

IMPACTO DEL TIPO DE USO DE LA TIERRA SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN LA DEPRESIÓN DE QUÍBOR¹

IMPACT OF TYPE OF LAND USE ON SOIL PROPERTIES IN THE DEPRESSION OF QUIBOR¹

Duilio Torres*, Milagros Aparicio*, Marisol López**, Jorge Contreras* e Ingrid Acevedo***

¹Trabajo financiado por el INIA, Convenio de cooperación Cuba-Venezuela-MPPAT-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 registrado bajo el código 005-RAG-2008.

* Profesores. Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado". Departamento de Química y Suelos. Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas" Email: duiliotorres@ucla.edu.ve. *** Decanato de Ciencias Veterinarias

** INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Zona Universitaria 4579. Apdo. 4846. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. Email: mlopez@inia.gob.ve.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de tipos de uso de la tierra (TUT) de la depresión de Quíbor, estado Lara en suelos de las series Chaimare y Quíbor sobre propiedades físicas, químicas y biológicas, determinadas en muestras de suelo alteradas, no alteradas y rizosféricas en los manejos: TUT-aguacate, TUT Cebolla -manejo convencional-, TUT-Cilantro, TUT-lechosa, TUT maíz dulce -fertilización orgánica y TUT-Cebolla fertilización orgánicas. Las propiedades químicas y físicas del suelo se relacionaron con la presencia de microorganismos de vida libre con potencial para fijar nitrógeno atmosférico (FNVL) y solubilizar fósforo (SF). Los resultados muestran la recuperación de lotes de producción con las prácticas que incluyeron períodos de descanso y fertilización con abonos orgánicos, reflejado en propiedades físicas, químicas y en la presencia de cepas FNVL y SF, ya que el crecimiento y número de colonias fue mayor en la serie Quíbor donde predominan los usos bajo manejo combinado de fertilización orgánica con agrotóxicos para controlar plagas y enfermedades y períodos de descanso en comparación con la serie Chaimare que mantuvo el manejo convencional (agrotóxicos para plagas y enfermedades y fertilización inorgánica). Las FNVL fueron más afectadas por los TUT que las SF. Los TUT maíz dulce y cebolla con fertilización orgánica y lechosa presentaron mejores condiciones físicas, incrementos en materia orgánica y mayor número de cepas FNVL y SF.

Palabras Clave: Biofertilizantes; fertilidad; tipos de uso de la tierra (TUT); Serie Quíbor; Serie Chaimare.

SUMMARY

In order to evaluate the effects on Land use on soils chemical, physical and biological parameters of Chaimare and Quibor soils series of Lara state, altered, no-altered and rizospheric soils samples were collected in some land use such as: TUT-Avocado, TUT Onion (conventional management), TUT-Pawpaw, TUT-Coriander, and TUT sweet maize under organic fertilizer and TUT- Onion (under organic fertilizer). chemical and physical properties were evaluated in all land uses to determined relationship between soil quality with the abundance of free-living organisms with the potential to fix atmospheric nitrogen (FLFN) and solubilize phosphorus (SP). Results showed that the number of colonies FLFN and SP was greater in the Quibor series where they predominate and management with organic fertilizer in comparison to the Chaimare series, also the type of land management affected most to the FLFN that the SP, since that the number of colonies and selected strain were always greater for this type of bacteria in all land uses. The uses with organic fertilizer (sweet maize, pawpaw and onion), showed better soil physical conditions, and organic matter increase, were those that presented higher number of FLFN and SP.

Key words: Biofertilizer; fertility; land utility types; Quibor Serie; Chaimare Serie.

INTRODUCCIÓN

Venezuela presenta alrededor de 32% de suelos de muy baja fertilidad natural (Comerma y Paredes, 1978) cuyas limitaciones por acidez varía desde ligera hasta extremadamente ácidos (López *et al.*, 1989), lo cual condujo a utilizar prácticas dirigidas a incrementar la capacidad productiva de estos suelos y cubrir los requerimientos nutricionales de los cultivos de interés alimenticio-principalmente; en este sentido, zonas agrícolas fueron sometidas al manejo convencional basado en altos insumos, originado un deterioro físico, químico y biológico de los suelos, debido entre otros factores, al uso intensivo del monocultivo, con excesiva mecanización, inadecuado uso de fertilizantes, enmiendas y plaguicidas

En el contexto antes expuesto, al diagnosticarse el nivel de fertilidad de un lote de producción agrícola, los problemas se han asociados a baja disponibilidad de nutrientes (López *et al.*, 2006a), salinidad (Henríquez, 2000) y mayor acidificación en casos particulares (López *et al.*, 2006). Sin embargo, desde el punto de vista de la fertilidad integral del suelo, los efectos negativos del modelo de altos insumos, van más allá de los aspectos químicos y físicos, ya que se ha demostrado que algunas prácticas afectan en mayor intensidad la población y actividad de microorganismos benéficos como el caso de las micorrizas (López *et al.*, 2007; Toro *et al.*, 2008) y bacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (Toro *et al.*, 2008).

En tal sentido, López *et al.* (2007), demostraron que los sistemas agrícolas convencionales, donde se aplican altas dosis de fósforo (P) con el criterio de disponibilidad de este elemento para cubrir los requerimientos del P en cacao, se redujo considerablemente la producción de esporas de hongos micorrízicos, afectando procesos biológicos como las micorrizas, simbiosis vital en este cultivo debido a que es micótrofo obligado, encontrando una reducción en el número de esporas/100 g de suelo de: 11, 32 y 39 al aplicar dosis de P de 45, 90 y 135 g planta⁻¹, respectivamente, de estas dosis evaluadas, las recomendadas en el instructivo utilizado en los laboratorios de servicio de análisis de suelo para cubrir los requerimientos del cultivo fue de 90 g planta kg ha⁻¹, dosis que redujo estas estructuras micorrízicas en 39%.

Entre las zonas más degradadas en sus propiedades físicas, químicas y biológicas por el manejo inadecuado de los agrosistemas, se encuentra el Valle de Quibor, estado Lara (Henríquez, 2000, 2003). Los antecedentes mencionados han conllevado a dirigir líneas de investigación bajo sistemas de producción más sustentables, a

fin de generar conocimientos y tecnologías que propicien modelos alternativos al de altos insumos, basados en el aprovechamiento de los recursos autóctonos y locales, los cuales manejados con principios agroecológicos contribuyen al reciclaje de nutrientes.

Entre las prácticas se encuentran el uso de abonos orgánicos de origen animal y vegetal, compost, lodos residuales y otros, así como los biológicos a base de microorganismos presentes en el suelo, los cuales, debidamente seleccionados son capaces de aportar nutrientes y otras sustancias promotoras del crecimiento vegetal. Convencionalmente, el crecimiento y productividad de los cultivos se ha sustentado en el uso de los fertilizantes minerales o inorgánicos, generando efectos colaterales no deseables, además de los costos energéticos, ecológicos, problemas de salud pública, dependencia tecnológica y financiera implícitos en el manejo de altos insumos, lo cual es contrario a los principios que deben regir la agricultura sustentable, lo que hace necesario disponer de estrategias que permitan mitigar los efectos secundarios de este tipo de fertilización.

Una de las opciones es incorporar al manejo de los agrosistemas tecnologías que propicien los procesos naturales, biológicos, como los biofertilizantes con un enfoque integral de la fertilidad del suelo. Entre los procesos biológicos, Chirinos *et al.* (2006) hace referencia a la fijación biológica de nitrógeno (FBN) simbiótica, la cual juega un importante rol en la activación de los sistemas agrícolas sustentables por su beneficio ambiental, cuya activación natural a través de inoculación en agrosistemas, pueden contribuir a reducir la necesidad del uso de fertilizantes nitrogenados de origen industrial con su consiguiente efecto benéfico al ciclo del nitrógeno (N), reducción del calentamiento global y el saneamiento de las aguas subterráneas y superficiales.

Este proceso depende básicamente de la acción de los microorganismos capaces de fijar biológicamente el dinitrógeno (FBN₂), tanto en forma simbiótica como asimbiótica, así como de las plantas que establecen una relación simbiótica con bacterias específicas del género *Rhizobium* o *Bradyrhizobium*, aprovechando las fuentes de N para el desarrollo de sus procesos metabólicos (Ardila *et al.*, 2006) y la asociación de bacterias de vida libre con las raíces en la zona rizosférica (Martínez *et al.*, 2007).

Las investigaciones utilizando inoculantes basados en de microorganismos han demostrado su importancia de la FBN₂, en el caso de las bacterias llamadas asocia-

tivas o de vida libre, Pulido *et al.* (2003) al estudiar la inoculación simple y combinada, mediante recubrimiento de las semillas de cebolla y tomate con *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas fluorescens* y hongos micorrízicos arbusculares -HMA- (*Glomus clarum*, *G. fasciculatum*, *G. mosseae*, *G. aggregatum* y *G. versiculiferum*), obtuvo que la inoculación con *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* y *Burkholderia cepacia* permitió obtener plantas de tomate de calidad equivalente a la alcanzada con la fertilización inorgánica (FI), mientras que para la cebolla, sólo *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* permitieron la obtención de plantas de alta calidad.

Por otra parte, Ivan *et al.* (2006), utilizando *Azospirillum brasilense* como inoculante en girasol, observaron un incremento de 7,8% en los rendimientos en las plantas inoculadas en relación a las no inoculadas. Así mismo, Aguirre *et al.* (2007), investigaron el efecto de la biofertilización en vivero del cacao con la bacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo, *Glomus intraradices*, encontrando una mayor altura de las plantas, un mayor número de hojas y peso por planta en el tratamiento con inoculantes.

Por su parte, Uribe *et al.* (2007), investigaron sobre el mejoramiento en la eficiencia de FI con biofertilizantes para producir maíz en suelo Alfisol, los microorganismos utilizados en los tratamientos fueron: hongos micorrízicos (*Glomus intraradice*), bacteria fijadora de nitrógeno de vida libre -FNVL- (*Azospirillum brasilense*) y la fitohormona Brassinoesteroide, las cuales se combinaron con la FI de origen industrial utilizando dosis de N, P y K de 13-33-00, 26-66-00 y 40-100-00 (kg ha⁻¹), respectivamente, para estructurar los tratamientos evaluados. Los resultados mostraron un efecto estadísticamente igual entre los biofertilizantes y la FI con 40-100-00 (kg ha⁻¹) sobre rendimiento, lo que indica que los primeros pudieran contribuir a mejorar la eficiencia en el uso de FI.

Así mismo, el uso de bacterias capaces de solubilizar P (SF), cobran vital importancia en los agroecosistemas tropicales dado que los principales tipos de fosfatos se encuentran insolubles, ya sea fijados al Calcio (Ca) en suelos alcalinos o fijados al aluminio o al hierro en suelos ácidos, así como formando compuestos orgánicos. En este orden, en Venezuela el uso de estas bacterias ha sido evaluado en suelos ácidos, dado la capacidad de éstos de acidificar el medio circundante, debido a la propiedad que poseen dichas bacterias de producir ácidos orgánicos que actúan sobre fosfatos de

baja solubilidad (Illmer y Schinner, 1995; Illmer *et al.*, 1995) y hacen disponible P a las plantas. Su aplicación como Biofertilizantes en los sistemas agrícolas tropicales debe considerarse como una alternativa agroecológica (Vessey, 2003).

En relación a las investigaciones realizadas en el país, España *et al.* (2006), encontraron que 80% del N en la especie *Indigosphaera* (añil) provino de la fijación biológica en suelos ácidos de sabanas, utilizando manejo agroecológico, bajas dosis de N-inorgánico y roca fosfórica Reicito como fuente de P. Así mismo, Velásquez *et al.* (2008) encontraron rendimientos similares con la aplicación de cepas SF y FNVL en combinación con fracciones de FI, que cuando se utilizaron sólo estos últimos fertilizantes.

Es por ello que el objetivo del trabajo fue evaluar el impacto del uso de la tierra (TUT) sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas, estas últimas evaluadas a través de la presencia de cepas FNVL y SF, cuyo potencial pudiera ser evaluado para ser utilizadas como biofertilizantes en estudios posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del sitio de estudio: El estudio fue llevado a cabo en la serie "Chaimare y Quíbor" de la depresión de Quíbor, municipio Jiménez, del estado Lara. Para el estudio del impacto de los sistemas de producción agrícola se seleccionaron los usos más representativos en fincas de productores ubicadas en las series Chaimare y Quíbor, siendo los usos seleccionados TUT-aguacate, TUT Cebolla-manejo convencional-, TUT-Cilantro y TUT- lechosa en la serie Chaimare y TUT maíz dulce fertilización orgánica y TUT- Cebolla -fertilización orgánica- en la serie Quíbor. A continuación se describen los tipos de uso evaluados, las características climáticas y edáficas de cada zona, así como de los sistemas de manejo seleccionados:

Serie Chaimare: Caracterizada fisiográficamente como una napa de desborde, de topografía plana con pendiente general de un 0,5% y de microrelieve plano y liso. La caracterización del perfil realizada por Pérez *et al.* (1992) indica que es un suelo de textura uniformemente francosa, variando entre franco limosa, franca y franco arcillosa; el color varía muy poco y es normalmente marrón a marrón oscuro en el horizonte superficial y marrón amarillento en el resto del perfil. La estructura es uniformemente blocosa muy débil, normalmente con tendencia a masiva.

Serie Quíbor: Rodríguez y Guédez (1985), clasificó este suelo como un Camborthid, arcilloso fino, ilítico e isohipertérmico, con las características de ser un suelo calcáreo, con alta actividad y dominio del Ca en el complejo de cambio, salino, bajo en materia orgánica (MO). En cuanto a la mineralogía, Rodríguez (1982), identificó la presencia de arcillas dispersivas (ilita y pirofilita) y expansivas (montmorillonita)

Características de las unidades de muestreo: Para el estudio del impacto de los sistemas de producción agrícola se seleccionaron los usos más representativos en fincas de productores de las series Chaimare y Quíbor, siendo los usos seleccionados TUT-aguacate, TUT Cebolla-manejo convencional-, TUT-Cilantro y TUT-lechosa en la serie Chaimare y TUT maíz dulce -fertilización orgánica- y TUT -Cebolla-fertilización orgánica- en la serie Quíbor.

Serie Chaimare:

TUT-Aguacate: Ubicado en la serie Chaimare en las coordenadas 429 181 este y 1 100 838 norte, este tipo de uso de se caracteriza por no utilizar fertilizantes y no aplicar ningún manejo agronómico, tienen más de 20 años de sembradas. Este TUT fue utilizado como referencia por no existir en la parcela zonas bajo vegetación natural.

TUT- Cebolla manejo convencional: Ubicado en la Finca "El Nono" en las coordenadas 431 018 este y 1 108 000 norte. Este sistema se caracteriza por un manejo intensivo de la tierra con mecanización convencional, FI del suelo, control de plagas con agrotóxicos y riego en serpentin. La cebolla sembrada aquí proviene de semilleros realizados dentro de la misma unidad de producción.

TUT- Cilantro: Ubicado en la finca la "Guadalupana" en las coordenadas 429 148 este y 1 100 837 norte, suelo con más de tres años de descanso, tradicionalmente se producía cebolla, cuyo manejo incluía LC, FI, control de plagas y enfermedades con agrotóxicos y riego por surcos largos.

TUT- Lechosa: Ubicado en la finca la "Guadalupana" en las coordenadas 429 148 este y 1 000 800 norte. Este sistema de manejo se caracteriza por utilizar LC, FI, control de plagas y enfermedades con agrotóxicos y riego por surcos largos.

Serie Quíbor:

TUT- Maíz Dulce: Ubicado en la finca el "Caujaral", el manejo del suelo se caracteriza por la utilización de mecanización convencional (3 pases de rastras) fertilización orgánica (FO), control de plagas mediante el uso de agroquímicos, el sistema de riego empleado en este uso de la tierra consiste en surcos largos. El maíz cosechado en esta unidad de producción es con fines agroindustriales.

TUT-Cebolla- fertilización orgánica: Ubicado en la finca "El Caujaral", el manejo del suelo consiste en LC (aproximadamente 3 pase de rastras), la fertilización consiste en abonamiento orgánico basado en compost de diferentes estiércoles como gallinaza, pero el control de plaga parte del uso de productos agrotóxicos. El sistema de riego empleado en esta unidad de producción es surcos tipo serpentina.

Diseño de muestreo de suelo: Se realizó un diseño completamente aleatorio, se tomó como variable de clasificación el TUT y dentro de cada unidad de muestreo se obtuvo 10 muestras de suelos (réplicas), con el fin de evaluar los cambios en las características, físicas, químicas y biológicas como resultado del impacto del uso y manejo a que ha estado sometido el suelo.

En los mismos puntos de muestreo, se colectó tres tipos de muestras de suelo: a) no alteradas, con el objetivo de relacionar los TUT con cambios en las propiedades físicas, b) muestras alteradas para evaluar la relación entre el impacto del uso de la tierra y las propiedades químicas, de 0-20 cm profundidad y c) muestras rizosféricas, de 0 a 10 cm de profundidad para aislar las cepas FNVL y SF con la finalidad de averiguar el efecto de los TUT sobre estos microorganismos, a través del crecimiento en medios específicos y el número de colonias.

Variables evaluadas:

Químicas: Reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), disponibilidad de macronutrientes (N, P, K), siguiendo la metodología de análisis de suelo con fines de fertilización (Instituto de Edafología, 1993). El pH fue medido por el método potenciométrico en relación agua: suelo (2:1), el carbono orgánico por el método de (Walkley y Black, 1934), la CIC por extracción con acetato de amonio, el P por Olsen.

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

Biológicas: Las cepas bacterianas FNVL se aislaron en el medio de cultivo Ashby y las bacterias SF en medio Pikovskaya siguiendo los métodos y procedimientos sugeridos por Martínez *et al.* (2006).

Aislamiento de cepas

Aproximadamente 50 gramos del suelo muestreado en la rizosfera de cada TUT evaluado fue llevado al laboratorio para realizar los aislamientos correspondientes según Martínez *et al.* (2006).

Aislamiento de cepas fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL)

Se pesó 1 gramo de suelo colectado de la rizósfera del agrosistema seleccionado, luego se realizaron diluciones hasta 10⁻⁶, de esta última dilución se tomó 0,1 ml y se extendió en cajas de Petri con medio de cultivo Ashby, a los 5 días se contaron las colonias, realizándose el aislamiento de las colonias seleccionadas en tubos de ensayo con el mismo medio de cultivo.

Aislamiento de cepas solubilizadora de fósforo (SF)

Se pesó 1 gramo de suelo rizosférico, se suspendió en agua estéril, para efectuarse diluciones hasta 10⁻⁹, luego se extendió 0,1 ml en cajas Petri conteniendo medio de cultivo Pikovskaya y se incubó durante 5 d, posteriormente fueron aisladas las colonias que formaron halo transparente -como indicador de capacidad de SF. Estas cepas serán utilizadas para preparar el biofertilizante (preinóculo) para pruebas posteriores.

Selección de cepas

Para la selección de las cepas se tomó como criterio en el caso de las bacterias SF en el medio Pikovskaya, aquellas que presentar halo visible y bien diferenciado, lo cual es indicador de su capacidad para SF. En el caso de bacterias FNVL, desarrolladas el medio Ashby, se seleccionaron aquellas que evidenciaron su característica específica (como una gota de agua fija en el medio).

Análisis de los datos: Se realizó un análisis de varianza (ANAVAR) para determinar diferencias entre las propiedades de suelo evaluadas en función del sistema de

manejo empleado, luego en aquellas variables donde se presentaron diferencias significativas se realizaron prueba de medias de Tukey para separar los tratamientos en función de la magnitud de los valores obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables físicas de las series Chaimare y Quíbor

Los resultados obtenidos muestran que producto de los TUT existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) para las variables físicas: Da, espacio poroso total, macro y microporosidad, velocidad de infiltración, y para las variables químicas: materia orgánica (MO), fósforo (P), conductividad eléctrica (CE) y pH.

Se observa (Cuadro 1) que el uso con cilantro presentó valores similares a los señalados en el cultivo con aguacate (tratamiento de referencia), para la mayoría de estas variables, lo que indica que a pesar de que este lote de producción estuvo recibiendo prácticas convencionales cuando produjo cebolla, el tiempo de tres años de descanso contribuyó a la recuperación del suelo, mientras que el cultivo de cebolla generó deterioro de la calidad del suelo al presentar valores estadísticamente inferiores a los usos con aguacate y cilantro para las variables espacio poroso total, macroporosidad, CHS y retención de humedad e incrementó en los valores de Da. Esto es debido al manejo intensivo de la tierra con alto uso de agrotóxicos y mecanización intrínsecos del uso convencional del cultivo de la cebolla.

Estos resultados fueron similares a los presentados por Assis y Lancas (2003) quienes señalaron que los cambios de sistemas de manejo (la no labranza o reducida y largo tiempo de descanso) ayudan a reducir la Da y mejorar las propiedades físicas del suelo. En este caso, el TUT aguacate con más de 20 años de descanso y cilantro con 2 años bajo barbecho contribuyeron a la recuperación de las propiedades físicas del suelo, contrario a lo observado en el sistema de manejo cebolla donde la excesiva mecanización del suelo ha generado un grave problema de degradación, al presentar mayor deterioro en las propiedades físicas.

Variables químicas de las series Chaimare y Quíbor

En relación a las variables químicas, se observó un incremento de los valores de MO en los usos aguacate y maíz dulce, así como cilantro. En el caso del aguacate los niveles de MO pueden ser incrementados por los aportes

de residuos orgánicos provenientes de la hojarasca, lo cual asociado a la baja intensidad en el manejo de este cultivo ayuda a su acumulación. Por otra parte, en el uso con cilantro los valores observados obedecen al tiempo de descanso en que se mantuvo esta parcela, mientras que los niveles de MO encontrados en el maíz dulce, se deben a que esta parcela fue fertilizada con abonos orgánicos.

Con respecto a la fertilidad del suelo desde el punto de vista químico, los niveles más altos de P fueron de 60 y 52 mg kg⁻¹ para los TUT maíz dulce y cebolla bajo fertilización orgánica, respectivamente, mientras que el K estuvo entre 560 y 240 mg kg⁻¹ para los TUT cebolla con FO y maíz dulce con FO, respectivamente.

Los niveles de fertilidad más bajos se encontraron en los TUT con los cultivos que recibieron manejo convencional, como en el caso cebolla y cilantro. Así mismo, los valores de CE tendieron a ser mayores en los cultivos bajo FO, lo cual puede estar relacionado con la naturaleza de los abonos orgánicos empleados en el caso del TUT- cebolla que recibió FO, pero los TUTs- lechosa, cilantro y aguacate puede ser atribuido a la condición de salinidad de la serie Quíbor, los cuales presentan altos contenidos de Ca (Cuadro 2) debido al material parental de estos suelos. Sin embargo, en el TUT con cebolla y manejo convencional que recibió riego por goteo, los valores de CE fueron más bajos, lo cual pudo

estar asociado a que el tipo de riego contribuyó a disminuir la presencia de las sales en la rizosfera de la planta.

Los resultados sugieren que antes del riego la concentración de sales cercana al tallo de la planta constituye un grave riesgo para el desarrollo del cultivo, debido al efecto nocivo que tienen las sales sobre la fisiología de las plantas, la aplicación del riego por goteo disminuyó considerablemente los riesgos de daño del cultivo ya que permitió que las sales se alejaran del tallo de la planta, por lo cual, en este caso, el riego por goteo no sólo permite minimizar el gasto de agua, sino, que a su vez reduce los riesgos de salinización. En este sentido, Kahlon *et al.* (2004) y Bahdr y Taalab (2007) señalaron que en riego por goteo, la menor concentración de sales se encuentra hacia la base de la planta y la misma se incrementa en profundidad, por el contrario, en riego por surco las sales se concentran en la base y decrecen en profundidad, logrando que luego de la aplicación del riego el movimiento de las sales se dirigió a los estratos más profundos.

En función de estos resultados, los usos con un mayor tiempo de descanso o bajo abonamiento orgánico (aguacate, lechosa, maíz dulce y cebolla) permitieron una recuperación tanto de las propiedades físicas del suelo, como de sus propiedades químicas, mejorando la aireación y reduciendo los problemas de infiltración, condiciones que pudieron favorecer el mejor desarrollo de los microorganismos (Cuadro 3).

CUADRO 1. Promedio de las variables físicas serie Chaimare y Quíbor.

Variables Física	Tipo de uso					
	Aguacate	Cebolla	Cilantro	Lechosa	Maíz dulce	Cebolla fertilización orgánica
Da (g cm ⁻³)	1,35 b	1,42 c	1,34 b	1,35 b	1,26 a	1,24 a
EPT (%)	50,84 abc	46,75 bc	52,37 bc	50,24 ab	54,84 cd	58,74 d
Macroporos (%)	13,99 b	11,90 b	14,75 b	13,74 ab	14,58b	7,31 a
Microporos (%)	36,25 a	34,84 a	38,79 bc	37,10 ab	40,26 c	51,44 d
Ks (cm h ⁻¹)	1,26 a	0,21 a	0,33 a	0,30 a	0,49 a	4,50 a
Humedad (%)	26,97 ab	24,54 a	29,04 b	27,53 b	32,00 c	41,90 d

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

CUADRO 2. Caracterización química de los suelos de las series Chaimare y Quíbor.

Variables químicas	Tipo de Uso					
	Aguacate	Cebolla	Cilantro	Lechosa	Maíz-Dulce	Cebolla con fertilización orgánica
Materia orgánica (%)	2,00	1,32	1,77	1,55	1,83	1,51
Fósforo (mg kg ⁻¹)	7	39	32	85	60	52
Potasio (mg kg ⁻¹)	66	149	99	212	240	560
Calcio (mg kg ⁻¹)	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Magnesio (mg kg ⁻¹)	400	122	400	400	364	400
pH	8,0	8,1	8,0	7,7	7,9	7,6
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	2,61	0,74	4,50	4,66	2,51	4,51

Así mismo, la incorporación de fuentes orgánicas contribuyó a una mayor disponibilidad de nutrimentos en los TUT con que recibieron este tipo de abono, lo cual no afectó el crecimiento de microorganismos FNVL y SF, estos resultados evidencian que el tiempo de descanso y el abonamiento orgánico son alternativas viables en la zona, para mejorar la calidad del suelo, tanto desde el punto de vista físico-químico como microbiológico.

Aislamiento de cepas

Relación tipos de uso y la diversidad microbiológica de las cepas

Una vez aisladas las cepas, se procedió a analizar los resultados tomando en cuenta el efecto del tipo de uso sobre el número de colonias formadas y el número de cepas seleccionadas, este análisis se hizo en función de los sitios evaluados y de los tipos de uso considerados.

En el Cuadro 3 se observa, en primer lugar que el número de colonias fue superior en la serie Chaimare que en la serie Quíbor con 35 y 20, respectivamente. Además se encontraron 14 colonias de FBN y 20 de SF en la serie Quíbor, mientras que en la serie Chaimare sólo se desarrollaron 6 colonias de FNVL y 14 de SF.

Por lo tanto, se puede considerar que en la serie Quíbor hay una tendencia a que la FO favorece el desarrollo de las colonias de los microorganismos especialmente en lo referente a las bacterias SF.

Diversos autores han manifestado la importancia del aislamiento e inoculación de microorganismos para mejorar la productividad agrícola, en tal sentido, Peña y Reyes (2007) al aislar e inocular cepas de *Rhizobium* encontró incremento en el crecimiento de plántulas de lechuga, específicamente con las productoras de hormonas de crecimiento. Así mismo, Vera *et al.* (2002) aislaron 18 hongos con capacidad SF no disponible a partir de agregados del suelo de la rizosfera del frutal arazas (*Eugenia stipitata*), encontrando aumento en los rendimientos.

En sus trabajos, López *et al.* (2008) evaluaron el efecto de cepas SF Y FN nativas de suelos ácidos sobre el desarrollo de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos, encontrando un efecto diferencial de las cepas evaluadas sobre el crecimiento del maíz en función a la disponibilidad de nutrimentos del suelo, siendo más efectivas en el suelo de mayor fertilidad.

En este estudio, las cepas SF presentaron mayor potencial de crecimiento en el suelo de menor disponibilidad de este elemento, mientras que la cepa fijadora de nitrógeno de forma asociativa logró un mejor comportamiento y efecto en el suelo de mayor disponibilidad de P.

En tal sentido López *et al.* (2008) señalan que la multiplicación de las bacterias fijadoras de nitrógeno en el suelo depende en gran medida de la disponibilidad de fósforo y potasio. La deficiencia de estos elementos reduce los niveles de biomasa bacteriana y, en consecuencia, disminuye la fijación de nitrógeno, lo cual

comienza cuando la concentración de P en el medio es de 0,004% y se inhibe cuando alcanza 0,8% (Mishustin y Silnikova, 1971).

En el Cuadro 3 se observa, que a pesar de que los usos con FO (maíz dulce y cebolla) ubicados en la serie Quíbor, promovieron un mayor desarrollo de colonias, la mayor cantidad de cepas seleccionadas, corresponden a la serie Chaimare con 5 cepas de FBN y 8 de SF, lo cual estuvo relacionado con las condiciones físicas del suelo, ya que a pesar de no usar MO, el tiempo de descanso, mejoró sustancialmente las condiciones físicas en la serie Chaimare, especialmente en los usos con el cultivo de lechosa y aguacate, lo cual permitió un mejor desarrollo de los microorganismos.

CUADRO 3. Número de colonias formadas y cepas seleccionadas en función de los tipos de uso evaluados.

Tipo de uso	Colonias		Cepas seleccionadas	
	FBN	SF	FBN	SF
Serie Chaimare				
Aguacate	1	2	1	1
Cebolla ⁽¹⁾	1	1	1	1
Cilantro	1	2	1	2
Lechosa	3	9	2	4
Total	6	14	5	8
Serie Quíbor				
Maíz dulce	9	16	1	2
Cebolla ⁽²⁾	6	4	2	1
Total	15	20	3	3

⁽¹⁾ Manejo convencional; ⁽²⁾ Fertilización orgánica

Otro resultado importante a destacar es que en ambas series el mayor número de colonias correspondieron a SF con 14 para la serie Chaimare y 20 para la serie Quíbor, mientras que el número de colonia de FNVL fue de 14 en la serie Quíbor y de 6 en la serie Chaimare, siendo seleccionadas 8 cepas de SF y 5 FNVL en la serie Chaimare y 3 cepas para FNVL y 3 SF en la serie Quíbor. Estos resultados indican que el tipo de manejo no afectó significativamente el desarrollo de los SF, reflejándose que estos microorganismos son menos sensibles a las condiciones adversas del medio, tales como los problemas físicos y de salinidad observados en los suelos de la serie Chaimare, caracterizados por

excesiva mecanización (más de 3 pases de rastras), FI, así como las constantes aplicaciones de agroquímicos, característicos de la zona. Si bien estos primeros resultados dan una idea de la relación del TUT con el desarrollo de los microorganismos, se procedió a analizar los resultados en función de los tipos de uso evaluados, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 3.

En los TUT bajo FO o con mayor tiempo de descanso y menor uso de maquinaria y agroquímicos, ocurrió un mayor desarrollo de colonias FNVL con 9 para el TUT maíz dulce, 6 para el TUT cebolla con FO y 3 para el TUT- lechosa, mientras que en los usos de cebolla convencional, cilantro y aguacate (está en descanso, sin manejo maquinaria, ni agroquímicos) sólo se desarrollaron 1 colonia en cada uno.

Este resultado fue más evidente para el caso de los SF observando el mayor número de colonias en el maíz dulce bajo FO con 16, seguido del uso de lechosa con 9 y 4 en cebolla con FO. Cabe destacar que en los usos maíz dulce y cebolla cuyo manejo utiliza FO mientras que en el uso con cultivo de lechosa y descanso, favoreció la recuperación del suelo, lo cual mejoró sustancialmente las condiciones físicas del suelo al observarse menores valores de Da, mayor CHS, mayor macroporosidad, con respecto al uso con cebolla bajo manejo convencional, lo cual debería estar relacionado con el rendimiento de los cultivos. Cracogna *et al.* (2003) encontraron que al aplicar bacterias SF incrementaron variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo de trigo. Igualmente Oviedo e Iglesia (2005) encontraron incremento en la altura y peso seco del pasto raygras al inocular bacterias SF combinado con bajas dosis de fertilizante fosforado.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos reflejan que los TUT maíz dulce y cebolla bajo manejo con FO en la serie Quíbor, favorece el desarrollo de las colonias de los microorganismos evaluados, especialmente las bacterias SF.
- La cantidad de cepas seleccionadas, pudo estar relacionada con las condiciones físicas del suelo, ya que a pesar de no usar MO, el tiempo de descanso, mejoró sustancialmente las condiciones físicas en la serie Chaimare, especialmente en el uso lechosa, lo cual permitió un mejor desarrollo de los microorganismos.

- El tipo de manejo bajo FO favoreció principalmente el desarrollo de los SF, a la vez estos microorganismos son menos afectados por las condiciones adversas del medio como son los problemas físicos y de salinidad de estos suelos, así como las constantes aplicaciones de agroquímicos en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J., A. Mendoza y J. Cadena. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Dobeiner *Glumus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencias* 32(8):541-546.
- Assis, R. L. y K. P de Lanças. 2003. Of the adoption time of the no till system in the soil maximum bulk density and in the optimum moisture content for soil compaction in a red dystroferric Nitosol. *Energia na Agricultura* 18(2):22-33.
- Ardila, N. y L. Rondo. 2006. Fijación de Nitrógeno atmosférico. *Agricultura sensitiva*. Consultado **In:** www.agriculturasensitiva.com/n_atmosferico.htm
- Badr, M. A. y A. S. Taalab. 2007. Effects of drip irrigation and discharge rates on water and solutes dynamics in sandy soils and tomato yield. *Australian Journal of basic and applied sciences* 1(4):545-552.
- Bellone, C. y S. Carrizo de Bellone. 2001 *Azospirillum brasilense* en raíces de palto. **In:** III Reunión Nacional Científica Técnica de Biología de Suelo. III Encuentro sobre Fijación biológica de Nitrógeno. Actas y CD-ROM
- Cracogna, M., M. Iglesia, I. Díaz, N. González y M. Carvajal. 2003. Utilización de *Azospirillum* y bacterias solubilizadoras de fósforo en el cultivo de trigo. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Argentina. Universidad Nacional del Nordeste. 3 p.
- Chirinos, J., A. Leal y J. Montilla. 2007. Uso de Insumos Biológicos como alternativa para la Agricultura sostenible en la zona sur del estado Anzoátegui, *Revista Digital CENIAP HOY* 11 pp. 1-7.
- Comerma, J. y R. Paredes. 1978. Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras de Venezuela. *Agronomía Trop.* 28(2):71-85.
- España, M., E. Bisbal y B. Rodríguez. 2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from venezuelan savannas using ¹⁵N. *Interciencia* 31(3):197-201.
- Henríquez, M., O. Rodríguez, F. Montero y A. Hernández. 2000. Efecto de diferentes suspensiones de cardón dato, cardón lefaria, tuna española y PAM sobre algunas propiedades físicas de un suelo de Quibor-Lara. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 17:295-306.
- Henríquez, M., O. Rodríguez, F. Montero y A. Hernández. 2003. Efectos de acondicionadores naturales y sintéticos sobre los cationes solubles y la infiltración de agua en un aridisol. *Revista Brasileña de Pesquisa Agropecuaria*. 2:311-316.
- Instituto de Edafología. 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el laboratorio general del Instituto de Edafología. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Venezuela. 89 p.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates-solubilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry* 27:257-263.
- Illmer, P., A. Barbato and F. Schinner. 1995. Solubilization of hardly soluble AlPO₄ with P-solubilizing microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry* 27:265-270.
- Iván, E., M. Iglesias, C. Sotelo y W. Trevisan. 2006. Ensayo de biofertilizantes en girasol utilizando inoculantes con *Azospirillum brasilense*. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. Argentina. Universidad del Noroeste Resumen A-041.
- Kahlon, M. S., K. L. Khera and A. S. Josan. 2004. Salt and moisture distribution in rhizosphere under drip and furrow methods of irrigation. *Journal of Soils and Crops*, 14(2):224-229.
- López de R., I., M. Silva de y J. Comerma. 1987. Suelos Ácidos-Avance en la construcción del sistema experto para hacer recomendaciones en estos suelos. **In:** Simposio Manejo de Suelos Ácidos en los Trópicos. IX Congreso Venezolano y X CLCS. 9 p.

- López, M., I. López de Rojas y M. España. 2006. Fertilidad del Suelo y Estado Nutricional de las plantas. **In:** "El Duraznero en Venezuela. Diagnostico Rural Participativo. Clima en Unidades de Producción Fertilidad de Suelo y Estado Nutricional de las Plantas. Aspectos fitosanitarios. INIA.CENIAP. 26 p. (Serie B. N° 4. 123p).
- López, M., A. Bolívar, M. Salas y M. De Gouveia. 2006 a. Prácticas conservacionistas y rotación con quinchocho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela. *Agronomía Trop.* 56(1):75-109.
- López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrizícos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. *Agronomía Trop.* 57(1):31-43.
- Toro, M., I. Bazó y M. López. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Trop.* 58(3):215-221.
- López, M., R. Martínez-Viera, M. Brossard, A. Bolívar, N. Alfonzo, A. Alba y H. Abreo. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Trop.* 58(4):391-401.
- Martínez, V. R., M. López, M. Brossard F., G. Tejeda G., H. Pereira A., C. Parra, J. Rodríguez S. y A. Alba. 2006. Procedimiento para el estudio y fabricación de biofertilizantes bacterianos. Maracay, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 88 p. (Serie B, N° 11).
- Matínez, V. R., M. López, B. Dibut-Álvarez, C. Parra Z. y J. Rodríguez Sánchez. 2007. La fijación biológica de nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura. 172 p.
- Mishustin, E. N. and E. K. Silnikova. 1971. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Mc. Millan Ed. Londres. 675 pp.
- Okon, Y. and C. A. Labandera-Gonzalez. 1994. Agronomic applications of Azospirillum. **In:** Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria (eds Ryder, M. H., Stephens, P. M. and Bowen, G. D.). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Adelaide, Australia, pp. 274-278.
- Oviedo, M. y M. Iglesia. 2005. Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo en el cultivo de raygrás. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Resumen A-53.* 3 p
- Pedraza, R. and R. Díaz. 2001. *Azospirillum amazonense*: its presence in the sugar cane area of the province of Tucumán. *Rev Argent Microbiol* (4):199-201.
- Peña, H. e I. Reyes. 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia.* 32(8):560-565.
- Pérez, M., J. J. Guédez, C. Ohep, F. Marcano y D. Francisco. 1992. Estudio semidetallado de reclasificación de tierras con fines de riego del valle de Quíbor. Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor. Barquisimeto. 193 p.
- Pla-Sentís, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnósticos de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Alcance* 32:92 p.
- Pulido, L., N. Medina y A. Cabrera. 2003. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrizícos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales* 24(1):15-24.
- Rodríguez, O. 1982. Mineralogy and related properties of soils from Lara landscapes. Tesis de MS. Georgia, EUA. Univ. de Georgia.
- Rodríguez, O. y J. Guédez. 1985. Mineralogía, génesis y propiedades químicas de un suelo bajo cultivo de café en Villanueva, E. Lara. FUDECO, Suplemento Técnico N° 31.
- Vessey, J. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil.* 255:(2)571-586.

Velásquez, L., A. Miliani, C. Coronel, R. González, M. López, M. Anzalone, D. Araujo, N. Almeida; N. Pieruzzini, R. Flores, Martínez-Viera y H. Pereira. 2008. Evaluación de la eficiencia de una cepa fijadora de nitrógeno y una solubilizadora de fósforo usados como biofertilizantes en el cultivo de maíz (Q-PM) en Turén estado Portuguesa. **In:** I Taller Nacional de biofertilizantes. Maracay, Edo Aragua. Memorias CD-ROM.

Vera, D. H. Pérez y H. Valencia. 2002. Aislamiento de hongos solubilizadores de fosfatos de la rizosfera de arazas (*Eugenia stipitata*, Myrtaceae). *Acta Biológica Colombiana*. 7(1):33-40.

Uribe, G., J. Petit y R. Dzib. 2007. Mejoramiento en la eficiencia de fertilizantes químicos con biofertilizantes para producir maíz en suelo Alfisol (Chac-lu'um). *Revista forestal venezolana*. 51(01):9-14.

Walkley, A. and A. Black. 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.