





Evaluación de calidad de suelos plataneros a través de la actividad microbiana en el sur del lago de Maracaibo, estado de Zulia, Venezuela

Evaluation of quality of banana soils through microbial activity in the south the lake of Maracaibo, Zulia state, Venezuela

Avaliação da qualidade de solos de banana por meio da atividade microbiana no sul do Lago Maracaibo, estado de Zulia, Venezuela

Hebandreyna González García*, Ana F. González Pedraza, Jhoen Atencio y Anibal Soto

Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR). Programa de Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Laboratorio de Suelos. Santa Bárbara, estado Zulia. Venezuela. Correo electrónico: (EG) gonzalezh@unesur.edu.ve, ; (AG) anagonzalez11@gmail.com ; (JA) jhoenatencio@gmail.com, ; (AS) sotob@unesur.edu.ve, .

Resumen

La actividad microbiana puede servir como indicador del estado general del suelo, debido a que ésta es el reflejo de condiciones físico químicas óptimas para el desarrollo de los procesos metabólicos de microorganismos que actúan sobre los suelos por lo cual, constituye un indicador de la dinámica y la salud del recurso. Con la finalidad de evaluar la calidad de los suelos a través de la actividad microbiana en zonas cultivadas con plátano en el Sur del Lago de Maracaibo, se realizó un estudio en diferentes unidades de producción ubicadas en el municipio Colón del estado Zulia. Se seleccionaron lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor (AV y BV), se tomaron muestras compuestas de suelo de 0-20 cm de profundidad. Se determinó: carbono microbiano, respiración basal del suelo y cocientes microbiano y metabólico. Los resultados mostraron que los parámetros de vigor: número de manos por racimo; circunferencia del pseudotallo y altura del hijo de sucesión fueron significativamente más altos en AV con respecto a BV, mientras que, para el carbono microbiano, respiración basal del suelo y los cocientes microbiano y metabólico no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre lotes de vigor. La alta

Recibido el 03-06-2020 • Aceptado el 05-09-2020.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: gonzalezh@unesur.edu.ve

actividad microbiana estuvo estrechamente relacionada con la textura del suelo y a su vez, ésta influyó positivamente en los parámetros biométricos de las plantas.

Palabras clave: respiración basal, carbono microbiano, plátano.

Abstract

Microbial activity can serve as an indicator for the overall state of the soil, because this is the reflection of optimum physical - chemical conditions for the development of the metabolic processes of microorganisms that act on soils. Therefore, shows the dynamic and the health of the resource. In order, to evaluate the quality of the soils through microbial activity in cultivated plantain areas of the South of Maracaibo lake, a study was carried out in different production units located in the Colón municipality of Zulia state. where, some plantain plants batches were selected with high and low vigor (AV and BV) and composite samples of soil were taken from 0 to 20 cm of depth. In this research, the following variables was determinate: microbial carbon, basal soil respiration, as well as microbial and metabolic ratios. The results showed that the vigor parameters: number of hands per bunch; circumference of pseudo-stem and height of the son of succession, were significantly higher in AV over BV; While the microbial carbon, basal respiration of soil and microbial and metabolic quotients did not display differences statistical significant between batches of force. The high microbial activity was closely related to the soil texture and this positively influenced the biometric parameters of the plants.

Key words: basal respiration, microbial carbon, plantain.

Resumo

A atividade microbiana pode servir como indicador do estado geral do solo, porque é o reflexo de condições físico-químicas ótimas para o desenvolvimento dos processos metabólicos dos microrganismos que actuam nos solos e, portanto, constitui um indicador da dinâmica e da saúde do recurso. A fim de avaliar a qualidade do solo através da atividade microbiana em áreas cultivadas com bananas no sul do Lago Maracaibo, foi realizado um estudo em diferentes unidades de produção localizadas no município de Colón, no estado de Zulia. Foram selecionados lotes de bananeiras de alto e baixo vigor (AV e BV), e foram colhidas amostras de solo composto de 0-20 cm de profundidade. Foram determinados os seguintes: carbono microbiano, respiração basal do solo, e rácios microbianos e metabólicos. Os resultados mostraram que os parâmetros de vigor: número de mãos por cacho; circunferência do pseudostem e altura do filho sucessório foram significativamente mais elevados em AV em relação à BV, enquanto para o carbono microbiano, respiração basal do solo e rácios microbianos e metabólicos não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre lotes vigorosos. A elevada atividade microbiana estava intimamente relacionada com a textura do solo, que por sua vez influenciou positivamente os parâmetros biométricos das plantas.

Palavras-chave: respiração basal, carbono microbiano, banana.

Introducción

De los componentes del medio físico y de los recursos ambientales que conforman el territorio venezolano, los suelos constituyen uno de los recursos centrales, por cuanto sus potencialidades dependen en buena medida, de la capacidad de producción de alimentos, fibras y maderas. Sin embargo, la producción agrícola convencional, está representada por el manejo intensivo de los suelos y sin conocer a detalle suficiente este importante recurso; lo cual causa una disminución de su calidad, especialmente en relación con la producción de alimentos (Elizalde *et al.*, 2007).

El concepto de calidad es funcional e incluye variables que sirven para evaluar la condición del suelo, o de los indicadores de calidad de suelo, los cuales son herramientas de medición que ofrecen información sobre las propiedades, procesos y características del suelo, asimismo, son atributos medibles que revelan la respuesta de la productividad o funcionalidad del suelo al ambiente, e indican si la calidad del suelo mejora, permanece constante o decrece (Ghaemi *et al.*, 2014). De igual forma, la actividad microbiana es una medida integrada de la calidad de los suelos, ésta se desarrolla de acuerdo con factores intrínsecos y extrínsecos al sistema suelo, por lo cual constituye un indicador de la dinámica del suelo y de la salud del recurso. Así, la actividad microbiana puede ser el reflejo de óptimas condiciones físicas y químicas que permitan el desarrollo de los

Introduction

Soils constitute, one of the central components of the physical environment and the environmental resources that integrate the Venezuelan territory, since, their potentialities depend to a large extent on the production capacity of food, fiber and wood. However, conventional agricultural production is represented by intensive soil management without sufficient knowledge of this important resource; which causes a decrease in the quality, especially in relation to the production of food (Elizalde *et al.*, 2007).

The concept of quality is functional and includes variables that serve to evaluate the condition of the soil, or the indicators of soil quality, which are measurement tools that offer information on the properties, processes and characteristics of the soil, as well as attributes measurable that reveal the response of soil productivity or functionality to the environment, and indicate whether soil quality improves, remains constant or decreases (Ghaemi *et al.*, 2014). The microbial activity is an integrated measure of soil quality, it develops according to intrinsic and extrinsic factors to the soil system, which is an indicator of the dynamics of the soil and the health of the resource. Thus, the microbial activity may be the reflect of optimal physical conditions and chemical permitting the development of the metabolic processes of bacteria, fungi, algae and actinomycetes besides of its action on organic substrates (Mora, 2006; Moreira and Siqueira, 2006).

procesos metabólicos de bacterias, hongos, algas y actinomicetos y de su acción sobre los substratos orgánicos (Mora, 2006; Moreira y Siqueira, 2006).

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz (Lescot, 2014). Esta fruta constituye la base de la alimentación de muchas regiones tropicales y además representa una importante fuente de ingresos para los productores. En cuanto a las exportaciones de plátano realizadas por Venezuela, esta variable ha presentado una tendencia decreciente para los últimos años del periodo 2012-2019 (FAO, 2020), esto indica que esta operación comercial decayó paulatinamente; lo que ha conllevado a la pérdida de mercado internacional y del comercio con países con los cuales se ha tenido intercambio comercial en el pasado, perdiendo así alternativas para generar ingresos adicionales procedentes de la exportación de productos agrícolas (Terán, 2017).

A nivel nacional, el 70 % aproximadamente de la producción de plátano se concentra en la zona Sur del Lago de Maracaibo, específicamente en los estados Zulia, Trujillo, Mérida y Táchira. El estado Zulia, por su parte, ocupa el mayor número de áreas sembradas y las unidades de producción más grandes, especialmente aquellas situadas entre los ríos Escalante, Mucujepe y en las riberas del río Chama (Anido y Cartay, 2010; Terán, 2017).

El incremento en la aplicación de insumos de alto costo, así como la búsqueda de tecnología de punta para tratar de detener la disminución

Plantain is the fourth most important crop in the world after rice, wheat and corn (Lescot, 2014). This fruit forms the basis of the diet of many tropical regions and also represents an important source of income for producers. Regarding, plantain exports made by Venezuela, has presented a decreasing trend for the last years for the period from 2012 to 2019 (FAO, 2020), this indicates that this commercial operation gradually declined and produced the loss of the international market besides trade with countries which there have been commercial exchange in the past, thus losing alternatives to generate additional income from the exportation of agricultural products (Terán, 2017).

At the national level, approximately 70 % of plantain production is concentrated in the southern area of Maracaibo lake, which includes the states of Zulia, Trujillo, Mérida and Táchira. The state of Zulia, for its part, occupies the largest number of planted areas and the largest production units, especially those located between the Escalante and Mucujepe rivers and on the Chama river banks. (Anido and Cartay, 2010; Terán, 2017).

The increase in the application of high - cost inputs as well as search technology to try to stop the dramatic decline in performance and the production of crops have contributed to the accelerated deterioration of the biological characteristics of the soil (Acuña *et al.*, 2006; Rosales *et al.*, 2006). In this research, given the importance of the crop in the

vertiginosa en el rendimiento y la producción de los cultivos han contribuido al deterioro acelerado de las características biológicas del suelo (Acuña *et al.*, 2006; Rosales *et al.*, 2006). En ese sentido y dada la importancia del cultivo en la zona de producción, en este trabajo se evaluó la calidad de los suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón), a través de la actividad microbiana en una zona del Sur del Lago de Maracaibo en el estado Zulia, Venezuela.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en diferentes unidades de producción ubicadas entre el km 35 y el km 41 de los sectores: El Uvito, Bancada de Limones, Caño Negro y Cuatro Bocas de la parroquia el Moralito, municipio Colón del estado Zulia, Venezuela. Esta zona se encuentra a una altitud de 8 msnm y cuenta con una precipitación acumulada anual que varía de 1200 a 1500 mm, una temperatura promedio al año de 38 °C y una humedad relativa máxima de 90 % y media de 85 %.

Selección de los sitios de muestreo

Se seleccionaron siete unidades de producción de plátano, de las cuales, seis cuentan con una superficie de menos de 10 ha y una entre 12 y 15 ha. De acuerdo con la metodología propuesta por Rosales *et al.* (2008), en las seis unidades de producción con menos de 10 ha se procedió a delimitar una parcela de 20 m x 50 m (1000 m²) por cada lote de vigor; y en la unidad

production area, the quality of soils cultivated with plantain (*Musa* AAB subgroup plantain cv. Harton) was evaluated, through microbial activity in an area of the South of Maracaibo lake in the Zulia state, Venezuela.

Materials and methods

Study area

The study was carried out in different production units located between km 35 and km 41 of the sectors: Uvito, Bancada de Limones, Caño Negro and Cuatro Bocas of Moralito parish, Colón municipality of Zulia state, Venezuela. This area has an altitude of 8 meters above sea level and an annual accumulated precipitation that varies from 1200 to 1500 mm with an average temperature per year of 38 °C; Moreover, a maximum relative humidity of 90 % and average of 85 %.

Selection of sampling sites

Seven plantain production units were selected, which six have an area less than 10 ha and one between 12 and 15 ha. According to the methodology proposed by Rosales *et al.*, (2008), in the six production units with less than 10 ha, a plot of 20 m x 50 m (1000 m²) was delimited for each vigor batch; and the production unit between 12 ha and 15 ha was demarcated by two plots with the same force per surface unit.

Criteria for selecting high and low vigor plants

The high and low vigor plants batches were selected using the criteria indicated by Rodríguez and Rodríguez (1998), who specifies that

de producción entre 12 y 15 ha se procedió a demarcar dos parcelas con la misma superficie por cada lote vigor.

Criterios para seleccionar plantas de alto y bajo vigor

La selección de lotes con plantas de alto y bajo vigor se realizó tomando el criterio señalado por Rodríguez y Rodríguez (1998), quienes señalan que valores de circunferencia del pseudotallo de la planta madre por encima de 76,36 cm en promedio y siete manos por racimo, pueden ser consideradas como el arquetipo ideal de la cepa madre de elevada productividad del plátano Hartón en Venezuela, así como también dieciséis hojas activas por retoño y una media de 5,48 hojas con ancho de lámina foliar mayor de 10 cm. Estos autores también indican que la comparación de estas características biométricas de las plantas madre y su retoño, con las de una plantación cualquiera, permitirían determinar si su potencial productivo es alto, así como también la base para el manejo de la plantación, complementar el diagnóstico nutricional del cultivo y determinar su potencial productivo.

Determinación de los parámetros de vigor de plantas

Para calcular la densidad poblacional de plantas por hectárea ($\text{plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$) se procedió a multiplicar el número de plantas registradas en cada parcela de 1000 m² por 10 para relacionarlo a una hectárea. Igualmente, se seleccionaron 20 plantas con racimos próximos a ser cosechados que fueron marcados con cintas para determinar

circumference values of the mother plant pseudo-stem above of 76.36 cm on average and seven hands per bunch, can be considered as the ideal archetype of the high productivity mother strain of the Hartón plantain in Venezuela as well as sixteen active leaves per shoot with an average of 5.48 leaves and a leaf blade width greater than 10 cm. They also show that the comparison of these biometric characteristics of mother plants and their offspring, with respect to any plantation, would allow to determine if their productive potential is high, moreover be, the base for the management of the plantation alike the complement of the diagnosis nutrition crop and its productive potential.

Vigor parameters plant determination

To calculate the population density of plants per hectare ($\text{plants}\cdot\text{has}^{-1}$) proceeded to multiply the number of plants registered in each plot of 1000 m² for 10 to relate to one hectare. Similarly, 20 plants were selected with bunches near to be harvested that were marked with tape to determine the following vigor parameters: number of hands (finger set or plantain) per cluster, circumference of pseudo-stem and height of the succession child, parameters that are highly correlated with the production or vigor of the plantation (Rosales *et al.*, 2008). The circumference of the pseudo-stem is evaluated to the time of flowering, at the base of the stem to 100 cm from the ground, using a tape graduated. At the time of harvest, the height of

los siguientes parámetros de vigor: número de manos (conjunto de dedos o plátanos) por racimo, circunferencia del pseudotallo y altura del hijo de sucesión, parámetros que están altamente correlacionados con la producción o vigor de la plantación (Rosales *et al.*, 2008). La circunferencia del pseudotallo se evaluó al momento de la floración, en la base del tallo a 100 cm desde el suelo, utilizando una cinta métrica graduada. Al momento de la cosecha, se midió la altura del hijo de sucesión al frente del mismo, realizando esta medida desde el nivel del suelo hasta la inserción del pseudopetiole de la última hoja expandida con la hoja candela.

Una vez desarrollado el racimo, se procedió a contar todas las “manos” de cada racimo, obteniéndose igualmente el total de dedos por racimo de la planta madre.

Diseño experimental y toma de muestras de suelos

El diseño de muestreo fue sistemático dirigido, éste se basa en el seguimiento de un patrón geométrico específico donde las muestras son tomadas a intervalos regulares a lo largo de ese patrón; en el cual se seleccionaron parcelas de 20 m x 50 m (1000 m²) con plantas de alto y bajo vigor.

Una vez seleccionadas las parcelas, se procedió a tomar las muestras de suelo para la determinación de los parámetros biológicos: carbono microbiano, respiración microbiana o respiración basal del suelo y cocientes microbiano y metabólico. En cada parcela seleccionada por

the sucker was measured in front of it, making this measured from the level of the ground to the insertion of the pseudo-petiole of the last sheet expanded with the candela sheet.

Once the cluster had developed, all the “hands” of each cluster were counted to get the total number of fingers per cluster of the mother plant.

Experimental design and soil sampling

The sampling design was directed systematically. It is based on the monitoring of a specific geometric pattern, where samples are taken at regular intervals along of pattern; in which, plots of 20 m x 50 m (1000 m²) with high and low vigor plants were selected.

Then, the soil samples were taken to determine the biological parameters: microbial carbon, microbial respiration or basal soil respiration, and microbial and metabolic quotients. In each plot selected per production unit, were taken in a zigzag form, nine simple samples with a 20 cm of depth to conform three composite samples, thus 48 samples in the total batch of vigor was obtained. The samples were taken, immediately, to the soils labs of microbiology and phytopathology at the National Experimental University south of the lake, “Jesus Maria Semprum” for their respective processing.

Determination of physical-chemical characteristics of soil

Determination of the texture

The soil texture was determined following the hydrometer method of Gee and Bauder (1986). The process consisted in weighing 40 g of dry soil

unidad de producción se tomaron en forma de zigzag nueve muestras simples a la profundidad de 20 cm para conformar tres muestras compuestas, de esta manera se obtuvo 48 muestras compuestas en el total de lotes de vigor. Las muestras fueron llevadas inmediatamente a los laboratorios de suelo, de microbiología y de fitopatología de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, "Jesús María Semprum", para su respectivo procesamiento.

Determinación de características físicas y químicas del suelo

Determinación de la textura

La textura del suelo se determinó siguiendo el método del hidrómetro de Gee y Bauder (1986). El procedimiento consistió en pesar 40 g de suelo seco tamizado con una malla No. 10. Se adicionaron 100 mL de una solución dispersante de 50 g de hexametáfosfato de sodio en 1 L de agua, se agitó en una licuadora durante 30 min y luego se transfirió a un cilindro graduado de 1 L, se adicionó agua destilada hasta completar el volumen y se agitó con una varilla de metal durante 1 min para homogenizar la mezcla. Luego de agitar la muestra a los 40 seg se midió la cantidad de arena con la ayuda de un hidrómetro. Este mismo procedimiento se realizó a las 8 h y 30 min para determinar el porcentaje de arcilla del suelo. Por diferencia entre ambas medidas se obtuvo el porcentaje de limo.

Determinación de humedad

La humedad gravimétrica (W) se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Gardner (1986). Una vez obtenido el peso de

sieved with a No. 10 mesh. Then, 100 mL of a dispersant solution of 50 g of sodium hexametaphosphate in 1 L of water were added, stirred in a blender for 30 min. After that, transferred to a 1 L graduated cylinder, where, distilled water was added until the volume was completed and stirred with a metal rod for 1 min to homogenize the mixture. After shaking the sample at 40 sec, the amount of sand was measured with a hydrometer. This same procedure was carried out at 8 h and 30 min to determine the percentage of clay in the soil. By difference between both measurements, the percentage of silt was obtained.

Determination of humidity

The gravimetric moisture (W) was determined according to the methodology proposed by Gardner (1986). Once the weight of wet soil and dry soil was obtained when the following equation was applied:

$$W = (\text{Wet soil weight} - \text{Dry soil weight}) / \text{Dry soil weight} * 100$$

Where:

W: soil moisture content.

Determination of active acidity

Active acidity was determined in aqueous extract with a soil-water ratio of 1: 2.5, by stirring for two hours (McLean, 1982), using a pH meter of the brand Digital pH meter, model "pH- 2006".

Determination of electrical conductivity

The electrical conductivity was determined in the same extract used for the active acidity determination, with a HANNA conductivity meter, model HI 9033, previously calibrated with a KCL

suelo húmedo y suelo seco se aplicó la siguiente ecuación:

$$W = (\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco}) / \text{Peso de suelo seco} * 100$$

Dónde: W: contenido de humedad del suelo.

Determinación de acidez activa

La acidez activa se determinó en extracto acuoso con una relación suelo-agua de 1:2,5, en agitación durante dos horas (McLean, 1982), mediante el uso de un medidor de pH marca Digital pH meter, modelo "pH-2006".

Determinación de conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se determinó en el mismo extracto utilizado para determinar la acidez activa, empleando un conductivímetro HANNA, modelo HI 9033, calibrado previamente con una solución de KCL 0,040 mol.L⁻¹ a una temperatura de 25 °C.

Determinación de materia orgánica total

La determinación de la materia orgánica total de suelo se realizó siguiendo el método de digestión húmeda propuesta por Walkley-Black (1934), modificado por Sims y Haby (1971). El procedimiento se basa en la oxidación incompleta del carbono orgánico por medio de una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Se pesaron 0,5 g de muestra tamizada a 2 mm, se colocaron en una fiola de 125 mL, se le agregó 2 mL de una solución de dicromato de potasio 1N y 4 mL de ácido sulfúrico concentrado y se dejó en reposo toda la noche. Luego al siguiente día, el contenido de la fiola se trasladó a tubos plásticos con capacidad de 50 mL, para centrifugarlos durante 10 minutos.

solution of 0.040 mol.L⁻¹ with a temperature of 25 °C.

Determination of total organic matter

The determination of the total organic matter of the soil was carried out following the wet digestion method proposed by Walkley-Black (1934), modified by Sims and Haby (1971). The process is based on the incomplete oxidation of organic carbon by means of a mixture of potassium dichromate and sulfuric acid. 0.5 g of sample sieved to 2 mm were weighed, placed in a 125 mL flask, 2 mL of a 1N potassium dichromate solution and 4 mL of concentrated sulfuric acid were added and left to stand overnight. Then the next day, the contents of the flask were transferred to plastic tubes with a capacity of 50 mL, to be centrifuged for 10 minutes. Consecutively, they were transferred to 25 mL in a volumetric flask and made up to the mark with distilled water.

To perform the calibration curve, a glucose solution with a concentration of 50 mg C.mL⁻¹ was prepared. From this solution, 5, 10, 15 and 20 mL were taken with graduated pipettes and placed into 100 mL volumetric flasks, to obtain standards with C concentrations of 2.5; 5; 7.5 and 10 mg C.mL⁻¹. Subsequently, 1 mL of each standard solution were taken for be placed in 25 mL volumetric flasks and performed the same treatment described above for the soil samples. The absorbance of the standards and samples was measured in a UV-Visible photocolormeter of the brand Thermo-Scientific GENESYS 10uv Series at a wavelength of

Consecutivamente, se trasvasaron a balones aforados de 25 mL y se enraso con agua destilada.

Para realizar la curva de calibración se preparó una solución de glucosa con una concentración de 50 mg C.mL⁻¹. De esta solución se tomaron 5, 10, 15 y 20 mL con pipetas graduadas y se colocaron en balones aforados de 100 mL, para obtener patrones con concentraciones de C de 2,5; 5; 7,5 y 10 mg C.mL⁻¹. Posteriormente, se tomó 1 mL de cada solución patrón, se colocó en balones aforados de 25 mL y se realizó el mismo tratamiento descrito anteriormente para las muestras de suelo. La absorbancia de los patrones y las muestras se midió en un fotocolorímetro UV-Visible marca Thermo Scientific Serie GENESYS 10uv a una longitud de onda de 600 nm. La concentración de C (mg C.g⁻¹ muestra) en cada muestra de suelo se obtuvo a partir de la ecuación de regresión obtenida al graficar los datos de absorbancia de la curva de calibración versus las respectivas concentraciones de C de los patrones. Los resultados fueron calculados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ COT} = (\text{mg C.g}^{-1} \text{ muestra}) * 0,2$$

Dónde:

% COT: Porcentaje de carbono orgánico total.

0,2: se obtiene de dividir 0,1 entre el peso del suelo usado (0,5 g). El valor de 0,1 resulta de transformar los mg C.g⁻¹ muestra en porcentaje.

El porcentaje de materia orgánica total se obtuvo de la siguiente manera:

$$\% \text{ MOT} = 1,724 * (\% \text{ COT})$$

600 nm. The C concentration (mg C.g⁻¹ sample) in each soil sample was obtained from the regression equation obtained by graphing the absorbance data of the calibration curve versus the respective C concentrations of the standards. The results were calculated according to the following formula:

$$\% \text{ TOC} = (\text{mg C.g}^{-1} \text{ sample}) * 0.2$$

Where:

% TOC: Percentage of total organic carbon.

0.2: obtained by dividing 0.1 in the weight of the soil used (0.5 g). The value of 0.1 results from transforming the mg C.g⁻¹ ample into a percentage.

The percentage of total organic matter was obtained as follows:

$$\% \text{ MOT} = 1.724 * (\% \text{ COT})$$

Where:

% MO: Percentage of total organic matter.

1.724: Van Bemmelen factor, which is based on the assumption that soil organic matter contains 58 % CO.

Determination of microbial activity of soils

The carbon associated with the soil microbial biomass was determined using the fumigation-extraction technique, in which the soil microbiota is killed with chloroform and extracted with a solution of potassium sulfate (K₂SO₄) 0,5 N (Vance et al . , 1987). For this, they were weighed and placed in a vacuum desiccator 5 g of fresh soil in beakers of 25 mL and a 30 mL beaker with free-chloroform ethanol. A vacuum was made to create an atmosphere of chloroform and allowed in the dark for 24 hours. For the samples without fumigation, the same procedure indicated above was fol-

Dónde:

% MO: Porcentaje de materia orgánica total.

1,724: Factor de Van Bemmelen, el cual parte del supuesto de que la materia orgánica del suelo contiene 58 % de CO.

Determinación de actividad microbiana de los suelos

El carbono asociado con la biomasa microbiana del suelo se determinó mediante la técnica de fumigación-extracción, en la cual se provoca la muerte de la microbiota del suelo con cloroformo y se extrae con una solución de sulfato de potasio (K_2SO_4) 0,5 N (Vance *et al.*, 1987). Para ello, se pesaron y colocaron en un desecador al vacío, 5 g de suelo fresco en vasos precipitados de 25 mL y un vaso precipitado con 30 mL de cloroformo libre de etanol, se hizo el vacío para crear una atmósfera de cloroformo y se dejó en la oscuridad por 24 horas. Para las muestras sin fumigar se siguió el mismo procedimiento antes señalado, pero en lugar de cloroformo se colocó agua destilada.

Consecutivamente, transcurridas las 24 horas, se sacaron los vasos precipitado de cada desecador y las muestras de suelo se transfirieron a tubos de 50 mL, se le adicionaron 25 mL de una solución de sulfato de potasio (K_2SO_4) 0,5 N, se agitaron por 30 minutos y se centrifugaron a 1500 rpm por 15-20 minutos. El sobrenadante se filtró en papel Whatman N° 1, se recogió en balones de 25 mL y se aforó con K_2SO_4 0,5 N. Los extractos se transfirieron a envases plásticos con tapa de rosca y se refrigeraron.

lowed, but instead of chloroform, distilled water was placed.

Consecutively, after 24 hours, they took off the beakers of each desiccator and the samples of soil were transferred to 50 mL tubes, they were added 25 mL of a solution of potassium sulfate (K_2SO_4) 0.5 N. then, were stirred for 30 minutes and were centrifuged at 1500 rpm for 15-20 minutes. The supernatant was filtered on Whatman paper No. 1, collected in 25 mL volumetric flasks and made up with 0.5 N K_2SO_4 . The extracts were transferred to plastic screw-top containers and refrigerated.

Then, a 4 mL aliquot of the extract was taken and placed in 100 mL digestion tubes to which added 1 mL of potassium dichromate solution ($K_2Cr_2O_7$) 0.0667 M and 5 mL of H_2SO_4 concentrated; Likewise, two blanks (cold and hot) were prepared, treated with the same amounts of $K_2Cr_2O_7$ and H_2SO_4 . The tubes with the samples and a blank (hot) were placed in a digester block previously heated to 150 °C for a period of 45 minutes. The tubes were allowed to cool and their contents were transferred to 100 mL flasks. 0.3 mL (3-4 drops) of ferroin indicator solution was added to each vial. Thus, for the determination of microbial carbon, the samples (M), the hot blank (BC) and the cold blank (BF) were titrated with a standardized solution of ammonia ferrous sulfate [$Fe (NH_4)_2 (SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] 0.0333M. The organic carbon extracted in the fumigated and non-fumigated samples was calculated using the following formula:

Luego, se tomó una alícuota de 4 mL del extracto y se colocó en tubos de digestión de 100 mL a los que se le adicionó 1 mL de solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 0,0667 M y 5 mL de H_2SO_4 concentrado; asimismo, se prepararon dos blancos (frío y caliente), tratados con las mismas cantidades de $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 . Los tubos con las muestras y un blanco (caliente) se colocaron en un bloque digestor previamente calentado a 150 °C por un período de 45 minutos. Los tubos se dejaron enfriar y su contenido se transfirió a fioas de 100 mL de capacidad. A cada fiola se le agregó 0,3 mL (3-4 gotas) de solución indicadora de ferroína. Así, para la determinación del carbono microbiano, de las muestras (M), el blanco caliente (BC) y el blanco frío (BF) fueron titulados con una solución estandarizada de sulfato ferroso amoniacal [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] 0,0333M. El carbono orgánico extraído en las muestras fumigadas y no fumigadas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$C \text{ (mg.k}^{-1} \text{ suelo)} = (A) * (N \text{ sulfato}) * (0,0033) * (K) * (1000) * (1000) / (V) * (P)$$

Dónde:

$$A = ((BC - M) * (BF - BC)) / BF + (BC - M)$$

M= solución de sulfato ferroso amoniacal gastada durante la titulación de la muestra (mL)

BC= solución de sulfato ferroso amoniacal consumido durante la titulación del blanco caliente (mL)

BF= solución de sulfato ferroso amoniacal consumido durante la titulación del blanco frío (mL)

N= normalidad del sulfato ferroso amoniacal (0,0333)

$$C \text{ (mg.k}^{-1} \text{ suelo)} = (A) * (N \text{ sulfato}) * (0,0033) * (K) * (1000) * (1000) / (V) * (P)$$

Where:

$$A = ((BC - M) * (BF - BC)) / BF + (BC - M)$$

M = ferrous ammoniacal sulfate solution spent during the titration of the sample (mL)

BC = ammoniacal ferrous sulfate solution consumed during hot blank titration (mL)

BF = ammoniacal ferrous sulfate solution consumed during cold blank titration (mL)

N = normality of ammonium ferrous sulfate (0.0333)

V = aliquot extract (mL)

0.003 = weight of 1 milliequivalent carbon (g)

K = Amount of extractant solution of potassium sulfate (mL)

P = dry weight of the sample (g)

Similarly, the amount of C in the soil biomass (Cmic) was calculated as follows:

$$Cmic = EC \cdot KEC^{-1}$$

Where:

EC = (Organic C in the extract of the fumigated sample) - (Organic C in the extract of the non-fumigated sample)

KEC = 0.38. Correction factor that represents the extractable fraction of the total carbon bound to the microbial biomass.

For microbial respiration or basal soil respiration, the analysis was carried out using the static incubation technique, where the concentration of CO_2 released (product of biological activity and the content of easily mineralizable organic carbon present in the soil) is analyzed. CO_2 is captured

V= alícuota del extracto (mL)

0,003= peso de 1 miliequivalente de carbono (g)

K= cantidad de la solución extractante de sulfato de potasio (mL)

P= peso seco de la muestra (g)

De igual manera, la cantidad de C en la biomasa del suelo (Cmic), se calculó de la siguiente manera:

Dónde:

EC= (C orgánico en el extracto de la muestra fumigada) – (C orgánico en el extracto de la muestra no fumigada)

KEC= 0,38. Factor de corrección que representa la fracción extraíble del total del carbono unido a la biomasa microbiana.

Para la respiración microbiana o respiración basal del suelo, el análisis se realizó mediante la técnica de incubaciones estáticas, donde se analiza la concentración de CO₂ desprendido (producto de la actividad biológica y del contenido de carbono orgánico fácilmente mineralizable presente en el suelo). El CO₂ es capturado en una solución alcalina (NaOH 0,2 N), durante 10 días de incubación bajo condiciones ambientales óptimas (Alef y Nannipieri, 1995). De esta manera, se pesó 20 g de suelo húmedo sin tamizar, colocándolo en un frasco con capacidad de 500 mL, consecutivamente se introdujo un vial con 15 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 0,2N, con el fin de atrapar el CO₂ liberado, posteriormente se selló el frasco y se colocó en la oscuridad con una temperatura aproximada de 22 °C.

Por consiguiente, se tituló la solución de hidróxido de sodio con ácido clorhídrico estandarizado (HCl) 1 N

in an alkaline solution (0.2 N NaOH), during 10 days of incubation under optimal environmental conditions (Alef and Nannipieri, 1995). In this way, 20 g of moist soil was weighed without sieving, placing it in a flask with a capacity of 500 mL; Then, a vial with 15 mL of 0.2 N sodium hydroxide (NaOH) was introduced, in order to trap the CO₂ released, after that, the flask was subsequently sealed and placed in the dark with an approximate temperature of 22 ° C.

Therefore, the sodium hydroxide solution was titrated with standardized hydrochloric acid (HCl) 1 N, after precipitation, of the carbonates with a 0.05 N barium chloride (BaCl₂) solution and phenolphthalein was used as indicator. In the case of the (blanks), glass containers alone with 0.2N NaOH traps were used to determine the CO₂ content in the air. The calculations were made based on the weight of the dry soil and the results were expressed in mg C-CO₂ kg⁻¹ 24 h. In the same way, the amount of mg of C released in form of CO₂ was calculated using the following formula:

$$\text{mg C} - \text{CO}_2 = (\text{VB} - \text{VM}) \times \text{NHCL} \times 6$$

Where:

VB = amount of hydrochloric acid spent to titrate the blank

VM = amount of hydrochloric acid spent to titrate the soil sample

NHCL = Normality of hydrochloric acid

6 = equivalent weight of carbon

The determination of the microbial quotient was carried out through relation between the

previa precipitación de los carbonatos con una solución de cloruro de bario (BaCl_2) 0,05 N y se usó fenoltaleína como indicador. En el caso de los (blancos) se utilizaron recipientes de vidrio solos con trampas de NaOH 0,2N para determinar el contenido de CO_2 del aire. Los cálculos se hicieron con base en el peso del suelo seco y los resultados se expresaron en $\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ 24 h}$. De la misma forma, se calculó la cantidad de mg de C desprendidos en forma de CO_2 mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg C} - \text{CO}_2 = (\text{VB} - \text{VM}) \times \text{NHCL} \times 6$$

Dónde:

VB= cantidad de ácido clorhídrico gastado para valorar el blanco

VM= cantidad de ácido clorhídrico gastado para valorar la muestra de suelo

NHCL= Normalidad del ácido clorhídrico

6= peso equivalente del carbono

La determinación del cociente microbiano se realizó mediante la relación del carbono de la biomasa microbiana y el carbono orgánico total del suelo. Mientras que para el cociente metabólico (qCO_2) se relacionó la respiración basal del suelo ($\mu\text{g C-CO}_2$) con la cantidad de biomasa microbiana (mg C-biomasa) por unidad de tiempo (hora) (Anderson y Domsch, 1989).

Diseño experimental

Una vez obtenidos los resultados de campo y laboratorio se procedió a realizar un análisis de varianza porque se cumplieron los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza a independencia de los datos. Cuando el ANOVA fue significativo ($p < 0,05$) se

carbon of the microbial biomass and the total organic carbon of the soil. While, for the metabolic quotient (qCO_2) basal soil respiration ($\mu\text{g C-CO}_2$) was related to the amount of microbial biomass (mg C-biomass) per unit of time (hour) (Anderson and Domsch, 1989).

Experimental design

After the field and laboratory results were obtained, an analysis of variance was realized because the assumptions of normality, homogeneity of variance and data independence were satisfied. When the ANOVA was significant ($p < 0.05$), a Tukey mean comparison test was applied through the Statistix version 8.0 program.

Results and discussion

Parameters on the force of the plantain plants

The hands number per bunch (NMR), the circumference of pseudo-stem (CP) and the height of the sucker (AHS), were significantly ($p < 0.05$) higher in the plantain plants batches with high vigor (AV) compared to low vigor (BV). Also, to performing the estimation of the plant density (DP) per hectare significant trend was reflected and greater in batches of high vigor (Table 1).

Similar results were reported by González-Pedraza *et al.* (2014), in a plantain-grown farm located at the Francisco Javier Pulgar municipality, Zulia state, Venezuela, with relatively similar characteristics soil. The high vigor batches had a greater: number of hands per bunch, pseudo-stem

aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey, a través del programa Statistix versión 8,0.

Resultados y discusión

Parámetros sobre el vigor de las plantas de plátano

El número de manos por racimo (NMR), la circunferencia del pseudotallo (CP) y la altura del hijo de sucesión (AHS), fueron significativamente ($p < 0,05$) más altos en lotes de plantas de plátano de alto vigor (AV) con respecto a los de bajo vigor (BV); asimismo, al realizar la estimación de la densidad de plantas (DP) por hectárea se reflejó una tendencia significativa y mayor en lotes de alto vigor (cuadro 1).

circumference of the mother plant and a height of the successional son, compared to the low vigor batches. For their part, Hernández *et al.* (2007) at the El Paraíso area (LN: 8°56'00" and LW: 71°22'00"), Colón municipality, south of the Maracaibo Lake in Zulia state, Venezuela, didn't detect statistically significant differences in the number of hands per bunch on soils with a silty loam to silty clay loam texture or with pH from 7.7 to 7.1.

The average value for the pseudo-stem circumference (CP) in high vigor batches were relatively high, related to the data reported (55.9 cm) by Delgado *et al.* (2008), in a study carried out in the central region of Barinas state, Venezuela, under soil

Cuadro 1. Parámetros de vigor de plantas de plátano en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela.

Table 1. Vigor parameters of plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela.

Vigor de plantas	NMR	CP (cm)	AHS (m)	DP (plantas.ha ⁻¹)
AV	7,50±0,97 ^{a*}	66,86±8,29 ^a	2,56±0,53 ^a	3140
BV	4,96±0,89 ^b	59,44± 9,16 ^b	2,03±0,48 ^b	2595
P	<0,05	<0,05	<0,05	

*Valor promedio ± desviación estándar seguido por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por prueba de Tukey entre lotes de vigor de plantas de plátano. AV: Lotes de plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas bajo vigor. NMR: número de manos por racimo; CP: circunferencia del pseudotallo; AHS: altura del hijo de sucesión.

*Average value ± standard deviation followed by different lowercase letters between columns indicate significant differences ($p < 0.05$) between vigor batches of plantain plants, by means of Tukey's test. AV: high vigor plants batches. BV: Low vigor plants batches. NMR: hands number per bunch; CP: circumference of pseudo-stem; AHS: height of succession child.

Resultados similares fueron reportados por González-Pedraza *et al.* (2014), en una finca cultivada

and climate conditions very similar to those of this study, in plantain plantations (*Musa* AAB cv. Hartón

con plátano ubicada en el municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia, Venezuela, con características de suelos relativamente similares. Los lotes de alto vigor presentaron mayor número de manos por racimo, circunferencia del pseudotallo de la planta madre y altura del hijo de sucesión, que los lotes de bajo vigor. Por su parte, Hernández *et al.* (2007) en una zona de El Paraíso (LN: 8°56'00" y LW: 71°22'00"), municipio Colón, al Sur del Lago de Maracaibo del estado Zulia, Venezuela, no detectaron diferencias estadísticamente significativas en el número de manos por racimo, en suelos con textura de franco limoso a franco arcillo limoso, con pH de 7,7 a 7,1.

El valor promedio para la circunferencia del pseudotallo (CP) en lotes de alto vigor fueron relativamente altos, en comparación con los datos reportados (55,9 cm) por Delgado *et al.* (2008), en un trabajo realizado en la región central del estado Barinas, Venezuela, bajo condiciones de suelo y clima muy similares a las de este estudio, en plantaciones de plátano (*Musa* AAB cv. subgrupo plátano Hartón) con densidades de siembra de 1111 plantas.ha⁻¹; de igual forma, este valor (66,86 cm) es bajo al relacionarse con lo señalado por González-Pedraza *et al.* (2014) con 80,95 cm en CP.

Características físicas y químicas en los suelos cultivados con plátano

En las características químicas evaluadas, tales como: la acidez activa, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y el carbono orgánico total, no se observaron diferencias significativas entre los lotes de

plantain subgroup) with planting densities of 1111 plants. ha⁻¹. In the same way, this value (66, 86 cm) is low related to that indicated by González-Pedraza *et al.* (2014) with 80.95 cm in CP.

Physical and chemical characteristics in soils cultivated with plantain

In the chemical characteristics evaluated, such as, the active acidity, the electrical conductivity, the organic matter and the total organic carbon, no significant differences were observed between the batches of AV and BV like on the percentages of clay in both vigor batches (Table 2). There were statistically significant differences in the percentages of moisture, silt and sand between the AV and BV batches; observing a higher percentage of moisture and silt in AV batches compared to those of BV, and sand in BV batches, which probably influenced the lower percentage of moisture found in those batches. These results are similar to those reported by González-Pedraza *et al.* (2014), whose pointed out that the moisture content and the silt percentage were significantly lower ($p < 0.05$) in the low vigor batches, while the sand percentage was higher in them.

Microbial carbon in plantain-grown soils

No significant differences ($p > 0.05$) were observed in microbial carbon (CMIC) of soils between high and low vigor batches (figure 1).

The Cmic values found in the AV and BV lots are higher than those reported for other cultivated tropical

AV y los de BV; al igual que en los porcentajes de arcilla en ambos lotes de vigor (cuadro 2). De igual forma, hubo diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de humedad, limo y arena entre los lotes de AV y de BV; observándose mayor porcentaje de humedad y limo en lotes de AV con respecto con los de BV, y de arena en los de BV, lo cual probablemente incidió en el menor porcentaje de humedad encontrado en esos lotes.

soils (De Barros *et al.*, 2007). Unlike the results found in this study, González-Pedraza *et al.* (2014), where, were found significant differences ($p < 0.05$) in the Cmic between high vigor (VA) and low vigor (BV) batches. These authors, point out that the AV batches had lower content Cmic regarding BV, concluding that the soils in AV are subjected to greater stress condition compared with BV, and the texture is playing an important role in this behavior.

Cuadro 2. Características físicas y químicas en los suelos con plantas de plátano de alto (AV) y bajo vigor (BV) en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela.

Table 2. Physical and chemical characteristics in high vigor (AV) and low vigor (BV) soils on plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela.

Características	Vigor de plantas	
	AV	BV
Limo (%)	77,54±0,11 ^a	63,54±0,40 ^b
Arcilla (%)	4,79±0,20 ^a	4,81±0,22 ^a
Arena (%)	17,66±0,48 ^b	31,66±0,47 ^a
Humedad (%)	20,11±0,23 ^a	15,46±0,19 ^b
Acidez activa	5,87±0,05 ^a	6,01±0,06 ^a
Conductividad eléctrica (mS.cm ⁻¹)	0,12±0,09 ^a	0,09±0,05 ^a
Materia orgánica (%)	5,90±0,24 ^a	6,23±0,29 ^a
Carbono orgánico total (%)	3,46±0,23 ^a	3,61±0,29 ^a

*Valor promedio ± desviación estándar seguido por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$), por prueba de Tukey. AV: Plantas de alto vigor. BV: Plantas de bajo vigor.

*Average value ± standard deviation followed by different lowercase letters between columns indicate significant differences ($p < 0.05$), by means of Tukey's test. AV: high vigor plants batches. BV: Low vigor plants batches.

Estos resultados son similares a los reportados por González-Pedraza *et al.* (2014), quienes señalaron que el contenido de humedad y el porcentaje de limo fueron significativamente más bajos ($p < 0,05$) en los lotes de bajo

Similarly, the levels of microbial carbon are affected by agroclimatology that affects samples *in situ*, i.e., moisture, heat, organic waste biodiversity to the ecosystem and aggressive substances to the microbial

vigor, mientras que el porcentaje de arena resultó más alto en los lotes de plantas de bajo vigor.

Carbono microbiano en los suelos cultivados con plátano

No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el carbono microbiano (Cmic) de los suelos entre los lotes de alto y bajo vigor (figura 1).

Los valores de Cmic encontrado en los lotes de AV y BV están por encima a los reportados para otros suelos tropicales cultivados (De Barros *et al.*, 2007). A diferencia de los resultados encontrados en este estudio, González-Pedraza *et al.* (2014), encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el Cmic entre lotes de alto vigor (AV) y bajo vigor (BV). Estos autores señalan que los lotes AV presentaron menor contenido de Cmic con respecto a BV, concluyendo que los suelos en AV están sometidos a una mayor condición de estrés en comparación con BV, y la textura está desempeñando un papel importante en este comportamiento.

De igual forma, los niveles de carbono microbiano se ven afectados por la agroclimatología que afecta las muestras *in situ*, es decir, la humedad, el calor, la biodiversidad de residuos orgánicos al ecosistema y por sustancias agresivas a la actividad microbiana (Acuña *et al.*, 2006). En este estudio es posible que el mayor porcentaje de humedad ($20,10 \pm 8,18$) encontrado en los suelos de AV con respecto a los de BV ($15,46 \pm 7,06$) permita unas mejores condiciones del suelo para la realización de la actividad de los microorganismos del suelo.

activity (Acuña *et al.*, 2006). In this study, it is possible that the highest percentage of moisture (20.10 ± 8.18) found in soils of AV with respect to those of BV (15.46 ± 7.06) allows better soil conditions to carry out the activity of soil microorganisms.

Basal soil respiration (C-CO₂)

Statistically significant differences ($p > 0.05$) were not observed in the basal soil respiration between high and low vigor plantain batches (figure 2). However, manifested a slight increase in the C-CO₂ in batches of BV. The basal respiration data (C-CO₂) obtained in this study were higher than those reported in other tropical agricultural soils (De Barros *et al.*, 2007; González-Pedraza *et al.*, 2014).

For their part, González-Pedraza *et al.* (2014), observed significant differences between plantain batches production, being higher in batches of AV with respect to those of the BV; difference, possibly attributed to the composition of the microbial communities of both soils; Even though, the microorganisms present in each site were not characterized. Respiration is an indicator of microbial activity and the decomposition of specific soil substrates (Acuña *et al.*, 2006); Likewise, it gives an idea of the dynamics of its biota and, therefore, of the metabolic processes that develop in it; Such processes, vary depending on the biophysical and climatic factors of the soil and the use of the soil, for which, their measurement is an indicator of the microbial biomass present.

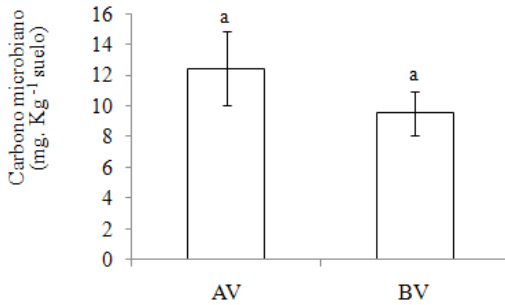


Figura 1. Carbono microbiano en suelos con plantas de plátano de alto y bajo vigor en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Columnas ± barras de error estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas entre lotes de plantas de plátano ($p < 0,05$). AV: Lotes de plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas de bajo vigor.

Figure 1. Microbial carbon in soils with high and low vigor plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela. *Columns ± standard error bars accompanied by different letters indicates statistical differences between plantain plants batches ($p < 0.05$). AV: High vigor plants batches. BV: Low vigor plant batches.

Respiración basal del suelo (C-CO₂)

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la respiración basal de los suelos entre lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor (figura 2). No obstante, se manifestó un ligero incremento en la C-CO₂ en lotes de BV. Los datos de respiración basal (C-CO₂) obtenidos en este estudio fueron mayores a los reportados en otros suelos agrícolas tropicales (De Barros *et al.*, 2007; González-Pedraza *et al.*, 2014).

Por su parte, González-Pedraza *et al.* (2014), observaron diferencias significativas entre lotes de producción de plátano, siendo más altos en lotes de AV con respecto a los de BV; diferencia

C-CO₂ accumulated respiration

For the second day of incubation the same values of mg C. kg soil⁻¹.day⁻¹ were observed, as AV batches as in those of BV. Between batches more C-CO₂ was appreciated in BV compared to AV (figure 3). By the fourth day of incubation there was an accelerated increase in C-CO₂ in AV batches, which drastically decreased on the tenth day of incubation. On the other hand, in the BV batches, C-CO₂ increase during the fourth incubation day and gradually decreased by the 10th day of incubation.

The activity of the microorganisms that intervene at

atribuida posiblemente a la composición de las comunidades microbianas de ambos suelos, aun cuando no se caracterizó a los microorganismos presentes en cada sitio. La respiración es un indicador de la actividad microbiana y de la descomposición de sustratos específicos del suelo (Acuña *et al.*, 2006); igualmente, da una idea de la dinámica de su biota y, por lo tanto, de los procesos metabólicos que en él se desarrollan; tales procesos varían en función de factores biofísicos y climáticos del suelo y del uso de la tierra, por lo cual su medición es un indicador de la biomasa microbiana presente.

the beginning of the mineralization process of organic matter is maximum, as a consequence of having a large quantity of easily biodegradable compounds available from the organic starting materials (Acosta *et al.*, 2006). After the seventh day in BV batches there was a gradual decrease in accumulated respiration; This is probably due to the depletion of the most labile substrate, leaving only those materials with greater resistance to degradation. Generally, breathing accumulated at the fourth and seventh day of incubation, in

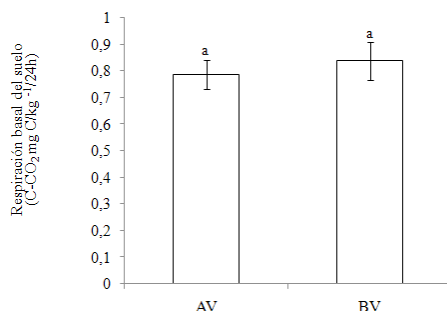


Figura 2. Respiración basal de los suelos con plantas de plátano de alto y bajo vigor en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Columnas ± barras de error estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas entre lotes de plantas de plátano ($p < 0,05$). AV: Lotes de plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas de bajo vigor.

Figure 2. Basal respiration of soils with high and low vigor plantain plants in the South of Lake Maracaibo, in the El Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela. *Columns ± standard error bars accompanied by different letters indicate statistical differences between plantain plants batches ($p < 0.05$). AV: High vigor plants batches. BV: Low vigor plant batches.

Respiración acumulada de C-CO₂

Para el segundo día de incubación se observó los mismos valores de mg C.kg suelo⁻¹.día⁻¹, tanto en lotes de

both production batches, was between 21 and 27 C-CO₂ mg C.kg⁻¹ soil.day⁻¹. The variation of the basal respiration of soils cultivated with plantain vigor batches can be explained by the use of

AV como en los de BV. Entre lotes se apreció un mayor C-CO₂ en BV con respecto a AV (figura 3). Para el cuarto día de incubación hubo un incremento acelerado del C-CO₂ en lotes de AV, el cual disminuyó drásticamente al décimo día de incubación. Por su parte, en los lotes de BV el C-CO₂ subió durante el cuarto día incubación y decreció gradualmente para el día diez de incubación.

herbicides, synthetic fertilizers and by humidity. For example, studies carried out with glyphosate, it is capable of stimulating microbial respiration, which can be 3 or 4 times higher than in soils without application of this herbicide (Ratcliff *et al.*, 2006). This management corresponds to that carried out by the producers in high vigor plantain plants batches, making applications of this systemic herbicide

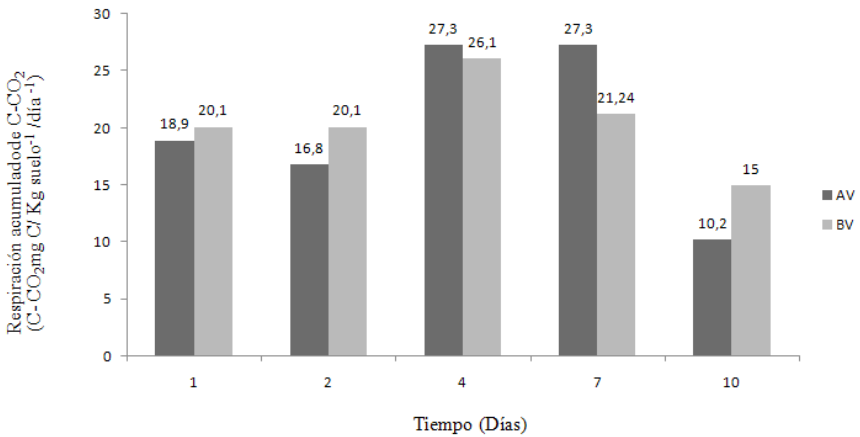


Figura 3. Respiración acumulada de C-CO₂ en un tiempo de diez días en suelos con plantas de plátano en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Morality, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. AV: Lotes plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas de bajo vigor.

Figure 3. Accumulated respiration of C-CO₂ in ten days on soils with plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Morality parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela. *AV: High vigor plant batches. BV: Low vigor plant batches.

La actividad de los microorganismos que intervienen al inicio del proceso de mineralización de la materia orgánica es máxima, como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida (Acosta *et al.*,

with pre-established doses and frequencies. Higher humidity of the soil is another key factor that stimulates microbial respiration (Adachi *et al.*, 2006) broadly higher percentage moisture contents were observed in high vigor batches with respect to the low vigor batches (Table 2).

2006). Después del séptimo día en lotes de BV hubo un descenso gradual de la respiración acumulada, esto probablemente se deba al agotamiento del sustrato más lábil, quedando solamente aquellos materiales de mayor resistencia a la degradación. En general, la respiración acumulada al cuarto y séptimo día de incubación, en ambos lotes de producción fue entre 21 y 27 C-CO₂ mg C.kg⁻¹ suelo.día⁻¹. La variación de la respiración basal de suelos cultivados con lotes de vigor de plátano puede explicarse por el uso de herbicidas, fertilizantes sintéticos y por la humedad. Por ejemplo, estudios realizados con glifosato, es capaz de estimular la respiración microbiana, la cual puede ser 3 o 4 veces mayor que en suelos sin aplicación de este herbicida (Ratcliff *et al.*, 2006). Este manejo corresponde con el realizado por los productores en los lotes de alto vigor de plantas de plátano, efectuando aplicaciones de este herbicida sistémico con dosis y frecuencias preestablecidas. Una mayor humedad del suelo es otro factor clave que estimula la respiración microbiana (Adachi *et al.*, 2006), en términos generales se observaron mayores contenidos porcentuales de humedad en lotes de alto vigor con respecto con los de bajo vigor (cuadro 2).

Cociente microbiano (Cmic/COT) y cociente metabólico (qCO₂)

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en el cociente microbiano y cociente metabólico entre lotes de AV y lotes de BV (figura 4 y 5). Los datos de Cmic/COT fueron similares a los reportados por González-Pedraza *et al.* (2014).

Microbial quotient (Cmic/TOC) and metabolic quotient (qCO₂)

The analysis of variance did not show significant differences ($p > 0.05$) in the microbial quotient and metabolic quotient between VA batches and BV batches (figures 4 and 5). The Cmic/COT data were similar to those reported by González-Pedraza *et al.* (2014).

In the case of qCO₂, the values obtained are below those reported in other studies (Acuña *et al.*, 2006); results that are similar to those obtained by González-Pedraza *et al.* (2014), whose indicate, a tendency to spent more C in respiration of AV plantain batches.

Conclusions

The higher percentage of moisture and silt found in the soils of the high vigor batches had a positive influence on the biometric vigor parameters evaluated in the plants.

Even though, no statistical differences were observed for the values of microbial carbon and basal soil respiration between high and low vigor plants batches, these are high compared to the values for tropical soils, which indicates, a better quality of the organic substrate that is degrading.

The variability found in the texture of the soil product of its alluvial origin influenced to the few statistical differences observed in the microbial activity of the soil.

End of English Version

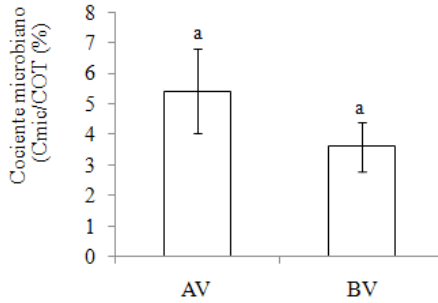


Figura 4. Cociente microbiano de los suelos cultivados con plantas de plátano de alto y bajo vigor en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Columnas ± barras de error estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas entre lotes de plantas de plátano ($p < 0,05$). AV: Lotes de plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas de bajo vigor.

Figure 4. Microbial quotient of the soils cultivated with high and low vigor plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela. *Columns ± standard error bars accompanied by different letters indicate statistical differences between plantain plants batches ($p < 0.05$). AV: High vigor plants batches. BV: Low vigor plant batches.

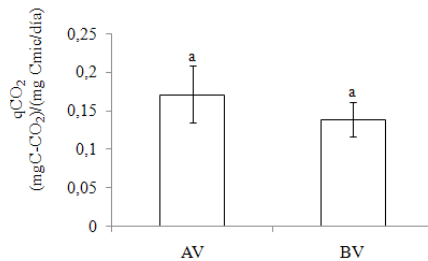


Figura 5. Cociente metabólico (qCO₂) de los suelos cultivados con plantas de plátano de alto y bajo vigor en el Sur del Lago de Maracaibo, de la parroquia el Moralito, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Columnas ± barras de error estándar acompañadas por letras distintas señalan diferencias estadísticas entre lotes de plantas de plátano ($p < 0,05$). AV: Lotes de plantas de alto vigor. BV: Lotes de plantas de bajo vigor.

Figure 5. Metabolic quotient (qCO₂) of the soils cultivated with high and low vigor plantain plants at the South of Maracaibo Lake, Moralito parish, Colón municipality, Zulia state, Venezuela. *Columns ± standard error bars accompanied by different letters indicate statistical differences between plantain plants batches ($p < 0.05$). AV: High vigor plants batches. BV: Low vigor plant batches.

Para el caso de qCO_2 , los valores obtenidos están por debajo a los reportados en otros estudios (Acuña *et al.*, 2006); resultados que se asemejan a los obtenidos por González-Pedraza *et al.* (2014), quienes indican una tendencia a un mayor gasto de C en respiración en lotes de plátano de AV.

Conclusiones

El mayor porcentaje de humedad y limo encontrado en los suelos de los lotes de alto vigor influyó positivamente en los parámetros biométricos de vigor evaluados en las plantas.

Aun cuando no se observaron diferencias estadísticas para los valores de carbono microbiano y respiración basal del suelo entre lotes de plantas de alto y bajo vigor, éstos son altos en comparación con los valores para suelos tropicales, lo cual indica una mejor calidad del sustrato orgánico que se está degradando.

La variabilidad encontrada en la textura del suelo producto de su origen aluvial influyó en las escasas diferencias estadísticas observadas en la actividad microbiana del suelo.

Literatura citada

Acuña, O., W. Peña, E. Serrano, L. Pocasangre, F. Rosales, E. Delgado, J. Trejos y A. Segura. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. XVII. Reunión Internacional da Associação para a Cooperações Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Santa Catarina- Brasil. ACORBAT. p. 222-232.

Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración

microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias*. 6(3): 220- 227.

Adachi, M., Y. Sakata, W. Rashidah, T. Okuda and H. Koizumi. 2006. Differences in soil respiration between different tropical ecosystems. *App. Soil Ecol.* 34:258-265.

Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, London. 576 p.

Anderson, T. and K. Domsch. 1989. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.* 22: 251-255.

Anido, J. y R. Cartay. 2010. El plátano en la gastronomía venezolana (*Musa paradisiaca* Hartón cv). 1 ed. Editorial Océano. 188 p.

De Barros, I., J. Siqueira e F. De Sousa. 2007. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo.* 31:1173-1184.

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.

Elizalde, G, J. Vilorio y A. Rosales. 2007. Geografía de suelos de Venezuela. Tomo 2. GeoVenezuela. Medio físico y Recursos Ambientales. p. 402-537. ISBN 978-980-379-167-4. Fundación Empresas Polar. Depósito legal 1f 25920079102498.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020. Análisis del mercado del banano: resultados preliminares 2019. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca7567es/CA7567ES.pdf>. Fecha de consulta: julio 2020.

Gardner, W. 1986. Water content. p. 493-544. *In*: 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.
- Gee, G. and J. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. p. 383-412. *In*: 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.
- Ghaemi, M., A. Astaraei, H. Emami, M. Nassiri and S. Sanaeinejad. 2014. Determining soil indicators for soil sustainability assessment using principal component analysis of Astan Quds- east of Mashhad- Iran. *J. Soil Sci. Plant Nut.* 14: 987-1004.
- González-Pedraza, A., J. Atencio, K. Cubillán, R. Almendrales, L. Ramírez y O. Barrios. 2014. Actividad microbiana en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con diferente vigor de plantas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 31 (Supl.): 526-538.
- 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. Agron. (LUZ)*. 24: 607-626.
- Lescot, T. 2014. La diversité génétique des bananiers. *FruiTrop.* 221:98-102.
- McLean, O. 1982. Soil pH and Lime Requirement. p. 199-224. *In*: Page, A. L., Miller, R. H. y Keeney, D. R. (Eds.). Methods of soil analysis, Part II: Chemical and microbiological properties. Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Wisconsin, United States of America.
- Mora, J. 2006. La actividad microbiana: un indicador integral de la calidad del suelo. Disponible en: http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Lunazul5_6_9.pdf. Fecha de consulta: marzo 2017.
- Moreira, F. y J. Siqueira. 2006. Microbiología e Bioquímica do Solo. 2 ed. Editora UFLA. 729 p.
- Ratcliff, A., M. Busse and C. Shestak. 2006. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils. *Appl. Soil Ecol.* 34:114-124.
- 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.
- Rosales, F., L. Pocasangre, J. Trejos, E. Serrano y W. Peña. 2008. Guía de diagnóstico de la calidad y salud de suelos. Bioersivity International. Montpellier, Francia. 79 p.
- Rosales, F., L. Pocasangre, J. Trejos, E. Serrano, O. Acuña, A. Segura, E. Delgado, T. Pattison, W. Rodríguez y Ch. Staver. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. Reunión Internacional da Associação para a Cooperaõnas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Santa Catarina- Brasil. Association pour la Cooperation des Recherches Bananieres Aux Antilles et en Amerique Tropicale (ACORBAT). p. 198-206.
- Sims, J. and V. Haby. 1971. Simplified colorometric determination of soil organic matter. *Soil Sci.* 112: 137-141.
- Terán, F. 2017. Análisis económico del cultivo de plátano (*Musa* AAB cv. 'Hartón') en Venezuela durante el período 1989-2014. Trabajo de grado presentado como requisito final para optar al título de Magister Scientiarum en Desarrollo Rural, mención Economía Agrícola. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Vance, E., P. Brookes and D. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.