

# Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica

Rafael Orozco Rodríguez<sup>1</sup>  
Róger Muñoz Hernández<sup>2</sup>

Fecha de recepción: 1 de febrero del 2011  
Fecha de aprobación: 23 de agosto del 2011

Orozco, R; Muñoz, R. Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 25, N° 1. Enero-Marzo 2012 Pág 16-31

- 1 Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE) e investigador, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, Heredia. Correo electrónico: rorozco@una.ac.cr.
- 2 Investigador, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, Heredia. Correo electrónico: rmuñoz@una.ac.cr

## Palabras clave

Abonos orgánicos, compost, lombricompost, mora.

## Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de dos abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de plantas de mora (*Rubus adenotrichus* cv.'Vino') en dos zonas de Costa Rica.

Para ello se establecieron dos experimentos, uno en Buena Vista de Pérez Zeledón (BVPZ) y otro en San Martín de León Cortés (SMLC), ambos en la provincia de San José, Costa Rica. La investigación se realizó entre agosto del 2005 y julio del 2008.

Se evaluaron tres tratamientos en cada experimento: Compost (C) y Lombricompost (L), a razón de 4 kg/planta y 3 kg/planta respectivamente, y un testigo sin abono (T). La frecuencia de aplicación de los abonos a la siembra se dio a los 6, 12, 18 y 24 meses para un total de 6,6 t/ha para el C y 4,9 t/ha para el L. Se tomaron muestras de suelo a los 0, 6, 12, 18, 24 y 35 meses, después de la siembra para su análisis.

Los resultados muestran que, en ambos agro-ecosistemas, la aplicación del C y L incrementó el pH del suelo, redujo la acidez, incrementó la disponibilidad de Ca, Mg, K, N, y P, y favoreció la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y el porcentaje de materia orgánica. No se observó acumulación de Mn, Cu y Zn.

En cuanto al rendimiento, en BVPZ solo se encontraron diferencias significativas ( $P=0,00188$ ) entre C (1,8 t/ha) y el T (0,9 t/ha); mientras que en SMLC, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P<0,05$ ) entre los tratamientos.

## Key words

Organic fertilizers, compost, vermicompost, blackberry.

## Abstract

The aim of this study was to assess the effect of two organic fertilizers on soil chemical properties and yield of blackberry plants (*Rubus adenotrichus* cv.'Vino'), in two areas of Costa Rica.

To do this we established two experiments, one in Buena Vista de Pérez Zeledón (BVPZ) and another in San Martín de León Cortés (SMLC), province of San José, Costa Rica. The research was conducted from August 2005 to July 2008.

Three treatments were evaluated in each experiment, namely, compost (C) and vermicompost (V) at the rate of 4 Kg and 3 Kg/plant respectively, and a control (T) without fertilizer. Fertilizers were applied at planting and then at 6, 12, 18 and 24 months, for a total of 6.6 t/ha of C and 4.9 t/ha of V. Soil samples were taken at 0,6,12,18,24 and 35 months after planting.

The results showed that in both agro-ecosystems the application of C and V increased soil pH, decreased acidity, increased availability of Ca, Mg, K, N, P, and favored the effective cation exchange capacity (ECEC) and the percentage of organic matter. There was no accumulation of Mn, Cu and Zn.

In BVPZ, the yield obtained with C (1.8 t/ha) was twice that of T (0.9t/ha); only these two treatments were significantly different ( $P=0.0188$ ). In SMLC, no significant differences ( $P<0,05$ ) between treatments were found.

## Introducción

A nivel mundial, ha aumentado el interés por el uso de abonos orgánicos como una forma alternativa de fertilización en los sistemas agrícolas, situación que se genera por el incremento en los precios de los agroquímicos derivados del petróleo y de una mayor toma de conciencia de los productores y consumidores sobre la necesidad de proteger el ambiente y la salud humana (Thiers, 2005; Gomiero y Paoletti, 2008; Ghordani, Koochek, Brandt, Wilcockson y Leifert, 2010).

Algunos investigadores le atribuyen a los abonos orgánicos una serie de cualidades, entre las que destacan su capacidad para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, sustituir las pérdidas de materia orgánica y estimular la actividad biológica=(Melgarejo, Ballester y Bendeck, 1997; Bulluck, Brosius, Evanylo y Ristaino, 2002; Hargreaves, Adl, Warman y Rupasinghe, 2008; Lovieno, Morra, Leone, Pagano y Afani, 2009; Erhart y Hartl, 2010; Yan y Gong, 2010).

En cultivos no tradicionales como la mora, ha crecido el interés, por parte de los agricultores, en usar este insumo, ya que existe una mayor demanda de productos orgánicos y un mayor interés de los consumidores en adquirir productos más inocuos y de mayor calidad.

La producción de mora criolla en Costa Rica es desarrollada por pequeños agricultores y distribuye en aproximadamente 1500 ha, con bajo uso de insumos (Flores, Montero, Orozco y Argüello, 2003; Castro y Cerdas, 2005), por lo que el uso de abonos de origen orgánico se torna una alternativa de fertilización.

Aunque en el país se ha producido información importante sobre los abonos orgánicos (Solórzano y Alvarado, 2002; Soto, 2002; Soto y Muñoz, 2002; Bertsch, 2003; Meléndez, 2003; Castro, Henríquez y Bertsch, 2009), es necesario investigar más a profundidad el efecto de este tipo de abonos en frutales no tradicionales, como las moras criollas cultivadas en Costa Rica, y su efecto en aspectos tales como: propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, y su relación con la cantidad de fruta producida.

Ante dicho panorama se llevó a cabo este estudio con el fin de evaluar el efecto de dos abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y su relación con el rendimiento de plantas de mora cultivadas en dos zonas de Costa Rica.

## Materiales y métodos

La presente investigación se realizó entre agosto del 2005 y julio del 2008. Se establecieron dos parcelas experimentales: una en Buena Vista, cantón de Pérez Zeledón (BVPZ) con las siguientes coordenadas: N 09°30'15.5" y W 083°39'28.7" a 1.713 m.s.n.m. con un área de 3.363 m<sup>2</sup>, precipitación promedio de 3.378,7 milímetros (Instituto Costarricense de Electricidad {ICE}, 2009), temperatura máxima y mínima de 26,4/14,3° C, y humedad relativa máxima y mínima de 86,01/56,4% (Orozco y Rosales, 2009). La segunda parcela experimental se ubicó en San Martín del cantón de León Cortés (SMLC), cuyas coordenadas son: N 09°43'44.0" y W 084°00'05.1" a 1860 m.s.n.m. con un área de 2.312 m<sup>2</sup>; precipitación promedio de 2,618 milímetros (ICE, 2009), temperatura máxima y mínima de 27,6/12,1 °C, y humedad máxima y mínima de 93,63/ 41,7% (Orozco y Rosales, 2009).

El suelo de Buena Vista de Pérez Zeledón pertenece al orden Ultisol, suborden Humults, gran grupo Tropohumults; mientras que el suelo de San Martín de León Cortes pertenece al orden Inceptisol, suborden Andepts, gran grupo Dystrandeps (Ortiz, 2004). Ambos suelos son de relieve escarpado con una pendiente de hasta un 60%.

Como material de siembra se utilizó plántulas de la variedad criolla denominada 'Vino' (*Rubus adenotrichus* cv. Dulce), las cuales fueron reproducidas mediante la técnica de cultivo de tejidos vegetales (micropropagación). Esta variedad se caracteriza por presentar una fruta menos ácida que los otros materiales criollos.

La distancia de siembra utilizada fue de 6 metros entre surcos y 5 metros entre plantas, para una densidad de siembra de 333 plantas por hectárea. Cuando los tallos primarios (1-3/planta) alcanzaron 2,5 m de altura y mostraron una condición leñosa (suberización), se procedió a despuntarlos (poda de formación) con el fin de evitar que siguieran creciendo y estimular la brotación de ramas secundarias y terciarias (ejes laterales). Las ramas secundarias se podaron a 0,80 m.

Las muestras de suelo fueron analizadas de acuerdo con la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (1982) mediante la utilización de las soluciones extractoras Olsen Modificado y KCLIM, en una

proporción de 1:10. Los elementos Ca, Mg, K, Fe, Mn, Cu y Zn fueron determinados por absorción atómica, mientras que el P, colorimétricamente. El pH fue determinado en el agua con una relación 1:2,5, y la acidez intercambiable fue extraída con KCL 1M. La materia orgánica se determinó por el método de "Walkley & Black" y el porcentaje de N total por medio del método "Micro Kjeldhal" (Briceño y Pacheco, 1984); Por su parte, la textura inicial de los suelos se determinó con el método del "Hidrómetro de Bouyoucos". Estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos y foliares del Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional.

El análisis del suelo de la parcela de BVPZ, al inicio del estudio, mostró las siguientes características químicas y físicas: pH de 5,3; acidez intercambiable de 1,1 cmol (+)/L; 10,3% de materia orgánica; 3,0 mg/L de P; 3,75, 0,7, 0,25 cmol (+)/L de Ca, Mg y K respectivamente; 7,0, 5,0, 165,0 y 33,0 mg/L de Zn, Cu, Fe y Mn respectivamente; y textura franca (49,8% de arena, 32,6% de limo y 17,6% de arcilla). A su vez, el suelo de la parcela de SMLC, presentó un pH de 4,4; acidez intercambiable de 4,4 cmol (+)/L; 9,6% de materia orgánica; 3,3 mg/L de P; 0,34, 0,2, 0,19 cmol (+)/L de Ca, Mg y K respectivamente; 1,0, 2,0, 230,

5,0 mg/L de Zn, Cu, Fe y Mn; y textura franca (43,8% de arena, 34,6% de limo y 21,6% de arcilla).

En cada parcela se estableció un experimento con tres tratamientos: compost (C), lombricompost (L) y testigo (T) sin abono. El C fue elaborado con broza de café y cachaza de caña de azúcar, y el L con broza de café. La frecuencia de aplicación de los abonos fue: al momento de la siembra, a los 6, 12, 18 y 24 meses después de la siembra (mds), para un total de 20 kg por planta de C y de 15 kg por planta para el L. Estas aplicaciones corresponden a 6,6 toneladas por hectárea para el C y 4,9 toneladas por hectárea para el L en todo el periodo de estudio.

Los abonos orgánicos fueron analizados con base en el contenido total de nutrimentos, y las unidades fueron expresadas en base seca. El Ca, Mg, K y elementos menores fueron determinados por espectrofotometría de emisión atómica con plasma; el N y el carbono se determinaron por combustión seca. Adicionalmente, se estableció el contenido de humedad y el pH en el agua. Los análisis de estas variables químicas se hicieron en el laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

En el cuadro 1 se muestra la composición química de los abonos orgánicos utilizados en esta

Cuadro 1. Composición química de los abonos orgánicos aplicados

Parámetro	Compost	Lombricompost	Parámetro	Compost	Lombricompost
Humedad (%)	44	36	K (%)	0,61	2,07
pH en agua	7,3	8,5	Ca (%)	0,72	1,68
MO (%)	13,8	34,4	Mg (%)	0,17	0,38
N (%)	1,14	2,55	Fe (mg/kg)	49259	29869
C (%)	8	20	Cu (mg/kg)	116	85
C/N	7,0	7,8	Zn (mg/kg)	105	64
P (%)	0,35	0,27	Mn (mg/kg)	627	496

Cuadro 2. Cantidad de nutrimentos (kg/ha) aplicados con los abonos orgánicos a los suelos de BVPZ y SMLC

Tratamiento	Kg/pl*	t/ha**	N	C	C/N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Compost	20	6,6	75,9	532,8	7,0	23,3	40,6	47,9	11,3	328,0	0,7	0,7	4,1
Lombricompost	15	4,9	127,2	999,0	7,8	13,5	103,3	83,8	18,9	149,0	0,4	0,3	2,4

\*pl=planta, \*\* 1 ha de mora = 333 planta

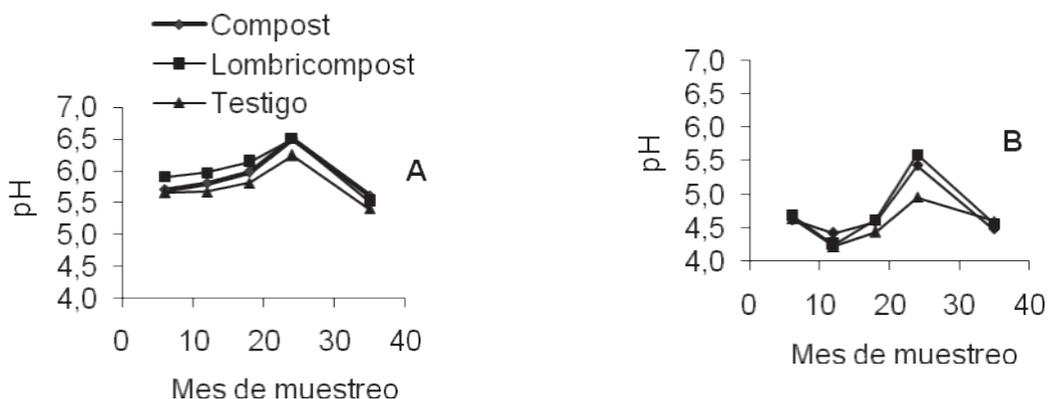


Figura 1. pH según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

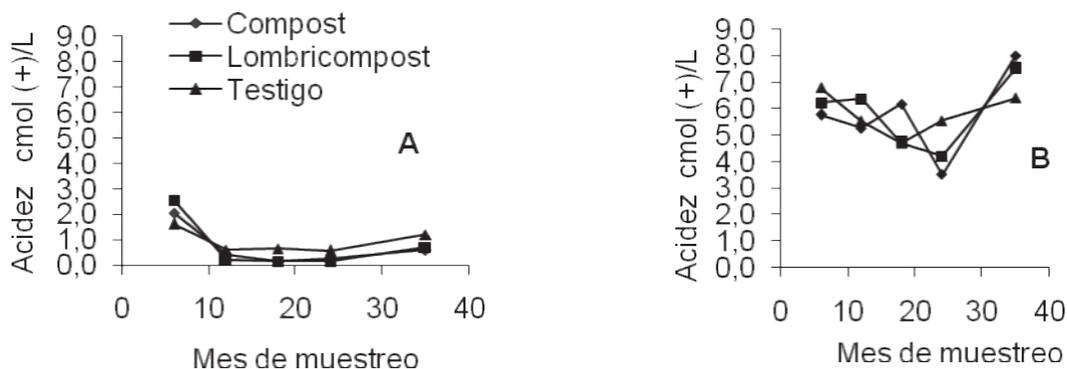


Figura 2. Acidez titulable según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

investigación y en el cuadro 2 se presenta la cantidad de nutrimentos aplicados como abono a las parcelas en estudio.

El diseño experimental utilizado en ambas pruebas fue el de "Bloques Completos al Azar" (BCA). En BVPZ, se establecieron cuatro bloques (n=4) y en SMLC tres bloques (n=3) por tratamiento, respectivamente. Cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas en competencia completa, sembradas en una hilera. Entre unidades experimentales sucesivas del mismo bloque se dejó una planta de borde, y entre bloques no se utilizaron plantas como borde.

Una vez sembradas las plantas en ambas localidades, se hicieron muestreos de suelos a los 6, 12, 18, 24 y 35 mds, justamente antes de cada nueva aplicación

de abono. Para la toma de las muestras se siguió la metodología propuesta por Henríquez y Cabalceta (1999).

Las variables evaluadas para determinar el efecto de los tratamientos sobre la composición química de los suelos de BVPZ y SMLC, a través de los cinco muestreos de suelo realizados, fueron: pH, acidez, N, P, K, Ca, Mg, CICE, Zn, Cu, Fe y Mn. Además, se evaluó el porcentaje de materia orgánica del suelo (MO) y la relación C/N.

En el experimento de BVPZ, se comenzó a cuantificar la cosecha cada semana, a partir de la segunda quincena de setiembre del 2007 y hasta junio del 2008 (42 semanas). Por otra parte, en la parcela de SMLC, la cosecha se efectuó semanalmente de marzo a julio del 2008 (18 semanas), sin embargo, en

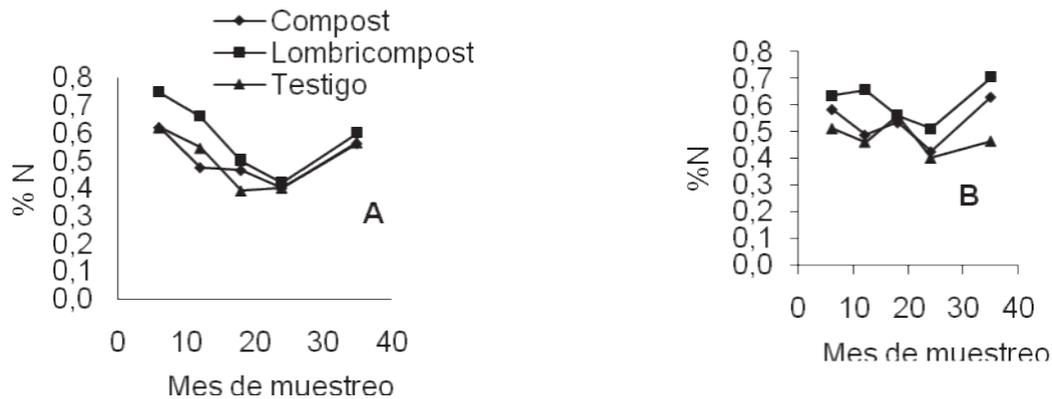


Figura 3. Contenido de nitrógeno (N) según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

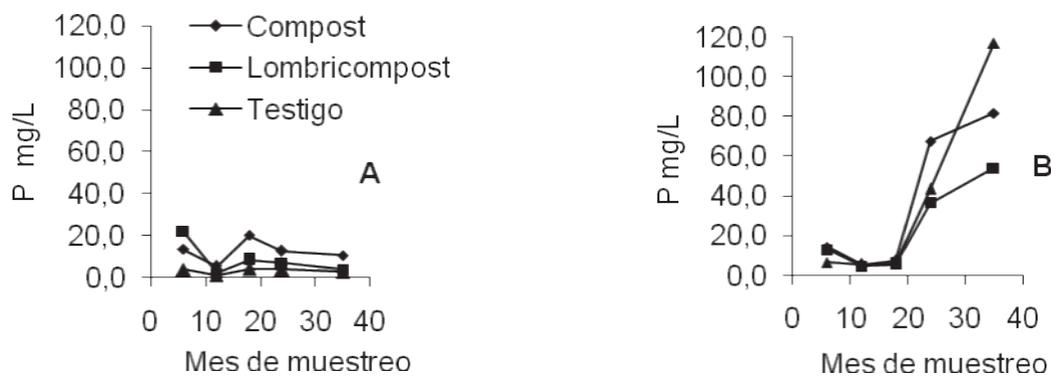


Figura 4. Contenido de fósforo (P) según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

esta última parcela los fuertes vientos afectaron la zona en la última semana de diciembre del 2007, por lo que hubo que retrasar la cosecha y concentrarla en los meses mencionados, ya que este fenómeno ambiental provocó caída y quema de la fruta.

La información de las variables químicas del suelo y de rendimiento se analizaron mediante el paquete estadístico SAS, versión 9.1.3 (SAS Institute Inc., 2003). Los datos de las variables químicas se sometieron a un análisis de varianza usando el *Proc Mixed* de SAS. Se utilizó un modelo lineal general para analizar el rendimiento por medio del procedimiento GLM de SAS. El análisis estadístico de todas las variables se hizo gracias a un análisis conjunto para las dos localidades, con el propósito de aumentar

los grados de libertad del error. Las medias de tratamientos se contrastaron entre sí con las pruebas de T, sin importar que Andeva mostrara diferencias entre tratamientos (Blanco, 2001).

## Resultados y discusión

En el suelo de la parcela de BVPZ, hubo un incremento en el pH con los tratamientos a partir de los 6 mds, hasta los 24 mds, para luego disminuir a los 35 mds (figura I A). Esta tendencia no se observó en el suelo de la parcela de SMLC (figura I B); sin embargo, el pH del suelo alcanzado a los 24 mds en BVPZ y SMLC con los abonos (C y L) en relación con T, fue significativamente mayor ( $P < 0,0003$ ) que los de

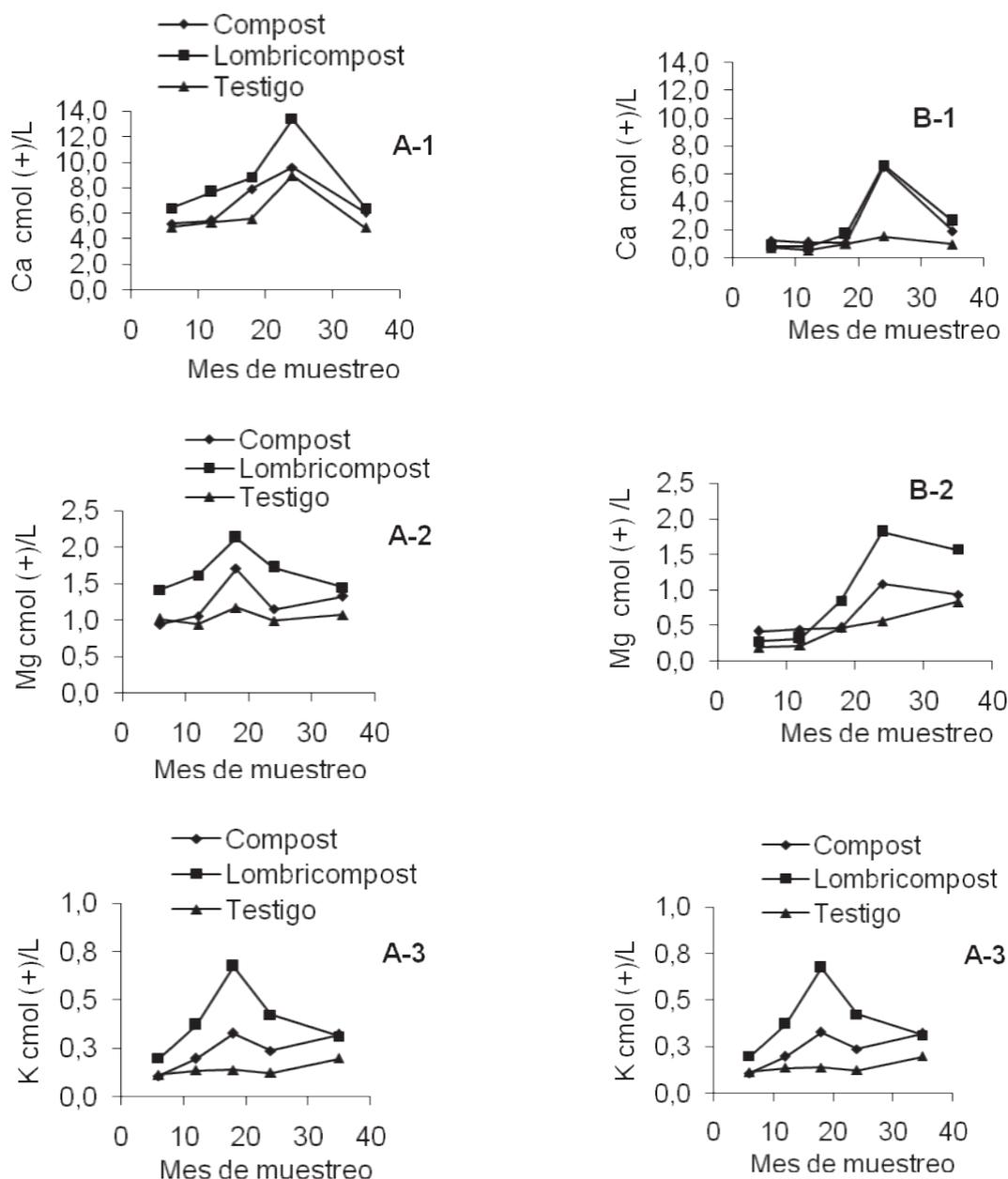


Figura 5. Contenido de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) según tratamientos y meses de muestreo. (A-1, A-2 y A-3) Buena Vista Pérez Zeledón y (B-1, B-2 y B-3) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

otras fechas de muestreo. En ese muestreo se dio la mayor diferencia ( $P < 0,0002$ ) entre los abonos y el testigo en SMLC (figura 1 B). En ambas localidades el pH obtenido con los distintos tratamientos siguió el orden  $C > L > T$ .

Por otro lado, la acidez intercambiable en BVPZ no evidenció diferencias significativas ( $P > 0,3744$ ) entre los tratamientos a través de los muestreos (figura 2 A), mientras que en SMLC, esta tendió a disminuir

con la aplicación de los abonos orgánicos hasta los 24 mds, muestreo en el cual se notaron diferencias marcadas ( $P = 0,0316$ ) entre los abonos y el testigo (figura 2 B).

Tanto en BVPZ como en SMLC, a los 35 mds se evidenció una reducción en los valores del pH del suelo en los tres tratamientos y un incremento en la acidez intercambiable, condición que pudo deberse a: 1) la extracción de cationes básicos por las plantas

de mora en la etapa productiva, 2) suspensión en la aplicación de abonos orgánicos después de los 24 mds y 3) posible acumulación de iones hidronio provenientes de la materia orgánica aplicada como lo destacan Durán y Henríquez (2010)

El incremento observado en el pH de los suelos a través de los muestreos con la aplicación de los abonos orgánicos en ambas zonas puede ser atribuido al contenido de cationes básicos (Ca, Mg y K) presentes en estos abonos, lo que provocó una reducción en las concentraciones de acidez intercambiable (Al y H), tanto en BVPZ como SMLC. Como producto de la adición de los abonos orgánicos, se atenuaron los efectos de la acidez y fitotoxicidad del Al. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tambone, Genevini y Adani (2007) al evaluar el efecto de la aplicación de 50 y 85 t/ha de compost en la calidad de un suelo cultivado con maíz, y a los de Solórzano, Alvarado y Briceño (1996) al evaluar cinco fuentes de abonos orgánicos y el encalado en el cultivo de la mora conocida como Vino.

En relación con el N total, tanto en BVPZ como en SMLC, se observó una tendencia a disminuir en los diferentes tratamientos hasta los 24 mds y luego se incrementó (figura 3 A y B). En BVPZ (figura 3 A), el tratamiento L superó al C y al T en 0,08 unidades porcentuales ( $P=0,0596$ ). En SMLC (figura 3 B), la media del tratamiento L fue mayor que la del T en 0,13 unidades porcentuales ( $P=0,0116$ ); el C ocupó una posición intermedia, sin diferenciarse de estos ( $P>0,0910$ ). La mayor concentración de N total en

el suelo, en ambas zonas, producto de la aplicación de los abonos orgánicos (C y L), y en mayor grado del L, se deriva del contenido de materia orgánica de estos abonos; asimismo, es posible que al incrementarse los valores de pH de los suelos, se promueva una mayor actividad de las bacterias que transforman el N orgánico a inorgánico. Al respecto, Acuña *et al.* (2006) destacan que entre las propiedades químicas que favorecen la actividad de las bacterias están el pH próximo a la neutralidad, una baja acidez y altos contenidos de MO, condiciones que se evidenciaron principalmente en la zona de BVPZ.

Los valores de N total obtenidos a través de los muestreos en ambas zonas presentaron valores considerados como altos (0,20 a 0,50%) y muy altos ( $>0,50\%$ ) según lo señalado por Marín (1979) y Fassbender y Bornemisza (1987), lo que confirma que en los dos agroecosistemas estudiados, los abonos orgánicos aplicados enriquecieron su contenido.

Asimismo, la concentración promedio de P total con el tratamiento C en BVPZ a través de los muestreos, superó significativamente ( $P=0,00072$ ) al T en 9,25 mg/L; por el contrario el tratamiento L y el T no fueron diferentes entre sí ( $P=0,0752$ ). Además, en esta zona se notó que en la mayoría de los muestreos, el C mantuvo valores superiores al nivel crítico (10 mg/L) (figura 4 A).

En SMLC, la respuesta fue diferente, ya que los tres tratamientos a partir de los 24 mds superaron los niveles medios (10-20 mg/L), por lo que el

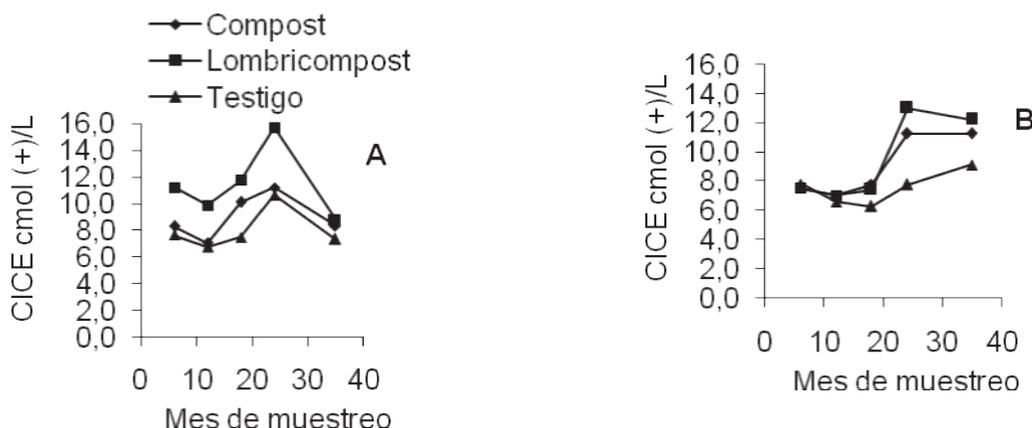


Figura 6. CICE según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo; 2006-2008.

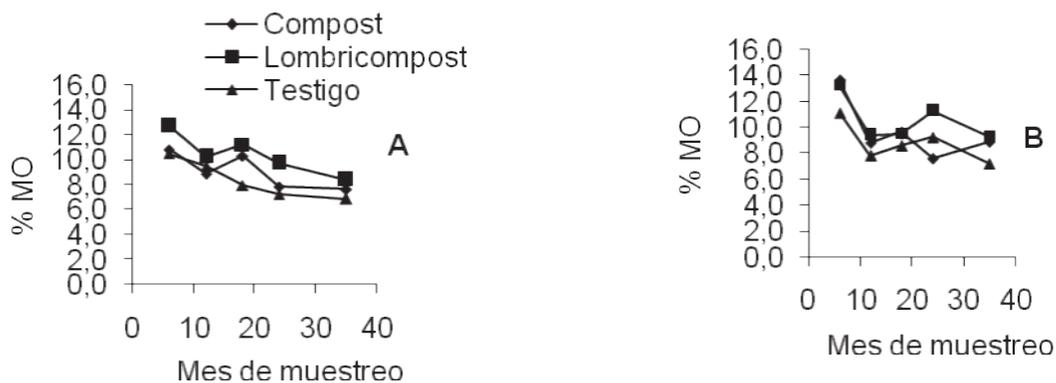


Figura 7. Contenido de materia Orgánica (MO) según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Período: 2006-2008

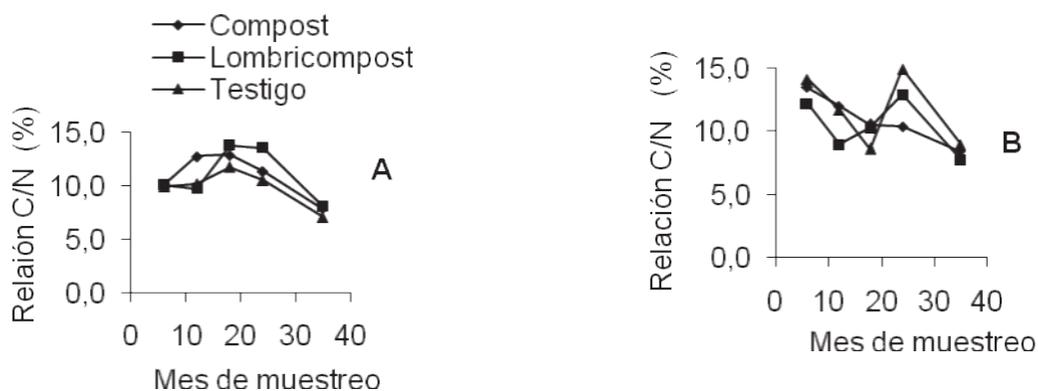


Figura 8. Relación C/N según tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Período: 2006-2008.

P no representó un factor limitante (figura 4 B). Esta diferencia encontrada en el comportamiento del P, en función de la zona para este nutriente, se asocia al orden del suelo, ya que en el caso de BVPZ, por ser un suelo del orden Ultisol, con presencia de óxidos de Fe y Al y de minerales de arcilla con patrón estructural 1:1 como la caolinita, posee una alta capacidad de fijación de P (Meléndez y Molina, 2003), mientras que en SMLC, la mayor disponibilidad de este nutriente a partir de los 24 mds en los tres tratamientos se asocia a una mayor tasa de mineralización de la MO, lo que provocó una alta disponibilidad de este nutriente, aspecto que se acentuó más en el C y el T.

En lo que respecta a las bases Ca, Mg, K (figura 5 A-1, A-2, A-3 y B-1, B-2 y B-3) y CICE (figura 6 A y

B), se logró un efecto positivo con la aplicación de los abonos orgánicos en ambas zonas a través de los muestreos. No obstante, en SMLC, se destaca que, a los 35 mds, las concentraciones de K se incrementaron, especialmente con el tratamiento T, que terminó mostrando la mayor concentración (figura 5 B-3), comportamiento que pudo deberse a una mayor liberación del nutriente durante la mineralización de la materia orgánica nativa, similar a lo que sucedió con el P. La respuesta positiva de los abonos sobre las concentraciones de cationes básicos tanto en BVPZ como en SMLC, podría ser atribuida a la cantidad de nutrientes suplidos al suelo al aplicar el L (1,68% de Ca, 0,38% de Mg y 2,07% de K) y C (0,72% de Ca, 0,17% de Mg y 0,61% de K) (cuadro 1), lo cual provocó un incremento en el pH y una

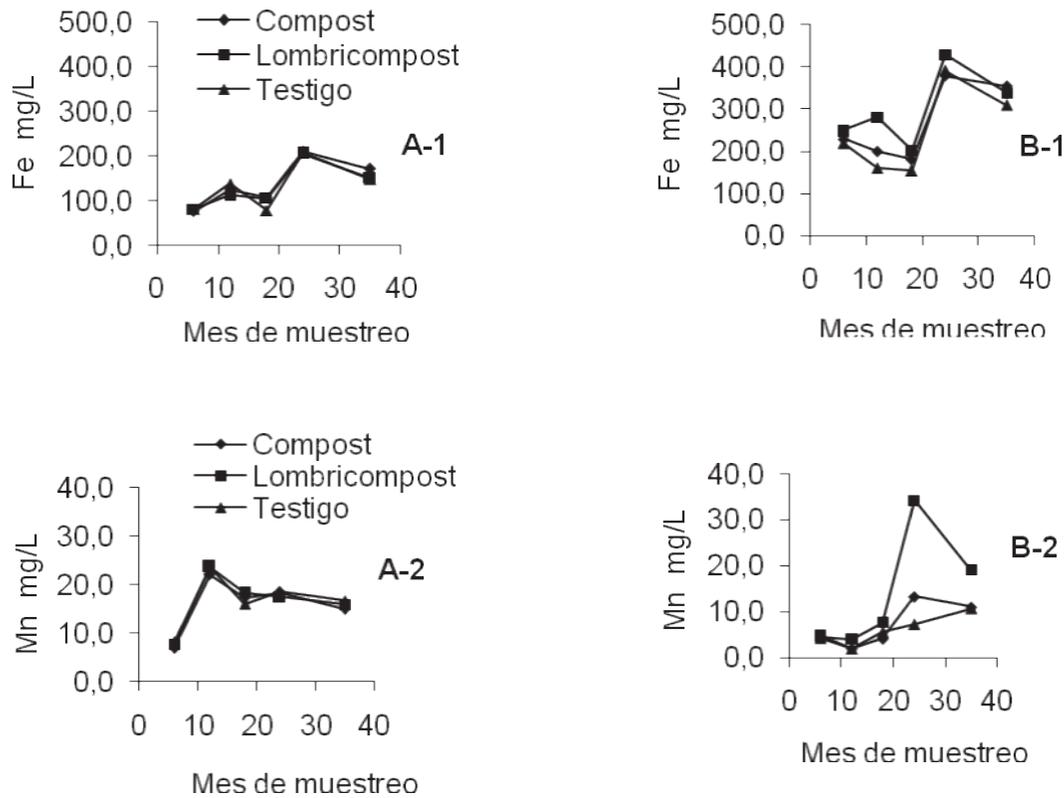


Figura 9 .Contenido de hierro (Fe) y manganeso (Mn) según tratamientos y meses de muestreo. (A-1 y A-2) Buena Vista Pérez Zeledón y (B-1 y B-2) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

reducción en la acidez, situación más evidente a los 24 mds.

Los resultados obtenidos en las concentraciones de Ca, Mg y K por efecto de los abonos coinciden con los logrados por Bulluck *et al.* (2002) y Adani, Genevi, Tambone y Montoneri (2006) al estudiar el efecto de abonos orgánicos en sistemas alternativos de producción, así como con los de Solórzano *et al.* (1996) al evaluar abonos orgánicos en el cultivo de la mora y los obtenidos por Durán y Henríquez (2010) al valorar el efecto del Vermicompost en cuatro proporciones (25,50,75 y 100%) en un suelo Andisol y un Ultisol en condiciones de invernadero. Asimismo, Ouédraogo, Mando y Zombré (2001) mencionan que la aplicación de compost en un sistema de bajo insumo en sorgo incrementa la CICE y el pH del suelo.

En cuanto a la materia orgánica, en el caso de BVPZ, el mayor contenido se obtuvo con el L, el cual fue 2

unidades porcentuales mayor ( $P=0,0298$ ) que el T y semejante a C ( $P=0,1225$ ); esto se debe al mayor porcentaje de materia orgánica aportado con este abono (34%) y a una menor tasa de mineralización de la MO a través de los muestreos cuando se usó este tratamiento (figura 7 A). No hubo interacción tratamiento por muestreo ( $P=0,6643$ ). Los análisis de suelo mostraron la siguiente secuencia decreciente en la MO del suelo con la aplicación de los tratamientos:  $L > C > T$  (figura 7 A).

En SMLC, los tratamientos dieron resultados semejantes ( $P > 0,0916$ ) en cuanto al contenido de MO en el suelo y tampoco se encontró efecto de interacción tratamiento por muestreo ( $P=0,2633$ ). No obstante, en esta localidad, los contenidos de MO con la aplicación de L mostraron una disminución hasta los 18 mds, pues a partir de esta fecha se produjo un ligero incremento hasta los 24 mds, para luego decaer (figura 7 B).

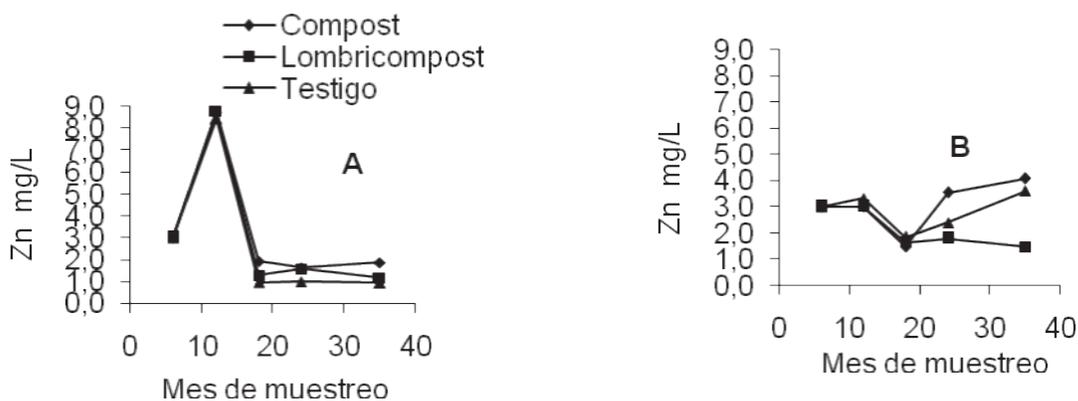


Figura 10. Contenido de zinc (Zn) según los tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

A través de los muestreos no se observó acumulación de la MO en los tratamientos evaluados, aspecto que benefició la respuesta positiva de variables como: N, P, CICE, pH, Ca, Mg, K y la relación C/N. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por López, Díaz, Martínez y Valdez (2001), quienes, al usar compost vegetal a razón de 20, 30 y 40 t/ha en un suelo cultivado con maíz, incrementaron el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de N y P.

Los resultados de la relación C/N en BVPZ muestran que las medias de los tratamientos fueron semejantes ( $P > 0,2560$ ) entre sí, lo mismo que en SMLC ( $P = 0,2963$ ), independientemente del muestreo (interacción tratamiento por muestreo,  $P = 0,8796$  y  $P = 0,7194$ , respectivamente) (figura 8 A y B). Se destaca que, aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, en BVPZ, el C tendió a elevar la relación C/N hasta los 18 mds para luego decaer; y el L aumentó la relación C/N entre los 18 y los 24 mds para luego disminuir. En SMLC, esta relación se incrementó a los 24 mds con el L y el T, siendo menor en C (figura 8 B).

Aunque no se detectaron diferencias estadísticas entre los promedios de tratamientos en ambas localidades, la relación C/N se ubica entre el rango establecido para los suelos agrícolas, entre 9 y 14, o muy cercanos a este rango, como lo indican Fassbender y Bornemisza (1987). Las fluctuaciones encontradas en los valores de C/N en este estudio corroboran que la materia orgánica tendió a mineralizarse y puso a disposición N mineral al medio. Esto se evidencia

en observar las variaciones de los valores de los tratamientos a través de los muestreos (6 mds a 35 mds), e indica que existió una población microbiana que tuvo acceso a la materia orgánica existente, por lo que este el factor más importante en el proceso de mineralización de este sustrato (Fassbender y Bornemisza, 1987; Goyal, Chander, Mundra y Kapoor 1999; Powlson, Hirsch y Brookes 2001).

### Micronutrientos

En BVPZ, los abonos orgánicos no incrementaron significativamente ( $P > 0,5235$ ) los valores de Fe en los suelos, siendo similares al testigo (figura 9 A-1), sin embargo, siempre superaron el valor óptimo (10-50 mg/L). En el caso de SMLC, el L fue el abono que aportó más Fe al suelo ( $P = 0,0336$ ) ya que presentó valores altos (figura 9 B-1). En ambas zonas, las altas concentraciones de Fe determinadas en los análisis pueden ser atribuidas a las cantidades aportadas tanto por el suelo como por los abonos. Al respecto, Sánchez (1981) menciona que el Fe en altas concentraciones es un elemento precursor de la acidez, por lo que es recomendable regular su disponibilidad para evitar problemas de toxicidad en las plantas.

En relación con el Mn, en BVPZ, los tres tratamientos tuvieron promedios semejantes ( $P = 0,8845$ ) (figura 9 A-2). En SMLC, con el tratamiento L, se obtuvo en promedio 6,8 mg/L de Mn más que con C ( $P = 0,0039$ ) y 7,9 mg/L más que con T ( $P = 0,0016$ ), mientras que C y T dieron resultados semejantes ( $P = 0,5825$ ). Las diferencias fueron más notorias a los

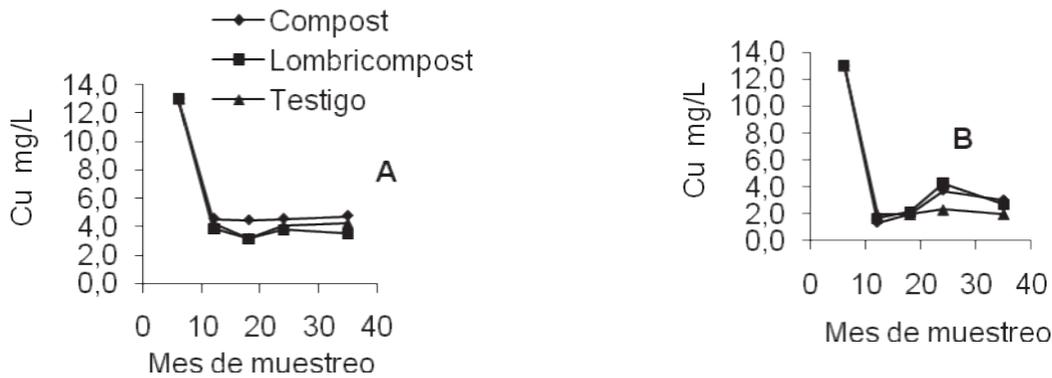


Figura 11. Contenido de cobre (Cu) de acuerdo con los tratamientos y meses de muestreo. (A) Buena Vista Pérez Zeledón y (B) San Martín de León Cortés. Periodo: 2006-2008.

24 y 35 mds (figura 9 B-2). En ambas zonas y en los diferentes muestreos y tratamientos analizados (figura 9 A-2 y B-2), no se observó valores altos (>50 mg /L) de Mn en la solución del suelo que pudieran causar toxicidad en las plantas de mora o antagonismo con los nutrientes, como el Zn y el Fe, como lo señala Kass (1996). Con respecto a este nutriente, Bertsch (1995) indica que la finalidad es mantenerlo en un nivel óptimo (5-50 mg /L).

En BVPZ, los tres tratamientos fueron estadísticamente diferentes entre sí ( $P < 0,05$ ) en el aporte de Zn al suelo y fueron los tratamientos con abonos los que mostraron las mayores concentraciones de Zn (figura 10 A). La diferenciación entre tratamientos se

dio a partir de los 18 mds ( $P = 0,0025$ ). En SMLC, los tratamientos C y T dieron concentraciones similares ( $P = 0,2096$ ) y ambos superaron a L. En esta localidad se encontró el siguiente orden decreciente en la concentración de Zn:  $C > T > L$  (figura 10 B).

Aunque en BVPZ se observó un leve efecto de los abonos orgánicos sobre la disponibilidad de Zn, en mayor grado en el C, a partir de los 18 mds los niveles hallados evidencian que este elemento tiende a encontrarse en nivel bajo ( $< 3$  mg/ L) en la mayoría de los muestreos, a pesar de las cantidades incorporadas con los abonos (105 mg/ kg con C y 64 mg/ kg con L). En SMLC, la disponibilidad de Zn fue mayormente reducida en el L ( $< 3$  mg/L) en los dos

Cuadro 3. Medias  $\pm$  error estándar de rendimientos obtenidos en plantas de mora (*R. adenotrichus* cv. 'Dulce'), según tratamientos y localidades. Periodo: 2007-2008.

Localidad	Tratamiento	Rendimiento total	
		kg/parcela de 120 m2	t/ha
Buena Vista de Pérez Zeledón	Compost	22,0 $\pm$ 3,0 a	1,8 $\pm$ 0,3
	Lombricompost	16,5 $\pm$ 2,5 ab	1,4 $\pm$ 0,2
	Testigo	10,8 $\pm$ 2,9 b	0,9 $\pm$ 0,2
San Martín de León Cortés	Compost	13,0 $\pm$ 2,9 a	1,1 $\pm$ 0,2
	Lombricompost	11,9 $\pm$ 2,9 a	1,0 $\pm$ 0,2
	Testigo	11,2 $\pm$ 2,9 a	0,9 $\pm$ 0,2

\* Valores con la misma letra en la misma columna y localidad no difieren estadísticamente ( $P > 0,05$ ).

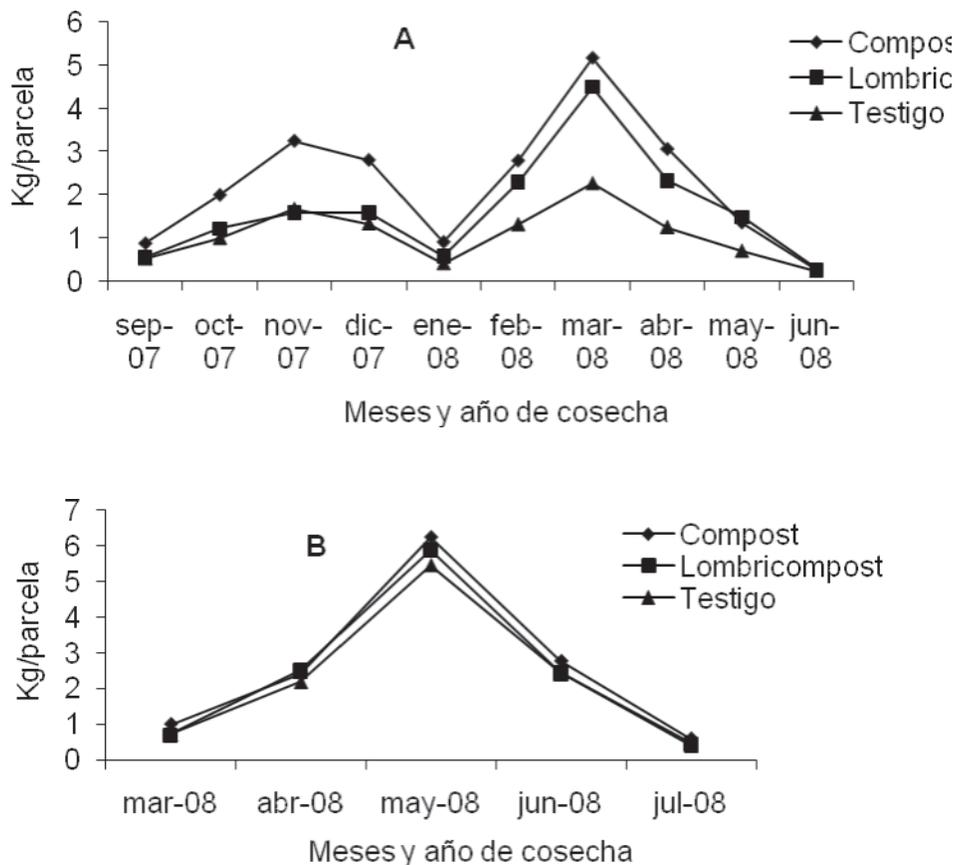


Figura 12. Producción media mensual en kg por parcela de 120 m<sup>2</sup>, obtenida según tratamientos y localidades (A=Buena Vista de Pérez Zeledón y B=San Martín de León Cortés). Periodo: 2007-2008.

últimos muestreos; este efecto puede estar asociado al incremento en los valores de pH debido al aporte de cationes básicos llevado a cabo por los abonos, lo cual causó una disminución en las concentraciones de este nutrimento. Al respecto, Molina (1999) señala que el Zn es el micronutriente que, frecuentemente, está menos presente en los suelos del país.

Respecto a la concentración de Cu en BVPZ, se observaron diferencias significativas ( $P < 0,0106$ ) en el suelo entre los tratamientos a partir de los 12 mds. En esta localidad, la diferencia promedio entre los tratamientos fue entre C y L de 0,80 mg/L de Cu ( $P = 0,0002$ ), entre C y T de 0,51 mg/L de Cu ( $P = 0,0042$ ), y la diferencia entre T y L de 0,29 mg/L de Cu ( $P = 0,062$ ), con el siguiente orden decreciente de los tratamientos: C>T>L (figura 11 A). En SMLC, la mayor diferencia entre los tratamientos se notó a los 24 mds, al ser entre C y T de 1,4 mg/L de Cu ( $P = 0,0001$ ), y entre L y T de 1,9 mg/L de Cu

( $P = 0,0001$ ). El orden decreciente de las medias de los tratamientos en esta localidad fue: L > C > T (figura 11 B).

Los valores de Cu obtenidos en ambas localidades no evidencian que se haya presentado un alto nivel de concentración de este nutrimento ( $> 20$  mg/L) en los suelos, producto de la aplicación de los abonos orgánicos. Tampoco se presentaron problemas de disponibilidad, en el suelo, de este elemento esencial en ambas localidades, ya que se mantuvieron los valores en el rango óptimo (1-20 mg/L).

En este estudio no se evidenció, en los suelos de las parcelas experimentales, una acumulación de micronutrientes metálicos, como el Cu y Zn, como producto de la aplicación de los abonos orgánicos, elementos que, según indican Nuñez *et al.* (2009), es necesario mantener bajo condiciones de monitoreo, para evitar problemas de contaminación.

## Rendimiento

Las diferencias obtenidas entre tratamientos no estuvieron afectadas por la zona (interacción de la zona con el tratamiento,  $P=0,2967$ ). En BVPZ, la diferencia en rendimiento entre C y L fue de 0,4 t/ha ( $P=0,1905$ ), mientras que entre L y T de 0,5 t/ha ( $P=0,1414$ ), y solo C dio una diferencia estadísticamente significativa con T ( $P=0,0188$ ) de 0,9 t/ha.

En SMLC, los rendimientos medios de los tratamientos fueron muy similares entre sí ( $P=0,9044$ ), con diferencias entre C y L de 0,1 t/ha ( $P=0,8053$ ), entre C y T de 0,2 t/ha ( $P=0,6637$ ), y entre L y T de 0,1 t/ha ( $P=0,8493$ ).

La aplicación de los abonos produjo mayores rendimientos con el siguiente orden decreciente: C>L>T. Además, se observa que en ambas localidades el rendimiento del testigo fue inferior (cuadro 3).

El mayor rendimiento observado en la localidad de BVPZ (cuadro 3) con ambos abonos, y en mayor grado con el C en comparación con el suelo sin tratar (testigo), puede relacionarse con el incremento en el pH, en las concentraciones de N, P, Ca, Mg y K, la CICE, el contenido de MO y la disminución en la acidez titulable presente en el suelo de esta zona a los 24 mds y 35 mds. Al respecto, Wang y Lin (2002) encontraron que en el cultivo de fresa, con el uso de compost en una proporción 50% suelo, 50% compost y la adición de una solución al 50% de la fórmula fertilizante 20-20-20, la producción se incrementó hasta en un 70% y el tamaño de la fruta hasta en un 15%, lo cual se debió a un incremento significativo en la disponibilidad de N y de K, y niveles más bajos de Mn y Fe. Asimismo, Gutiérrez *et al.* (2007), en el cultivo del tomate (cv. Rio Grande), informan que al usar lombricompost y suelo en proporción de 1:1, 1:2 y 1:3 en invernadero, el rendimiento aumenta significativamente después de los 100 días del trasplante.

Las diferencias en la producción de frutas encontradas entre tratamientos en BVPZ variaron según el mes de cosecha (interacción tratamiento por mes  $P=0,0133$ ), mientras en SMLC (no interacción tratamiento por mes,  $P=0,9928$ ) fueron muy constantes (figura 12 A y B). Sin embargo, al igual que en BVPZ, en esta última localidad se observó un mayor efecto de los abonos sobre el rendimiento a través de los meses de cosecha con el siguiente orden

decreciente: C>L>T (figura 12 B), que se relaciona con la mejoría en la fertilidad del suelo al aplicar los abonos orgánicos. No obstante, en SMLC, el viento que azotó esta parcela en la última semana del mes de diciembre del 2007 afectó la producción.

En BVPZ se presentaron dos picos de producción, uno en noviembre y otro en marzo, y en ambos se evidencia el efecto positivo del compost (figura 12 A), mientras que en SMLC solo se dio un pico de producción en el mes de mayo, en el cual se notó un leve efecto de los abonos (C y L) en la cantidad de fruta producida (figura 12 B).

## Conclusiones

El mejoramiento de las propiedades químicas de los suelos, producto de la aplicación de los abonos orgánicos, principalmente el Compost, favorecen el rendimiento en el cultivo de la mora dulce.

Los abonos orgánicos aplicados, Compost y Lombricompost, en los dos agroecosistemas (BVPZ y SMLC) incrementaron el pH y el porcentaje de MO, y contribuyeron con la disponibilidad de Ca, Mg, K, N y P y con la CICE. Este efecto fue más evidente a los 24 mds.

El efecto positivo de los abonos orgánicos en los valores de las variables químicas analizadas depende del tipo de suelo; por lo que, en el caso de esta investigación, fue más determinante en el suelo del orden Ultisol.

La disminución observada a los 35 mds en el pH y contenidos de Ca, Mg y CICE en los suelos de BVPZ y SMLC, y de P en BVPZ, plantea la necesidad de continuar la aplicación de los abonos orgánicos después de 24 mds.

El efecto de los abonos orgánicos sobre la concentración de micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Cu y Zn) en los suelos dependió del tipo de suelo, lo cual fue más evidente en SMLC por su menor condición de fertilidad.

## Agradecimiento

Los autores agradecen a los agricultores por facilitar el terreno y comprometerse con este proyecto, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICT), al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) y a la Vicerrectoría de Investigación

de la Universidad Nacional de Costa Rica por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

## Bibliografía

- Acuña, O.; Peña, W.; Serrano, E.; Pocasangre, L.; Rosales, F.; Delgado, E.; Trejos, J. & Segura, A. (2006). *La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos*. XVII Reunión Anual Internacional de la Asociación para la Cooperación y la Investigación sobre el Banano en el Caribe y América Tropical, Santa Catarina, Brasil. Recuperado de [http://www.musalit.org/pdf/IN060651\\_es.pdf](http://www.musalit.org/pdf/IN060651_es.pdf).
- Adani, F.; Genevi, P.; Tambone, F. & Montoneri, E. (2006). *Compost effect on soil humic acid: A NMR Study*. *Chemosphere*, 65, 1414-1418.
- Bertsch, F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo* (p.157). San José: ACCS.
- Bertsch, F. (2003). *Consideraciones sobre el uso de los abonos orgánicos como suplidores de nutrimentos*. En: *Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura* (pp.163-178). San José: CATIE.
- Blanco, F. (2001). *Métodos apropiados de análisis estadístico subsiguientes al análisis de varianza (ANDEVA)*. *Agronomía Costarricense*, 25 (1), 53-60.
- Briceño, A. & Pacheco, R. (1984). *Métodos analíticos para el estudio de Suelos y Plantas* (p. 137). San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Bulluck, L.; Brosiud, M.; Evanylo, G. & Ristaino, J. (2002). *Organic and Synthetic Fertility Amendments Influence Soil Microbial, Physical and Chemical Properties on Organic an Conventional Farms*. *Applied Soil Ecology*, 19, 147-160.
- Castro, J. & Cerdas, M. (2005). *Mora (Rubus spp) Cultivo y manejo poscosecha* (p. 95). San José: MAG.
- Castro, A.; Henríquez, C. & Bertsch, F. (2009). *Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos*. *Agronomía Costarricense*, 33 (1), 31-43.
- Díaz-Romeu, R. & Hunter, A. (1982). *Metodología de muestreo de suelos, Análisis Químico de Suelos y Tejido Vegetal y de Investigación de Invernadero*. Turrialba: CATIE.
- Durán, L. & Henríquez, C. (2010). *El Vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en la plata*. *Agronomía Mesoamericana*, 21 (1), 85-93.
- Erhart, E. & Harti, W. (2010). *Compost use in organic farming*. Recuperado de <http://www.siduna.una.ac.cr:2087/content/p3783v44n5010glx/fulltext.pdf>
- Fassbender, H. & Bornermisza, B. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. (p.404) (ed.2). San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Flores, D.; Montero, A.; Orozco R. & Argüello, F. (Eds.).(2003). *Memoria: Primer foro - Taller Nacional sobre cultivo de mora (Rubus spp.)*. Primer foro - Taller Nacional sobre cultivo de mora (Rubus spp.), El Empalme, Costa Rica.
- Ghordani, R.; Koocheki, A.; Brandt, K.; Wilcockson, S. & Leifert, C. (2010). *Organic Agricultural and Food Safety and Nutritional Quality Issues*. Recuperado de <http://www.springerlink.com/content/1216884n02855002/fulltext.pdf>.
- Gomiero, T. & Paoletti, M. (2008). *Organic and sustainable Agriculture and Energy Conservation*. Recuperado de <http://www.springerlink.com/content/1821r7378t;4475r/fulltext.pdf>.
- Goyal, S.; Chander, K.; Mundra, M. & Kapoor, K. (1999). *Influence of Inorganic Fertilizer and Organic Amendments on Soil Organic Matter and Soil Microbial Properties Under Tropical Conditions*. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 196-200.
- Gutierrez, F.; Borraz, S.; Montes, J.; Nafate, C.; Oliva, M.; Rincón, R. & Dendoven, L. (2007). *Vermicompost as a Soil Supplement to Improve Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato (Lycopersicon esculentum)*. *Bioresource Technology*, 98, 2781-2786.
- Hargreaves, J.; Adl, S.; Warman, P. & Ruparsinghe, H. (2008). *The Effects of Organic Amendments on Mineral Element Uptake and Fruit Quality of Raspberries*. *Plant Soil*. 308: 213-226.
- Henríquez, C. & Cabalceta, G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola* (p. 111). San José: Asociación Costarricense de las Ciencias del Suelo.
- Instituto Costarricense de Electricidad [ICE]. (2009). *Datos meteorológicos*.
- Kass, D. (1996). *Fertilidad de suelos* (p. 272). San José: EUNED.
- López, J.; Díaz, A.; Martínez, E. & Valdez, R. (2001). *Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz*. *Terra*, 19 (4), 293-299.
- Lovieno, P.; Morra, L.; Leone, A.; Pagano, L. & Afani, A. (2009). *Effect of organic and mineral fertilizers on soil respiration an enzyme activities of two Mediterranean horticultural soils*. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 55-561.
- Marín, E. (1979). *Definiciones y parámetros de variables edafológicas*. Managua: IICA.
- Melgarejo, M.; Ballester, M. & Bendeck, L. (1997). *Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales*

- en humus de lombriz u composta derivados de diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Química*, 26 (2).
- Meléndez, G. (2003). *Fracción orgánica del suelo: Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo*. En: G. Soto, G. Meléndez y L. Uribe, (Eds.), *Abonos orgánicos: Principios, aplicaciones e impacto en la agricultura*. San José: CATIE.
- Meléndez, F. & Molina, E. (2003). *Fertilizantes: características y manejo*. Recuperado de <http://www.cia.ucrac.cr/docs/CIA-Fertilizantes.pdf>.
- Molina E. (1999) *Fertilización y nutrición de naranja en Costa Rica* (pp. 291-304). XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos, San José, Costa Rica.
- Nuñez, O.; Montero, A.; Rodríguez, M.; Martínez, F.; Linares, T.; Calero, B. & Esteves, A. (2009). *Presencia de metales pesados en los suelos y sus riesgos en la agricultura cubana* [Disco compacto]. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, San José, Costa Rica.
- Orozco y Rosales. (2009). *Registro de datos de temperatura y humedad* (p.38). En: Informe de proyecto sobre uso de abonos orgánicos en el cultivo de la mora. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional.
- Ortiz, M. (2004) *Atlas de Costa Rica* [Disco compacto]. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Powlson, D.; Hirsch, P. & Brookes, C. (2001). *The Role of Soil Microorganisms in Soil Organic Matter Conservation in the Tropics*. *Nutrients Cycling in Agroecosystems*, 61, 41-51.
- Ouédraogo, E; Mando, A. & Zombré, N. (2001). *Use of compost to improve Soil Properties and Crop Productivity Under Low Input Agricultural System in West Africa*. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 84, 259-266.
- Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo* (p. 660). San José: IICA.
- SAS Institute. (2003). *SAS/STAT user guide*. 9.1.3. North Carolina: Cary.
- Solórzano, J. & Alvarado, G. (2002). *Efecto de varios abonos orgánicos y el encalado en el contenido nutricional de un inceptisol cultivado con mora, variedad Vino en la Cima de Dota, Costa Rica*. En: Serie: *Materia orgánica: características y uso de insumos orgánicos en suelos de Costa Rica*. (pp. 65-73). Heredia: Editorial EUNA.
- Solórzano, J.; Alvarado, G. & Briceño, J. (1996) *Evaluación de enmiendas orgánicas en el cultivo de la mora silvestre cv Vino (Rubus praecipus) en la Cima de Dota, San José* (p.178). X Congreso Nacional Agronómico y II Congreso de Suelos. (Vol. 3). San José: Editorial UNED.
- Soto, G. (2002). *Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate*. En: *Colección de folletos de agricultura ecológica para producción*. (No.2) Turrialba: CATIE.
- Soto, G. y Muñoz, C. (2002). *Consideraciones teóricas y prácticas sobre el composta, y su empleo en la agricultura orgánica*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65, 123-129.
- Tambone, F.; Genevini, P. & Adani, F. (2007). *The Effects of Short-Term Composta Application on Soil Chemical Properties and Nutritional Status of Maize Plant*. *Compost Science and Utilization*, 15, 176-183.
- Thiers, P. (2005). *Using Global Organic Market to Pal for Ecologically Based Agricultural Development in China*. *Agricultural Human Value*, 22, 3-15.
- Wang, S.Y. & Lin, S. (2002) *Composts as Soil Supplement Enhanced Plant Growth and Fruit Quality of Strawberry*. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (10), 2243-2259.
- Yan, X. y Gong, P. (2010). *The Role of Chemical and Organic Fertilizer on yield, yield variability and Carbon Sequestration – Results of a 19-year experiment*. *Plant Soil*, 331, 471-480.