

Efecto del cultivo de palma aceitera y pastizales sobre algunas propiedades de los suelos

Effect of oil palm and pastures cultivation on some soil properties

A. González-Pedraza¹, J. Atencio-Pulgar¹ y B. García¹

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

Resumen

Se evaluó el efecto del cultivo de palma aceitera (PA), pasto (P) y bosque (B) sobre los suelos y se determinó: carbono total (COT) mediante digestión húmeda, nitrógeno total (NT) por Kjeldahl, nitrógeno disponible (ND) por colorimetría después de ser extraído con K_2SO_4 , pH y conductividad eléctrica (CE) en una suspensión suelo:agua, densidad aparente (Da) en muestras no perturbadas y humedad (%H) por gravimetría. Se aplicó un análisis de varianza, cuando fue significativo ($P < 0,05$) se aplicó una prueba de medias de Tukey. La Da fue mayor en B ($1,32 \pm 0,04$), mientras que el pH, CE y %H fueron mayores en PA y P. Los valores de %COT, %NT y ND fueron menores en PA. PA afectó negativamente las propiedades químicas del suelo.

Palabras clave: cambio de uso de la tierra, palma aceitera, pastizales, propiedades de los suelos.

Abstract

The effect of oil palm (OP), pasture (P) and forest (B) cultivation on soils was evaluated. Total carbon (TOC) by wet digestion, total nitrogen (TN) by Kjeldahl, available nitrogen (AN) by colorimetry after an extraction with K_2SO_4 , pH and electrical conductivity (EC) in soil:water suspension, bulk density (AD) on undisturbed samples and humidity (% H) by gravimetry were determined. An analysis of variance was applied, and when it was significant ($P < 0.05$) a Tukey test was used. The AD was higher in B, while the pH, EC and % H were higher in OP and P. The values of %TC, %TN and ND were lower in OP, which negatively affected the soil chemical properties.

Key words: land use change, oil palm, pasture, soil properties.

Introducción

El establecimiento de cultivos agrícolas en zonas tropicales causa importantes cambios en las propiedades de los suelos. Se ha reportado que la siembra de diferentes tipos de cultivos conlleva al deterioro significativo de los suelos, evidenciado por pérdidas de la materia orgánica total, disminución de la fertilidad, aumento en la densidad aparente y deterioro de la estructura del suelo, entre otros (Lepsch *et al.*, 1994; Emadi *et al.*, 2008). Tales pérdidas conducen al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual reduce su capacidad para suministrar nutrientes en cantidades adecuadas para el crecimiento normal de las plantas (Mosier, 1998; Huang y Song, 2010; Potthast *et al.*, 2010).

En el país, grandes extensiones de bosques, sabanas y pastizales han sido incorporadas a la siembra de cultivos agrícolas, particularmente durante los últimos 40 años (Luna, 1996). En el Sur del Lago de Maracaibo, el desarrollo de la ganadería repercutió en la disminución significativa de la cobertura boscosa, la cual fue sustituida en su mayor parte por gramíneas de origen africano con alto potencial productivo (Romero y Monasterio, 1996). Adicionalmente, una buena superficie de las tierras ha sido incorporadas al cultivo de palma aceitera (*Elaeis guinensis* Jacq.). Por otro lado, el manejo de los pastizales ha sido calificado como deficiente desde el punto de vista agronómico, debido a la ausencia de un programa de fertilización, a la creación de potreros re-

Introduction

The establishment of agricultural crops in tropical regions causes important changes on soil properties. It has been reported that the sowing of different crop types takes to significant damage of soils, evidenced by total organic matter losses, decrease of fertility, increase of apparent density and damage of soil structure, among others (Lepsch *et al.* 1994; Emadi *et al.* 2008). These losses takes to damage of physical, chemical and biological soil properties, which reduces its capacity to supply nutrients in adequate quantities for normal growth of plants (Mosier, 1998; Huang and Song, 2010; Potthast *et al.*, 2010).

Forest, savannas and pastures extensions in country have been added to the sowing of agricultural crops, especially during the last 40 years (Luna, 1996). In south of Maracaibo Lake, the livestock development decrease in a significant way the forest cover which was mostly substituted by African gramineae with high productive potential (Romero and Monasterio, 1996). Additionally, a good land surface has been incorporated to the oil palm (*Elaeis guinensis* Jacq.) cultivation. On the other hand, pastures management have been qualified like agronomic ally deficient, because the absence of a fertilization program, to the creation of relatively big paddocks and to the inefficient weed control labors (Yañez, 1993). The purpose of this study was to evaluate the effect of oil palm and pastures cultivation on some physical and chemical

lativamente grandes y a las deficientes labores de control de malezas (Yañez, 1993). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cultivo de palma aceitera y de pastizales sobre algunas propiedades físicas y químicas de los suelos en un sector del Sur del Lago de Maracaibo, en aras de predecir el impacto del uso de esos cultivos sobre los suelos de esa importante región del país y emprender acciones para un manejo adecuado.

Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se llevó a cabo en la finca La Gloria ubicada en el km 3½ de la vía Santa Bárbara - El Vigía, municipio Colón, estado Zulia. La precipitación, de tipo bimodal, oscila entre 1500 y 1800 mm.año⁻¹. La temperatura promedio anual es de 27,2°C y la humedad relativa promedio varía de 80 a 85% al año. Los suelos son de textura arcillosa, mal drenados e inundables (COPLANARH, 1975). Se seleccionaron cuatro sitios: un pastizal con 15 años de establecido (P), dos plantaciones de palma aceitera con tres (P3) y siete (P7) años de edad y un bosque secundario adyacente (B), el cual representa la vegetación original de la zona. En cada sitio se seleccionaron dos parcelas de 1000 m² (50m x 20m) y en cada parcela se trazaron tres *transectas* donde se tomaron de manera sistemática cinco muestras compuestas de suelo a la profundidad de 0-20 cm. Se usó un barreno de percusión tipo Uhland.

Análisis físicos: la textura se determinó siguiendo el método del hidrómetro (Gee y Bauder, 1986). El

properties of soils in a sector of south of Maracaibo Lake, looking for doing a correct prediction of the impact of using these crops on soils in this important region and to accomplish an appropriated management.

Materials and methods

Study area: The study was carried out in "La Gloria" farm located in km 3½ of via Santa Bárbara - El Vigía, Colón municipality, Zulia state. The rainfall, of bimodal type, oscillates between 1500 and 1800 mm.year⁻¹. The annual mean temperature is of 27.2°C and the mean relative humidity varies from 80 to 85% on a year. Soils have clay texture, with bad drainage and flood region (COPLANARH, 1975). Four places were selected: a grazing land with 15 years of establishment (P), two oil palm plantations with three (P3) and seven (P7) years of age and an adjacent secondary forest (B), which represent the original vegetation of region. At any place, two plots of 1000 m² (50m x 20m) were selected and for each plot three *transectas* were traced where systematically five samples composed by soil at a depth 0-20 cm were taken. An auger of percussion type Uhland was used.

Physical analysis: Texture was determined by following the hydrometer method (Gee and Bauder, 1986). The humidity percentage in soil (%H) was measured through the gravimetric method. The bulk density was determined in no perturbed soil samples by following method

porcentaje de humedad del suelo (%H) se midió por el método gravimétrico. La densidad aparente se determinó en muestras de suelo no perturbadas siguiendo el método propuesto por Blake y Hartge (1986) y se expresó en gramos/cm³.

Análisis químicos: el pH y la conductividad eléctrica (CE) se determinaron en una suspensión suelo:agua (1:2,5). El porcentaje de carbono orgánico total (%COT) se determinó siguiendo la metodología propuesta por Walkley y Black (1934). Este procedimiento se basó en la oxidación de la materia orgánica del suelo mediante el tratamiento de la muestra con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y se tituló con una solución sulfato ferroso amoniacal. El nitrógeno total se determinó siguiendo el método de destilación Kjeldahl y se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0,01 N. El nitrógeno disponible ($N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$) se extrajo con una solución de sulfato de potasio (K_2SO_4) 0,5 M y se determinó por colorimetría (Keeney y Nelson, 1982).

Análisis estadísticos: Se aplicó un análisis de la varianza de una vía (ANOVA), cuando éste resultó significativo ($P<0,05$), se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey. En los casos donde fue necesario los datos fueron transformados con el fin de homogenizar varianzas y cuando no se cumplió este supuesto ($P>0,05$) de acuerdo con la prueba de Levenne, se aplicó la prueba no-paramétrica de Mann-Whitney. Para relacionar variables en los sitios de interés, se utilizó un análisis de correlación lineal simple de Pearson.

proposed by Blake and Hartge (1986) and it was expressed in grams/cm³.

Chemical analysis: pH and electrical conductivity (EC) were determined on a soil:water suspension (1:2.5). The total organic carbon percentage (%TOC) was determined by following methodology proposed by Walkley and Black (1934). This procedure was based on oxidizing of soil organic matter through the treatment of sample with potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) and sulphuric acid (H_2SO_4) concentrated and it was titrated with an ammonium ferric sulphate solution. Total nitrogen was determined by following the distillation method of Kjeldahl and it was titrated with chlorhydric acid (HCl) 0.01 N. The available nitrogen ($N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$) was extracted by using a potassium sulphate solution (K_2SO_4) 0.5 M and it was determined by colorimetry (Keeney and Nelson, 1982).

Statistical analysis: An analysis of variance was applied (ANOVA) of one way, when this was significant ($P<0.05$), a Tukey mean multiple comparisons test was applied. In cases where data were changed in order to homogenize variants and when this supposition was not accomplished ($P>0.05$) according to the Levenne test, the non-parametric test of Mann-Whitney was applied. To relate variables in places of interest, an analysis of simple lineal correlation of Pearson was used. The statistical program Statistica, version 5.5 for Windows (1999) was used.

Se utilizó el paquete estadístico Statistica, versión 5,5 para Windows (1999).

Resultados

Textura del suelo: El porcentaje de arcilla en P3 resultó estadísticamente ($P < 0,05$) más alto que en el resto de los sitios. Sin embargo, los grupos texturales resultaron relativamente homogéneos entre sitios (cuadro 1). La textura del suelo es un parámetro físico que difícilmente se altera debido a un cambio de uso de la tierra; sin embargo, es importante destacar que dado el alto porcentaje de arcilla encontrado en los sitios, esto tiene importantes efectos sobre el comportamiento de la mayoría de los nutrientes en el suelo, y en especial sobre la materia orgánica y el nitrógeno.

Porcentaje de humedad (%H) y densidad aparente (D_a): El menor %H se encontró en B ($29,22 \pm 2,53$), mientras que P y P3 presentaron valores más alto ($39,98 \pm 1,93$

Results

Soil Texture: The clay percentage in P3 was statistically ($P < 0.05$) higher in the rest of places. However, textural groups were relatively homogenous between places studied (table 1). Soil texture is a physical parameter that hardly becomes altered because a change on land use; however, it is important to detach that the high clay percentage found in places, this have important effects on behavior of most of nutrients in soil, and especially about the organic matter and nitrogen.

Humidity percentage (%H) and bulk density (AD): The lower %H se was found in B (29.22 ± 2.53), whereas P and P3 showed higher values (39.98 ± 1.93 and 39.97 ± 2.72 , respectively) (figure 1a). The higher AD was observed in B, followed by P7 (figure 1b).

The higher %H found in soils cultivated respect to B, could be influenced by a rainfall event produced during sampling in places

Cuadro 1. Textura del suelo en el pasto (P), palma con siete (P7) y tres (P3) años de establecidas y bosque (B).

Table 1. Soil texture in pasture (P), palm with seven (P7) and three (P3) years and forest (F).

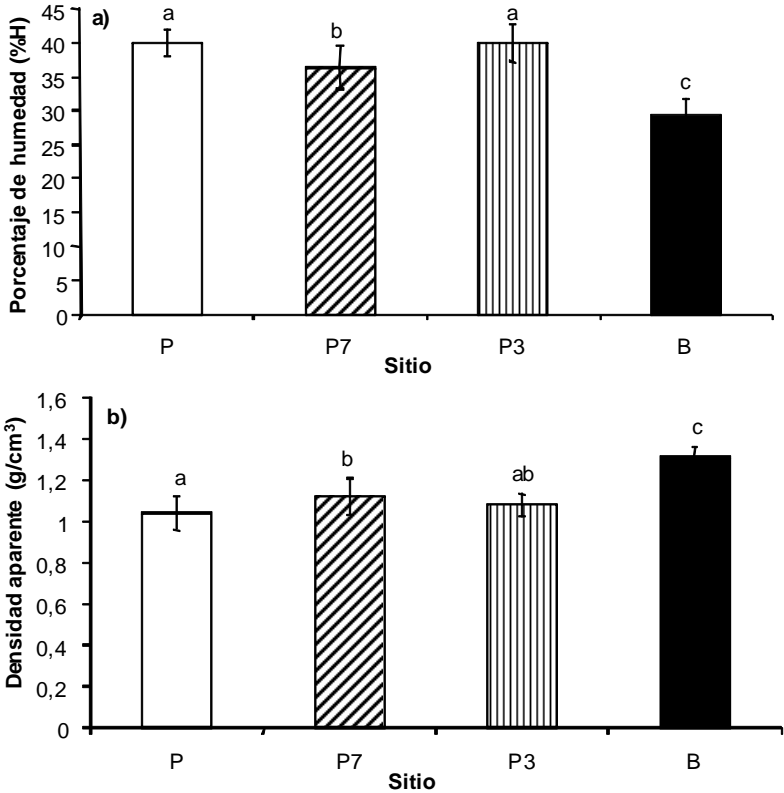
Sitio	% Arcilla	% Limo	% Arena	Grupo textural
P	$51,35 \pm 4,79^a$	$30,65 \pm 7,53^a$	$18 \pm 4,53^a$	Arcillo limoso
P7	$54,36 \pm 11,17^a$	$27,89 \pm 8,45^a$	$17,75 \pm 5,46^b$	Arcilloso
P3	$66,75 \pm 12,48^b$	$21,25 \pm 12,84^a$	$12 \pm 2,29^a$	Arcilloso
B	$48,2 \pm 5,42^a$	$25,7 \pm 6,02^a$	$26,1 \pm 5,36^c$	Arcilloso

Valores promedios \pm desviación estándar seguidos por letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los sitios.

y $39,97 \pm 2,72$, respectivamente) (figura 1a). La Da más alta se observó en B, seguida por P7 (figura 1b).

El mayor %H encontrado en los suelos cultivados con respecto a B, pudiera estar influenciado por un evento de precipitación que se produjo durante la realización del muestreo en

cultivated while in forest (5 km distance), there was no rain. Likewise, probable the higher AD found in B (1.32 ± 0.04) be related to a lower humidity content in that place at the moment of making sampling and to the previous use of soils before forest regeneration began 18 years ago



Las columnas indican los valores promedio acompañadas por barras de desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre los sitios.

Figura 1. a) Porcentaje de humedad (%H) y b) densidad aparente (g/cm³) en los suelos bajo pastizal (P), palma con 7 años de edad (P7), palma con 3 años de edad (P3) y bosque (B).

Figure 1. a) Humidity percentage (%H) and b) apparent density (g/cm³) in soils under pasture (P), oil palm with seven years-old (P7), oil palm with three years-old (P3) and forest (F).

los sitios cultivados mientras que en el bosque (5 km de distancia), no llovió. Asimismo, es probable que la mayor Da encontrada en B ($1,32 \pm 0,04$) esté asociada a un menor contenido de humedad en ese sitio al momento de realizar el muestreo y al uso anterior al que fueron sometidos los suelos antes de que se iniciara la regeneración del bosque hace aproximadamente 18 años, y no al tipo de vegetación o el porcentaje de arcilla, en especial porque no se encontró correlación significativa entre esas variables.

pH y conductividad eléctrica (CE): En el suelo bajo P, el pH y la CE fueron significativamente más altos ($P < 0,05$) que en B, P7 y P3. Se encontró una correlación positiva ($r = 0,5887$) entre la CE y el pH del suelo en todos los sitios. El pH en los sitios de estudio se encuentra en el intervalo de suelos ácidos. Actividades como la quema, la fertilización y el encalado tienden a aumentar el pH del suelo. Yimer *et al.* (2008) encontraron aumentos del pH en suelos cultivados, lo cual fue asociado a la disminución en la concentración de materia orgánica del suelo. En otro estudio, McGrath *et al.* (2001) asociaron el aumento del pH del suelo en suelos cultivados con el aporte de las cenizas derivadas de la quema de la vegetación. En nuestro estudio no se evidenció la presencia de quema, lo que no excluye que hayan ocurrido algunos eventos de quema en el pasado. En el pastizal no se evidenció la aplicación de fertilizantes químicos, sin embargo, se debe considerar el efecto que tiene en el suelo el aporte de nutrientes por parte de la orina del ganado que pastorea en los potreros,

approximately, and not to the type of vegetation or clay percentage, especially because there was not significant correlation between these variables.

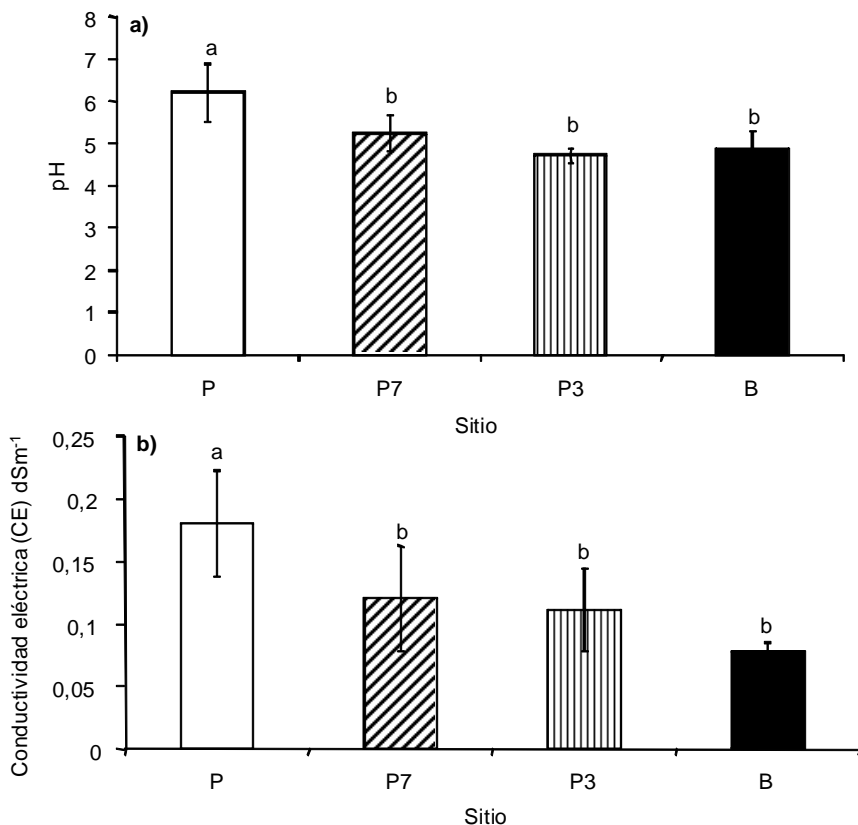
pH and electrical conductivity (CE): In soil under P, pH and EC were significant higher ($P < 0.05$) than in B, P7 and P3. A positive correlation ($r = 0.5887$) between EC and soil pH all the places was found. pH in places studied are on the acid soils interval. Activities like burning, fertilization and whitewash increases soil pH. Yimer *et al.* (2008) reported pH increases in soils cultivated, which was related to the decrease on soil organic matter concentration. McGrath *et al.* (2001) associated the soil pH increase in soils cultivated with ashes contribution derived from vegetation burning. In this study the burning presence was not evident, which not exclude some burning in past. In pasture land, the use of chemical fertilizers was not evident, however, the effect of nutrients contribution from livestock urine has to be considered in soil, which could increase soil pH (Funes, 1975). Possibly, in soils cultivated with oil palm, fertilization tasks play an important role by modifying the soil pH in high places studied, nevertheless, it is a hypothesis to be proved.

Total organic carbon (%TOC) and total nitrogen (%TN): Soils in B showed higher percentages of TOC and TN of soils cultivated. When comparing %TOC values of forest with places cultivated with palm, P3 showed a significant reduction of 25.37% and P7, 24.38%.

el cual en parte pudiera estar influyendo en aumentar el pH del suelo (Funes, 1975). En los suelos cultivados con palma aceitera posiblemente las labores de fertilización están jugando un papel muy importante en alterar el pH del suelo en los sitios estudiados, sin embargo, es una hipótesis que tendría que probarse a futuro (figura 2a y 2b).

In case of %TN, P3 showed a reduction of 37.5% and P, showed 25% respect to B (figure 3a and 3b).

El %TOC and %TN were relatively low respect to values reported for tropical soils (Bravo, 2000). These results are comparable to essays carried out by Emadi *et al.* (2008); Yimer *et al.* (2008) and Hajabbasi *et al.* (1997), who found a



Las columnas indican los valores promedio acompañadas por barras de desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre los sitios.

Figura 2. a) pH y b) conductividad eléctrica (CE) bajo pastizal (P), palma aceitera con 7 (P7) y 3 (P3) años de edad y bosque (B).

Figure 2. a) pH and b) electrical conductivity (EC) under pasture (P), oil palm with 7 (P7) and 3 (P3) years-old and forest (F).

Carbono orgánico total (%COT) y nitrógeno total (%NT):

Los suelos en B presentaron porcentajes de COT y NOT más altos que los suelos cultivados. Al comparar los valores de %COT del bosque con los sitios cultivados con palma, se observó que P3 presentó una reducción significativa de 25,37% y P7 una reducción significativa de 24,38%. En el caso del %NT, P3 presentó una reducción del 37,5% y P una reducción de 25% con respecto a B (figura 3a y 3b).

El %COT y %NT fueron relativamente bajos con respecto a los valores comúnmente reportados para suelos tropicales (Bravo, 2000). Estos resultados son comparables a los trabajos realizados por Emadi *et al.* (2008); Yimer *et al.* (2008) y Hajabbasi *et al.* (1997), quienes encontraron una reducción de 20 a 50% del carbono orgánico total en los primeros 20 cm de profundidad de suelos cultivados. Adicionalmente, de manera análoga a lo obtenido en este estudio, Yimer *et al.* (2008) señalan que el pastoreo no afectó negativamente el carbono orgánico del suelo.

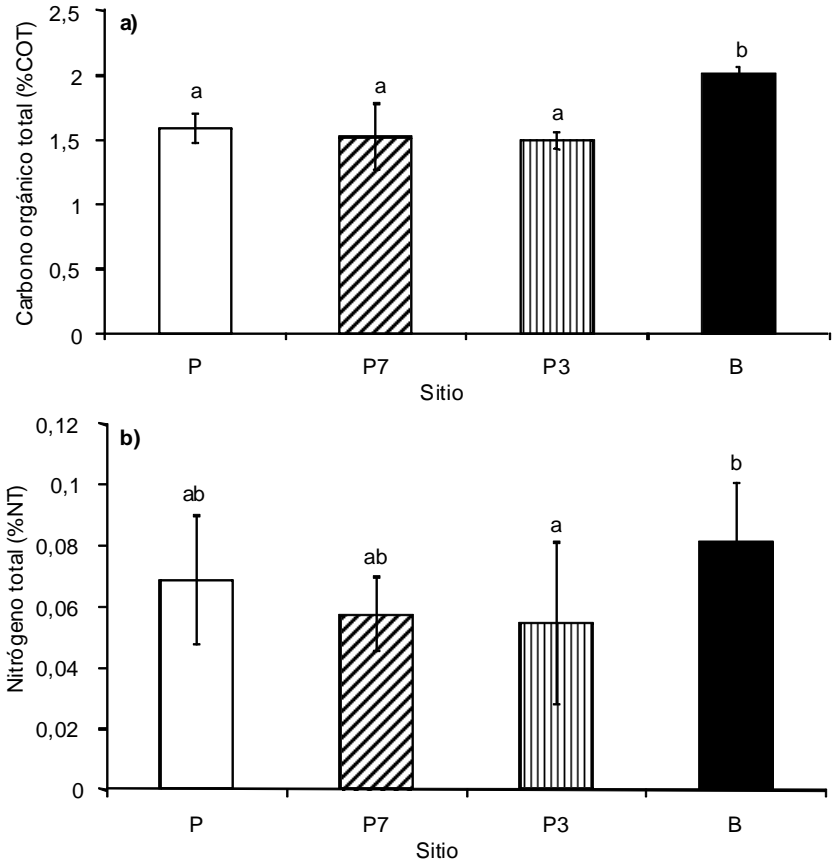
Para el cultivo de palma aceitera es frecuente deforestar y dejar descubierto el suelo para la posterior siembra. En algunos casos, se establecen cultivos de cobertura de leguminosas que contribuyen a aportar nitrógeno al suelo y mejorar las condiciones físicas y químicas. Sin embargo, en la zona de estudio no se estableció ningún cultivo de cobertura, por lo que se esperaba encontrar valores bajos de %COT y %NT, en especial en la plantación más joven de palma (P3). El nitrógeno es uno de los principales nutrientes que se pierde después del

reducción de 20 to 50% of total organic carbon in first 20 cm depth of soils cultivated. Additionally, Yimer *et al.* (2008) also reported that grazing did not affect in a negative way the soil organic carbon.

In oil palm cultivation, frequently soil is deforested and uncovered for after be sowed. Some cases, leguminous cover crops are established which contributes with nitrogen to soil and thus, to improve physical and chemical conditions. However, in region studied, any crop was established, therefore, low values of %TOC and %TN was expected, especially younger palm plantation (P3). Nitrogen is one of main nutrients lost after establishment of agricultural crops in deforested regions (Vitousek and Matson, 1985). Saikh *et al.* (1998) and Hajabbasi *et al.* (1997) reported losses until 50% of total nitrogen percentage. The decrease in total nitrogen concentration has been attributed to the C losses because the increase of total organic matter mineralization. In this research, it is remarkable that reduction of %TN in soils cultivated be related to decrease observed in %TOC. One positive correlation ($r=0.43$) was obtained between %TOC and %TN, by showing a direct relationship between both elements. Because the main source of N in soil is the organic matter, when one alteration is produced and the organic matter is lost, a consequent N loss occurs in soil.

Ammonium and nitrate:

Statistical differences ($P>0.05$) were not found in those ammonium and nitrate concentrations in soil.



Las columnas indican los valores promedios acompañadas barras de desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre los sitios.

Figura 3. a) Carbono orgánico total (%COT) y b) nitrógeno total (%NT) en el pastizal (P), la palma aceitera de 7 (P7) y tres (P3) años de edad, y el bosque (B).

Figure 3. a) Total organic carbon (%TOC) and b) total nitrogen (%TN) in pasture (P), the oil palm of 7 (P7) and three (P3) years-old and the forest (F).

establecimiento de cultivos agrícolas en zonas deforestadas (Vitousek y Matson, 1985). En ese sentido, Saikh *et al.* (1998) y Hajabbasi *et al.* (1997) reportaron pérdidas de hasta 50 % en el porcentaje de nitrógeno total del

Nevertheless, P showed a lightly high concentration of both nitrogen forms (figures 4a and 4b).

In all the places studied, the ammonium concentrations were superior to those of nitrate, which seems

suelo. La disminución en la concentración del nitrógeno total ha sido atribuida a las pérdidas de C por el aumento en la mineralización de la materia orgánica total del suelo. En este estudio, es probable que la reducción del %NT en los suelos cultivados esté asociada con la disminución observada en el %COT. Una correlación positiva ($r=0,43$) se obtuvo entre el %COT y el % NT, indicando una relación directa entre ambos elementos. Debido a que la principal fuente de N en el suelo es la materia orgánica, cuando se produce una perturbación y la materia orgánica se pierde, ocurre una consecuente pérdida del N del suelo.

Amonio y nitrato: No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en las concentraciones de amonio y nitrato del suelo entre los sitios. Sin embargo, P mostró una concentración ligeramente más alta de ambas formas de nitrógeno (figura 4a y 4b).

En todos los sitios estudiados las concentraciones de amonio fueron superiores a las de nitrato, lo cual parece indicar una amonificación muy activa en estos suelos de pH ácido. Como se observa en la figura 4, las concentraciones de amonio y nitrato en los suelos bajo los diferentes usos son relativamente bajas, probablemente debido al bajo %NT. A pesar de no encontrarse diferencias entre los sitios, se observa que los suelos cultivados con palma tuvieron las concentraciones más bajas de nitrógeno disponible. Esto pudiera ser explicado por el hecho de que los suelos bajo palma presentan una menor cobertura vegetal, y por lo tanto, los

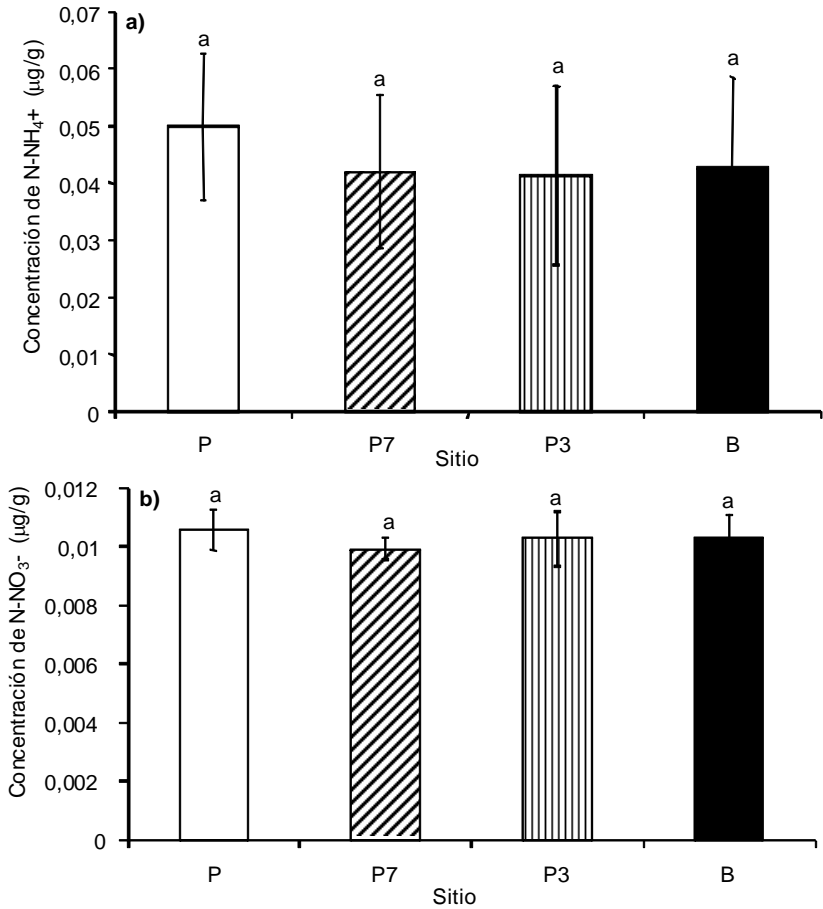
to show a very active ammonification in these soils with acid pH. As observed in figure 4, the ammonium and nitrate concentrations in soils under different uses are low, probable because the low %NT. Despite differences between places were not found, it is observed that soils cultivated with oil palm had lower concentrations of available nitrogen. This could be explained because soils under palm shows a low vegetal cover, and the mineralization and nitrogen lost processes through lixiviation, runoff and/or volatilization could be superior under conditions stress.

On the other hand, when analyzing the effect of texture on nitrogen available, a negative correlation was found between the clay percentage and soil nitrate ($r=-0.42$). It is reasonable to expect that these results, if taken into consideration that clays have a predominance of negative charges in surface, just like nitrates (Casanova, 2005).

Conclusions and recommendations

The change of land use had a negative impact on total organic carbon percentages and total nitrogen and available nitrogen, especially soils cultivated with oil palm. Further studies involving other period in year are recommended and other chemical and microbiological analysis in order to visualize the soil degradation stage.

End of english version



Las columnas indican los valores promedios acompañadas por barras de desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre los sitios.

Figura 4. a) Concentración de amonio (NH₄⁺) y b) nitrato (NO₃⁻) en el pastizal (P), en la palma con 7 (P7) y 3 años de edad (P3) y en el bosque (B).

Figure 4. a) Ammonium concentration (NH₄⁺) and b) nitrate (NO₃⁻) in pasture (P), in oil palm with 7 (P7) and 3 years-old (P3) and in the forest (F).

procesos de mineralización y pérdida de nitrógeno por lixiviación, escorrentía y/o volatilización pudieran ser mayores bajo estas condiciones.

Por otro lado, al analizar el efecto de la textura sobre el nitrógeno disponible se encontró una correlación negativa entre el porcentaje de arcilla y el nitrato del suelo ($r=-0,42$). Es

razonable esperar estos resultados, si se toma en cuenta que las arcillas tienen un predominio de cargas negativas en su superficie, al igual que los nitratos (Casanova, 2005).

Conclusiones y recomendaciones

El cambio de uso de la tierra tuvo un impacto negativo en los porcentajes de carbono orgánico total y de nitrógeno total y nitrógeno disponible, especialmente los suelos cultivados con palma aceitera. Se recomienda hacer más estudios que involucren otros períodos en el año, así como otros análisis químicos y microbiológicos que permitan visualizar el estado de degradación del suelo.

Literatura citada

- Blake, G. y K. Hartge. 1986. Bulk density. p. 363-375. En: Klute, A. (Ed). *Methods of soil analysis. Part I Physical and mineralogical methods*. Agronomy monograph number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America.
- Bravo, S. 2000. Aspectos básicos de química de suelos. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Colección Ciencia y Tecnología. 249 pp.
- Casanova, E. 2005. *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 379 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.
- Funes, F. 1975. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 9: 395-412.
- Gee, G.W. y J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis. p 383-412. En: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods*. Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America.
- Hajabbasi, M.A., A. Jalalian, y H.R. Karimzadeh. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties in Lordegan, Iran. *Plant and Soil* 190: 301-308.
- Huang, J. y C. Song. C. 2010. Effects of land use on soil water soluble organic C and microbial biomass C concentrations in the Sanjiang Plain in northeast China. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 60(2): 182-188.
- Keeney, D.R. y D.W. Nelson. 1982. Nitrogen-Inorganic forms. In: Page, A. L., Miller, R. H. y Keeney, D. R. (Eds.); "Methods of soil analysis: part II-Chemical and microbiological properties". Agronomy monograph number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. pp 643-698.
- Lepsch, I.F., J.R.F. Menk, y J.B. Oliveria. 1994. Carbón storage and other properties of soils under agriculture and native vegetation in Sao Paulo State Brazil. *Soil Use and Management* 10: 34-42.

- Luna, L.A. 1996. El manejo de la Reserva Forestal de Ticoporo como ejemplo del manejo forestal bajo Régimen de Concesiones en Venezuela. *Revista Forestal Latinoamericana* 20: 5-21.
- McGrath, D., C.K. Smith., H.L. Gholz, y F de A. Oliveira. 2001. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. *Ecosystems* 4: 625-645.
- Mosier, A.R. 1998. Soil processes and global change. *Biology and Fertility of Soils* 27: 221-229.
- Pothast, K., U. Hamer., y F. Makeschin. 2010. Impact of litter quality on mineralization processes in managed and abandoned pasture soils in Southern Ecuador. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 56-64.
- 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.
- Saikh H., C. Varadachari, y K. Ghosh. 1998. Effect of deforestation and cultivation on soil CEC and contents of exchangeable bases: A case study in Simlipal National Park, India. *Plant and Soil* 204: 175-181.
- Statistica. 1999. *Basic Statistical Analysis Methods*. Versión 6.0. StatSoft, Tulsa, OK.
- Vitousek, P.M. y P.A. Matson. 1985. Disturbance, nitrogen availability and nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation. *Ecology* 66: 1360-1376.
- Walkley, A. y A. Black. 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Yañez, L.I. 1993. *Hacia una ganadería tipo Colón*. Universidad Sur del Lago y Fundación para el Desarrollo de la Educación Superior en el Sur del Lago. Santa Bárbara del Zulia.
- Yimer F., S. Ledin, y A. Abdelkadir. 2008. Concentrations of exchangeable bases and cation Exchange capacity in soils of cropland, grazing and forest in the Bale Mountains, Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 256: 1298-1302.