que la concentración más baja se presentó en los tratamientos humus líquido (0,18%), estiércol fermentado (0,18%) y químico (0,18%).

Relación de las BSF con los nutrientes del suelo y efecto en la producción

La relación de las BSF de la rizósfera con el contenido de MO, N total y P disponible indican una alta actividad microbiana en el cultivo (Tabla IV). La relación con CIC y C orgánico es altamente significativa, mostrando que un aumento de nutrientes en el suelo incrementa la población de BSF. No sólo los fertilizantes orgánicos y químicos incrementan las poblaciones de BSF autóctonas; se

ha reportado también aumentos en la rizósfera de sorgo en presencia de la cobertera de leguminosa *Crotalaria juncea* (Toro *et al.*, 2008). Al aumentar la población de bacterias aumenta también la concentración de N, C orgánico, P y la CIC. Estas relaciones promueven la producción de biomasa aérea en *A. purpurata*. Las variables de producción, BC y BT, están positivamente relacionadas con la mayoría de las variables estudiadas (UFCR, UFCS, MO, P, C orgánico y C/N, así como la CIC), indicando que las UFC tienen una relación estrecha con la producción de flores en *A. purpurata* bajo las condiciones edáficas en Tabasco.

Producción de biomasa vegetal

La aplicación de abonos mostró incrementos en las variables de producción y calidad con respecto al testigo ($p \leq 0,05$; Tabla V). Los abonos orgánicos que tuvieron los mayores aumentos en las variables de producción y calidad fueron el estiércol fermentado y la composta, igualando incluso la producción obtenida con el fertilizante químico ($p \leq 0,05$). Las flores más grandes se obtuvieron con estiércol fermentado (DF= 8,4cm y LF= 26,3cm) y humus líquido (DF= 8,2cm y LF= 26,0cm), a diferencia de Lasso y Vallejo (2007), quienes reportan DF= 5,5cm y LF promedio 21,5cm, utilizando bioestimulantes en dosis baja.

TABLA III
CONTENIDO NUTRIMENTAL
EN FOLLAJE DE *A. purpurata*
EN MEDELLÍN Y MADERO,
3ª SECCIÓN, TABASCO, MÉXICO

Tratamiento	N	P
	%	
Testigo	2,58 a	0,19 bc
Composta	2,46 a	0,190 bc
Vermicomposta	2,39 a	0,196 b
Estiércol	2,59 a	0,18 c
Bocashi	2,44 a	0,21 a
Humus Líquido	2,64 a	0,18 c
Químico	2,49 a	0,18 c

Cifras con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$; $n=3$).

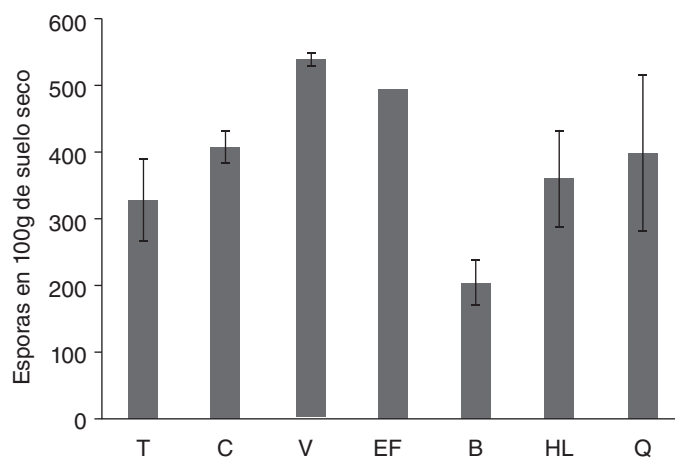


Figura 3. Esporas de hongos micorrízicos en suelo con abonos orgánicos en *A. purpurata*, en Medellín y Madero 3ª sección, Tabasco, México. T: testigo, C: composta, V: vermicomposta, EF: estiércol fermentado, B: Bocashi, HL: humus líquido, Q: fertilizante químico.

TABLA IV
CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES BIOLÓGICAS, QUÍMICAS Y DE PRODUCCIÓN DE
A. purpurata, A 365 DÍAS DE APLICADOS ABONOS ORGÁNICOS EN SUELOS DE TABASCO, MÉXICO

	UFCS	MO	N	P	CIC	CO	C/N	NT	BC	BT	CMT	ESP	N FOL	P FOL
UFCS	NS	0,49*	0,49*	0,44*	0,68**	0,49*	NS	0,41*	0,44*	0,57**	NS	NS	NS	NS
UFCS		NS	NS	NS	NS	NS	0,52**	0,49*	0,39*	0,58**	NS	NS	NS	NS
MO			0,79**	NS	0,76**	0,99**	NS	NS	NS	0,51**	NS	0,55**	NS	-0,58**
N				NS	0,73**	0,76**	NS	0,37*	NS	0,37*	NS	0,39*	NS	-0,40*
P					0,41*	NS	NS	0,39*	NS	NS	NS	NS	-0,39*	NS
CIC						0,77**	NS	NS	NS	0,36*	NS	0,44*	NS	-0,41*
CO							NS	0,36*	0,36*	0,55**	NS	0,55**	NS	-0,58**
C/N								NS	NS	0,43*	NS	NS	NS	NS
NT									0,43*	0,75**	NS	NS	NS	NS
BC										0,79**	NS	NS	NS	-0,35*
BT											NS	NS	NS	NS
CMT												NS	NS	NS
ESP													NS	-0,42*
N FOL														-0,36*
P FOL														

UFCS: unidades formadoras de colonias en la rizósfera, UFCS: unidades formadoras de colonias en suelo a distancia, MO: materia orgánica, N: nitrógeno total en suelo, P: fósforo disponible, CIC: capacidad de intercambio catiónico, CO: carbono orgánico, C/N: relación carbono nitrógeno, NT: número de tallos por cepa, BC: biomasa comercial por cepa, BT: biomasa total por cepa, CMT: colonización micorrizica total, ESP: esporas en 100g de suelo seco, N FOL: nitrógeno foliar, P FOL: fósforo foliar.

* Significativo($p \leq 0,05$), ** altamente significativo ($p \leq 0,001$), NS no significativo.

Conclusiones

La aplicación de los abonos orgánicos en Fluvisoles éutricos mejora los niveles de nutrientes en la rizósfera de *A. purpurata*.

Todos los abonos orgánicos mejoran la dinámica microbiana del suelo, particularmente a las BSF. Los resultados microbiológicos sugieren el uso de estiércol fermentado, fertilizante químico, vermicomposta y composta como medios para adicionar nutrientes a la rizósfera de *A. purpurata*, ya que mantienen altas poblaciones de BSF.

Las poblaciones de BSF tienen una relación estrecha con la producción y calidad de flores en *A. purpurata* bajo las condiciones edáficas de Tabasco.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Tabasco y el apoyo al proyecto TAB-2008-C011-8811 por la Asociación de Productores de Flores y Follajes Tropicales S. de R.L. de C.V.

REFERENCIAS

Aguirre-Medina JF, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate C (2007) Efecto de la fertilización en vivero del cacao

TABLA V
EFECTO DE ABONOS EN LA PRODUCCIÓN DE *A. purpurata*, 365 DÍAS DESPUÉS DE SU APLICACIÓN EN MEDELLÍN Y MADERO 3ª SECCIÓN, TABASCO, MÉXICO

Tratamiento	NT	BC g	BNC g	BT g	LT cm	DF cm	LF cm	D80 cm
Testigo	54 bc	28,0 d	76,8 b	104,7 cd	185,8 c	7,6 c	25,0 bc	1,62 c
Composta	63 a	35,8 bc	95,8 a	131,8 a	213,0 ab	8,1 b	26,3 a	1,69 ab
Vermicomposta	54 bc	33,8 c	77,3 b	111,0 bc	198,5 bc	8,1 b	25,0 bc	1,62 c
Estiércol	59 ab	38,8 a	102,0 a	140,5 a	216,8 a	8,4 a	26,3 a	1,71 a
Bocashi	49 c	33,3 c	65,5 c	99,0 d	191,0 c	8,0 b	24,8 c	1,61 c
Humus líquido	42 d	35,3 bc	83,7 b	118,3 b	201,0 abc	8,2 b	26,0 ab	1,66 bc
Químico	58 ab	38,0 ab	98,0 a	136,0 a	212,0 ab	8,4 a	26,3 a	1,73 a

NT: número de tallos por planta, BC: biomasa comercial, BNC: biomasa no comercial, BT: biomasa total, LT: largo del tallo, DF: diámetro de la flor, LF: longitud de la flor, D80: diámetro basal del tallo a los 80cm.

Cifras con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$; $n=3$).

(*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia* 32: 541-546.

Akhtar MS, Siddiqui ZA (2008) Effects of organic wastes, *Glomus intraradices* and *Pseudomonas putida* on the growth of tomato and on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Phytoparasitica* 36: 460-471.

Ball DF (1964) Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soil. *J. Soil Sci.* 15: 84-92.

Bremner JM (1965) Total nitrogen En Black CA (Ed.) *Methods for Soil Analysis*. Part 2. SSSA. Madison, WI. EEUU. pp. 1148-1179.

Bouyoucos GJ (1962) A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agron. J.* 54: 419-434

Castro-Camaño E, Sánchez-Colín M (2012) Inoculación con micorrizas arbusculares como alternativa en el cultivo temporal de *Sorghum bicolor*. *Mem. VII Simposio Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrizica*. Xalapa, Veracruz, México.

Córdova-Bautista Y, Rivera-Cruz MC, Ferrera-Cerrato R, Obrador-Olán JJ, Córdova-Ávalos V (2009) Detección de bacterias benéficas en suelo con banana (*Musa* AAA Simmons) cultivar 'Gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante. *Univ. Cienc.* 25: 253-265

Cortés-Sarabia J, Pérez-Moreno J, Delgadillo J, Ferrera-Cerrato R, Ballesteros-Patrón G (2009) Estacionalidad y microorganismos rizosféricos de llama (*Annona diversifolia* Staff.) en huertos naturales del trópico seco. *Terra Latinoam.* 7: 27-34

DOF (2002) *NOM-021-RECNAT-2000 Norma Oficial Mexicana que*

establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. *Estudios, muestras y análisis*. SEMARNAT. Diario Oficial de la Federación. México. 85 pp.

Evanylo G, Sheron C, Spargo J, Starner D, Brosius M, Haering K. (2008) Soil and water environmental effects of fertilizer manure, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agric. Ecosyst. Environ.* 127: 50-58.

Ferrera-Cerrato R, Alarcón A (2007) Rizósfera: Interacción, suelo, planta y microorganismos. En Fuentes-Dávila G, Ferrera-Cerrato R (Eds.) *Ecología de la Raíz*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Cd. Obregón, México. pp. 1-26.

Fick KR, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH (1979) *Methods of Mineral Analysis for Plant and Animal Tissues*. 2ª ed. University of Florida. Gainesville, FL, EEUU. 90 pp.

- Fortis-Hernández M, Leos-Rodríguez JA, Preciado-Rangel P, Orón-Castillo I, Gacia-Salazar JA, García-Hernández JL, Orozco-Vidal JA (2009) Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 27: 329-336.
- García F (2005) Relación entre la población microbiológica y el contenido de nutrientes en un abono orgánico fermentado. *AOE. Cult. Cient.* 5-12.
- Gerdemann JW, Nicolson H (1963) Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 234-244.
- Gómez-Álvarez R, Castañeda-Ceja R (2000) *Tecnologías de Producción Orgánica*. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción de Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, México. 91 pp.
- Ingelmo SF, Rubio JL (2007) Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En Moreno CJ, Moral HR (Eds.) *Compostaje*. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 307-330.
- INEGI (2001) *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 89 pp.
- Kobayashi KD, McEwen J, Kaufman AJ (2007) Ornamental Ginger, Red and Pink. *Ornamentals and Flowers. UH-CTAHR.OF-37*:1-8.
- Khan AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS, Rasheed M (2009) Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J. Agric. Biol. Sci.* 1: 48-58.
- Kormanik PP, McGraw AC (1982) Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. En Schenk NC (Ed.) *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. American Phytopathological Society. St. Paul, MN, EEUU. pp. 37-45.
- Lasso L, Vallejo C (2007) Evaluación del comportamiento reproductivo de ginger rojo (*Alpinia purpurata*) a la aplicación de tres bioestimulantes orgánicos. *Rumipamba* 21: 1-14.
- Lee-Espinoza H, Trejo-Aguilar D, Lara-Capistrán L, Beatriz-Guzmán A (2012) Aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha*) propagadas *in vitro*. *Mem. VII Simp. Nacional y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, México.
- López-Gutiérrez JC, Toro M, López-Hernández D (2001) Micorrizas arbusculares y actividad enzimática en la rizósfera de *Trachypogon plumosus* Ness en tres sabanas de suelos ácidos. *Acta Biol. Venez.* 21: 49-57
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J (2004) *Biología de los Microorganismos*. 10ª ed. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 1011 pp.
- Malavolta E, Vitti G, De Oliveira S (1997) *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Princípios e Aplicações*. 2ª ed. Associação Brasileira para Pesquisa Potassa e do Fosfato. Piracicaba, Brasil. 201 pp.
- Manoharachary C, Mukerji GK (2006) Rhizosphere biology-an overview. En Mukerji KG, Manoharachary C, Singh J (Eds.) *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer. Berlín, Alemania. pp. 1-38.
- Millaleo RM, Montecinos C, Rubio R, Contreras A, Borie F (2006) Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrízicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *Cienc. Suelo Nutr. Veg.* 6(3): 26-39.
- Muñoz-Márquez E, Macías-López C, Franco-Ramírez A, Sánchez-Chávez E, Jiménez-Castro J, González-García J (2009) Identificación y colonización nativa de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoam.* 27: 355-361.
- Ochoa ES, Ortiz CA, Gutiérrez MC, Quintero R, Silva TJ (2009) Aplicación directa de residuos sólidos orgánicos municipales a suelos volcánicos. *Terra Latinoam.* 27: 53-62.
- Olsen SR, Dean LA (1965) Phosphorus. En Black CA (Ed.) *Methods for Soil Analysis. Part 2*. SSSA. Madison, WI. EEUU. pp. 1035-1049.
- Olsen SR, Sommers LE (1982) Phosphorus. En Page AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2ª ed. ASA/SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 403-430.
- Page AL, Miller RH, Keeny DR (1982) Nitrogen total. En Page AL, Miller RH, Keeny DR (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2ª ed. ASA. SSSA. Madison, WI, EEUU. pp. 595-629.
- Palma-López DJ, Cisneros DJ (2000) *Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco*. Vol. II. Serie: Suelos de Tabasco. Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, México. 115 pp.
- Pezzani-Gutiérrez F, Lezama F, Del Pino A, Rodríguez-Blanco A, Parodi G, García-Esquivel S, Alchurrut M, Juarena M (2012) Interacciones complejas: Micorrizas arbusculares y fósforo en pastizales naturales de Uruguay. *Mem. VII Simp. Nac. y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, México.
- Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Rao NS (1982) *Biofertilizers in Agriculture*. Oxford and IBH. New Delhi, India. 704 pp.
- Saldaña HMI, Gómez R, Pat JM, Álvarez JD, Pérez J, Ortiz CF (2013) The socioeconomic and technical status of cut flower producers in Tabasco, Mexico. *Cienc. Inv. Agr.* 40: 5-15.
- Salgado GS, Núñez RE, Palma LD, Debernardi VH, Mendoza HR, Lagunes ELC (2010) Los fertilizantes químicos. En Salgado GS, Núñez ES (Coords.) *Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos*. Colegio de Postgraduados-Mundiprensa. México. pp. 27-52.
- Santamaría S, Ferrera-Cerrato R, Almaraz-Suárez JJ, Galvis-Spinola A, Barois-Boullard I (2001) Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia* 35: 377-384.
- SAS (2004) Site 0013396003. Plataforma NET_ASRV. Institute Inc., Cary, NC, USA. Licenced to Colegio de Postgraduados (Campus Montecillo).
- Schollemberger CJ, Simon RH (1954) Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil. *Soil Sci.* 59: 13-24.
- Serrato-Gallardo S, Chimal-Sánchez E, García-Sánchez R, Monroy-Ata A (2012) Riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en un ecosistema semiárido de Tezontepec, Hidalgo. *Mem. VII Simp. Nac. y IV Reunión Iberoamericana de la Simbiosis Micorrízica*. Xalapa, México.
- Soto G (2003) Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En Soto G, Meléndez G, Uribe L (Eds.). *Abonos Orgánicos: Principios, Aplicaciones e Impacto en la Agricultura*. CIA. Costa Rica. pp. 27-33.
- Üstüner Ö, Wininger S, Gadkar V, Badani H, Raviv M, Dudai N, Medina S, Kapulnik Y (2009) Evaluation of different compost amendments with AM fungal inoculum for optimal growth of chives. *Compost Sci. Utiliz.* 17: 257-265.
- Toro M, Bazó I, López M (2008) Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agron. Trop.* 58: 215-221.
- Vargas GMC, Suárez F (2007) Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En Moreno CJ, Moral HR (Eds.) *Compostaje*. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 329-350.
- Walkley A, Black IA (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.
- Wu F, Dong M, Liu Y, Ma X, An L, Young JPW, Feng H (2011) Effects of long term fertilization on AM fungal community structure and Glomalin-related soil protein in the Loess Plateau of China. *Plant Soil* 342: 233-247.