

Actividad microbiana en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con diferente vigor de plantas

Microbial activity in soils cultivated with plantain (*Musa* AAB plantain subgroup cv. Harton) with different vigor of plants

A.F. González-Pedraza¹, J. Atencio¹, K. Cubillán¹, R. Almendrales¹,
L. Ramírez¹ y O. Barrios¹

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR).

Resumen

Se evaluó la actividad microbiana en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en lotes de plantas con alto y bajo vigor (AV y BV, respectivamente) en una zona del Sur del Lago de Maracaibo. Se utilizó un muestreo sistemático dirigido y se tomaron 24 muestras de suelo por lote en donde se determinó: carbono orgánico total (COT), carbono microbiano (Cmic) y respiración del suelo (C-CO₂). El vigor de las plantas se determinó mediante: número de manos por racimo, altura del hijo de sucesión y circunferencia del pseudotallo de la planta madre. Se aplicó un análisis de varianza de una vía, cuando fue significativo, se aplicó una prueba de medias de Tukey. En AV, C-CO₂ y el vigor de las plantas fueron mayores, mientras que Cmic y COT fueron menores en comparación con BV, indicando un sustrato más lábil en AV.

Palabras clave: carbono microbiano; respiración del suelo; cultivo de plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón).

Abstrat

Microbial activity was evaluated in soils cultivated with plantain (*Musa* AAB plantain subgroup cv. Hartón) in lots of plants with high and low vigor (HV and LV, respectively) in an area of the South of Maracaibo's Lake. A systematic sampling was used and 24 soil samples were taken by lot (HV and LV) were

measured: total organic carbon (%TOC), microbial biomass carbon (Cmic) and soil respiration (C-CO₂). The plant vigor was determined by: number of hands per raceme, height of the plant succession and pseudostem circumference of the mother plant. One way variance analysis was applied, when this was significant Tukey´ test was used. In HV, C-CO₂ and plants vigor were higher, while Cmic and TOC were lower respect to LV, indicating that the substrate in HV is more labile.

Key words: microbial carbon, soil respiration, plantain culture (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón).

Introducción

La salud de los suelos ha sido definida como la capacidad de éstos para funcionar como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promover la calidad ambiental y mantener la salud humana (Doran y Zeiss, 2000). Uno de los indicadores de calidad y salud de los suelos está representado en gran medida por la actividad microbiana. Ésta juega un papel fundamental en el mantenimiento de la fertilidad y ciclaje de nutrientes dentro del ecosistema. La actividad microbiana se mide a través de la biomasa microbiana, la cual es el componente más activo del suelo, comprende entre el 1 y 5% del carbono total y participa activamente en la descomposición de la materia orgánica (MO) (Alef y Nannipieri, 1995). La respiración del suelo es otro de los indicadores de la actividad microbiana y de los cambios que ocurren en la calidad biológica del suelo (Anderson y Domsch, 1989a).

A nivel mundial el plátano es considerado un cultivo de gran importancia socioeconómica debido a su producción, su alto valor nutricional, como alimento clave en la dieta diaria de muchas familias y como fuente generadora de empleos directos e indirectos.

Introduction

The health of soils has been defined as their capacity of working as a vital system to keep the biologic productivity, to promote the environmental quality and to keep the human health (Doran and Zeiss, 2000). One of the indicators of quality and health of soils is mostly represented by the microbial activity. It plays an important role in the fertility maintenance and cycling of nutrients inside the eco-system. The microbial activity is measured with the microbial biomass, which is the most active soil component, and has from 1 to 5% of the total carbon and participates actively in the decomposition of the organic matter (OM) (Alef and Nannipieri, 1995). The soil breathing is another indicator of the microbial activity and the changes that occur in the biologic soil quality (Anderson and Domsch, 1989a).

Worldwide, plantain is considered a crop with socio-economic importance due to the production, its high nutritional value as key food in the daily diet of many families and as a generator source of direct and indirect employments (Martínez *et al.*, 2009). In Venezuela, plant is one of the

tos (Martínez *et al.*, 2009). En Venezuela el plátano es uno de los rubros con mayor superficie de siembra y su producción está basada exclusivamente en el cultivo del clon Harton gigante. Del total de la producción nacional, aproximadamente el 70% se concentra en el Sur del Lago de Maracaibo (Martínez *et al.*, 2009), zona en la cual la productividad del cultivo está limitada, entre otras cosas, por condiciones de manejo ineficiente, inundaciones, vientos frecuentes y una escasa asesoría técnica a los productores (Nava de Boscán *et al.*, 1996). Todos estos factores inciden negativamente en la calidad y salud de los suelos. Así mismo, se ha demostrado una relación directa entre la reducción de la productividad y la pérdida de la calidad y/o salud del suelo, especialmente por el impacto adverso que tienen los sistemas convencionales de producción (Gauggel *et al.*, 2005).

Debido a la escasez de información relacionada con la calidad biológica de los suelos en la zona de estudio y su relación con la productividad del cultivo de plátano, se planteó como objetivo evaluar la actividad microbiana en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con diferente vigor de las plantas en una finca ubicada en el municipio Francisco Javier Pulgar, estado Zulia, Venezuela a fin de establecer una relación entre los parámetros biológicos y la productividad de las plantas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una finca cultivada con plátano (*Musa* AAB

products with more sow surface, and its production is mainly based on the giant Harton clone. Out of the total of the national production, 70% approximately concentrates in the South of Maracaibo's Lake (Martínez *et al.*, 2009), area where the crop productivity is limited by inefficient handling conditions, floods, frequent winds and a limited technical consultancy to the producers (Nava de Boscán *et al.*, 1996) among others. All these factors have a negative impact in the quality and health of the soils. Likewise, there is a direct relation between the production reduction and the quality and/or health of the soil, especially by the adverse impact of the conventional production systems (Gauggel *et al.*, 2005).

Due to the lack of information related to the biologic quality of the soils in the field research area and its relation to the productivity of the plantain crop, the aim of this research was to evaluate the microbial activity in soils cropped with plantain (*Musa* AAB plantain subgroup cv. Harton) with different plant vigor in an area located at Francisco Javier Pulgar parish, Zulia state, Venezuela, with the aim of establishing a relation among the biologic parameters and plants' productivity.

Materials and methods

The research took place at a farm cropped with plantain (*Musa* AAB, plantain subgroup cv. Harton) located at Francisco Javier Pulgar parish, Zulia state, Venezuela. The life's area corresponds to a tropical dry forest; the landscape corresponds to a flood plain,

subgrupo plátano cv. Hartón) ubicada en el municipio Francisco Javier Pulgar, estado Zulia, Venezuela. La zona de vida corresponde a un bosque seco tropical, el paisaje es de una planicie de inundación, cuyos suelos se han formado a partir de la deposición de sedimentos provenientes de la Cordillera de los Andes acarreados principalmente por el río Chama. Dada estas condiciones, los suelos se caracterizan por ser relativamente fértiles, con pH ácido a ligeramente ácido y alto porcentaje de materia orgánica, pero con problemas de mal drenaje, asociado a la predominancia de texturas finas (MARNR, 1978).

En la finca se seleccionaron dos lotes de plantas que presentaron alto y bajo vigor (AV y BV, respectivamente). Dentro de cada lote se delimitaron cuatro parcelas de 1000 m², donde se trazaron dos *transectas* por lote y se tomaron tres muestras simples de suelo de 0-20 cm de profundidad por *transecta*, para un total de 24 muestras de suelos para cada lote AV y BV. En las muestras de suelo se determinó: textura por el método del hidrómetro (Gee y Bauder, 1986); porcentaje de humedad (%H) mediante el método gravimétrico propuesto por Gardner (1986); pH y conductividad eléctrica (CE) en una suspensión suelo:agua (1:2,5). El porcentaje de carbono orgánico total (%COT) se determinó mediante digestión húmeda de acuerdo con la metodología propuesta por Walkley and Black (1934).

El carbono en la biomasa microbiana (Cmic) se determinó por el método de fumigación de las muestras con cloroformo y extracción con una solución de sulfato de potasio propues-

which soils have formed after sediments coming from the Andes, mainly carried by Chama River. Due to these conditions, the soils are characterized by being relatively fertile, with an acid pH from slightly acid to high percentage of organic matter, but with bad drainage problems related to the predominance of fine textures (MARNR, 1978).

Two plots of plants were selected from plants with high and low vigor (HV and LV, respectively). On each plot four lots of 1000 m² were delimited, tracing two transects per lot and three simple soil samples of 0-20 cm of depth were taken per transect for a total of 24 soil samples per lot HV and LV. In the soil samples was determined: texture by the hydrometer method (Gee and Bauder, 1986), humidity percentage (%H) through the gravimetric method proposed by Gardner (1986), pH and electrical conductivity (EC) in a soil:water suspension (1:2.5). The percentage of total organic carbon (%TOC) was determined with the wet digestion according to the methodology proposed by Walkley and Black (1934).

The carbon in the microbial biomass (Cmic) was determined by the fumigation method of samples with chloroform and extraction with a potassium sulphate solution proposed by Vance *et al.* (1987). In order to measure the soil breathing (C-CO₂) was followed the statistic incubation method of Anderson (1982) under controlled laboratory conditions.

In order to determine the crop productivity, the plantain plants' vigor was evaluated. On the plots, a recount of the total of plants present

to por Vance *et al.* (1987). Para medir la respiración del suelo ($C-CO_2$) se siguió el método de incubaciones estáticas de Anderson (1982) bajo condiciones controladas en el laboratorio.

Para determinar la productividad del cultivo se evaluó el vigor de las plantas de plátano. Dentro de los lotes se hizo un recuento del total de plantas presentes de cada una de las parcelas seleccionadas. Se calculó la población del área multiplicando por diez el número de plantas encontradas en cada parcela para poder relacionarlo a una hectárea. En cada parcela se identificaron veinte plantas que estuvieran aproximadamente a tres semanas de ser cosechadas. A cada una de esas plantas se les determinó el número de manos por racimo, se midió la altura del hijo de sucesión (tomada desde el nivel del suelo hasta la inserción del pseudopetíolo de la última hoja expandida con la hoja candela) y la circunferencia del pseudotallo de la planta madre a un metro de altura sobre la superficie del suelo. Se aplicó un análisis de varianza de una vía, cuando fue significativo, se utilizó una prueba de medias de Tukey. Para relacionar variables en los sitios de interés, se utilizó un análisis de correlación lineal simple de Pearson. Se usó el programa Statistica versión 6,0 para Windows (Statistica, 2001).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de algunas de las características físicas y químicas evaluadas en los suelos de los lotes con plantas de alto y bajo vigor. En ella se puede apreciar que tanto el pH, la

on each of the selected plots was performed. The area population was measured multiplying by ten the number of plants found of each plot to relate it to one hectare. On each plot, twenty plants were identified, with approximately three weeks of harvested. The number of hands per cluster was determined, the height of the succession son was measured (taken from the soil until the insertion of the pseudo-petiole of the last expanded leaf with the candela leaf) and the pseudo-stem circumference of the mother plant at a height meter on the soil surface. A one-way variance analysis was applied when significant, and the Tukey mean test was used. To relate variables in the interest places, a Pearson simple lineal correlation analysis was used. The Statistica program version 6.0 for Windows was used (Statistica, 2001).

Results and discussion

In table 1 are presented the results of some of the evaluated physical and chemical characteristics evaluated in the soils of plots with high and low vigor. It can be observed that the pH, the electrical conductivity and the clay percentage did not present statistical differences ($P>0.05$) among the plots.

On the other hand, the humidity and silt percentage were significantly lower ($P<0.05$) in the low vigor plots, meanwhile, the sand percentage resulted higher in plots with low vigor plants (table 1). In typical production areas of musaceae, such as the South of Maracaibo's Lake, Motatán plain, Trujillo state, Colombia and Costa

Cuadro 1. Determinación de algunas características físicas y químicas en los suelos de lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor.

Table 1. Determination of some physical and chemical characteristics in the plot soils of high and low vigor plantain plants.

Parámetro	Vigor de las plantas	
	Alto	Bajo
pH	6,12±0,69 ^a	5,87±0,60 ^a
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,036±0,017 ^a	0,032±0,016 ^a
Humedad (%)	34,47±3,39 ^a	30,08±3,21 ^b
Arcilla (%)	11,19±4,05 ^a	10,20±3,37 ^a
Limo (%)	59,67±12,21 ^a	38,65±10,83 ^b
Arena (%)	29,13±13,54 ^a	51,15±13,17 ^b
Grupo textural	Franco limoso	Franco

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre lotes de plantas de alto y bajo vigor.

conductividad eléctrica y el porcentaje de arcilla no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los lotes.

Por su parte, la humedad y el porcentaje de limo fueron significativamente más bajos ($P < 0,05$) en los lotes de bajo vigor, mientras que el porcentaje de arena resultó más alto en los lotes de plantas de bajo vigor (cuadro 1). En zonas típicas de producción de musáceas, tales como el Sur del Lago de Maracaibo, planicie del Motatán en el estado Trujillo, Colombia y Costa Rica se han reportado valores similares a los aquí presentados (Zuñiga *et al.*, 2009; Delgado *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2007; Molero *et al.*, 2008; Belalcázar, 1995).

En relación con los parámetros de productividad, en el cuadro 2 se comparan las variables medidas en los lotes de plantas de alto y bajo vigor.

Rica, similar values have been reported to the ones presented in the current research (Zuñiga *et al.*, 2009; Delgado *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2007; Molero *et al.*, 2008; Belalcázar, 1995).

In relation to the productivity parameters, in table 2 are compared the variables measured in the plants' plot with high and low vigor. Here can be appreciated that the number of hands per cluster, pseudo-stem circumference (cm) and height of the son, resulted statistically higher ($P < 0.05$) in high-vigor plots regarding low vigor plots. Likewise, the plant density per hectare was similar in both plots.

Analyzing some data presented by Delgado *et al.* (2008) in a research performed in the Venezuelan Central Plains, under similar soil and weather than the ones found in this research, it

Cuadro 2. Parámetros de productividad en lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor.

Table 2. Productivity parameter in plots of plantain plants with high and low vigor.

Parámetro	Vigor de las plantas	
	Alto	Bajo
Número de manos por racimo	6,44±0,97 ^a	4,94±0,90 ^b
Circunferencia pseudotallo (cm)	80,95±5,65 ^a	65,68±5,45 ^b
Altura del hijo (m)	2,61±0,39 ^a	1,50±0,38 ^b
Densidad (plantas.ha ⁻¹)	1410	1400

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre lotes de plantas de alto y bajo vigor.

En ella se puede apreciar que el número de manos por racimo, circunferencia del pseudotallo (cm) y altura del hijo (m) resultaron estadísticamente superiores ($P < 0,05$) en los lotes de alto vigor con respecto a los de bajo vigor. Asimismo, la densidad de plantas por hectáreas fue similar en ambos lotes.

Analizando algunos datos presentados por Delgado *et al.* (2008) en un trabajo realizado en los Llanos Centrales venezolanos, bajo condiciones de suelo y clima muy similares a las de este estudio, se encontró que en plantaciones de plátano (*Musa* AAB Subgrupo plátano cv. Hartón) con densidades de siembra de 1111 plantas.ha⁻¹, la circunferencia promedio del pseudotallo fue de 55,9 cm con peso de racimos por debajo de los 10 kg.

Rodríguez (1998) en una zona cercana a la de este estudio, encontraron un perímetro promedio del pseudotallo de la planta madre de 76,36 cm. Estos autores recomiendan utilizar esos valores como base para eva-

was found that in plantain plantations (AAB *Musa* plantain subgroup cv. Harton) with sow densities of 1111 plants.ha⁻¹, the average pseudo-stem circumference was of 55.9 cm with cluster weight under 10 kg.

Rodríguez (1998) in an area near the one in this research, found an average perimeter of 76.36 cm of the pseudo-stem of the mother plant. These authors recommend using these values as a base to evaluate the plantation handle, to complement the nutritional diagnose of the crop and to determine the productive potential in the studied area. In relation to the number of hands per cluster and height of the son, Hernández *et al.* (2007) did not find statistical significant differences ($P > 0.05$) in the number of hands per cluster under similar soil conditions.

Microbial activity of the soils

The variance analysis showed significant differences ($P < 0.05$) in TOC and Cmic among HV and LV (figure 1 and 2). It was observed that the HV

luar el manejo de la plantación, complementar el diagnóstico nutricional del cultivo y determinar su potencial productivo, en el área estudiada. En relación con el número de manos por racimo y altura del hijo, Hernández *et al.* (2007) en condiciones de suelos similares, no encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en el número de manos por racimo.

Actividad microbiana de los suelos

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) en COT y Cmic entre AV y BV (figura 1 y 2). Se pudo observar que los lotes AV presentaron menor contenido de COT y Cmic con respecto a BV.

El mayor porcentaje de COT encontrado en los suelos BV probablemente sea producto de una mayor mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos del suelo. Es posible que el mayor porcentaje de arena ($51,15 \pm 13,17$) encontrado en los suelos BV con respecto AV ($29,13 \pm 13,54$) permita una mejor aireación del suelo, lo cual favorece el proceso de mineralización de la materia orgánica. Valores similares de COT han sido reportados en otros estudios para zonas relativamente cercanas al sitio de estudio (González-Pedraza *et al.*, 2011).

El Cmic en los suelos bajo BV fue estadísticamente menor que en AV. Esto pudiera ser explicado también por el mayor porcentaje de arena encontrado en BV con respecto AV. El Cmic encontrado en los suelos AV y BV está por encima a los reportados por Sánchez *et al.* (2006); Armado *et al.* (2009); González-Pedraza *et al.* (2011).

plots presented lower TOC and Cmic content regarding the LV.

The higher TOC percentage found in the LV soils may be due to a higher mineralization of the organic matter by means of the soil microorganisms. It is possible that the highest sand percentage ($51,15 \pm 13,17$) found on LV soils in relation to the HV ($29,13 \pm 13,54$) allows a better soil airing, which favors the mineralization process of the organic matter. Similar TOC values have been reported in other researches for relatively close areas to the field area (González-Pedraza *et al.*, 2011). The Cmic in soils with low vigor was statistical lower than in HV. This might also be explained by the highest sand percentage found in LV regarding HV. The Cmic found in the soils HV and LV is over the one reported by Sánchez *et al.* (2006); Armado *et al.* (2009); González-Pedraza *et al.* (2011). This behavior might be an indicator of the presence of a habile OM for the soil microorganisms in both plots (Chen *et al.*, 2004).

In relation to the biologic parameters, $C-CO_2$ and qCO_2 , in figures 3 and 4 can be observed that both were significantly higher in HV in relation to LV. Breathing ($C-CO_2$) is a parameter commonly used to measure the biological quality of the soil, meanwhile, qCO_2 allows diagnosing the efficiency of the microbial biomass in the use of the soil carbon in terms of breathing outlay (Anderson and Domsch, 1989a and b).

High values of $C-CO_2$ and qCO_2 are normally related to stress conditions; among these is the bad drainage of the soils, related to the

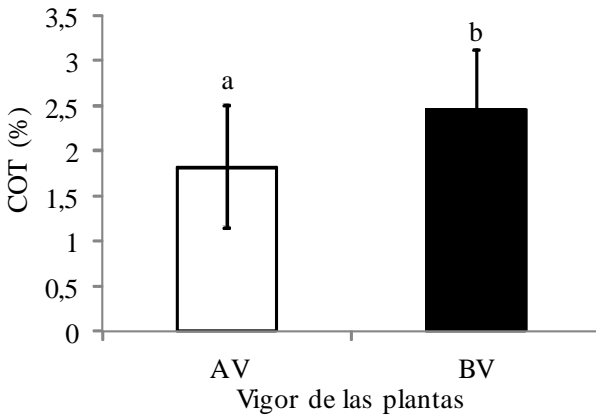


Figura 1. Carbono orgánico total (%) en suelos cultivados con plantas de plátano de alto (AV) y bajo vigor (BV). Columnas ± barras de desviación estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

Figure 1. Total organic carbon (%) in soils cropped with high vigor (HV) plantain plants and low vigor (LV). Columns ± standard deviation bars with different letters mention statistical differences ($p < 0.05$).

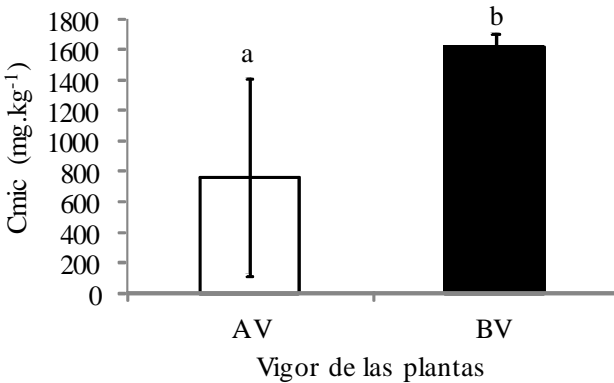


Figura 2. Carbono microbiano (Cmic) en suelos cultivados con plantas de plátano de alto (AV) y bajo vigor (BV). Columnas ± barras de desviación estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

Figure 2. Microbial carbon (Cmic) in soils cropped with high vigor (HV) and low vigor (LV) plantain plants. Columns ± standard deviation bars with different letters mention statistical differences ($P < 0.05$).

Este comportamiento pudiera ser un indicativo de la presencia de una MO muy lábil para los microorganismos del suelo en ambos lotes (Chen *et al.*, 2004).

En relación con los parámetros biológicos, $C-CO_2$ y qCO_2 , en las figuras 3 y 4 se puede observar que ambos fueron significativamente más altos en AV con respecto a BV. La respiración ($C-CO_2$) es un parámetro comúnmente utilizado para medir la calidad biológica del suelo, mientras que el qCO_2 permite diagnosticar la eficiencia de la biomasa microbiana en la utilización del carbono del suelo en términos de gasto en respiración (Anderson y Domsch, 1989a y b).

Valores altos de $C-CO_2$ y qCO_2 a menudo están asociados con condiciones de estrés, entre ellas, el mal drenaje de los suelos asociado al mayor porcentaje de partículas finas, lo que trae como consecuencia una menor eficiencia de los microorganismos (Sparling *et al.*, 1994), pero también pudiera estar relacionado con la presencia de un sustrato más lábil y, por lo tanto, más respirable (Chen *et al.*, 2004). Adicionalmente, la respiración del suelo permite establecer diferencias estructurales y fisiológicas de las comunidades microbianas y en la calidad de la materia orgánica (Anderson y Domsch, 1989 a y b).

La diferencia encontrada en los valores de respiración del suelo entre los lotes AV y BV permite señalar que la composición de las comunidades microbianas de ambos suelos es también distinta, aun cuando no se caracterizó a los microorganismos presentes en cada sitio. Asimismo, los valores más altos encontrados en los

highest percentage of fine particles, causing a lower efficiency of microorganisms (Sparling *et al.*, 1994), but might be also related to the presence of a more labile substrate, therefore, more breathable (Chen *et al.*, 2004). Additionally, the soil breathing allows establishing structural and physiological differences of the microbial communities in the quality of the organic matter (Anderson and Domsch, 1989 a and b).

The difference found in the values of the soil breathing among the plots HV and LV allow mentioning that the composition of the microbial communities of both soils is also different, even when the microorganisms present on each were not characterized. Likewise, the highest values found on the productivity parameters in HV (table 2), show a higher availability as well as a better quality of the substrate for the microorganisms, which allows having the highest breathing values, even when it seems that there is a higher layout of C in the breathing process of these soils.

Conclusions

The high %TOC and C_{mic} and the lower $C-CO_2$ and qCO_2 observed in the soils with high vigor plants allow concluding that the available substrate in those soils is more labile, therefore, more breathable. Additionally, the texture characteristics have an important role in this behavior.

End of english version

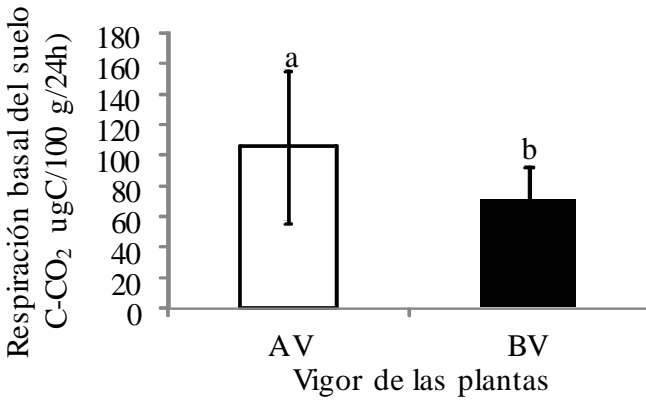


Figura 3. Respiración basal (C-CO₂) en suelos cultivados con plantas de plátano de alto (AV) y bajo vigor (BV). Columnas ± barras de desviación estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas (P<0,05).

Figure 3. Basal breathing (C-CO₂) in soils cropped with plantain plants with high (HV) and low vigor (LV). Columns ± standard deviation bars with different letters indicate statistical differences (P<0.05).

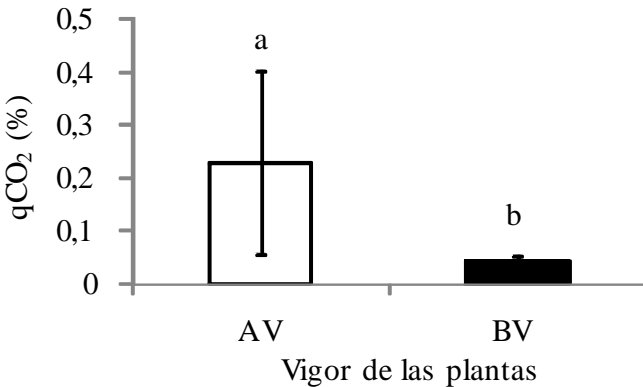


Figura 4. Cociente metabólico (qCO₂) en suelos cultivados con plantas de plátano de alto (AV) y bajo vigor (VB). Columnas ± barras de desviación estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas (P<0,05).

Figure 4. Metabolic ratio (qCO₂) in soils cropped with plantain plants with high (HV) and low vigor (LV). Columns ± standard deviation bars with different letters indicate statistical differences (P<0.05).

parámetros de productividad en AV (cuadro 2), evidencian una mayor disponibilidad así como una mejor calidad del sustrato para los microorganismos, lo cual les permite tener valores más altos de respiración, aun cuando pareciera que existe un mayor gasto de C en el proceso de respiración de estos suelos.

Conclusiones

El alto %COT y Cmic y el menor C-CO₂ y qCO₂ observados en los suelos con plantas de alto vigor permiten concluir que el sustrato disponible en esos suelos es más lábil y por lo tanto, más respirable. Adicionalmente, las características texturales están jugando un papel importante en ese comportamiento.

Literatura citada

- Alef, K. y P. Nannipieri. 1995. Microbial biomass. En: Alef K. y P. Nannipieri, (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. London, Great Britain. 576 pp.
- Anderson, J. 1982. Soil respiration. p 831-871. En: Millar, R.H. y D.R. Keeney (Ed). *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. Agronomy Monograph N° 9 (2nd Edition). Madison, USA.
- Anderson, T.H. y K.H. Domsch. 1989a. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry* 22:251-255.
- Anderson, T.H. y K.H. Domsch. 1989b. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21:471-479.
- Armado, M., F. Contreras y P.L. García. 2009. Fraccionamiento químico de carbono orgánico y su relación con la actividad microbiológica, biomasa microbiana y cantidad de ADN en suelos cacaoteros venezolanos. *Rev. Soc. Quím. Perú.* 75 (1):44-53.
- Belalcázar, S. 1995. Cultivo de plátano en altas densidades, una nueva posición. *Informaciones Agronómicas* 20:1-4.
- Chen, C. R., L.M. Condron., M.R. Davis y R.R. Sherlock. 2004. Effects of plant species on microbial biomass phosphorus and phosphatase activity in a range of grassland soils. *Biology and Fertility of Soils* 40:313-322.
- Delgado, E., N. Gómez., O. González y C. Marín. 2008. Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (*Musa* AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25:603-616.
- Doran, J.W. y M.R. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl. Soil Ecol.* 15:3-11.
- Gauggel, C.A., F. Sierra. y A. Arévalo. 2005. The problems of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. En Turner DW, Rosales FE (Eds.) *Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management*. INIBAP. Montpellier, Francia. pp. 13-22.
- Gee, G.W. y J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. En: Klute, A. (Ed.); "Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods". Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp 383-412.
- González-Pedraza, A.F., E. Piñero-Calixtro y J. Atencio-Pulgar 2011. Actividad microbiana en suelos cultivados con palma aceitera, cacao, pasto y bosque natural. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 28 Supl. 1:592-504.

- Hernández, Y., M. Marín y J. García. 2007. Respuesta en el rendimiento del plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción. Rev. Fac. Agr. (LUZ). 24:607-626.
- MARNR. 1978. Hacia un plan rector de ordenación del territorio. Zona Sur del Lago de Maracaibo. Serie informe Técnicos DGPOA/IT/16. Caracas.
- Martínez, G., E. Delgado., J.C. Rey., C. Jiménez., R. Pargas y E. Manzanilla. 2009. Producción del plátano en Venezuela y el mercado mundial. INIA HOY. 5:125-1383.
- Molero, M., L. Gutiérrez., Q. Contreras., C. Rondón., P. Carrero y E. Rojas. 2008. Determinación de los niveles de: K, P, N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, y Mn en muestras de suelos y tejido foliar del cultivo *Musa* AAB, subgrupo plátano cv. Hartón. Producción Agropecuaria 1(1):3-6.
- Nava de Boscán, N., J. Fuentes., A. Gómez., C. Nava., J. Balza. 1996. Caracterización de modelos gerenciales de sistemas de producción de plátanos (*Musa* AAB plátano cv. Hartón), Microregión Chama, Sur del Lago de Maracaibo. 13(4):457-467.
- Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1998. Biometría de la cepa de plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en plantas con rendimientos superiores a 18 kilogramos por racimo, en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 15:439-445.
- Sparling, G.P., P.B.S. Hart., J.A. August y D.M. Leslie. 1994. A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen, and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of a soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biology and Fertility of Soils* 17:91-100.
- Statistica. 2001. Basic Statistical Analysis Methods. Versión 6.0. StatSoft, Tulsa, OK.
- Vance, E., P.C. Brookes y D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 22:999-1000.
- Walkley, A. y A. Black. 1934. An examination of the digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-38.