

## Actividad microbiana en suelos cultivados con palma aceitera, cacao, pasto y bosque natural

Microbial activity in soils cultivated with oil palm, cocoa, pasture and natural forest

A. González-Pedraza<sup>1\*</sup>, E. Piñero-Calixtro<sup>1</sup> y J. Atencio-Pulgar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprúm" (UNESUR). Santa Bárbara, estado Zulia. Venezuela.

### Resumen

Se evaluó el efecto del cultivo de palma aceitera (PL), cacao (C), pasto (PS) y bosque (B) sobre la actividad microbiana en los suelos durante los períodos húmedo y seco del año. Se midió el carbono orgánico total (%COT) mediante digestión húmeda, carbono en la biomasa microbiana (Cmic) por fumigación-extracción, respiración del suelo (C-CO<sub>2</sub>) en incubaciones estáticas y porcentaje de humedad (%H) por gravimetría. Se aplicó un análisis de varianza, cuando fue significativo se utilizó una prueba de medias de Tukey. B y PS presentaron mayor %H, %COT y Cmic. Hubo una correlación positiva entre el %COT y C-CO<sub>2</sub> en PS durante el período húmedo y en PL en el período seco. PL fue el sistema más perturbado, debido al bajo %COT, Cmic y alto C-CO<sub>2</sub>. El aumento de la respiración de PL puede ser asociado a una limitación en la calidad y cantidad de sustrato y en una menor eficiencia microbiana, lo cual se traduce en un alto nivel de estrés en ese ecosistema.

**Palabras clave:** actividad microbiana del suelo, carbono microbiano, palma aceitera, pasto.

### Abstract

The effect of cultivation of oil palm (OP), cocoa (C), pasture (PS) and forest (F) on microbial activity in soils was evaluated during the wet and dry periods of the year. It was measured the total organic carbon (%TOC) by wet digestion, microbial biomass carbon (MicC) by fumigation-extraction, soil respiration (C-CO<sub>2</sub>) in static incubations and moisture (%H) by gravimetry. An analysis of

---

Recibido el 30-6-2010 • Aceptado el 5-9-2011

Autor de correspondencia e-mail: gonzalezan@unesur.edu.ve

Proyecto financiado por la Dirección de Investigación y Postgrado de la UNESUR. Santa Bárbara de Zulia.

variance was applied, and when this was significant a Tukey test was used. B and PS had a higher %H, %TOC and MicC. There was a positive correlation between %TOC and C-CO<sub>2</sub> in PS during the wet seasons and in OP during dry seasons. OP was the most disturbed system due to the low %TOC, MicC and high C-CO<sub>2</sub>.

**Key words:** soil microbial activity, microbial carbon, oil palm, pasture.

## Introducción

La biomasa microbiana es un componente lábil de la fracción orgánica del suelo y es muy importante debido a que participa en forma activa en la descomposición de la materia orgánica muerta, representa una importante reserva lábil de nutrientes en el suelo, y es un indicador sensible de los cambios en la materia orgánica total causados por las prácticas de manejo en suelos cultivados (Vitousek, 1984). Durante la descomposición de la materia orgánica, el carbono orgánico (CO) es convertido a CO<sub>2</sub> a través de la respiración de los microorganismos del suelo. La respiración del suelo se ha convertido en el evento central de los cambios ecológicos globales debido a su papel controversial en los procesos de calentamiento global, especialmente debido a su influencia en la concentración del carbono atmosférico (Veennendaal *et al.* 2004).

Décadas atrás, el Sur del Lago de Maracaibo estuvo cubierto por extensos y exuberantes bosques, que gradualmente fueron sustituidos por cultivos agrícolas y pastizales, hasta quedar sólo pequeñas porciones de estos bosques (Romero y Monasterio, 1996). Esas transformaciones evidentemente han alterado los procesos de ciclaje y almacenaje de nutrientes y los procesos microbianos en el suelo.

## Introduction

The microbial biomass is a weak component of soil organic fraction and it is very important because participates actively on dead organic matter decomposition, represent an important weak reservation of soil nutrients, and it is a sensible indicator of changes in total organic matter caused by management practices in cultivated soils (Vitousek, 1984). During organic matter decomposition, the organic carbon (OC) is converted into CO<sub>2</sub> through respiration of soil micro organisms. Soil respiration has becomes on central event of global ecological changes because the controversial role in processes of global heating, especially its influence on concentration of atmospheric carbon (Veennendaal *et al.* 2004).

Decades ago, the south of Maracaibo Lake was covered by great and exuberant forests, gradually substituted by agricultural crops and pastures, resting only little portions of these forests (Romero and Monasterio, 1996). The changes evidently have altered the cycling and storage of nutrients and microbial processes in soil. A lot of crops have been established in region about soils before covered by forests, among them, oil palm, cocoa and pastures. Nevertheless, the ecological impact of establishment of these crops on not

En la zona, se han establecido una serie de cultivos sobre suelos que alguna vez estuvieron cubiertos por bosques, entre ellos, palma aceitera, cacao y pastizales. Sin embargo, el impacto ecológico del establecimiento de esos cultivos sobre los suelos aún no ha sido evaluado. Es por ello que en este estudio se evaluó el efecto de los cultivos de palma aceitera, cacao y pasto sobre el carbono orgánico total, carbono microbiano y la respiración del suelo, con el fin de determinar la actividad microbiana y el estado de degradación de esos suelos.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** El estudio se llevó cabo en la unidad de producción La Glorietta, perteneciente a la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), la cual se encuentra ubicada en el municipio Colón, estado Zulia. La zona de vida corresponde a bosque seco tropical, cuyos suelos se han formado a partir de la deposición de sedimentos provenientes de la Cordillera de los Andes. Los suelos se caracterizan por presentar problemas de mal drenaje, asociado a la predominancia de texturas arcillosas (COPLANARH, 1975). La precipitación es de tipo bimodal con un promedio anual de 1766,38 mm.

**Muestreo de campo:** Se seleccionaron los siguientes sitios: un lote de palma de 14 años de establecido, uno de cacao con 21 años, un pastizal con 19 años y un bosque secundario con 18 años. En cada sitio se delimitó una parcela de 1000 m<sup>2</sup> (50m x 20m) y se trazaron dos *transectas* distanciadas 10 m entre sí. En cada

evaluated soils. Therefore, the effect of oil palm, cocoa and pasture crops on total organic carbon, microbial carbon and soil respiration was evaluated in this research, in order to determine the microbial activity and soil degradation situation.

## Materials and methods

**Study area:** The study was carried out in 'La Glorietta' production unit, Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), which is located in Colón municipality, Zulia state. The life zone corresponds to tropical dry forest, with soils have been formed from deposition of sediments coming from Cordillera de los Andes. Soils are characterized by showing bad drainage troubles, associated to the predominance of sandy textures (COPLANARH, 1975). Rainfall is bimodal type with annual mean of 1766.38 mm.

**Field sampling:** The following places were selected: a lot of oil palm of 14 years, one of cocoa with 21 years, a pasture land with 19 years and a secondary forest with 18 years. A plot of 1000 m<sup>2</sup> (50m x 20m) was delimited each place and two *transectas* distanced 10 m among them. Four soil samples were taken from any *transecta* between 0-10 cm depth. Two samplings a year were done, one at second rainfall peak (November) and the other one at dry period (February). Samples were taken to the Soils Laboratory of UNESUR to carrying out the respective analysis.

**Laboratory analysis:** Humidity percentage was done

*transecta* se tomaron 4 muestras simples de suelo entre 0-10 cm de profundidad. Se hicieron dos muestreos en el año, uno en el segundo pico de precipitación (noviembre) y otro en el período seco (febrero). Las muestras se llevaron al Laboratorio de Suelos de la UNESUR para realizar inmediatamente los análisis respectivos.

**Análisis de laboratorio: Porcentaje de humedad:** se hizo a través del método gravimétrico propuesto por Gardner (1986). **Carbono orgánico total (%COT):** éste se realizó siguiendo la metodología propuesta por Walkley y Black (1934). El procedimiento se basa en la oxidación de la materia orgánica del suelo mediante el tratamiento de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, provocando la formación de  $\text{CO}_2$  y un exceso de  $\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

**Carbono en la biomasa microbiana (Cmic):** se determinó por el método de fumigación y extracción propuesto por Vance *et al.* (1987). El método consiste en la fumigación de las muestras con cloroformo, lo cual provoca la muerte de las células microbianas, en donde parte del carbono contenido en el citoplasma es liberado y extraído con una solución de sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) 0,5 M.

**Respiración del suelo o liberación de  $\text{CO}_2$ :** se siguió el método de incubaciones estáticas de Anderson (1982), en donde se midió el desprendimiento de  $\text{CO}_2$  por la actividad de los microorganismos del suelo durante 7 días y en condiciones controladas en el laboratorio.

**Análisis estadístico:** se utilizó un análisis de varianza de una vía. Cuando fue significativo ( $P < 0,05$ ), se

through the gravimetric method proposed by Gardner (1986).

**Total organic carbon (%TOC):** was accomplished by following methodology proposed by Walkley and Black (1934). The procedure is based on oxidizing of soil organic matter through sample treatment of sample with sulphuric acid concentrate, causing formation of  $\text{CO}_2$  and an excess of  $\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

**Carbon in microbial biomass (MicC):** It was determined by fumigation and extraction method proposed by Vance *et al.* (1987). The method consist on fumigation of samples with chlorophorm, which causes death of microbial cells, where part of carbon in cytoplasm is released and extracted with a solution of potassium sulphate ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) to 0.5 M.

**Soil respiration or  $\text{CO}_2$  releasing:** The method of static incubations of Anderson (1982) was followed, where  $\text{CO}_2$  detachment was measured by the activity of soil micro organisms during 7 days and in controlled conditions in laboratory.

**Statistical analysis:** An analysis of variance was used. When significant ( $P < 0.05$ ), the Tukey mean multiple comparisons test was applied. To relation variables in places, a simple lineal correlation analysis of Pearson and the Statistic program version 6.0 (1999) for Windows was also used.

## Results and discussion

**Humidity percentage (%H):** During humid period %H in PS and B were significant higher ( $P < 0.05$ )

aplicó la prueba de comparaciones múltiples de media 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 (1999) para Windows.

## Resultados y discusión

### Porcentaje de humedad (%H):

Durante el período húmedo los %H en PS y B fueron significativamente más altos ( $P < 0,05$ ) que en PL, mientras que C no presentó diferencias con los otros sitios. En el período seco, el %H en B fue similar a los valores de C y PS y significativamente más alto que el valor de PL. Entre cultivos no se observaron diferencias estadísticas en este período (cuadro 1).

Se ha sugerido que las gramíneas tienen la ventaja de ofrecer una cober-

than in OP, whereas C did not show differences with the other places. In dry period, the %H in B was similar to C and PS values and significant higher than OP value. Statistical differences were not observed between crops (table 1).

The gramineae have the advantage of offering a relatively higher vegetal cover than other crops that permit to protect soils from erosion and as consequence, offer higher humidity retention (Guzmán, 1996). According results, differences on %H between two evaluated periods were not found, despite sampling was planned during period with most expectation of humidity on soil. This can be explained because during sampling year (2009) there was not enough rain, because region was under the effect of atmospheric phenomenon of "El Niño".

### Cuadro 1. Comparación del porcentaje de humedad (%H) entre el bosque (B), cacao (C), pasto (PS) y palma aceitera (PL) durante los períodos húmedo y seco del año.

Table 1. Comparison of humidity percentage (%H) between forest (B), cacao (C), pasture (PS) and oil palm (OP) during periods humid and dry.

Tratamiento	Porcentaje de humedad del suelo (0-10 cm)	
	Período húmedo	Período seco
B	28,19±8,63 <sup>aA</sup>	26,91±2,60 <sup>aA</sup>
C	24,44±3,71 <sup>abA</sup>	23,46±6,48 <sup>aA</sup>
PS	29,65±6,59 <sup>aA</sup>	24,18±7,54 <sup>aA</sup>
PL	18,96±4,85 <sup>bA</sup>	15,45±4,88 <sup>bA</sup>

Valores promedios ± desviación estándar. Letras minúsculas distintas dentro de cada columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos. Letras mayúsculas distintas dentro de cada fila indican diferencias entre períodos para un mismo sitio.

tura vegetal relativamente mayor que otros cultivos, lo que les permite proteger a los suelos de la erosión y, en consecuencia, les provee una mayor retención de humedad (Guzmán, 1996). Según nuestros resultados, no se encontraron diferencias en el %H entre los dos períodos evaluados, a pesar de que el muestreo se planificó durante el período en el que se esperaba hubiese mayor humedad en el suelo. Esto puede ser explicado por el hecho de que durante el año del muestreo (2009) no llovió lo normalmente esperado, debido a que la región estaba bajo el efecto del fenómeno atmosférico de El Niño.

**Carbono orgánico total (%COT):** El %COT resultó significativamente más alto en los suelos bajo B y PS que en los suelos bajo C y PL. El cambio de bosque a cultivos causó una disminución del %COT de 20,53% en C, 8,76% en PS y 28,09% en PL (figura 1).

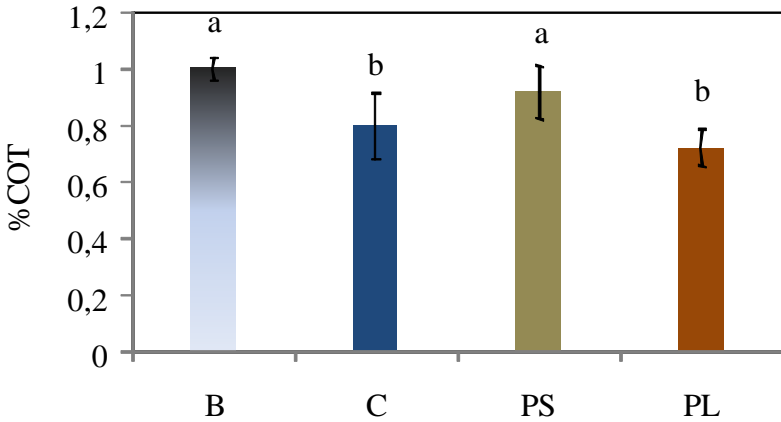
En términos generales, el %COT en los sitios de estudio es relativamente bajo, si se compara con algunos valores de referencia reportados para suelos tropicales con texturas arcillosas (Casanova, 2005). Los bajos valores encontrados en C y PL indican pérdidas del %COT en comparación con B, lo cual pudiera estar relacionado con un mal manejo de los cultivos, como lo indican Trumbore *et al.* (1995) Bajo condiciones de cultivos agrícolas, Emadi *et al.* (2008) encontraron una reducción aproximada del 50% de la materia orgánica total en los primeros 20 cm de suelo, en comparación con suelos bajo vegetación nativa.

En una zona cercana al sitio de estudio, Atencio y García (2009) en-

**Total organic carbon (%TOC):** The %TOC was significantly higher in soils under B and PS than in soils under C and OP. The change of forest to crops caused a decrease on %TOC of 20.53% in C, 8.76% in PS and 28.09% in OP (figure 1).

In general terms, the %TOC in places studied is relatively low, if compare to some reference values reported for tropical soils with clay textures (Casanova, 2005). The low values found in C and OP shows losses of %TOC in comparison to B, that could be related to a bad management of crops, as indicated by Trumbore *et al.* (1995) under agricultural crops conditions, Emadi *et al.* (2008) found a reduction approximate of 50% of total organic matter in first 20 cm of soil, in comparison to soils under native vegetation.

In a region closed to soil studied, Atencio and García (2009) found a reduction of %TOC in soils cultivated with oil palm and pasture lands compared to native forest, similar to results of this research. They attributes losses of C to the management type, specially the lack of vegetal cover that historically has been maintained in soils cultivated with oil palm in zone. Respect to PS, the reduction of %TOC was not significant. Tarré *et al.* (2001) express that gramineae can have a high deposition and accumulation of roots residues and leaves on soil. Cocoa despite having 21 years of established and maintain a fallen leaves layer on soil, showed lower %TOC than B and OP. This probable be caused by a low contribution of organic matter both aerial and underground. The reason



**Figura 1. Carbono orgánico total (%COT) en bosque (B), cacao (C), pasto (PS) y palma aceitera (PL). Columnas acompañadas por barras de desviación estándar seguidas por letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los sitios.**

**Figure 1. Total organic carbom (%TOC) in forest (B), cocoa (C), pasture (PS) and oil palm (OP). Columns accompanied by standard deviation bars followed by different letters shows significant differences ( $P < 0.05$ ) between places.**

contraron una reducción de %COT en suelos cultivados con palma aceitera y pastizales comparada al bosque nativo, similar a los resultados de está investigación. Ellos atribuyen las pérdidas de C al tipo de manejo, en especial a la escasa cobertura vegetal que históricamente se ha mantenido en los suelos cultivados con palma en la zona. Con respecto a PS, la reducción del %COT no fue significativa. Tarré *et al.* (2001) señalan que las gramíneas pueden llegar a tener una alta deposición y acumulación de residuos de raíces y hojas sobre el suelo. El cacao a pesar tener 21 años de establecido y mantener un manto de hojarasca sobre el suelo, presentó menor %COT que B y PL. Esto probablemente se deba a un menor aporte de materia orgánica tanto aérea

also can be based on a lower MicC that is traduced in a lower microbial activity that is added to the accumulated maters in fallen leaves to soil.

**Microbial carbon (MicC):** Forest showed the higher MicC values during humid period, while during dry period there were not differences between places (table 2). The time of year and content of soil humidity have important effects on microbial biomass. The higher content of MicC was obtained in humid period. Despite little difference found in %H of soil, differences were observed in MicC en B, PS and OP between periods (table 2).

Similar results were reported by Kara and Bolat (2008) who associated

como subterránea. La razón también puede estar fundamentada a un menor *Cmic* que se traduce en una menor actividad microbiana que incorpore la materia acumulada en las hojarascas al suelo.

**Carbono microbiano (Cmic):**

El bosque presentó los valores más altos de *Cmic* durante el período húmedo, mientras que durante el período seco no hubo diferencias entre los sitios (cuadro 2). La época del año y el contenido de humedad del suelo tienen importantes efectos sobre la biomasa microbiana. El mayor contenido de *Cmic* se obtuvo en el período húmedo. A pesar de la poca diferencia encontrada en el %H del suelo, se observaron diferencias en el *Cmic* en B, PS y PL entre períodos (cuadro 2).

Resultados similares a los encontrados en este trabajo fueron reportados por Kara y Bolat (2008) quienes asociaron el mayor *Cmic* en sue-

the higher *MicC* in soils under forest with high content of OC soluble in water of radical exudates and with the best chemical quality of forest roots, in comparison to soils under pasture. According to results, it is possible that in B and PS exist a vegetal material of easy decomposition, which permits to explain the higher values of *MicC* found in that soils, especially during humid period. The Pearson analysis between %H and *MicC* only showed positive correlation in soils under C, both in humid period ( $r=0.54$ ) and dry period ( $r=0.99$ ).

It seems to microbial populations found in C answer of different way to soil humidity that like micro organisms do under B, PS and OP. Between *MicC* for two periods of %TOC, significant correlations were not observed at any of places. Despite low %TOC found in these soils, the proportion of *MicC* as a function of

**Cuadro 2. Carbono microbiano (Cmic) entre el bosque (B), cacao (C), pasto (PS) y palma aceitera (PL) durante los períodos húmedo y seco del año.**

**Table 2. Microbial carbon (MicC) between forest (B), cocoa (C), pasture (PS) and oil palm (OP) during humid and dry period.**

Tratamiento	Carbono microbiano (mg.kg <sup>-1</sup> )	
	Período húmedo	Período seco
B	782,8±348,58 <sup>aA</sup>	252,48±108,18 <sup>aB</sup>
C	397,46±249,22 <sup>bA</sup>	343,47±333,72 <sup>aA</sup>
PS	725,80±246,72 <sup>abA</sup>	201,88±116,12 <sup>abB</sup>
PL	402,56±151,43 <sup>bA</sup>	116,62±39,09 <sup>aB</sup>

Valores promedios ± desviación estándar. Letras minúsculas distintas dentro de cada columna indican diferencias estadísticas ( $P<0,05$ ) entre los sitios. Letras mayúsculas distintas dentro de cada fila indican diferencias entre períodos para un mismo sitio.



los bajo bosque con el alto contenido de CO soluble en agua presente en los exudados radicales y con la mejor calidad química de las raíces del bosque, en comparación con los suelos bajo pasto. De acuerdo con los resultados presentados, es posible que en B y PS exista un material vegetal de más fácil descomposición, lo cual permite explicar los valores más altos de Cmic encontrados en esos suelos, en especial durante el período húmedo. El análisis de Pearson entre %H y Cmic sólo mostró correlación positiva en los suelos bajo C, tanto en el período húmedo ( $r=0,54$ ) y como en el período seco ( $r=0,99$ ).

Pareciera que las poblaciones microbianas encontradas en C responden de manera diferente a la humedad del suelo que como lo hacen los microorganismos bajo B, PS y PL. Entre el Cmic para los dos períodos y el %COT no se observaron correlaciones significativas en ninguno de los sitios. A pesar del bajo %COT encontrados en estos suelos, la proporción de Cmic en función al COT fue relativamente alto tanto el período húmedo como en el período seco (cuadro 3).

**Respiración del suelo (C-CO<sub>2</sub>):** No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P<0,05$ ) en ninguno de los dos períodos entre los sitios estudiados. Al comparar entre períodos para un mismo sitio, sólo se encontraron diferencias en PS y PL y los valores más altos de CO<sub>2</sub> correspondieron al período seco (figura 2). El aumento de la respiración de PL y PS durante el período seco puede ser asociado con una limitación en la calidad y cantidad de

TOC was relatively high both in humid and in dry period (table 3).

**Soil respiration (C-CO<sub>2</sub>):** Statistically significant were not found ( $P<0.05$ ) at any of two periods between places studied. When comparing periods for the same place, only differences in PS and OP were found and higher CO<sub>2</sub> values correspond to dry period (figure 2). The increase of OP and PS during dry period can be related to a limitation in quality and quantity of substrate and in a lower microbial efficiency, which is traduced in a high level of stress in these ecosystems (Sparling, 1997).

When relating %TOC with respiration, the Pearson analysis only showed a positive correlation in PS during humid period ( $r=0.78$ ) and in OP in dry period ( $r=0.74$ ). Armado *et al.* (2009) also found a positive correlation between two variables in soils cultivated with cocoa in south of Maracaibo Lake. Verstraete and Voets (1977) reports that quantity and type of micro organisms can vary between virgin and cultivated, and between different periods of year.

## Conclusions

In cocoa crop a low quality of organic substrate added to soil are probable the cause of lower microbial activity responsible of decomposition of soil organic matter. Soils cultivation with oil palm produced a negative effect on humidity, the percentage of total organic carbon, the microbial carbon and the edaphic respiration. The management system in OP does not favor the microbial

**Cuadro 3. Proporción que ocupa el carbono microbiano (Cmic) en el carbono orgánico total (COT) en bosque (B), cacao (C), pasto (PS) y palma aceitera (PL).**

**Table 3. Proportion occupied by microbial carbon (MicC) in total organic carbon (TOC) in forest (B), cocoa (C), pasture (PS) and oil palm (OP).**

Sitio	Cmic/COT (mg.kg <sup>-1</sup> )	
	Período húmedo	Período seco
B	6,5±2,85 <sup>3A</sup>	2,48±1,06 <sup>2B</sup>
C	3,55±1,92 <sup>3A</sup>	4,61±5,09 <sup>3A</sup>
PS	6,73±1,69 <sup>3A</sup>	2,37±1,45 <sup>2B</sup>
PL	5,54±1,83 <sup>3A</sup>	1,61±0,48 <sup>2B</sup>

Valores promedios ± desviación estándar. Letras minúsculas distintas dentro de cada columna indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre los sitios. Letras mayúsculas distintas dentro de cada fila indican diferencias entre períodos para un mismo sitio.

sustrato y en una menor eficiencia microbiana, lo cual se traduce en un alto nivel de estrés en esos ecosistemas (Sparling, 1997).

Al relacionar el %COT con la respiración, el análisis de Pearson sólo mostró una correlación positiva en PS durante el período húmedo ( $r=0,78$ ) y en PL en el período seco ( $r=0,74$ ). Armado *et al.* (2009) también encontraron una correlación positiva entre esas dos variables en suelos cultivados con cacao en el Sur del Lago de Maracaibo. Verstraete y Voets (1977) señalan que la cantidad y tipo de microorganismos puede variar entre suelos vírgenes y cultivados, y entre períodos del año.

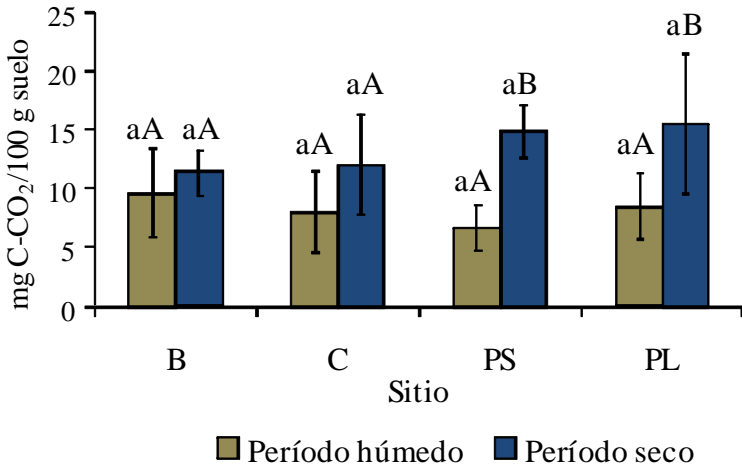
## Conclusiones

En el cultivo de cacao una menor calidad del sustrato orgánico in-

corporado que ocurre en el suelo, debido a la falta de cobertura vegetal. Como estrategias de manejo, se sugiere un uso adecuado de la cobertura vegetal en suelos cultivados con palma aceitera. El establecimiento de leguminosas dentro de la plantación permitiría contribuir con materia orgánica, aumentar la fertilidad química a través de la fijación de nitrógeno atmosférico y mejorar las propiedades físicas del suelo.

*End of english version*

corporado al suelo probablemente sea la causa de la menor actividad microbiana responsable de la descomposición de la materia orgánica del suelo. El cultivo de los suelos con palma aceitera produjo un efecto negativo sobre la humedad, el porcentaje de carbono orgánico to-



**Figura 2.** Respiración del suelo entre el bosque (B), cacao (C), pasto (PS) y palma aceitera (PL) durante los períodos húmedo y seco del año. Las columnas simbolizan valores promedios acompañados por barras de desviación estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre los sitios para un mismo período. Letras mayúsculas distintas indican diferencias entre períodos para un mismo sitio.

**Figure 2.** Soil respiration between forest (B), cocoa (C), pasture (PS) and oil palm (OP) during humid and dry period. Columns symbolize mean values accompanied by standard deviation bars. Different minuscule letters shows statistical differences ( $P < 0.05$ ) between places for the same period. Different capital letters shows differences between periods for the same place.

tal, el carbono microbiano y la respiración edáfica. El sistema de manejo en PL no favorece los procesos microbianos que ocurren en el suelo, debido principalmente a la escasa cobertura vegetal sobre el suelo. En este sentido, se sugiere como estrategias de manejo hacer un uso adecuado de la cobertura vegetal en los suelos cultivados con palma aceitera. Se propone el establecimiento de cultivos de leguminosas dentro de la plantación, lo cual

permitirá aportar materia orgánica, aumentar la fertilidad química a través de la fijación de nitrógeno atmosférico y mejorar las propiedades físicas del suelo.

### Literatura citada

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 Editio). Madison, USA.

- Armado, A., F. Contreras, y P. 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.
- Atencio, J., B. García. 2009. Efecto del cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) sobre las características de los suelos en la hacienda La Gloria. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero de la Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR). Santa Bárbara del Zulia, Venezuela. 62 pp.
- Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH). 1975. Atlas Inventario nacional de tierras. Región Lago de Maracaibo. Tecnicolor S.A. Caracas. Venezuela. 275p.
- Emadi, M., M. Baghernejad, y H. R. Memarian. 2008. Effect of land-use-change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. *Land Use Policy* 26: 452-457.
- Gardner, W. H. 1986. Methods of soil analysis: part I-Physical and Mineralogical Methods. *Agronomy. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America* p 493-544.
- Guzmán, J. E. 1996. Pastos y Forrajes. 3ra edición. Espansande Editores. Venezuela, pp. 57-76.
- Kara, O, y I. Bolat. 2008. The effect of different land uses on soil microbial biomass carbón and nitrogen in Bartin Province. *Turk. J. Agric. For.* 32: 281-288.
- Kursar, T. A. 1989. Evaluation of soil respiration and CO<sub>2</sub> concentration in a lowland moist forest in Panama. *Plant Soil* 113: 21-29.
- Romero, L. y M. Monasterio. 1996. Los costos ecológicos y socioeconómicos del autoabastecimiento lechero. El caso del Sur del Lago de Maracaibo. *Agroalimentaria* 3: 1-14.
- Sparling, G. P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: *Biological Indicators of Soil Health*. Pankhurst, C. E., Doube, B. M., and Gupta, V. V. S. R. (eds.). CAB International, pp. 97-119.
- Statistica 1999. Basic Statistical Analysis Methods. Versión 6.0. StatSoft, Tulsa, OK.
- Tarré, R., R. Macedo., R. B. Cantarutti., C. Rezende., de P. J. M. Pereira., E. Ferreira., B. J. R. Alves., S. Urquiaga, y R. M. Boddey. 2001. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Plant and Soil* 234: 15-26.
- Trumbore, S. E., E. A. Davidson., B. P. Camargo., D. C. Nepstad, y L. A. Martinelli. 1995. Belowground cycling of carbon in forest and pastures of Eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* 9: 515-528.
- Vance, E. D., P. C. Brookes, y D. S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703-707.
- Veennendaal, E. M., O. Kolle, y J. Lloyd. 2004. Seasonal variation in energy fluxes and carbon dioxide exchange for broad leaved semi arid savanna Mopane woodland in Southern Africa. *Global Change Biology* 10: 318-328.
- Verstraete, W. y J. Voets. 1977. Soil microbial and biochemical characteristics in relation to soil management and fertility. *Soil Biology and Biochemistry* 9: 253-258.

Vitousek, P. M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65: 285-298.

determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.

Walkley, A. y A. Black. 1934. An examination of the method for