

Uso de la tierra del piedemonte del estado Lara, Venezuela y su efecto sobre propiedades físicas, químicas y bacterias rizosféricas*

State of Lara's, Venezuela foothills land-use and its effect on physical and chemical properties and rhizosphere bacteria

Duilio Torres^{1§}, Marisol López², Jorge Contreras¹, Manuel Henríquez¹, Ingrid Acevedo¹ y Claudia Agurto²

¹Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. Departamento de Química y suelos. Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas (UISNMP). Redoma de Agua Viva, Núcleo Tarabana, edificio La Colina. A. P. 3101. Tel. 005 825 1292310. (jcontreras@ucla.edu.ve), (hemanuel@ucla.edu.ve), (ingridacevedo@ucla.edu.ve). ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Sector el Limón Núcleo Universitario, edificio (1) INIA, Maracay-Aragua. C. P. 2001. Venezuela. Tel. 005 841 27522563. (mlopez@inia.gob.ve), (cagurto@inia.gob.ve). [§]Autor para correspondencia: duiliotorres@ucla.edu.ve.

Resumen

Se evaluaron los efectos de diferentes tipos de uso de la tierra (TUT) en la zona andina del estado Lara sobre las variables físicas, químicas y bacterias rizoféricas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL) y solubilizadoras de fósforo (SF). Se colectaron muestras de suelo alteradas, en los diferentes manejos evaluados: TUT-café; TUT-tomate, TUT-maíz en Piedra el Tigre, TUT-Ajoporro en Buena Vista, TUT- vainita y TUT-lechuga en Palmira. Los TUT en la Zona de Piedra el Tigre, parecen estar afectando el fósforo disponible, pero no las propiedades físicas y las bacterias rizosféricas evaluadas. La menor afectación se atribuye a la poca mecanización del suelo y poco uso de abonos orgánicos. Las colonias de FNVL y SF no fueron afectadas, aunque las FNVL en el TUT-café estuvieron más bajas. Todos los TUT presentaron alta acumulación de materia orgánica, principalmente los TUT café, maíz y tomate y sus bajos contenidos de fósforo parecen estar asociados a la retención de éste elemento en forma orgánica. En la zona de Palmira, el TUT-lechuga presentó alta disponibilidad de nutrientes y de unidades formadoras de colonias por ml (UFC ml⁻¹) de SF y FNVL en la diluciones de 10⁵ y 10⁶ y menor número de UFC ml⁻¹ de FNVL en TUT- vainita.

Abstract

The effects of different types of land use (TUT) in the Andean region of the State of Lara on the physical and chemical variables and, on the nitrogen-fixing free-living (FNVL) and phosphate solubilizing rhizosphere bacteria (SF). Altered soil samples were collected in different management practices tested: TUT-coffee, TUT-tomato, TUT-maize in Piedra del Tigre, TUT-leek in Buena Vista, TUT-bean and TUT- lettuce in Palmira. The TUT in Piedra del Tigre appear to be affecting the available phosphorus, but not the evaluated physical properties and rhizosphere bacteria. The least affectation is attributed to the poor soil mechanization and little use of organic fertilizers. FNVL and SF colonies were not affected, although FNVL in the TUT-coffee were lower. All the TUT's showed high accumulation of organic matter, mainly the TUT coffee, maize and tomatoes; its low levels of phosphorus appear to be associated with the retention of this element in organic form. In the area of Palmira, the TUT-lettuce presented high nutrient availability and colony forming units per ml (CFU ml⁻¹) of SF and FNVL in dilutions of 10⁵ and 10⁶ and fewer CFU ml⁻¹ of FNVL in TUT-bean.

* Recibido: enero de 2012
Aceptado: agosto de 2012

Palabras claves: bacterias rizoféricas, manejo de suelos, sostenibilidad.

Key words: rhizosphere bacteria, soil management, sustainability.

Introducción

La zona alta del estado Lara se caracteriza por ser una de las localidades agrícolas más importantes del país, destacándose entre otros rubros, la producción de hortalizas de piso alto tales como lechuga, ajoporro, zanahoria, papa y el agroecosistema café. No obstante, la producción hortícola en esta zona ha sido baja debido a la baja fertilidad de los suelos, principalmente. En este sentido, Henríquez (2010) ha mostrado que la mayoría de los suelos en la zona alta del estado Lara presentan excesiva acidez y altos contenidos de aluminio intercambiable (Al^{+3}), lo cual puede causar problemas de toxicidad en las plantas, fijación de fósforo (P) y baja actividad biológica, afectando los procesos de fijación biológica de nitrógeno atmosférico y la capacidad del suelo para suplir nutrientes a las plantas.

El manejo de la fertilidad de los suelos convencionalmente se ha enfocado desde el punto de vista químico, basado en la disponibilidad de macronutrientes (N,P,K), por lo que los agricultores recurren al uso de fertilizantes inorgánicos, principalmente los de origen industrial, fórmulas simples y compuestas, con la finalidad de suplir las deficiencias de éstos elementos esenciales. Sin embargo, su uso inadecuado e irracional ha generado problemas ambientales (Terry *et al.*, 2002; Chirinos *et al.*, 2007).

En este contexto, los agricultores deben disponer de opciones para mejorar la fertilidad del suelo desde el punto de vista integral, incorporando otras fuentes de bajo costo que además contribuyan a garantizar el uso sustentable de los recursos naturales con mínimo uso de insumos externos. En la zona alta del estado Lara se ha evaluado el uso de la gallinaza como enmienda orgánica y los compost, en general, con relativo éxito (Matheus, 2004). Sin embargo, existen otras fuentes de fertilizantes que pueden ser evaluadas para contribuir a incrementar la fertilidad del suelo desde el punto de vista integral.

En Venezuela existen experiencias exitosas en el aislamiento y evaluación de microorganismos simbióticos, especialmente los referidos a la simbiosis que existe entre las bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* y las leguminosas para fijar nitrógeno del aire. Peña y Reyes

Introduction

The upper area of the State of Lara is known for being one of the agricultural towns in the country, highlighting among other items the production of high-floor vegetables such as lettuce, leek, carrot, potato and the coffee agroecosystem. However, vegetable production in this area has been low, mainly due to the low soil fertility. In this sense, Henríquez (2010) has shown that most of the soils in the upper area of Lara have excessive acidity and high content of exchangeable aluminum (Al^{+3}), which can cause toxicity problems in the plants, fixing phosphorus (P) and low biological activity, affecting the processes of biological fixation of atmospheric nitrogen and the ability of soil to supply nutrients to the plants.

The management of soil fertility has conventionally been approached from the chemical point of view, based on the availability of macronutrients (N, P, K), so that the farmers resort to the use of inorganic fertilizers, mainly industrial of simple and complex formulas in order to overcome the deficiencies of these essential elements; however, the inappropriate and irrational use has generated environmental problems (Terry *et al.*, 2002; Chirinos *et al.*, 2007).

In this context, the farmers must have options for improving the soil fertility from the holistic point of view; incorporating low-cost sources that will also contribute to ensuring the sustainable use of natural resources with minimal use of external inputs. In the upper area of the State of Lara, the use of chicken manure has been evaluated as organic fertilizer and compost, in general, with relative success (Matheus, 2004). However, there are other sources of fertilizer that can be evaluated to help increase the soil fertility from the comprehensive viewpoint.

In Venezuela there are successful experiences in the isolation and evaluation of symbiotic microorganisms, especially those related to the symbiosis between bacteria of the genus *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* and, legumes to fixing nitrogen from the air. Peña and Reyes (2007) isolated FNVL and SF strains, which when inoculated into the soil, increased the dry weight of lettuce seedlings compared with the un-inoculated ones. López *et al.* (2008) evaluated in

(2007) aislaron cepas FNVL y SF, las cuales al ser inoculadas en el suelo, incrementaron el peso seco de las plántulas de lechuga en comparación con las no inoculadas. López *et al.* (2008) evaluaron en dos suelos contrastantes el efecto de cepas FNVL y SF sobre la bioestimulación en maíz, obteniendo respuesta en el crecimiento vegetal, por su parte Rodríguez y López (2009), al evaluar biofertilizantes a base de *Rhizobium*, lograron incrementar significativamente los rendimientos de frijol inoculado con cepas nativas en suelos ácidos del oriente venezolano.

Considerando que los biofertilizantes son una opción para el manejo de la fertilidad del suelo, se iniciaron evaluaciones en la zona alta del estado Lara, con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes tipos de uso de la tierra (TUT) sobre algunas propiedades físicas, químicas y bacterias rizosféricas, específicamente cepas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL) y solubilizadoras de fósforo (SF).

Materiales y métodos

Tipos de uso de la tierra (TUT) evaluados: para el estudio se seleccionaron los usos más representativos en fincas de agricultores ubicadas en Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira, siendo los usos seleccionados: TUT-café; TUT-tomate, TUT-maíz en Piedra el Tigre; TUT- ajoporro en Buena Vista y TUT- vainita más TUT-lechuga en palmira. A continuación se describen los TUT evaluados.

Características de las unidades de muestreo

Sector Piedra el Tigre

Los TUT-café, TUT-maíz y TUT-tomate, ubicados a una altitud entre 1 200 y 1 400 msnm, entre las coordenadas (9°89'30'' latitud norte, 69° 80'33'' longitud oeste).

TUT-café: Los suelos presentan buena profundidad efectiva, entre 30 y 60 cm, con texturas de franco arcillosas (FA) a Arcillosas (A); la reacción del suelo es ligeramente ácida (pH= 5.6), con valores de aluminio intercambiable (Al^{+3}) de medios a altos (2 a > 4 $cmol\ kg^{-1}$). Los contenidos de materia orgánica (MO) son altos (> 80 $g\ kg^{-1}$) y la conductividad eléctrica baja ($CE < 0.4\ dS\ m^{-1}$), mientras que la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K) son bajos (2 $mg\ kg^{-1}$) y medios (80 $mg\ kg^{-1}$) respectivamente. El calcio (Ca) y el magnesio (Mg) se encuentran altos ($Ca > 1000\ mg\ kg^{-1}$; $Mg > 600\ mg\ kg^{-1}$).

two contrasting soils, the effect of FNVL and SF strains on biostimulation in maize, obtaining response in the plant's growth; Rodríguez and López (2009), when evaluating bio-fertilizers based on *Rhizobium* managed to significantly increase inoculated bean yields with native strains in acid soils of the eastern Venezuela.

Considering that bio-fertilizers are an option for the management of soil fertility, evaluations were in the highlands of the State of Lara in order to evaluate the effect of different types of land-use (TUT) on some physical properties, chemical and rhizosphere bacteria, specifically nitrogen-fixing strains of free living (FNVL) and solubilizing phosphorus (SF).

Materials and methods

Evaluated types of land use (TUT): for the study the most representative uses were selected in farms located in Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira: TUT-coffee, TUT-tomato, TUT-maize in Piedra del Tigre, TUT-leek in Buena Vista and, TUT-beans with TUT-lettuce in Palmira. The following describes the evaluated TUT's.

Sampling units' characteristics

Piedra del Tigre Sector

TUT-coffee, TUT-maize and TUT-tomato, located at an elevation between 1 200 and 1 400 meters, between the coordinates (9° 89' 30" N, 69° 80' 33" W).

TUT-coffee: The soils have good effective depth, between 30 to 60 cm, with clay loam texture (FA) to clay (A); the soil reaction is slightly acidic (pH= 5.6), with exchangeable aluminum values (Al^{+3}) medium to high (2 to > 4 $cmol\ kg^{-1}$). The organic matter content (OM) are high (> 80 $g\ kg^{-1}$) and the electrical conductivity is low ($EC < 0.4\ dS\ m^{-1}$), while the availability of phosphorus (P) and potassium (K) are low (2 $mg\ kg^{-1}$) and medium (80 $mg\ kg^{-1}$) respectively. Calcium (Ca) and magnesium (Mg) are high ($Ca > 1000\ mg\ kg^{-1}$, $Mg > 600\ mg\ kg^{-1}$). The structure is blocky to crumbly, strong to moderate, with little tendency to erode, with aggregates larger than 1 mm. Many of the plots have 4 000 ha of coffee plants, out of which approximately 25% have plants with less than 3 years and other plants over 12 years. Some of the varieties grown are: Catuai, Caturra and Mundo Nuevo.

La estructura es blocosa a migajosa, de fuerte a moderada, con poca tendencia a erosionarse, con agregados de tamaño superior 1 mm. Muchas de las parcelas tienen 4 000 plantas ha de café, de las cuales aproximadamente 25 % corresponde a plantas menores que 3 años y el resto a plantas mayores de 12 años. Algunas de las variedades cultivadas son: Catuai, Caturra y Mundo Nuevo. El control de malezas es manual la fertilización es de 100 g planta de urea y la misma cantidad de fórmula completa (N:P:K) en abril antes de iniciarse el periodo de lluvias; para corregir la acidez aplican cal agrícola muy esporádicamente. Los rendimientos promedios por hectárea alcanzan 7.5 quintales ha⁻¹.

TUT-tomate: los suelos de éste sector al igual que el anterior presenta buena fertilidad, reflejada en la disponibilidad de K, Ca y Mg con contenidos de MO altos, la acidez es ligera (pH= 5.5), pero la baja disponibilidad de P (2 mg kg⁻¹) indica posibles problemas de retención de éste elemento. Sin embargo, a diferencia del sector donde se siembra café no presenta problemas de aluminio intercambiable. Para el cultivo de tomate se preparan semilleros en campo, la fertilización es inorgánica, aplicando principalmente urea. El control de maleza es manual, el riego es por goteo artesanal.

TUT-maíz: los suelos bajo este uso, al igual que los anteriores presentan como principal limitante la muy baja disponibilidad de P, pero el K, Ca y Mg están en alta disponibilidad, la acidez es moderada (pH= 5.5), no existen problemas por aluminio intercambiable, por lo que no se requiere aplicaciones de cal agrícola. El cultivo de maíz se siembra con semillas seleccionadas de la misma zona; es decir, no se utiliza semilla certificada proveniente de casas comerciales, la fertilización es a base de urea, el control de maleza es manual, el cultivo no se mecaniza y es sembrado en curvas de nivel para reducir problemas de erosión.

Sector Buena Vista

TUT: ajoporro

Ubicado a una altitud de 1 305 msnm entre las coordenadas 9° 52'19" latitud norte, 69° 28' 46" longitud oeste, en la localidad de Buenos Aires, Parroquia Buena Vista, Municipio Iribarren del estado Lara. El manejo establecido consistió en arado con bueyes y pase cruzado, surcado manual con escardilla, se incorpora materia orgánica a razón de 40 Mg/ha de estiércol de chivo, la siembra se realiza transplantando desde el semillero al suelo, a una distancia de 15 cm x 40 cm entre plantas e hileras, se aplica riego diario por aspersión,

Weed control is manual, fertilization of 100 g urea plant and the same amount of the full formula (N: P: K) in April before the rainy season started to correct the acidity of agricultural lime were applied very sporadically. Average yields per hectare reached 7.5 quintals ha⁻¹.

TUT-tomato: the soils of this sector have good fertility, reflected in the availability of K, Ca and Mg with high contents of OM, the slight acidity (pH= 5.5), but the low availability of P (2 mg kg⁻¹) indicates possible retention of this element. However, unlike the area where the coffee is grown, there was no problem in exchangeable aluminum. For the cultivation of tomato, seedlings are prepared in the field, with inorganic fertilization, using mainly urea. Weed control is manual with the traditional drip irrigation.

TUT-maize: the soils under this application, as presented earlier, its main limiting is the very low availability of P but, K, Ca and Mg are highly available, moderate acidity (pH = 5.5), there are no exchangeable aluminum problems, so it does not require application of agricultural lime. Maize crop is sown with seeds selected from the same area; i.e. no certified seeds from commercial houses, the fertilization are based on urea, weed control is manual, the crop is not machined and is sowed using contour lines to reduce erosion problems.

Buena Vista Sector

TUT: leek

Located at an elevation of 1 305 m between latitudes 9 ° 52'19" N, 69 ° 28' 46" W, in Buenos Aires, Parroquia Buena Vista, Iribarren Municipality in the State of Lara. The management set consisted of plowing with oxen and go-crossed, furrowing manually with hoe, organic matter is incorporated at 40 Mg/ha of goat manure, planting is done by transplanting from the seed to the ground, a distance of 15 cm x 40 cm between plants and rows, daily watering is applied by spraying, using high doses of inorganic fertilizers from industrial sources, applying granulated urea, compound formula (10:20:20) at a rate of 1 000 kg ha⁻¹. These applications are made two (2) times during the growing season; weed control is manual like the harvest. Overall, this lot has good fertility, high availability of P, K, Ca, and Mg, high in organic matter and slightly acid, aluminum seamlessly interchangeable.

se utilizan altas dosis de fertilizantes inorgánicos de origen industrial, aplicándose urea granulada y fórmula compuesta (10:20:20) a razón de 1 000 kg ha⁻¹. Estas aplicaciones se realizan dos (2) veces durante el ciclo del cultivo, el control de malezas es manual al igual que la cosecha. En general, este lote presenta buena fertilidad, con alta disponibilidad de P, K, Ca, y Mg; altos contenidos de materia orgánica y ligera acidez, sin problemas de aluminio intercambiable.

TUT-vainita

El cultivo de vainita se localizó en Buena Vista, Municipio Iribarren del estado Lara, a una altitud de 1310 msnm, entre las coordenadas 9° 52' 02" latitud norte, 69° 29' 04" longitud oeste. El manejo consiste en arado con bueyes en pase cruzado, surcado manual con herramientas menores como la escardilla. La siembra también es manual, se colocan 2 semillas por punto a una distancia de 20 cm x 40 cm entre plantas e hileras, se aplica riego diariamente por aspersión y la fertilización es con urea y fórmula compuesta (10-20-20) a razón de 1 000 kg ha⁻¹, aplicados a los 8 días después de la germinación y al inicio de la floración. El control de plagas, malezas e insectos se realiza a base de productos químicos. El rendimiento promedio es de 20 t ha⁻¹.

Sector Palmira

TUT-lechuga

El cultivo de lechuga se desarrolló en la localidad de Palmira, Parroquia Sanare, Municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara, a una altitud de 1 320 msnm entre las coordenadas 9° 44' 33" latitud norte, 69° 40' 11" longitud oeste. El manejo establecido consistió en arado con tractor y dos pases de rastra, aplicación de herbicida (Prol sería interesante saber las concentraciones en la cual se aplicó) antes del trasplante, utilizando plántulas con pilón sembradas a 40 x 40 cm entre plantas e hileras, control preventivo y curativo de enfermedades con fungicidas durante los primeros 30 días, con aplicaciones de dos veces por semanas de fertilización con urea y fórmula completa (10-20-20) a la segunda y cuarta semanas después del trasplante a razón de 1 000 kg ha⁻¹, la cosecha se inicia a los 40 días después del trasplante con 6 pases ¿Cómo son las texturas y la estructura?

Muestreo de suelo: para el estudio se tomaron tres tipos de muestras de suelo: a) no alteradas, con el objetivo de realizar la caracterización física del suelo b) muestras alteradas de 0-20 cm de profundidad para la caracterización química del

TUT-bean

The cultivation of beans was located in Buena Vista, Iribarren Municipality in the State of Lara at an elevation of 1310 meters, between latitudes 9° 52' 02" N, 69° 29' 04" west longitude. Management consists of plowing with oxen, go-crossing, furrowing manually with small tools such as the hoe. Seeding is also manual, placing 2 seeds per point at a distance of 20 cm x 40 cm between plants and rows, applying daily irrigation and, the fertilization is made with urea, formula (10-20-20) at a rate 1 000 kg ha⁻¹, applied at 8 days after germination and early flowering. The control of pests, weeds and insects is performed using chemicals. The average yield is 20 t ha⁻¹.

Palmira sector

TUT-lettuce:

Lettuce crop was developed in the town of Palmira, Parroquia Sanare, Andrés Eloy Blanco, State of Lara at an elevation of 1 320 m between latitudes 9° 44' 33" N, 69° 40' 11" W. The management was established in tractor and plow with two passes of harrow, application of herbicide (Prol would be interesting to know the concentrations in which it was applied) before transplantation, using seedlings planted 40 x 40 cm between plants and rows, control prevention and treatment of diseases with fungicides during the first 30 days, with applications twice a week of fertilization with urea and complete formula (10-20-20) to the second and fourth weeks after transplanting at a rate of 1 000 kg ha⁻¹, the harvest will occur within 40 days after transplantation with 6 passes; How are the textures and structure?

Soil sampling: for the study, we took three types of soil samples: a) not altered in order to perform the physical characterization of the soil; b) altered samples of 0-20 cm depth for soil chemical characterization; and c) rhizosphere samples from 0 to 10 cm depth to isolate nitrogen-fixing free-living bacteria (FNVL) of the genus *Azotobacter* and phosphorus solubilizing (SF).

Assessed variables:

Chemical: soil reaction (pH), electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), availability of macronutrients phosphorus (P), potassium (K) calcium (Ca) and magnesium (Mg), by (Gilbert *et al.*, 1990) for the soil analysis, diagnosis of fertility and fertilizer recommendations and amendments. pH was measured by

suelo; y c) muestras rizosféricas, de 0 a 10 cm de profundidad para aislar las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL) del género *Azotobacter* y solubilizadoras de fósforo (SF).

Variables evaluadas

Químicas: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), disponibilidad de macronutrientes fósforo (P), potasio (K) calcio (Ca) y magnesio (Mg), según (Gilabert *et al.*, 1990) para análisis de suelo con fines de diagnóstico de fertilidad y recomendaciones de fertilizantes y enmiendas. El pH fue medido por el método potenciométrico en relación suelo: agua= 1:2,5, el carbono orgánico fue determinado por el método de (Walkley y Black, 1934), la capacidad de intercambio catiónico por extracción con acetato de amonio, el fósforo por Olsen.

Físicas: las variables físicas fueron: densidad aparente (Da), macroporosidad, microporosidad, conductividad hidráulica saturada, según la metodología descrita por Pla (1983).

Bacterias rizosféricas: las bacterianas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL) se aislaron en el medio de cultivo-agar Ashby específico para *Azotobacter* y las solubilizadoras de fósforo (SF) en medio-agar Pikovskaya siguiendo los métodos y procedimientos (Martínez *et al.*, 2006).

Criterios para la pre-selección de cepas

Para la selección de las cepas se tomó como criterio en el caso de las bacterias SF, aquellas que presentaron halo visible y bien diferenciado mayor a 5 mm, lo cual es indicador de su capacidad para solubilizar fósforo. En el caso de bacterias FNVL, se seleccionaron aquellas que evidenciaron su característica específica, similar a una gota de agua fija en el medio, típica de las colonias de *Azotobacter*. Se consideró una población de bacterias adecuado cuando el número de viables fue igual o mayor a 10^8 UFC/ml ó UFC/g de suelo (Dibut *et al.*, 2001). Las cepas aisladas de seleccionaron para preparar el bioproducto.

Análisis de los datos: debido a que el estudio fue de carácter descriptivo, se tomaron muestras de áreas totalmente disimiles para poder contrastar los cambios en las variables físicas y químicas de suelos evaluados. Se tomaron como referencia los valores críticos generados por Florentino (1998) para los suelos venezolanos en función de su textura

the potentiometric method on soil: water= 1:2.5, the organic carbon was determined by the method of Walkley and Black (1934), cation exchange capacity for ammonium acetate extraction, the phosphorus by Olsen.

Physical: physical variables were: bulk density (Da), macroporosity, microporosity, saturated hydraulic conductivity, according to the methodology described by Pla (1983).

Rhizosphere bacteria: nitrogen-fixing free-living bacterial (FNVL) were isolated in the Ashby agar-medium specific for *Azotobacter* and phosphorus solubilizing (SF) medium-agar Pikovskaya following the methods and procedures (Martínez *et al.*, 2006).

Criteria for the pre-selection of strains

For the selection of the strains we took as a criterion in the case of bacteria SF, those which showed visible and distinct halo larger than 5 mm, which is an indicative of their ability to solubilize phosphate. In the case of FNVL bacteria, we selected those which showed their specific characteristic similar to a water drop fixed in the middle, typical colonies of *Azotobacter*. Considering a suitable bacterial population when the number of viable equal to or greater than 10^8 CFU/ml or CFU/g of soil (Dibut and Martínez-Viera, 2001). The isolates were selected to prepare the byproduct.

Data analysis: because the study was descriptive, samples were taken from areas totally dissimilar to compare changes in physical and chemical variables of the soil tested. We took as reference the critical values generated by Florentino (1998) for Venezuelan soils according to their texture (critical values of variables), in the case of chemical variables, we used as reference the values of the operating methods and procedures used in the laboratories of soil fertility purposes attached to INIA (Gilabert de Brito *et al.*, 1990).

Results and discussion

Physical variables by soil series based on the types of land uses, locations: Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira

The results of certain physical variables in each of the localities and TUT evaluated (Table 1) are hereby presented. Bulk density values ranged between: 1.24 and 1.35 g cm⁻³,

(valores críticos de que variables), En el caso de las variables químicas se usaron los valores de referencia según el manual de métodos y procedimientos utilizados en los laboratorios de suelo con fines de fertilidad adscritos al INIA (Gilbert de Brito *et al.*, 1990).

Resultados y discusión

Variables físicas por serie de suelos según los tipos de usos de la tierra, localidades: Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira

A continuación se presentan los resultados de las variables físicas determinadas en cada una de las localidades y TUT evaluados (Cuadro 1). Los valores de densidad aparente variaron entre: 1.24 y 1.35 g cm⁻³, considerados adecuados en función de la textura presente (Florentino, 1998). Los menores valores correspondieron a los TUTs vainita y lechuga, y los más altos a los TUTs café, ajoporro, maíz y tomate. En el caso de los TUT vainita y lechuga los valores más bajos en la densidad aparente se asocian a que la mayoría de las labores de preparación de la tierra se realizan con tracción de sangre (caballos y arado con bueyes), lo cual afloja la tierra pero no la compacta. El resto de las labores, incluyendo la cosecha, se realizan a mano, lo cual causa una menor perturbación del suelo. En el suelo cultivado con tomate, los valores de densidad aparente fueron mayores, en comparación con los otros TUT, lo cual pudiera ser atribuido a la menor cobertura vegetal mantenida en el agroecosistema, quedando el suelo desnudo y susceptible a ser degradado al inicio del periodo lluvioso por el impacto de las gotas de lluvia.

considered adequate based on the texture (Florentino, 1998). The lowest values corresponded to the TUTs beans and lettuce, and the highest to the TUTs coffee, leek, maize and tomatoes. In the case of the bean and lettuce TUT, the values of the lower bulk density associated with the majority of the work of land preparation are performed with blood drive (horses and cattle plow), which loosens the soil but do not compact it. The rest of the work, including harvesting was done by hand, which causes less soil disturbance. In the soil cultivated with tomato, bulk density values were higher, compared with other TUT, which could be attributed to reduced vegetation cover maintained in the agro-ecosystem, leaving the ground bare and susceptible to be degraded at the beginning of the rain period by the impact of the raindrops.

With respect to the total pore space, the highest values corresponded to the TUT with lower values of bulk density, such as TUT-beans and TUT-lettuce, with 1.24 and 1.26 g m³ respectively. Also, the highest value of 1.42 g m³ Da for the TUT-tomato corresponded to the lowest value of EFA, i.e. 46.75%.

Intermediate values of Da corresponded to intermediate values of EFA. The values greater than 50% of EPT for TUT-bean, TTUT-maize and TUT-coffee are an indicative of the best condition of these soils, which can be associated to its high content of organic matter (Table 2), which promoted adequate porosity. Favoring the development of the soil's microorganisms. Regarding to the percentage of macro and micro-pores, the values ranged between 7.31 and 14.75 and between 34.84 and 51.44% respectively, indicating that the TUTs evaluated, despite having high

Cuadro 1. Medias de las variables físicas en los tipos de usos de la tierra de Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira.
Table 1. Means of the physical variables in the types of land uses in Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira.

Variables Física	Tipo de uso de la tierra (TUT)					
	Café	Piedra el Tigre Tomate	Maíz	Buena Vista Ajoporro	Palmira Vainita	lechuga
Da (g m ³)	1.35	1.42	1.34	1.35	1.26	1.24
EPT (%)	50.84	46.75	52.37	50.24	54.84	58.74
Macroporos (%)	13.99	11.90	14.75	13.74	14.58	7.31
Microporos (%)	36.25	34.84	38.79	37.10	40.26	51.44
Macro/micros.	38.59	34.16	38.03	37.04	36.21	14.21
Ks (cm h ⁻¹)	1.26	0.21	0.33	0.30	0.49	4.50
Humedad (%)	26.97	24.54	29.04	27.53	32.00	41.90

Da= densidad aparente; EPT= espacio poroso total; Ks= conductividad hidráulica saturada. Comparaciones de medias según Tukey, en la misma fila letras iguales no poseen diferencias significativas según la prueba utilizada.

Con respecto al espacio poroso total, los mayores valores correspondieron a los TUT con valores más bajos de densidad aparente, tales como: TUT-Lechuga y TUT-Vainita 1.24 y 1.26 g.m³ respectivamente. Asimismo, el valor mayor de Da 1.42 g m³, para el TUT-tomate, se correspondió con el valor más bajo de EPT; es decir, 46.75 %.

Los valores intermedio de Da se correspondieron con valores intermedios de EPT. Valores superiores a 50% de EPT para los TUT-vainita, TUT-maíz y TUT-café, es un indicativo de la mejor condición de estos suelos, lo cual puede estar asociado a sus altos contenidos de materia orgánica (Cuadro 2) la cual promovió una adecuada porosidad del mismo. Lo cual favorece el desarrollo de los microorganismos del suelo. Con respecto al porcentaje de macro y microporos, los valores variaron entre 7.31 y 14.75 y entre 34.84 y 51.44 % respectivamente; indicando que los TUT evaluados, a pesar de presentar altos valores de porosidad, la relación macro/microporos indica que los suelos pueden estar presentando excesiva retención de humedad y poca aireación. El % de macroporos, según Pla (1983) es adecuado, notándose una relación adecuada entre Da y % macroporos. Sin embargo, la relación macro/micro no es favorable dado el predominio de los micro.

porosity values, the relation macro/micro pores indicated that, the soils may be presenting too little moisture retention and aeration. The % of macro-pores, as Pla (1983) is adequate, noting an appropriate relationship between Da and % macro-pores. However, the relation macro/micro is not favorable given the predominance of micro.

An important aspect in these soils is that the values of saturated hydraulic conductivity (Ks) were low in most of the applications, with values lower than 0.50 cm h⁻¹, despite having low values of bulk density. This may be due, among other reasons, that there is a predominance of micro-pores in the soil (probably also associated with clay and soil textures with little pedogenetic development and structural underdevelopment. In the case of Piedra del Tigre it has a good correlation between all parameters), the presence of a greater amount of small pores for this type of soil may favor a greater retention of moisture which would be enhanced by the lack of soil disturbance and decrease the process of evaporation as a result of using coverages area (Ferrerias *et al.*, 2000; Jalota *et al.*, 2001; Bravo *et al.*, 2004), but in areas of steep slopes, the problems of water movement, since a low hydraulic conductivity, can lead to runoff problems erosion, since most of these soils are located on slopes greater than 20%.

Cuadro 2. Medias de las variables químicas en TUTs de los suelos de Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira del estado Lara (Venezuela).

Table 2. Means of the chemical variables in the soil of the TUTs Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira, Lara (Venezuela).

Variables químicas	Tipo de uso (TUT)					
	Piedra el Tigre		Buena Vista		Palmira	
	Café	Tomate	Maíz	Ajoporro	Vainita	Lechuga
Materia orgánica (g kg ⁻¹)	100	100	100	48.9	73.4	21.3
Fósforo (mg kg ⁻¹)	< 2	< 2	< 2	89	59	57
Potasio (mg kg ⁻¹)	77	118	292	177	113	356
Calcio (mg kg ⁻¹)	1 382	791	2 000	609	1 589	2 000
Magnesio (mg kg ⁻¹)	80	100	81	66	148	107
pH, relación 1:2.5	5.6	5.4	5.5	5.5	5.7	6.9
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.10	0.12	0.12	0.04	0.11	0.11
Al (Cmol kg ⁻¹)	3.52	0.00	0.00	-	-	-

Leyenda: < 2= no detectado por equipo; -= no detectado por equipo.

Un aspecto importante a destacar en éstos suelos es que los valores de conductividad hidráulica saturada (Ks) fueron bajos en la mayoría de los usos, con valores inferiores a 0.50 cm h^{-1} , a pesar de presentar valores bajos de densidad aparente. Esto puede obedecer, entre otras razones, a que existe un predominio de microporos en el suelo, (probablemente también esté asociado a texturas arcillosas y suelo con poco desarrollo pedogenético y poco desarrollo estructural. En el caso de Piedra del Tigre hay buena correlación entre todos los parámetros), la presencia de una mayor cantidad de poros pequeños para este tipo de suelo puede favorecer una mayor retención de humedad lo cual sería potenciado por la falta de perturbación del suelo y disminución del proceso de evaporación como un resultado del uso de coberturas en superficie (Ferrerías *et al.*, 2000; Jalota *et al.*, 2001; Bravo *et al.*, 2004), pero en zonas de altas pendientes, los problemas de movimiento de agua, dado una baja conductividad hidráulica, pueden conllevar a problemas de escurrimiento y por ende erosión, ya que la mayoría de estos suelos se encuentran en pendientes superiores al 20%.

El TUT que presentó los valores más altos de Ks fue el TUT-lechuga, dado que en suelos de probable que, si hay poco desarrollo pedogenético, los suelos son destruidos con mucha facilidad, aumentando las limitaciones hidrofísicas), mientras que en el café los valores más altos pueden obedecer a una mejor estructuración del suelo, por los aportes de materia orgánica y por la protección que ejerce la cobertura arbórea y la hojarasca frente al impacto de la gota de lluvia. Es por ello que la conductividad hidráulica es mayor, donde se acumulan mayores compuestos orgánicos, existiendo una fuerte correlación entre la materia orgánica y la conductividad hidráulica (Ramírez *et al.*, 2006).

Variabes químicas de serie de los tipos de usos de la tierra de Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira

Con relación a las variables químicas (Cuadro 2) se observó un incremento de los valores de materia orgánica en los usos café, tomate y maíz, en el caso del café puede obedecer al aporte de la hojarasca ya que el mismo es sembrado bajo sombra, mientras que en el caso del tomate y maíz puede ser por la fertilización con residuos orgánicos provenientes del cultivo del café, lo cual ayuda a mantener altos niveles de materia orgánica; asimismo, cabe destacar que éstos usos son en fincas de pequeños productores, por lo cual el manejo de los agroecosistemas es menos intensivo a los señalados para los cultivos de lechuga y vainita en la misma localidad.

The TUT that presented the highest values of Ks was TUT-lettuce, since in the soils, it was likely that if there was little pedogenetic development, the soils would be very easily destroyed, increasing the hydro constraints), while in the coffee, higher values may be due to a better structure of the soil, organic matter inputs and the protection exerted by tree cover and litter from the impact of the raindrop. That is why the hydraulic conductivity is higher, where they accumulate more organic compounds; there is a strong correlation between organic matter and hydraulic conductivity (Ramírez *et al.*, 2006).

Chemical variables of types of land uses in Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira.

Regarding the chemical variables (Table 2), we observed an increase in the values of organic matter uses coffee, tomato and maize, in the case of coffee may be due to the contribution of the litter since it is grown under shade, while in the case of tomato and maize can be by fertilization with organic waste from the cultivation of coffee, which helps maintain high levels of organic matter, it should also be noted that these uses are small-scale producers, for which the agro-ecosystem management is less intensive than those indicated for the crops of lettuce and beans in the same locality.

Regarding the soil's fertility, the best conditions were presented in the TUTs bean and lettuce, with high availability of P (85 mg kg^{-1}) and K (560 mg kg^{-1}). The contents of calcium and magnesium are high, with values of $1\ 000 \text{ mg kg}^{-1}$ for the case of calcium and 70 mg kg^{-1} for magnesium (I think it is an average value), mild acidity and high organic matter, varying from 50 to 80 g kg^{-1} . The high content of nutrients P, K, Ca and Mg, and the accumulation of matter are indicative of high doses of organic and inorganic fertilizers applied systematically in these agro-ecosystems, electrical conductivity (EC) is very low, with values lower 0.4 dS/m meaning that the salt concentration is at a suitable level.

In crops under less intensive management such as coffee and maize, despite the high levels of organic matter content and essential elements (K, Ca, Mg), P availability was very low, indicating possible problems, fixing this element minerals such as aluminum (only in Piedra del Tigre) or organic compounds (indicating that there are chemical factors that may be restricting root development, as the case of Al^{+3} in the case of coffee, and therefore the absorption of nutrients, but it should be noted that pH values of 5.5 (TUTs maize, leek), 5.6 (TUT coffee) and 5.7 (TUT beans) and 6.9 (TUT lettuce),

Con respecto a la fertilidad del suelo, las mejores condiciones se presentaron en los TUT vainita y lechuga, con alta disponibilidad de P (85 mg kg^{-1}) y K (560 mg kg^{-1}). Los contenidos de calcio y magnesio se encuentran altos, con valores de $1\,000 \text{ mg kg}^{-1}$ para el caso del calcio y de 70 mg kg^{-1} para magnesio (creo que es un valor medio), ligera acidez y materia orgánica alta, variando entre 50 y 80 g kg^{-1} . Los altos contenidos de los nutrientes P, K, Ca y Mg, así como la acumulación de materia son indicadores de las dosis elevadas de fertilizantes orgánicos e inorgánicos aplicados sistemáticamente en estos agroecosistemas, la conductividad eléctrica (CE) es muy baja, con valores menores a 0.4 dS/m significando que la concentración salina está en un nivel adecuado.

En los cultivos bajo manejo menos intensivo como café y maíz, a pesar de los valores elevados de materia orgánica, y los altos contenidos en otros elementos esenciales (K, Ca, Mg), la disponibilidad de P fue muy baja, indicando posibles problemas de fijación de este elemento a minerales como el aluminio (sólo en Piedra del Tigre) o a compuestos orgánicos (lo cual indica que existen factores químicos que pudieran estar restringiendo el desarrollo de las raíces, como el caso del Al^{+3} en el caso del café, y por lo tanto la absorción de nutrientes; sin embargo es de resaltar que con valores de pHs de 5.5 (TUT maíz, ajoporro), 5.6 (TUT café) y 5.7 (TUT vainita) y 6.9 (TUT lechuga), además de altos contenidos de calcio y magnesio indican que no se requiere aplicar enmienda (cal agrícola), ya que las tecnologías generadas en el país para encalar hacen referencia a los suelos que presentan el $\text{pH} < 5.5$ (como en Piedra del Tigre) y bajo contenido de calcio (López de Rojas y Zacarias, 2002).

Bacterias rizosféricas fijadoras de nitrógeno (FNVL) y solubilizadoras de fósforo (SF)

El conteo de viables de cepas FNVL y SF en placas, estuvo entre 10^8 y $10^{10} \text{ UFC ml}^{-1}$ en los TUT maíz, tomate y lechuga, lo que significa que en general hubo muy buen crecimiento de dichos microorganismos, excepto en el TUT café, donde se obtuvo valores menores de 10^8 UFC ml^{-1} para las FNVL, específicamente del género *Azotobacter*.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados correspondientes a la presencia de cepas FNVL y SF en cada uno de las zonas y usos evaluados (esto debería al inicio), se observó que el mayor número de colonias estuvo presente en los TUT maíz, tomate y lechuga, lo que permitió preseleccionar mayor número de colonias. Sin embargo, en el TUT café se

plus high levels of calcium and magnesium indicated no amendment is required for application (agricultural lime), and that, the technologies generated in the country to refer to liming soils with $\text{pH} < 5.5$ (as in Piedra del Tigre) and low calcium (Lopez Rojas and Zacarias, 2002).

Nitrogen-fixing rhizosphere bacteria (FNVL) and solubilizing phosphorus (SF)

The viable count of strains SF and FNVL in plaques was between 10^8 and $10^{10} \text{ CFU ml}^{-1}$ in the TUTs maize, tomato and lettuce, which means that in general there was very good growth of these microorganisms, except in the TUT-coffee, which yielded values lower than 10^8 CFU ml^{-1} for FNVL, specifically the genus *Azotobacter*.

The Table 3 shows the results for the presence of FNVL and SF strains in each of the areas and uses evaluated (this should be in front), it was observed that the largest number of colonies was present in the TUTs corn, tomato and lettuce, which allowed preselected greater number of colonies. However, in the TUT-coffee it was observed slower growth and therefore fewer strains were preselected. The decrease in the number of strains in the TUT coffee, and lower CFU ml^{-1} , despite the high levels of organic matter found in it, may be suitable indicating contents of mineral nitrogen from organic matter, provided by litter both the coffee and the conch shell as well as by high aluminum content.

Cuadro 3. Cepas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL) y solubilizadoras de fósforo (SF) preseleccionadas de la rizósfera de los TUT evaluados suelos de Río Claro y Sanare Piedra el Tigre, Buena Vista y Palmira del estado Lara.

Table 3. Nitrogen-fixing strains of free-living (FNVL) and solubilizing phosphorus (SF) pre-selected from the rhizosphere of the evaluated TUT, soils from Río Claro and Sanare Piedra del Tigre, Buena Vista and Palmira, Lara State.

Tipo de uso	Presencia de cepas		
	FNVL	SF	HS (mm)
Café	+	+	12
Maíz	+++	+++	
Tomate	+++	++	7
Ajoporro	++	++	
Vainita	+	++	
Lechuga	+++	++++	12

Los resultados corresponden al promedio de tres repeticiones. Leyenda: += 1-5 colonias; +++ 6-10 colonias; ++++ 11 -incontables colonias; +++++ incontables; = ninguna colonia formada. HS= halo de solubilización.

observó menor crecimiento y por ende hubo menor número de cepas preseleccionadas. La disminución en el número de cepas en el TUT café, y menor UFC ml⁻¹, a pesar de los altos valores de materia orgánica encontrados en el mismo, pueden estar indicando adecuados contenidos de nitrógeno mineral, proveniente de la materia orgánica, aportada por la hojarasca tanto del cafeto como del guamo así como por los altos contenidos de aluminio.

Los resultados coinciden con los reportados por (Mantilla *et al.*, 2010) quienes indican que los valores altos de nitrógeno podrían afectar el establecimiento de éstas bacterias y estimular la presencia de otras poblaciones microbianas. Estos autores encontraron que en el bosque se observó una menor abundancia de bacterias aerobias y microaerófilas con potencial para fijar nitrógeno con respecto a la cobertura de pastizal. Ello obedece a que la acumulación alta y permanente de residuos favorece a microorganismos capaces de utilizar estas fuentes alternas de nutrientes más eficientemente que las bacterias diazotróficas. Por el contrario, cuando el bosque es talado o se manejan sistemas agrícolas convencionales, con poco ciclaje de nutrientes, la cantidad de nitrógeno disponible disminuye y en ausencia de fuentes externas de nitrógeno, la fijación biológica de nitrógeno representa una de las principales rutas para la recuperación del suelo (Gehring *et al.*, 2005).

El mayor número de colonias FNVL correspondieron al uso lechuga, el cual presentó los valores más altos de P y K disponible, condición de fertilidad que parece favorecer el desarrollo de las cepas FNVL del género *Azotobacter* y coincide con lo señalado por (López *et al.*, 2008) quienes señalan que la multiplicación de las bacterias FNVL en el suelo depende en gran medida de la disponibilidad de fósforo y potasio, ya que ellos encontraron que en suelos de muy baja fertilidad deficientes en P y K, inoculados con cepas FNVL se redujo la respuesta a los microorganismos fijadores de nitrógeno y (pero aquí también hay mucho N libre como consecuencia de los altos contenidos de MO) en consecuencia, disminuye la fijación de nitrógeno.

Asimismo, la presencia de aluminio pudo causar problemas de fijación de P, pudo influir en la menor disponibilidad del elemento. Sin embargo, para poder disponer de elementos confirmatorios sobre esta situación, habría que determinar los contenidos de P-total, el P ligado al aluminio, al calcio y el P-orgánico, así como otros procesos biológicos como la simbiosis micorrícica dada las relaciones sinérgicas que ocurren entre microorganismos claves en la fertilidad de los suelos con las SF y las micorrizas.

These results agree with those reported by (Mantilla *et al.*, 2009) who indicated that, the high nitrogen values could affect the establishment of these bacteria and encourage the presence of other microbial populations. These authors found that in the forest there was a lower abundance of aerobic and micro-aerophilic bacteria with potential to fix nitrogen with respect to the coverage of grassland. This is because the high and permanent accumulation of waste favors the microorganisms capable of using these alternative sources of nutrients more efficiently than diazotrophic bacteria. On the other hand, when the forest is cut or conventional farming systems are managed with little nutrient cycling, the amount of available nitrogen decreases in the absence of external sources of nitrogen, biological fixation of nitrogen is one of the main routes for reclamation (Gehring *et al.*, 2004).

The largest number of FNVL colonies corresponded to the use lettuce, which presented the highest values of P and K available, fertility status that seems to favor the development of strains of the genus *Azotobacter* and FNVL coincides with that indicated by (López *et al.*, 2008) who pointed out that, the multiplication of FNVL bacteria in the soil depends largely on the availability of phosphorus and potassium, as they found that in low fertility soils deficient in P and K, inoculated with FNVL strains fell response to nitrogen-fixing microorganisms (but here, too much N free as a result of the high content of organic matter) thus reducing nitrogen fixation.

Also, the presence of aluminum could cause problems of fixation of P, influencing the reduced availability of the element. However, in order to have confirmatory items on this situation opened to determine the contents of total-P, P-bound to aluminum, calcium and phosphorus, organic and other biological processes such as mycorrhizal symbiosis given the key synergies that occur between microorganisms in soil fertility with the SF and mycorrhizae.

With regard to the colonies of SF bacteria (Table 3) it can be observed that, the greatest use is for lettuce, despite having low organic matter content compared to the other TUTs, appropriate soil physical conditions and as an alkaline pH favoring the growth of SF bacteria compared to all the other uses. In this sense, Torres and Lizarazo (2003) noted that one of the most influential factors is the soil's pH, which can be modified by the addition of fertilizers in agricultural soils. The continued application of chemicals in agricultural soils is an increase in pH, which results in an increase in the

Con respecto a las colonias de bacterias SF (Cuadro 3) se puede observar, que las mayores corresponde al uso lechuga, el cual a pesar de presentar bajo contenido de materia orgánica con respecto a los otros TUTs, las adecuadas condiciones físicas del suelo, así como un pH alcalino favorecieron el crecimiento de las bacterias SF en comparación a todos los otros usos. En este sentido, Torres y Lizarazo (2006) señalan que uno de los factores que más influye es el pH del suelo, el cual puede ser modificado por la adición de fertilizantes en los suelos agrícolas. La aplicación constante de químicos en los suelos agrícolas produce un aumento (dependiendo puede acidificar. Por ejemplo los amoniacales) en el pH, el cual se traduce en un aumento en la disponibilidad de nutrientes, lo que puede favorecer el crecimiento poblacional de las SF, como efectivamente ocurrió con las colonias SF en uso lechuga que presentó un valor de pH de 6.9.

Otro aspecto a destacar es que, en todos los usos, las poblaciones de SF fueron superiores a las FNVL a excepción del suelo bajo cultivo del café donde los problemas de acidez y en especial la presencia de aluminio intercambiable pudieron afectar en mayor magnitud las poblaciones de bacterias fijadores de nitrógeno del género *Azotobacter*. Los resultados encontrados coinciden con los señalados por (Torres *et al.*, 2009) quienes mostraron que las poblaciones de SF fueron siempre superiores a las FNVL inclusive en condiciones adversas para el desarrollo físico de los cultivos como: altos valores de salinidad y aplicación excesiva de agroquímicos. Esto ratifica la afirmación de que el desarrollo de los solubilizadores de fósforo es menos afectado por las condiciones adversas del medio y posiblemente este asociado a los contenidos de P-total.

En tal sentido, estudios realizados en diferentes suelos por (Barroti y Nahas, 2000; Carniero *et al.*, 2004) indicaron que los suelos agrícolas pueden presentar valores de UFC más altos para SF que en los suelos forestales o en cultivos perennes como el café. Por otro lado, en este estudio se encontró que a pesar del importante aporte de materia orgánica en la zona de Piedra El Tigre, las condiciones edáficas adversas especialmente la acidez y deterioro físico del suelo influyeron negativamente en el número de colonias de microorganismos presentes en el suelo, si se compara con el de colonias de microorganismos presentes en la zona de Buena Vista y Palmira, a pesar de presentar manejos hortícolas mas intensivos.

availability of nutrients, which may favor the population growth of the SF, as did occur with the use lettuce of SF colonies that presented a pH value of 6.9.

Another aspect is that in all the uses, SF populations were higher than FNVL except for soil under coffee cultivation where the problems of heartburn and especially the presence of exchangeable aluminum could affect larger populations of nitrogen-fixing bacteria of the genus *Azotobacter*. The results agree with those reported by (Torres *et al.*, 2009) who showed that, the populations of SF were always higher than FNVL, even in adverse conditions for the physical development of crops such as: high salinity and excessive use of agrochemicals. This confirms the claimed that the development of solubilizing phosphorus is less affected by adverse environmental conditions and is possibly associated with total-P contents.

In this regard, studies in different soils (Barroti and Nahas, 2000; Carniero *et al.*, 2004) indicated that agricultural soils may have higher CFU values for SF than in forest's soils or in perennial crops such as coffee. Furthermore, this study found that, despite the significant contribution of organic matter in the near Piedra del Tigre, adverse soil conditions especially acidity and soil's physical deterioration negatively affected the number of colonies of microorganisms present in the soil, compared with the colonies of microorganisms in Buena Vista and Palmira, despite having horticulture dealings even more intensive.

Conclusions

Low-input approach, use of organic fertilizers and tillage with animal traction have contributed to improve physical and chemical properties as well as rhizosphere bacteria in the evaluated TUTs in the foothills of the State of Lara, which is manifested in a relative macro/micro-pores and Da values more favorable for systems less surgery, while systems such as TUT-coffee, whose soils have strong structure, maintains better hydrophysical properties.

The increase of organic matter in the TUT-coffee appears to be negatively affecting the number of nitrogen-fixing strains of the genus *Azotobacter* because nitrogen fixation is affected by the abundant presence of this element,

Conclusiones

El criterio de bajos insumos, uso de abonos orgánicos y la labranza con tracción animal han contribuido a mejorar propiedades físicas, químicas y las bacterias rizosféricas en los TUT evaluados en el piedemonte del estado Lara, lo que se manifiesta en una relación macro/microporos y valores de Da más favorable en aquellos sistemas menos intervenidos, mientras que sistemas como el TUT-Café, cuyos suelos poseen estructura fuerte, mantiene mejores propiedades hidrofísicas.

El incremento de materia orgánica en el TUT café parece estar afectando negativamente el número de cepas fijadoras de nitrógeno del género *Azotobacter* debido a que la fijación de nitrógeno se ve afectada por la presencia abundante de este elemento, así mismo la disminución de las poblaciones de FNVL estuvo asociada a los altos contenidos de aluminio intercambiable y ligera acidez, especialmente en los tipos de uso de la tierra ubicados en la zona de Piedra el Tigre, lo cual también pudo estar relacionado con los altos contenidos de Al^{+3} .

No se observaron cambios significativos en las poblaciones de bacterias SF, dado que las mismas fueron menos sensibles a los cambios en la intensidad de uso de la tierra y a condiciones edáficas extremas, como valores altos de aluminio intercambiable, pH ácidos y deterioro físico del suelo.

Agradecimiento

Los autores(as) agradecen a las instituciones que financiaron el proceso de investigación: INIA. Proyecto: Innovación Tecnológica en Biofertilizantes para Agrosistemas Venezolanos Sustentables. Código: 7-281-150-341 y al Consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) proyecto 045-AG-2009.

Literatura citada

Barroti, G. e Nahas, E. 2000. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 35(10)1830-1838.

likewise declining FNVL populations was associated with high exchangeable aluminum content and slight acidity, especially in the types of land-use within the zone of Piedra del Tigre, which could also be related to the high content of Al^{+3} .

There were no significant changes in SF bacterial populations, given that they were less sensitive to changes in the intensity of land-use and extreme soil conditions such as high values of exchangeable aluminum, acid pH and the soil physical deterioration.

End of the English version



- Bravo, C.; Lozano, Z. y Hernández, R. M 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz, *Bioagro*. 16(3):163-172.
- Carniero, R.; Mendes, L.; Lovato, P.; Carvalho, A. Vivaldi, L. 2004. Indicadores biológicos asociados ao ciclo de fósforo em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 39(7):661-669.
- Chirinos, J.; Leal, A. y Montilla, J. 2007. Uso de insumos biológicos como alternativa para la Agricultura sostenible en la zona sur del estado Anzoátegui. Revista Digital Ceniap Hoy. 11:1-7.
- Dibut, B.; Martínez-Viera, R.; Ríos, Y. y Ortega M. 2003 DIMARGON-M, nueva variante nutritiva para la producción de biofertilizantes y bioestimuladores a base de azotobacter. *In: resúmenes del V encuentro de Agricultura Orgánica*. La Habana. 36 p.
- Ferreras, L. A.; Costa, J. L.; García, F. O. and Pecorar, C. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded petrocalci paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54:31-39.
- Florentino, A. 1998. Guía sobre índices físicos de suelos. Valores críticos. Facultad de Agronomía. Posgrado en Ciencias del Suelo. UCV-Maracay, Venezuela. 10 p.
- Jalota, S.; Khera, K. R. and Chabal, S. S. 2001. Straw management and tillage effects on soil water storage under field conditions. *Soil Use Manag.* 17:282-287.
- Ghering, C.; Vleck, P.; de Souza, A. and Denia M. 2005. Biológico nitrogen fixation in secondary regrowth and mature rainforest of central Amazonia. *Agricult. Ecosys. Environ.* 111:237-252.

- Gilabert de Brito, J.; López de Rojas, I. y Pérez de Roberti, R. 1990. Manual de Métodos y procedimientos de referencia para análisis de suelo con fines de fertilidad. FONAIAP- Maracay. 164 p.
- Henríquez, M. 2010. Programa Integral de asistencia técnica para la producción de café a productores del río claro, hortalizas, y arboles para la reforestación a comunidades escolares de agua viva y Cabudare centro del municipio Palavecino. Informe Final proyecto de Extensión. Dirección de extensión decanato de agronomía-UCLA. 32 p.
- López de Rojas, I. y De Zacarías, M. 2002. Sistema de experto para recomendaciones de cal en los suelos de Venezuela, Serie D, N° 3. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay. 47 pp.
- López, M.; Martínez-Viera, R.; Brossard, M.; Bolívar, A.; Alfonso, N.; Alba, A. y Abreo, H. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agron. Tropical*. 58(4):391-401.
- Mantilla, C.; García, T.; Payola, L. and Oviedo, Z. 2010. Using a solid waste culture medium for growing a native strain having biofertiliser potential. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 12(1):103-112.
- Martínez Viera, R.; López, M.; Brossard, M.; Tejeda, G.; Pereira, H.; Parra, C.; Rodríguez, S. y Alba, A. 2006. Procedimientos para el estudio y fabricación de biofertilizantes bacterianos. Maracay. Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Serie B N° 11. 88 p.
- Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*. 16(3):219-224.
- Peña, H. y Reyes, I. 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfato en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia*. 32:560-565.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnósticos de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Alcance*. Revista de la Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Alcance 32. 9 p.
- Ramírez, P. R.; Taboada, M. A y Gil, R. 2006. Efectos a largo plazo de la labranza convencional y la siembra directa sobre las propiedades físicas de un argiudol típico de la pampa ondulada argentina. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 59(1):3237-3256.
- Rodríguez, B. y López, M. 2009. Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *rhizobium* aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado guarico. *Agron. Tropical*. 59(4):381-386.
- Terry, E.; Teran, Z.; Martínez-Viera, R. y Pino, M. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisorio para la producción hortícola en organopónicos. *Cultivos Tropicales*. 23(3):43-46.
- Torres, M. y Lizarazo, L. M. 2006. Evaluación de grupos funcionales (ciclo del C, N, P) y actividad de la fosfatasa ácida en dos suelos agrícolas del departamento de Boyacá (Colombia). *Agron. Colomb.* 24(2):317-325.
- Torres, D.; Aparicio, M.; López, M.; Contreras, J. L. y Acevedo, I. 2009. Impacto del tipo de uso de la tierra sobre propiedades del suelo en la depresión de Quíbor. *Agron. Tropical*. 59(2):207-217.
- Walkley, A. and Black, A. 1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.