

CAMBIOS EN LOS CONTENIDOS NUTRICIONALES EN SUELOS ARENOSOS DE SABANAS DELAMAZONAS BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA PROLONGADA

CHANGES IN THE NUTRIENT CONTENT IN AMAZONIAN SAVANNA SANDY SOILS UNDER LONG-TERM ORGANIC FERTILIZATION

Ismael Hernández-Valencia, Ana Y. López y Danilo López-Hernández.

*Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela,
Apdo. Postal 47058. Caracas 1041-1, Venezuela. E-mail: ihernand@strix.ciens.ucv.ve*

RESUMEN

En los alrededores de Puerto Ayacucho (estado Amazonas) existen importantes áreas de sabanas arenosas con una baja fertilidad natural en las cuales, mediante el uso de bajos niveles de fertilización orgánica, se han implementado granjas de poca extensión con sistemas agroforestales permanentes. En este trabajo se comparan los cambios en los contenidos de materia orgánica y de fósforo, calcio, magnesio y potasio disponibles en agroecosistemas bajo fertilización orgánica en relación a la sabana natural. Adicionalmente se estudió un sistema agrícola convencional de altos insumos en el que se utilizó fertilización inorgánica (roca fosfórica y NPK) y labranza convencional. Los resultados muestran que los abonos orgánicos mejoran la fertilidad del suelo, no solo aumentando los niveles de fósforo disponible, orgánico y total, sino también la disponibilidad de cationes. Por el contrario, en el sistema de agricultura convencional, no se detectaron diferencias significativas en los contenidos de P y cationes disponibles respecto a las sabanas cercanas, por lo que no se evidenció un efecto residual de la roca fosfórica. Se demuestra que estos suelos de sabana soportan sistemas agroforestales de larga duración bajo una fertilización orgánica y un riego apropiado.

Palabras clave: fertilización orgánica, sabana, Amazonas, sostenibilidad, sistemas agroforestales, experimento larga duración

ABSTRACT

There are important areas of sandy savannas around Puerto Ayacucho (Amazonas State) where permanent agroforestry systems have been established using low levels of organic fertilization. The objective of this research was to compare the changes in organic matter content, as well the available contents of phosphorus, calcium, magnesium and potassium in organic amended agricultural systems and natural savanna soil. In addition, a conventional agriculture system was studied, in which high inputs of inorganic fertilizers (phosphate rock and NPK) and conventional tillage practice were used. The results show that organic fertilization enhance soil fertility, not only by increasing available and total P, but also the availability of cations. On the other hand, in the conventional agriculture system, there were not significant differences in P and cation contents in soil with respect to the surrounding savannas. Therefore, phosphate rock does not show a residual effect in these soils. The results clearly demonstrate that under a controlled organic fertilization and irrigation, these unfertile savanna soils can support long-term agroforestry systems.

Key words: organic fertilization, savanna, Amazonia, sustainability, agroforestry systems, long-term experiment

INTRODUCCIÓN

Puerto Ayacucho, la capital del estado Amazonas ha presentado un crecimiento de población acelerado en los últimos años, hecho que ha repercutido directamente en el abastecimiento local de alimentos. En las vecindades existen grandes extensiones de sabanas con suelos de baja

fertilidad natural y alta capacidad erosiva (López-Hernández *et al.* 1997), cuyas superficies han aumentado en las últimas décadas por la deforestación del bosque lluvioso. La deforestación se realiza para instaurar sistemas agrícolas intensivos que a largo plazo son insostenibles. Esto se debe a la baja fertilidad natural de los suelos y a la pérdida de los delicados mecanismos de

conservación de nutrimentos que poseen los bosques primarios (Jordan 1987). Tal situación ha conllevado, a su vez a la afectación de nuevas áreas boscosas e incremento de las áreas ocupadas por sabanas secundarias.

La agricultura convencional de relativos altos insumos implantada en las sabanas al norte del Orinoco (López-Hernández y Ojeda 1996) resulta muy onerosa en el Estado Amazonas, debido a los costos de transporte y a las importantes cantidades de fertilizantes inorgánicos que se requieren para conseguir una producción sostenida en estos suelos arenosos-ácidos. Sin embargo, en los alrededores de Puerto Ayacucho, la población criolla ha implantado sistemas de producción (SP) orgánicos en pequeñas extensiones (< 5 ha), que emplean como abono cantidades controladas de gallinaza y compost. Estos sistemas de producción representan alternativas para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos de una manera económica y al parecer ecológicamente sustentable, permitiendo así aumentar la capacidad productiva de las sabanas existentes y reducir la presión de deforestación sobre el bosque amazónico. El objetivo de este estudio, fue evaluar los cambios en el estado nutricional del suelo de algunos SP orgánicos del Estado Amazonas, los cuales basan su fertilización en el uso de desechos de origen animal y vegetal.

ÁREA DE ESTUDIO

Los SP estudiados se encuentran en las cercanías de Puerto Ayacucho (estado Amazonas) al sur de Venezuela (5° 45' N; 67° 33' O). Los SP orgánicos se ubicaron a 14 Km al noreste, en la localidad de Provincial, mientras que el SP de agricultura convencional (rastra-fertilización) se ubicó a 50 Km al sureste, en la localidad indígena de Sabaneta de Guayabal (López-Hernández *et al.* 1997). La región presenta un clima con una marcada estacionalidad, la época de lluvia comienza aproximadamente en abril y termina en noviembre. La temperatura y precipitación promedio anual son de 26,5°C y 2338 mm, respectivamente. De acuerdo al USDA (1994), los suelos del área de estudio corresponden al grupo de los Typic Ustipsaments. Presentan una baja fertilidad natural, con pH ácidos, textura arenosa y drenaje externo muy rápido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron sistemas de producción orgánicos (SPO) a los que se aplicaron las siguientes enmiendas:

Sistemas de Producción con adición de excrementos de pollos (SPG)

En este sistema se combinan los cultivos con la cría de pollos para engorde. Los principales cultivos son frutales como el mango (*Mangifera indica*), aguacate (*Persea americana*), guanábana (*Annona muricata*) y plátanos (*Musa sp.*), así como cultivos anuales de secano como el frijol (*Vigna unguiculata*) y el maíz (*Zea mays*). El sistema se estableció en 1970 y se basa en la adición, a cada árbol plantado, de pequeñas dosis de estiércol de pollos mezclados con cal como única fuente de fertilizante.

Sistema de Producción con adición de compost (SPC)

Consiste en un sistema agroforestal en donde originalmente el suelo se enriqueció en nutrimentos con la adición de dosis controladas de gallinaza. Una vez que los subsidios a los alimentos animales fueron eliminados, la fertilización se cambió a un compost que se prepara con residuos vegetales, cochinita y una pequeña cantidad de fertilizante inorgánico adicionado periódicamente en la base del árbol. En la actualidad la granja mantiene algunos cerdos, al igual que se ha logrado una producción de frutales con excedentes que son vendidos en el mercado (García-Guadilla y López-Hernández 1998).

Sistema de Producción con adición de estiercol de ganado (SPM)

Conocido localmente como "majada". Esta práctica fue introducida por inmigrantes llaneros y consiste en el confinamiento de bovinos en corrales de unos 1.000 m² (para protección, ordeño y descanso). Las heces depositadas en esa área durante un período aproximado de 6 meses sirven para el cultivo de especies anuales con alta demanda nutricional, como son el maíz (*Zea mays*), la patilla (*Citrullus vulgaris*) y la auyama (*Cucurbita maxima*), y posteriormente se siembran plantas con menores requerimientos como la yuca (*Manihot esculenta*). Este sistema no se renueva con otras deposiciones, sino que se establecen en las áreas aledañas nuevas majadas de diferentes edades. En este estudio se trabajó con una majada de un año.

Sistema de Producción convencional (altos insumos)

El SP convencional (altos insumos) consiste en una asociación de pastos y leguminosas (*Brachiaria dictyoneura*-*Centroema macrocarpum* y *Stylosanthes capitatis*) sembradas en 1993 para

Tabla 1. Características texturales, pH y contenidos de materia orgánica en los SP estudiados y sus controles, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

Sistema de Producción	Densidad aparente (g/cm ³)	Máxima retención de agua (% peso)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Materia orgánica (%)	pH
SP Gallinaza	1,54(a)	8,98(a)	95,0(a)	0,8(a)	4,2(a)	2,85(a)	6,32(a)
Control	1,66(b)	7,99(a)	95,5(a)	0,4(a)	4,1(a)	1,24(b)	5,80(b)
SP Cochianza	1,47(a)	12,97(a)	93,4(a)	1,6(a)	5,0(a)	2,49(a)	5,85(a)
Control	1,76(b)	6,44(b)	95,9(a)	0,1(b)	4,0(a)	1,52(b)	5,43(b)
SP Majada	1,46(a)	9,75(a)	96,9(a)	0,6(a)	2,5(a)	7,50(a)	5,63(a)
Control	1,76(b)	6,44(b)	95,9(a)	0,1(a)	4,0(a)	0,95(b)	5,32(a)
Agricultura convencional	1,48(a)	8,84(a)	92,8(a)	0,0(a)	7,2(a)	0,74(a)	5,75(a)
Control	1,50(a)	8,61(a)	94,0(a)	0,0(a)	4,0(a)	1,07(a)	5,29(b)

Letras diferentes significan medias diferentes (U de Mann-Whitney, $P < 0.05$).

Las comparaciones se realizaron para una misma variable entre el sistema de manejo y su control.

generar forraje para ovejas. El manejo previo a la siembra consistió en dos pases de rastra para incorporar la vegetación natural al suelo. Posteriormente se aplicaron al voleo 1.000 kg ha⁻¹ de roca fosfórica pulverizada y 300 kg ha⁻¹ de fertilizante N-P-K (12-24-12) que luego fueron incorporados con rastra. El efecto residual de esta fertilización se analizó un par de años más tarde (1995). Las características de manejo de los SP anteriormente mencionados (cantidad, frecuencia y tipo de aplicación) son presentados con mayor detalles en López (1996).

Todos los SP estudiados se encontraban en áreas ocupadas por sabanas arenosas. En cada uno de ellos y en las sabanas aledañas no perturbadas (control), se tomaron 10 muestras de suelo al azar 0-10 cm de profundidad por considerar que este estrato recibe los mayores aportes de materia orgánica y además en él ocurren con mayor intensidad los procesos de transformación de N y P (Sharpley 1985, Sharpley y Smith 1995). Las muestras fueron homogeneizadas, secadas al aire y tamizadas (< 2 mm de apertura). Posteriormente, se determinaron las fracciones de P total (Allen *et al.* 1974), P orgánico (Po) (Hedley *et al.* 1982) y P disponible (Olsen y Sommers 1982) a 3 sub-muestras para cada tratamiento y control. La

determinación cuantitativa de cada fracción de P se realizó por el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962). Los cationes disponibles (calcio, magnesio y potasio) se extrajeron con acetato de amonio 1M, pH 7 (Anderson e Ingram 1989) y se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. La materia orgánica fue determinada por el método de Walkley-Black (Jackson 1982). Otros parámetros determinados fueron textura (Anderson e Ingram 1989), pH (Allen *et al.* 1974) y densidad aparente (Casanova 1991).

Para la comparación de medias de tratamientos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney.

RESULTADOS

Sistemas de producción orgánicos

La Tabla 1 muestra que los SP poseen suelos muy arenosos, de pH moderado a ligeramente ácido. Para el caso del SPG, SPC y agricultura convencional los valores de pH son superiores a los controles, debido a la adición de cal y/o a la naturaleza de los residuos adicionados. Los contenidos de materia orgánica son superiores en los SP orgánicos como consecuencia de la adición de abono animal, lo que incide a su vez en una menor densidad aparente y mayor capacidad de retención de agua. Por el

NUTRIENTES EN SUELOS DE SABANAS AMAZÓNICAS

Tabla 2. Contenidos de P total y disponible, calcio, magnesio y potasio en los SP estudiados y sus controles, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

Sistema de Producción	P disponible ($\mu\text{g/g}$)	Po ($\mu\text{g/g}$)	P total ($\mu\text{g/g}$)	C/Po	Calcio ($\mu\text{g/g}$)	Magnesio ($\mu\text{g/g}$)	Potasio ($\mu\text{g/g}$)
SP Gallinaza	234,7(a)	232,0(a)	1193,5(a)	71,5	1954,2(a)	348,6(a)	164,0(a)
Control	3,0(b)	53,4(b)	179,0(b)	121,2	175,2(b)	30,4(b)	67,7(b)
SP Cochinaza	67,3(a)	155,6(a)	499,2(a)	93,2	863,7(a)	144,7(a)	108,3(a)
Control	6,2(b)	70,3(b)	213,8(b)	126,6	60,4(b)	15,6(b)	42,3(b)
SP Majada	118,6(a)	169,8(a)	850,7(a)	256,7	1554,8(a)	810,8(a)	232,0(a)
Control	7,5(b)	54,3(b)	192,3(b)	101,3	162,4(b)	26,5(b)	59,7(b)
Agricultura Convencional	6,2(a)	42,5(a)	134,2(a)	101,0	48,0(a)	12,4(a)	42,3(a)
Control	4,8(a)	42,4(a)	149,3(a)	142,7	98,2(b)	15,9(b)	43,6(a)

Letras diferentes significan medias diferentes (U.Mann-Whitney, $P < 0.05$).

Las comparaciones se realizaron para una misma variable entre el sistema de manejo y su control.

contrario, en el sistema de agricultura convencional no se detectaron diferencias significativas en la densidad aparente y en la capacidad máxima de retención de agua, mientras que los valores de materia orgánica son ligeramente inferiores, posiblemente debido al laboreo que facilita la mineralización de la misma (Jenkinson 1981).

La Tabla 1 muestra que el incremento en el contenido de materia orgánica de los SP oscila entre 69 a 789%, siendo el SPM el que muestra el mayor aumento. Es de resaltar que los contenidos de materia orgánica se mantienen en niveles bajos aún con la adición abonos orgánicos, exceptuando el SPM, lo que indica que las enmiendas localizadas utilizadas, aún siendo orgánicas se circunscriben dentro de esquemas de bajos insumos. En lo que respecta a los tenores de fósforo, es notorio el incremento del mismo en los SPO tanto en su formas disponible (Pd), orgánicas (Po) y totales (Ptotal) (Tabla 2). La tabla 3 muestra que los mayores cambios fueron observados para el SPG el cual evidenció un aumento del 7723% en el P disponible, 334% en Po y 567% en el P total. Para el resto de los sistemas no convencionales se verificó la misma tendencia. Los incrementos siguieron el orden $\text{Pd} > \text{P total} > \text{Po}$, siendo los cambios en el SPM (P disponible: 1481%, P total: 342%, Po: 213%) más

pronunciados respecto al SPC (P disponible: 985%, P total: 133% y Po:121). Estos resultados confirman que el pool de P para las plantas se ve favorecido con la adición de los abonos orgánicos, bien sea por el alto contenido de P disponible de estos abonos o por la mineralización de una buena parte del fósforo orgánico (Po) contenido en los mismos (Pérez y Casanova 1982).

Para el caso de los cationes disponibles, en todos los SPO se encontraron incrementos significativos y notorios. En el caso del calcio los aumentos oscilaron entre un 857% a 1331%, siendo mayor en el SPC. El magnesio mostró incrementos entre 828 a 2959%, siendo mayor en el SPM. Para el caso del potasio, los incrementos fueron de menor magnitud, entre 142 a 289%, siendo mayor también en el SPM. La respuesta del potasio es acorde con la mayor sustitución de la matriz de intercambio de este elemento por cationes divalentes, además de su alta movilidad y posterior lavado del perfil del suelo.

Sistema de agricultura convencional

En el sistema de agricultura convencional, las formas totales, orgánicas y disponibles de P presentaron valores muy similares respecto a sus controles (Tablas 2 y 3). La misma situación se

Tabla 3. Porcentaje de aumento de nutrientes en los sistemas de producción respecto a los controles, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

Sistema de Producción	P disponible %	Po %	P total %	Calcio %	Magnesio %	Potasio %
SP Gallinaza	7723	334	567	1015	1048	142
SP Cochinaza	985	121	133	1331	828	156
SP Majada	1481	213	342	857	2959	289
Agricultura convencional	30	- 2	- 10	- 51	- 22	- 3

Las comparaciones se realizaron para una misma variable entre el sistema de manejo y su control.

repitió con el magnesio y el potasio, mientras que el calcio reflejó valores inferiores respecto a la sabana control. Este resultado posiblemente fue producto del lavado hacia horizontes más profundos del fertilizante adicionado dos años antes, lo cual es favorecido por la textura arenosa de los suelos y la alta precipitación de la región. A ello se suma la acción mecánica de la rastra, la cual pudo generar la merma en los contenidos de materia orgánica y nitrógeno. La roca fosfórica aplicada no presentó el efecto residual esperado (su disolución es más lenta que la de otros fertilizantes industriales). Posiblemente en este caso influyó el hecho de que la roca fosfórica fue aplicada en polvo, lo cual favoreció su rápida solubilización y absorción por los pastos sembrados, particularmente por la *Brachiaria dictyoneura*, que presentó biomasa muy superior al de la sabana de *Trachypogon* sp. (datos no presentados).

Relación C:Po en los sistemas de producción

Se ha determinado que el contenido de materia orgánica puede limitar el contenido de fósforo disponible por lo que se ha postulado una relación C:Po (McGill y Cole 1981) que controla la disponibilidad de P, en una forma parecida a la relación C:N (Brady 1974). McGill y Cole (1981) sugieren que valores de C:Po mayores a 200 se asocian a una deficiencia de P disponible, produciéndose una inducción de la hidrólisis de ésteres fosfatos más rápidamente que la oxidación del carbono. Por el contrario, en suelos con altos contenidos de P disponible, la relación C:Po es baja (<100) y se reprime la producción de fosfatasas. Los resultados (Tabla 2) evidencian que después de la introducción de abonos orgánicos en la SPC y SPG la relación C:Po es menor que

100, lo que indicaría que en estos SP no hay deficiencias de P disponible y la producción de fosfatasas se encuentra inhibida. En otras palabras, estos sistemas mantienen altos niveles de P disponible. En los sistemas de majada y agricultura convencional, la relación C:Po es mayor que 100, lo cual pudo ser producto de la mineralización del Po adicionado para suplir las necesidades del cultivo (agricultura convencional) o bien por el alto contenido de carbono orgánico en el estiércol de ganado (majada).

DISCUSIÓN

Los agroecosistemas estudiados bajo fertilización orgánica, se distinguen por un considerable aumento en las cantidades de P total, orgánico y disponible, cationes y materia orgánica, que eventualmente favorecen la producción vegetal y mejoran de manera apreciable las propiedades físicas y estructurales de estos suelos arenosos (Tran y N'Dayegamiye 1995). Tales incrementos se encuentran asociados a los altos niveles de nutrientes, particularmente N, P y K que contienen los estiércoles animales (Pérez y Casanova 1982). También esto repercute de manera significativa sobre la pedofauna asociada (Araujo y López-Hernández, este volumen). La distribución del P en las fracciones estudiadas en estos suelos ha sido influenciada por las técnicas empleadas en la incorporación del abono orgánico, así como por el tipo, cantidad, frecuencia y tipo de aplicación. A grandes rasgos el SPM fue el sistema que mostró los cambios más marcados en los contenidos de materia orgánica, potasio y magnesio; el SPG lo evidenció en las diferentes formas de P y el SPC en los tenores de calcio (que en este último caso

pudo ser favorecido por la adición de cal). Los valores absolutos de nutrimentos en el suelo para los SPO son satisfactorios para cubrir las demandas de los cultivos comerciales más comunes de la región (maíz y frijol), e incluso podría pensarse que no sería necesaria la fertilización con fósforo en el corto plazo (2 años) en virtud de su alto contenido y su restitución parcial a través de la mineralización de la materia orgánica. Por su parte, en el sistema de agricultura convencional, no se encontró una mejora de la fertilidad del suelo, posiblemente debido al tiempo que había transcurrido desde la adición de fertilizantes. Particularmente no se evidenció un efecto residual de la roca fosfórica añadida. Los resultados sugieren que en la implementación de la agricultura de altos insumos en esta región, el manejo o adición de materia orgánica a los suelos puede potenciar la conservación de nutrimentos, además de mejorar la capacidad de retención de agua y la estructura.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto RP VII 290089 sobre la Agricultura de Bajos Insumos en el Ecotono Sabana-Bosque como medio para reducir la presión sobre la Selva Tropical Húmeda, financiado por el CONICIT. Se agradece la colaboración técnica del Ing. Frans Torres y el Sr. Francisco Tovar.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, S., H. GRIMSHAW, J. PARKINSON y C. QUARMBY. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Black Weel 565 pp. Scien. Publi. London.
- ANDERSON, J.M. y J. S. I. INGRAM. 1989. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. C.A.B. International. U.K. 221p.
- ARAUJO, Y. y D. LÓPEZ-HERNÁNDEZ. 1999. Caracterización de las poblaciones de lombrices de tierra en un sistema de agricultura orgánica ubicado en una sabana del Amazonas venezolano. *Ecotropicos* 12(1).
- BRADY, N. 1974. The properties and nature of soils. McMillan Publishing and Co. New York. 639p.
- CASANOVA, O.E. 1991. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela, Fac. Agronomía. CDCH. Litopoar, C.A. 393 p.
- GARCÍA-GUADILLA, M.P. y D. LÓPEZ-HERNÁNDEZ. 1998. Dilema de la productividad versus la sostenibilidad ecológica en el ecotono sabana-bosque del Amazonas venezolano. en R.J.Carrillo (Compilador) Memorias del IV Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente. Vol I: 282-286. Editorial Equinoccio, Ediciones de la Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- HEDLEY, M., J.M. STEWART y B.S. CHAUHAN. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society American Journal* 46: 970 - 976.
- JACKSON, M.L. 1982. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega. Barcelona. 123 - 159 p.
- JENKINSON, D. S. 1981. The fate of plant and animal residues in soil. Pp. 505-651, in *The chemistry of soil processes*. Greenland, D. J. Y Hayes, M. H. B. (ed.): John Willey and Sons Ltd. New York.
- JORDAN, C. 1987. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. John Wiley, New York.
- LÓPEZ, A. 1996. Fraccionamiento de fósforo en suelos de sabana sometidos a diferentes sistemas de producción orgánicos e inorgánico ubicados en las cercanías de Puerto Ayacucho. Estado Amazonas. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. y A. OJEDA. 1996. Alternativas en el manejo agroecológico de los suelos de las sabanas del norte de suramérica. *Ecotropicos* 9(2):99-115.
- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D., M.P GARCIA, P. TORRES, P. CHACÓN y M.G. PAOLETTI. 1997. Venezuelan amazonian production systems and sustentability: A preliminary evaluation of agroecosystems in Puerto Ayacucho savanna-forest ecotone. *Interciencia* 22:307-314.
- MCGILL, W.B. y C.V. COLE. 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P though soil organic matter. *Geoderma* 26:267-286.
- MURPHY, J. y J.P. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27:31-36.
- OLSEN, S.R. y L.E. SOMMERS. 1982. Phosphorus. Pp. 401-430, in A.L. Page, R.H. Miller y D.R. Keeney (ed). *Methods of soil Analysis. Agronomy. N° 9. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA.*
- PÉREZ, O. y E. CASANOVA. 1982. Efectos de aplicaciones de estiércol y fósforo sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo del Valle de Quibor, Edo. Lara y su influencia sobre el desarrollo de plantas de tomate. VII Congreso Nacional de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. San Cristobal, Tachira, Venezuela.
- SHARPLEY, A.N. 1985. Phosphorus cycling in unfertilized and fertilized agriculture soils. *Soil Science Society American Journal* 49:905-911.
- SHARPLEY, A.N. y S.J. SMITH. 1995. Nitrogen and phosphorus form soils receiving manure. *Canadian Journal of Soil Science* 159:253-258.
- TRAN T.S. y A. N'DAYEGAMIYE. 1995. Long-term effects of fertilizer and manure application on the forms and availability of soil phosphorus. *Can. J. Soil. Sci.* 75:281-285.
- USDA. 1994. Keys to soil taxonomy. Sexta Edición. Washington, D.C. USA.

Recibido: junio 1998; aceptado: julio 1999.