

## Efecto del tipo de uso de la tierra sobre la fertilidad de un aridisol en la Planicie de Coro, Falcón, Venezuela

Frank R. Zamora<sup>1\*</sup>, Leidy Pérez<sup>1</sup>, Duilio Torres<sup>2</sup>, Nectalí Rodríguez<sup>3</sup>, Yalegni Guanipa<sup>1</sup> y Frank J. Zamora<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fundacite Falcón. Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Coro, Falcón, Venezuela. <sup>2</sup>Departamento de Química y Suelos, Unidad de Investigación en Suelo y Nutrición Mineral de Plantas. Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Lara, Venezuela. <sup>3</sup>Departamento de Producción y Desarrollo Agrícola. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro, Falcón, Venezuela.

<sup>4</sup>Procesadora Industrial de Sábila. Coro, Falcón, Venezuela

### RESUMEN

La materia orgánica y la presencia de micorrizas en zonas áridas mejoran sustancialmente algunas propiedades del suelo, incrementando la retención de agua y la disponibilidad de nitrógeno y fósforo orgánico, permitiendo mantener la productividad agrícola en zonas con severas limitaciones por agua y nutrientes. En consecuencia, los tipos de uso de la tierra (TUT) que promuevan el uso de abono orgánico y favorezcan las simbiosis plantas-micorrizas, mejorarán la fertilidad potencial del suelo. Este trabajo evaluó el efecto del uso de la tierra sobre la fertilidad de un aridisol de la planicie de Coro, estado Falcón, Venezuela. Se seleccionaron suelos bajo los siguientes TUT: bosque natural, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y hortalizas, tomate (*Solanum lycopersicum*) y pimentón (*Capsicum annuum*). En cada TUT, se recolectaron 10 muestras de suelos a la profundidad de 20 cm, previo a la época de siembra. En cada uno de estos tratamientos se evaluaron los contenidos de materia orgánica, fósforo, potasio, pH, conductividad eléctrica, respiración basal, biomasa microbiana, número de esporas micorrizas, así como, las propiedades físicas del suelo: densidad aparente, conductividad hidráulica y porosidad. Los resultados mostraron que aquellos usos de la tierra donde se combinó la fertilización química con el uso de abonos orgánicos, mejoró considerablemente la fertilidad del suelo ( $P < 0,05$ ) al incrementarse los valores de materia orgánica de 24,3 a 37,9 g/kg, fósforo de 30 a 45 g/kg y potasio de 247 a 454 g/kg. Así mismo, se observó una mayor actividad biológica, lo cual favoreció el número de esporas de micorrizas en el suelo, mejorando la fertilidad del suelo.

**Palabras clave:** actividad biológica, fertilización, micorrizas

### Effect of type of land use on the fertility of an aridisol at the Flat Land of Coro, Falcon state, Venezuela

### ABSTRACT

The organic matter and the presence of mycorrhizae in arid zones improve soil properties, increase water retention and availability of nitrogen, organic matter and phosphorus, maintaining agricultural productivity in areas with severe limitations of water and nutrients. In consequence, the types of land use (TLU) that promote the use of organic fertilizer and mycorrhizal arbuscular symbioses will improve soil fertility potential. The effect of land use on soil fertility of an aridisol in the flat land of Coro, Falcon state, Venezuela, was evaluated. Soils under this land

---

\*Autor de correspondencia: Frank Zamora

E-mail: frzamora1@gmail.com

uses were selected: Forest, sugarcane (*Saccharum officinarum*), king grass (*Pennisetum purpureum*), and vegetables, tomato (*Solanum lycopersicum*) and green pepper (*Capsicum annuum*). In each type of land use, 10 samples of soils were collected at 20 cm, before sowing. In each treatment, the content of organic matter, phosphorus, potassium, pH, electric conductivity, basal respiration, microbial biomass, number of mycorrhiza spores, as well as some physical properties such as bulk density, hydraulic conductivity, and porosity were determined. The results showed that land use where chemical and organic fertilization were combined, soil fertility was greater ( $P < 0.05$ ) with increasing values of organic matter from 24.3 to 37.9 g/kg, phosphorus from 30 to 45 g/kg, and potassium from 247 to 454 g/kg. Likewise, greater biological activity was observed which favored the number of mycorrhizae spores in the soil that improved soil fertility.

**Key words:** biological activity, fertilization, mycorrhizae.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de agroecosistemas bajo principios agroecológicos surge como alternativa para minimizar los impactos negativos del modelo de producción de altos insumos, como pérdida de la biodiversidad, erosión hídrica y contaminación de suelos. Altieri *et al.* (2011) han señalado que este modelo de producción aborda la producción agrícola bajo un enfoque holístico que considera elementos ambientales y humanos. Los principios agroecológicos bajo el diseño de sistema sustentable busca aumentar el reciclado de biomasa, optimizar la disponibilidad de nutrientes y asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas.

En el campo de la fertilidad, se usan bioinsumos para sustituir las fuentes tradicionales de fertilizantes inorgánicos. Zaragoza-Lira *et al.* (2011) señalaron que entre las fuentes de fertilización, se encuentra el uso de abonos orgánicos, como compost, estiércol y bocaschi. El uso de estos abonos conllevan a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, lo cual crea mejores condiciones físicas, químicas y biológicas en este, mejorando su estructura, reduciendo los riesgos de compactación y erosión e incrementando la retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico (Tahboub *et al.*, 2008). Lo anterior permite lograr el objetivo de incrementar el rendimiento de los cultivos a mediano y largo plazo, con lo cual mejora la rentabilidad de los mismos (Beltrán-Morales *et al.*, 2009).

Cue y Torres (2014) indicaron que dentro de las múltiples alternativas agroecológicas que se pueden emplear en los sistemas de producción agrícolas de cultivos, se encuentran las micorrizas arbusculares, biofertilizantes de comprobadas bondades para las plantas, la rizósfera, el suelo y el medio ambiente en general. Rodríguez-Morelos *et al.* (2011) señalan entre los beneficios de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), la transferencia de nutrientes y la protección contra patógenos del suelo y factores ambientales

adversos a las plantas asociadas. La extensión de las hifas producidas por las micorrizas actúan como una extensión de la raíz, lo que incrementa la absorción de nutrientes especialmente nitrógeno y fósforo, así como otros microelementos de poca movilidad, como Cu, Zn, Mn, Ca y Mg.

Este trabajo evaluó el efecto del uso de la tierra sobre la fertilidad de un aridisol de la planicie de Coro, estado Falcón, fertilizado con abonos orgánicos locales o su uso combinado con fertilizantes minerales como alternativa para mejorar la fertilidad del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El estudio se realizó en la Unidad de Reciclaje de Desechos Orgánicos “German Lugo” perteneciente a la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM), ubicada en el sector El Cebollal, en la zona sur-este de la planicie de la ciudad de Coro, del municipio Miranda del estado Falcón, Venezuela, en las coordenadas 11° 21' 00" N y 69° 37' 00" E. El estudio se desarrolló en un suelo perteneciente a la serie El Patillal, en una zona de vida de monte espinoso tropical según la clasificación de zonas de vida de Holdrige (Ewel *et al.*, 1976), con precipitación media anual de 450 mm, evaporación de 3200 mm de promedio anual, temperatura de 27,7°C, humedad relativa de 74% y velocidad del viento de 17,4 km/h. Los suelos son de textura franco-arcillosa a arcillosa, pH alcalino y no salinos. En el Cuadro 1 se presenta la textura del suelo en estudio.

### Tipos de uso de la tierra (TUT) considerados en el estudio

Se seleccionaron suelos bajo los siguientes TUT: bosque natural (T1), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. (T2), pasto elefante (*Pennisetum purpureum* L. (T3) y hortalizas (T4), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pimentón (*Capsicum annuum* L.).

**Cuadro 1.** Caracterización de la textura del suelo en la zona de estudio

Fracción, %	Bosque natural	Caña de azúcar	Pasto elefante	Hortalizas
Arena	17,60	12,80	28,80	27,60
Limo	36,80	35,60	43,60	32,80
Arcilla	45,60	51,60	27,60	39,60
Textura <sup>1</sup>	A	A	FA	FA

<sup>1</sup>A: Arcillosa; FA: franco-arcillosa

En el Cuadro 2 se describe el manejo de la fertilidad del suelo en cada uno de los usos de la tierra evaluados.

### Características de abonos orgánicos empleados

Para la fertilización orgánica se empleó el compost de residuos orgánicos bocaschi, el cual es un abono orgánico producto de la descomposición anaerobia de materiales de origen animal o vegetal, el cual fue mezclado con el suelo en una relación suelo: compost de 3:1. Este abono fue elaborado a partir de una mezcla en partes iguales de estiércoles de caprino, ovino y vacuno, caña de azúcar molida (a lo cual se le agregó levadura de pan, ceniza y carbón más agua). El otro abono orgánico empleado usado fue vermicompost de caprino. Las características de los abonos orgánicos empleados, se presentan en el Cuadro 3.

### Diseño de muestreo

El estudio fue de carácter cuasi-experimental (Mogollón *et al.*, 2010). El muestreo se realizó aplicando la metodología de transecta en cuadrículas y en cada intersección (50 m) se tomó una muestra

de suelo disturbada y otra no disturbada, a 20 cm de profundidad. Previo a la siembra, se tomaron 10 muestras de suelo de cada TUT. El análisis de los datos se realizó como un experimento completamente aleatorizado, considerando el TUT como variable de clasificación.

### Variables evaluadas

A las muestras de suelo secadas y tamizadas (2 mm) se les determinó distribución de tamaño de partículas por el método de Bouyoucos; el carbono orgánico por Walkley y Black; pH mediante determinación potenciométrica en relación suelo agua 1:2,5; conductividad eléctrica (CE) usando conductímetro en relación suelo:agua 1:2,5; fósforo extraído por Olsen; potasio calcio y magnesio por extracción con cloruro de amonio y cuantificación por absorción atómica. Las determinaciones se realizaron siguiendo los métodos descritos por Gavlak *et al.* (2003). Los parámetros biológicos biomasa microbiana (CBm) y respiración basal (RB) fueron determinados por la metodología descrita por Frighetto y Valarini (2000), incubando las muestras en cámaras

**Cuadro 2.** Manejo de la fertilidad de un aridisol bajo los tipos de uso de la tierra evaluados

Tipo de uso de la tierra	Superficie (ha)	Fertilización
Bosque natural (T1)	2	Sin fertilizar, bajo vegetación natural
Caña de azúcar (T2)	5	Fertilización con vermicompost de caprinos (24,7 t/ha) y de bocaschi (26,6 t/ha) durante cuatro años
Pasto elefante morado (T3)	1	Fertilización con vermicompost de caprinos (24,7 t/ha) y de bocaschi (26,6 t/ha), los cuales se incorporaron al voleo, un 60% a la siembra y un 40% distribuido en los cortes. El vermicompost caprino se empleó 24,7 t/ha y del bocaschi 26,6 t/ha
Hortalizas (T4)	2,5	Se siembra alternadamente pimentón y tomate, los cuales son fertilizados con bocaschi 50 t/ha al momento de la siembra y aplicación de 100 kg de la dosis de formula completa de (90-60-90) al momento de la siembra

**Cuadro 3.** Características del abono orgánico usado en la fertilización de los usos de la tierra

Abono orgánico	N total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	pH	CE <sup>1</sup>	P	Ca	Mg	Na	MO <sup>2</sup>
	----- % -----				dS/m		----- % -----			
Bocaschi	0,60	1,46	1,36	7,59	10,71	3,64	8,54	2,63	1,66	17,25
Vermicompost	1,75	1,00	12,86	6,80	0,48	6,23	62,50	54,25	4,50	32,50

<sup>1</sup> CE: conductividad eléctrica

<sup>2</sup> MO: materia orgánica

de incubación en oscuridad, a temperatura constante de 25°C y humedad a 80% de capacidad de campo. El método que se utilizó para el aislamiento y conteo de esporas de HMA del suelo fue descrito por Gerdemann y Nicholson (1963).

Para la determinación de los atributos físicos distribución de tamaño de partículas, densidad aparente (Da), porosidad (EPT), macroporosidad (fa), microporosidad (fw) y conductividad hidráulica saturada (Ks) del suelo se utilizaron las muestras de suelo no disturbadas, obtenidas a partir de un muestreador (tipo Uhland marca Humbolt modelo H4203.3), siguiendo la metodología descrita por Pla (1983).

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis estadístico con el TUT como la variable independiente, y las variables independientes fueron los parámetros físicos, químicos y biológicos medidos en cada uno de ellos. Se aplicó la prueba de media de Tukey para aquellas variables que se mostraron significativas en el análisis de la varianza ( $P < 0,05$ ). Adicionalmente se realizó un análisis multivariado del tipo discriminante, para determinar cuáles variables conllevaron las diferencias entre los tipos de uso de la tierra, y cuáles fueron las más importantes en explicar los cambios en los parámetros evaluados. El análisis estadístico se realizó usando el paquete estadístico Infostat (2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar el efecto de los TUT sobre las propiedades físicas de un aridisol en cada sistema de manejo se observó que no hubo diferencias ( $P > 0,05$ ) para la variable densidad aparente, pero si para las variables macroporosidad, microporosidad y conductividad hidráulica saturada (Cuadro 4).

Las mejores condiciones físicas se observaron en los usos bajo bosque, el cual presentó mayor conductividad hidráulica, macroporosidad y microporosidad ( $P < 0,05$ ), mientras que en los usos bajo hortalizas, pasto y caña se observó un proceso de deterioro de las propiedades físicas, que conllevó a incrementos de la

densidad aparente, reducción de la conductividad hidráulica y porosidad del suelo.

En relación a las propiedades físicas, el uso bajo hortalizas estuvo asociado a valores altos de densidad aparente, mientras que los usos bajo bosque y caña de azúcar mejoraron las condiciones del suelo, observándose que las variables Ks y porosidad se asociaron a estos usos, por lo que, la no perturbación del suelo contribuyó a revertir el proceso de compactación observado en estos suelos. Estos resultados coinciden con otros de similar naturaleza donde se evidenció que suelos con reducida perturbación y mayores períodos de descanso tienden a mejorar sus propiedades físicas (Rodríguez *et al.*, 2009); sin embargo, es necesario considerar que los suelos en estudio poseen la tendencia a la compactación aún en condiciones naturales. En general, los valores de Da, Ks, fw y fa encontrados en todos los usos evaluados fueron superiores a los límites críticos establecidos por Florentino (1998).

Con respecto a las propiedades químicas del suelo se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) para las variables conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo y potasio (Cuadro 5). El uso de tierra donde se aplicaron abonos orgánicos e inorgánicos de manera combinada, mejoraron la fertilidad del suelo al presentar valores de fósforo, potasio y materia orgánica superiores a las condiciones naturales del suelo; sin embargo, este uso conllevó a un incremento de la conductividad eléctrica.

Los valores de pH no variaron entre los TUT evaluados. Los resultados difieren de los de Duran y Henríquez (2009), quienes encontraron una disminución significativa de los valores de pH a lo largo del tiempo, lo cual estuvo relacionado a una mayor cantidad de iones hidronios disponibles y provenientes de la ionización de los diferentes radicales presentes en la materia orgánica del vermicompost; sin embargo, el poco tiempo de aplicación del abonamiento orgánico en las parcelas evaluadas podría explicar los resultados encontrados.

La CE fue significativamente más alta ( $P < 0,05$ ) en el suelo bajo hortalizas, en comparación a caña, pasto y bosque; sin embargo, los valores de CE se ubicaron por debajo del valor crítico observado

**Cuadro 4.** Propiedades físicas del suelo, en cada tipo de uso de tierra a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm)

Tratamiento <sup>1</sup>	Da (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>		Ks (cm/h) <sup>3</sup>		EPT (%) <sup>4</sup>		fw (%) <sup>5</sup>		fa (%) <sup>6</sup>	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
T1	1,56	1,58	0,17a	0,03	48,72a	46,12a	38,89	39,08a	9,83a	7,04
T2	1,57	1,59	0,01b	0,01	44,46b	42,16b	37,46	36,04b	7,00b	6,12
T3	1,53	1,58	0,01b	0,01	44,20b	42,06b	35,50	36,98b	8,70b	5,08
T4	1,56	1,63	0,01b	0,01	44,42b	42,93b	36,22	36,64b	8,20b	6,29

<sup>ab</sup> Medias con letras distintas indican diferencias (P<0,05).

<sup>1</sup>T1: Bosque natural, T2: caña de azúcar, T3: pasto elefante, T4: hortalizas. <sup>2</sup>Da: densidad aparente. <sup>3</sup>Ks: conductividad hidráulica saturada. <sup>4</sup>EPT: espacio poroso total. <sup>5</sup>fw: microporosidad. <sup>6</sup>fa: macroporosidad. Valores críticos según Florentino (1998): Da: <1,50 g/cm<sup>3</sup>; EPT: < 53%; Ks< 1,50 cm/h; fa < 10%.

por Florentino (1998), por lo que los suelos son considerados no salinos, y no tienen efectos nocivos sobre cultivos o microorganismos. Resultados similares fueron encontrados por Torres *et al.* (2008) quienes observaron incrementos en los valores de CE, cuando aplicaron un bocashi en suelos de la planicie de Coro. En la mayoría de los casos disponibles en la literatura se observan valores altos de CE en abonos orgánicos tipo vermicompost (Arumugan *et al.*, 2013), cuyo uso continuo por largos periodos llevan a la salinización del suelo. Así mismo, en la Planicie de Coro el manejo convencional de la tierra relacionado a hortalizas bajo un manejo convencional (fertilización química, excesiva mecanización y utilización de agua de riego con altos tenores de salinidad) ha propiciado procesos de degradación química (salinización y sodificación), como ha sido indicado por Rodríguez *et al.* (2009).

El contenido más alto de materia orgánica estuvo relacionado al uso hortalizas donde se aplicaron abonos orgánicos conjuntamente con fertilizantes químicos. Resultados similares fueron encontrados por Arrieché y Ruiz (2010) cuando evaluaron un abono orgánico en suelos alcalinos del estado Yaracuy. Sin embargo, difieren de los resultados reportados por Yueyu *et al.* (2013), quienes concluyeron que la aplicación de enmiendas orgánicas, sin la adición de fertilizantes químicos produjo incrementos en el carbono orgánico del suelo que variaron entre 22 y 50% en comparación con los

niveles iniciales. Arrieché y Ruiz (2010) señalaron que los suelos que combinaron el uso de abonos orgánicos y químicos presentaron un efecto positivo sobre la materia orgánica en suelo, la biomasa microbiana y el contenido de nutrientes en el suelo.

Los resultados indican que el fósforo estuvo relacionado a los usos pastos y hortalizas, donde se aplicaron abonos orgánicos de manera aislada o combinados con la fertilización inorgánica. Los resultados son similares a los de Arrieché y Ruiz (2010) quienes señalan que los tratamientos que combinan fertilizantes orgánicos e inorgánicos incrementan el contenido de fósforo disponible en el suelo al disminuir la cantidad de fósforo retenido con el calcio (Ca-P), dado que la presencia de ácidos orgánicos de bajo peso molecular como el cítrico, oxalacético, málico y fumárico, en exudados de raíces podría favorecer la formación de complejos químicos o inducir cambios en el pH de la rizósfera, que precipitan el calcio liberando el fósforo retenido.

Los valores más altos de potasio estuvieron asociados con el uso hortalizas, lo cual podría deberse a la aplicación adicional del fertilizante químico, mientras que el menor contenido de potasio en los usos pasto y caña podría ser explicado por el bajo contenido de este elemento en el abono tipo bocashi. Ramos *et al.* (2014) encontraron un bajo contenido de potasio en suelos fertilizados con un bocashi elaborado a partir de residuos agrícolas. La menor disponibilidad de potasio

**Cuadro 5.** Propiedades químicas del suelo en cada tipo de uso de tierra

Tratamiento <sup>1</sup>	P	K	MO <sup>2</sup>	pH	CE <sup>3</sup>
	----- mg/kg -----				dS/m
T1	30,03b	247,06b	24,30b	8,42	0,20b
T2	22,05b	152,05b	25,32b	8,31	0,22b
T3	32,10b	64,10c	26,44b	8,25	0,20b
T4	45,08a	454,09a	37,98a	8,06	0,47a

<sup>ab</sup> Medias con letras distintas indican diferencias (P<0,05).

<sup>1</sup>T1: Bosque natural, T2: caña de azúcar, T3: pasto elefante, T4: hortalizas. <sup>2</sup>MO: materia orgánica. <sup>3</sup>CE: conductividad eléctrica

en el suelo bajo pasto y caña difieren de los resultados observados por Márquez *et al.* (2008), quienes al evaluar una biocomposta y un vermicompost con contenidos de potasio de 1,76 y 0,43%, respectivamente, encontraron que las mezclas de 37,5 y 50% cubrieron las necesidades nutricionales del cultivo de tomate, para obtener alrededor de 100 t/ha sin adición de fertilizantes químicos. Sin embargo, Raviv *et al.* (2005) señalan que los nutrientes contenidos en la composta satisfacen las demandas del tomate en los dos primeros meses después del trasplante, estos autores mencionan que el compost cubrió las demandas durante cuatro meses después del trasplante en tomate. En el caso de cultivos anuales como el pasto elefante y la caña de azúcar, la dosis de vermicompost podría ser insuficiente, requiriéndose una segunda aplicación de vermicompost o la adición de una fuente química. El bajo contenido de potasio en el suelo también puede ser explicado por las altas demandas nutricionales de estos cultivos.

En relación a las propiedades biológicas (Cuadro 6) se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) para todas las variables evaluadas. En todos los usos los valores de número de esporas, respiración y biomasa microbiana presentaron valores superiores a los del bosque natural, por lo que la incorporación de materia orgánica, la biomasa aérea y de raíces contribuyeron a incrementar la actividad biológica del suelo.

La reducción del número de esporas en el uso hortalizas puede deberse a los altos niveles de fósforo, lo que ocasiona que se reduzca la simbiosis micorrízica. Los resultados son similares a los de otro estudio (Pentón *et al.*, 2014) donde se ha observado que la cantidad de esporas de HMA está relacionada con el contenido de fósforo en el suelo. Estos autores afirmaron que en general, bajos contenidos de fósforo en el suelo favorecen el establecimiento de la simbiosis micorrízica incrementando la colonización de las raíces de las plantas y favoreciendo la reproducción de las esporas; por el contrario, un alto contenido de fósforo en el suelo incide en la disminución de la simbiosis en las raíces de las plantas. El incremento del número de esporas en los usos pasto y caña puede ser explicado por la incorporación de abonos orgánicos al suelo. La aplicación de dichos abonos incrementa de un modo especial todas las poblaciones microbianas incluyendo los HMA (Bautista-Cruz *et al.*, 2015), lo que benefician tanto a la planta como al suelo. En este sentido, López *et al.* (2010) explicaron que los sistemas del manejo conservacionista que consideren el uso de abonos orgánicos y una mínima perturbación del suelo tienen efectos importantes sobre la condición del suelo, que serían más evidentes a medida que pase el tiempo de aplicación.

Con relación a la respiración basal (Cuadro 6), los resultados muestran que fue más alta ( $P < 0,05$ ) en los usos bajo caña de azúcar y pasto en comparación a los usos de hortaliza y bosque, respectivamente. Estos resultados sugieren que el incremento de la respiración basal en los usos caña y pasto puede ser debido al constante aporte de abono orgánico al suelo (Mendoza *et al.*, 2013) y la biomasa de raíces incorporada en los usos pasto y caña. Matheus *et al.* (2007) señalan que el incremento de la respiración en algunos abonos orgánicos, como la gallinaza, está asociado al mayor contenido de nitrógeno y fósforo que tiene este producto.

Con respecto a la variable biomasa microbiana (Cuadro 6), ésta fue mayor en los usos bajo caña de azúcar y pasto en comparación a los usos hortalizas y bosque, respectivamente. Estos resultados sugieren que el incremento de biomasa microbiana en los usos caña de azúcar y pasto elefante fue debido a un mayor aporte de residuos en comparación a los otros usos. Bautista-Cruz *et al.* (2015) señalan que el incremento en el CBM con la adición de vermicompost se podría atribuir a la aplicación de materiales orgánicos fácilmente biodegradables, los cuales estimulan la actividad microbiana autóctona del suelo. Álvarez-Solís *et al.* (2010) señalaron que el uso de enmiendas orgánicas es una estrategia adecuada para complementar las demandas nutrimentales del cultivo y disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos y la misma tiene efectos positivos en la biomasa microbiana, el C orgánico lábil del suelo.

A pesar del incremento del contenido de materia orgánica y el incremento de la actividad biológica del suelo, no se tradujo en mejoramiento de la fertilidad del suelo. Esto puede deberse a que el cambio de uso aún no ha revertido el efecto de más de 20 años bajo sistemas de labranza convencional, que condujeron a una drástica disminución de la  $K_s$  y macroporosidad y el incremento de la  $D_a$  por encima de los valores críticos permitidos, que evidencian problemas de compactación producto de la excesiva mecanización (Cantero-Martínez *et al.*, 2006).

Dado que las condiciones de la investigación no permitieron réplicas en campo de cada uno de los TUT evaluados, debido a que los mismos no están bajo las mismas condiciones edáficas (Cuadro 1), la comparación directa entre los tratamientos no permitieron determinar si los cambios en las variables evaluadas fueron producto de los sistemas de manejo o de las diferencias en las condiciones edáficas de los suelos muestreados.

El análisis discriminante muestra que 85,08% de la varianza de los datos es explicada por los dos primeros ejes canónicos, explicando 57,1 y el 27,27%

**Cuadro 6.** Variables biológicas de suelos en cuatro tipos de uso de la tierra

Tratamiento <sup>1</sup>	Esporas de HMA (N°) <sup>2</sup>	RB (g CO <sub>2</sub> /h) <sup>3</sup>	CBM (µg C/g) <sup>4</sup>
T1	87,42c	2,76b	198,30b
T2	241,15b	4,40a	244,28a
T3	586,73 <sup>a</sup>	4,99a	235,25a
T4	180,54b	3,22a	197,44b

ab Medias con letras distintas indican diferencias (P<0,05).

T<sup>1</sup>: Bosque natural, T<sup>2</sup>:caña de azúcar, T<sup>3</sup>:pasto elefante, T<sup>4</sup>: hortalizas. <sup>2</sup>HMA: Hongos micorrizicos arbusculares. <sup>3</sup>RB: respiración basal. <sup>4</sup>CBM: carbono de la biomasa microbiana

de la varianza de los ejes 1 y 2, respectivamente (Figura 1). El diagrama de dispersión muestra la separación de los grupos; en el sentido del eje 1 se observaron tres grupos: hortalizas, bosque con caña de azúcar y pasto, mientras que en el eje 2 se observaron dos grupos: caña de azúcar con bosque y pasto con hortalizas.

La Figura 2 muestra el biplot canónico, donde se observa que las variables que mejor discriminaron los grupos en el eje canónico 1 fueron el contenido de arena y limo presente en el suelo, los cuales estuvieron asociados al uso hortaliza; en este eje las variables

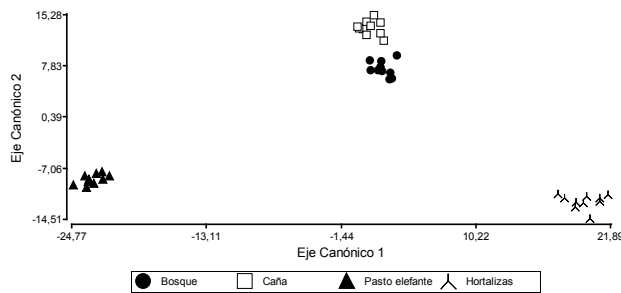
conductividad eléctrica y contenido potasio también ayudaron a la discriminación de los grupos, por lo cual el proceso de salinización asociado al manejo del suelo es un factor importante en los cambios observados.

En el eje canónico 2, la separación de los grupos estuvo más asociado al manejo del suelo que a las características texturales del mismo; las variables conductividad hidráulica y espacio poroso total estuvieron asociadas a los usos caña de azúcar y bosque, lo que indica que la ausencia de perturbación de la tierra mantuvo las condiciones físicas, mientras que los usos pasto y hortalizas estuvieron asociados a las variables materia orgánica, fósforo y conductividad eléctrica. Estos resultados indican que la fertilización orgánica combinada con la inorgánica o de manera aislada mejoró la condiciones de fertilidad del suelo, pero este manejo conllevó a la salinización del suelo, al incrementarse los valores de conductividad eléctrica.

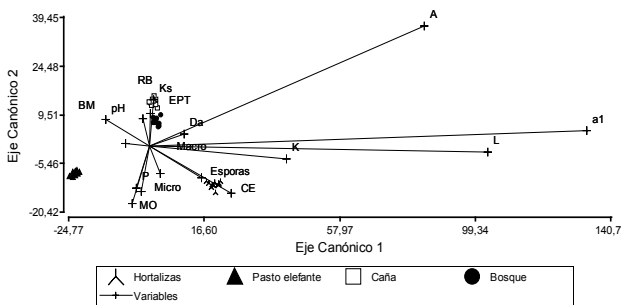
**CONCLUSIONES**

El uso de la tierra bajo hortaliza, donde se combinó la fertilización orgánica con la inorgánica, incrementó la disponibilidad de nutrientes con respecto a las condiciones naturales del aridisol. La aplicación de abonos orgánicos de forma aislada no mejoró sustancialmente la fertilidad del suelo, lo que permite reducir el uso de fertilizantes inorgánicos, pero no sustituirlo completamente.

Los usos de la tierra bajo caña de azúcar y pasto mejoraron la actividad biológica del suelo, encontrando valores más altos de número de esporas de hongo micorrizicos, respiración basal y biomasa microbiana en estos usos, en comparación a los uso de la tierra bajo hortalizas y bosque. Sin embargo, el mejoramiento en la calidad biológica del suelo no se tradujo en una mayor disponibilidad de nutrientes, dado que los tipos de uso de la tierra, no mejoraron las condiciones físicas del suelo, creando restricciones para el desarrollo radical y limitando la disponibilidad de agua en el suelo.



**Figura 1.** Diagrama de dispersión de cuatro sistemas de manejo en un aridisol del estado Falcón



**Figura 2.** Biplot canónico de variables evaluadas en cuatro sistemas de manejo de un aridisol del estado Falcón

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M.A.; F. Funes; P. Petersen. 2011. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agron. Sust. Develop.* 32:1-13.
- Álvarez-Solís, J.D.; E. Díaz-Pérez; N. León-Martínez; J. Guillén-Velásquez. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoam.* 28: 239-245.
- Arumugam, K.; V. Muthunayanan; S. Ganasen; S. Sugumar; S. Vivek. 2013. Dynamics of biological, physical and chemical parameters during vermicomposting of market waste mixed with cow dung. *Int. J. Pl. Ann. Env. Sci.* 3: 187-192
- Arrieche, E.; M. Ruiz. 2010. Influence of inorganic and organic fertilization on microbial biomass carbon and maize yield in two soils of contrasting pH. *Agrociencia* 44:249-260.
- Bautista-Cruz, A.; G. Domínguez; M. Mendoza. 2015. Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de suelos con maíz. *Rev. Mex. Cien. Agr.* 6: 217-222.
- Beltrán-Morales, F. A.; J. L. García-Hernández; F. H. Ruiz-Espinoza; L. Fenech-Larios; B. Murillo-Amador; A. Palacios; E. Troyo-Diéguez. 2009. Nutritional potential of red dolichus, brown dolichus and cowpea for green manure produced under three tillage systems. *Trop. Subtrop. Agroecos.* 10: 487-495.
- Cantero-Martínez, C.; D.G. Westfall; L.A. Sherrod; G.A. Peterson. 2006. Long-term crop residue dynamics in no-till cropping system under semiarid conditions. *J. Soil Water Cons.* 61:84-95.
- Cue, J.; A. Torres. 2014. Valoración agroecológica de las micorrizas vesículo arbúsculares. *Rev. Cien. Avances* 16:347-358.
- Duran, L.; C. Henríquez. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agron. Costarricense* 33: 275-281.
- Ewel, J.; A. Madriz; J. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2ed. Editorial Sucre. Caracas, Venezuela. 270 p.
- Frighetto, R.; P. Valarini. 2000. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. *Embrapa Meio Ambiente*. Jaguariúna, Brasil. 198 p.
- Florentino, A. 1998. Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: selección de indicadores físicos. Valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 12 p.
- Gavlak, R.G.; D.A. Horneck; R.O. Miller; J. Kotuby-Amacher J. 2003. Soil, Plant and Water Reference Methods for the Western Region. 2<sup>da</sup> ed. WCC-103 Pub. Colorado State University, Fort Collins. EUA. pp. 37-47.
- Gerdemann, J. W.; T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Infostat. 2002. InfoStat. Ver. 1.1. Grupo InfoStat. Fac. Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- López, M.; A. Rodríguez; M. España. 2010. Tecnologías generadas por el INIA para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo. *Agron. Trop.* 60: 315-330.
- Márquez, C.; P. Ríos; D. Rodríguez. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx* 34: 69-74.
- Matheus, L.; J. Caracas; F. Montilla; O. Fernández. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Agric. And.* 1:27-38.
- Mendoza, B.; A. Florentino; R. M. Hernández-Hernández; J.C. Aciego; D. Torres; E. Vera. 2013. Atributos biológicos de dos suelos de Quíbor con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. *Rev. Mex. Cien. Agr.* 4: 409-421.
- Mogollón, J. P.; D. Torres; A. Martínez. 2010. Cambios en algunas propiedades biológicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón, Venezuela. *Bioagron* 22:217-222.
- Pentón, G.; R. Rivera; G. Martín; J.A. Mena; F. Alonso; A. Medina. 2014. Efecto de la simbiosis micorrízica, la fertilización química y su combinación, en la relación suelo-planta del cultivo de morera. *Pastos Forrajes* 37: 399-407.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización Física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Rev. Alcance Fac. Agron. UCV* 32. Maracay, Venezuela. 91 p.



- Ramos, D.; D. Alfonso; F. Soto; J. Rodríguez. 2014. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultrop* 35:90-97.
- Raviv, M.; Y. Oka; J. Katan; Y. Hadar; A. Yoge; S. Medina; A. Krasnovsky; H. Ziadna. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *Biores. Tech.* 96:419-427.
- Rodríguez, N.; A. Florentino; D. Torres; H. Yendis; F. Zamora. 2009. Selección de indicadores de calidad de suelo en tres tipos de uso de la tierra en la Planicie de Coro, estado Falcón. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 26:340-361.
- Rodríguez-Morelos, H.; A. Soto-Estrada; J. Pérez-Moreno; P. Negreros-Castillo. 2011. Los hongos micorrízicos arbusculares y su implicación en la producción y manejo de especies neotropicales forestales, con énfasis en meliáceas. *Interciencia* 36: 564-569.
- Tahboub, M.; W. Lindemann; L. Murray. 2008. Chemical and physical properties of soils amended whit pecan wood chips. *Hort Sci.*43: 891-896.
- Torres D.; D. Rivero; N. Rodríguez; H. Yendis; D. Lobo; D. Gabriels; F. Zamora. 2008. Efectos de un acondicionador sintético (Terracottem®) y un abono orgánico (Bocaschi) sobre la eficiencia de uso del agua en el cultivo del pimentón (*Capsicum annum* L.). *Agron. Trop.* 58: 277-287.
- Yueyu, S.; J. Xiaoguang; C. Wenting; K. Xiaobing; Z. Xingyi; D. Guangwei. 2013. Labile organic matter content and distribution as affected by six-year soil amendments to eroded Chinese mollisols. *Chin. Geog. Sci.* 23: 692-699.
- Zaragoza-Lira, P.; U. Preciado-Rangel; J. Figueroa-Viramontes; L. García-Hernández; M. Fobtis-Hernández; A. Segura-Castruita; E. Lagarda-Murrieta. 2011. Aplicación de composta en la producción del nogal pecanero. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.*17: 33-37.