

CENIAP HOY # 14: abril a diciembre 2007

Rev. Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias

<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/index.htm>

ISSN: 1690-4117

Depósito Legal: 200302AR1449

¿Es posible incrementar la capacidad productiva de suelos ácidos tropicales utilizando abonos orgánicos?

Marisol López

CENIAP/INIA. Maracay, Venezuela

mlopez@inia.gob.ve

Revisores: Isaura Rojas (irojas@inia.gob.ve)

Belkys Rodríguez (brodriguez@inia.gob.ve)

Sumario

Introducción

¿Cómo han sido manejados los suelos ácidos en el país?

¿Es una práctica común el uso de abonos orgánicos en suelos ácidos?

Efecto de los abonos orgánicos sobre la productividad de suelos ácidos

Avances de investigación en el uso de abonos orgánicos

en suelos ácidos de Venezuela

Conclusiones

Bibliografía

Introducción

La acidificación de suelos agrícolas tiene diferentes orígenes y efectos. En Venezuela, la heterogeneidad en las propiedades de los suelos ácidos limita la generación de prácticas para incrementar la producción óptima de los cultivos (López y Comerma, 1985). López *et al.* (1987) señalaron que alrededor de 70 % de los suelos del país presentan como primera o segunda limitación para uso agrícola la baja fertilidad natural y acidez. López *et al.* (2001) encontraron alta variabilidad en los suelos ácidos ubicados en los Llanos Centrales (Guárico, Apure y Cojedes). En el paisaje de Altiplanicie de

mesa conservada, predominan los suelos deficientes en fósforo (P-Olsen: $<5 \text{ mg.kg}^{-1}$), potasio (K-Olsen: $<20 \text{ mg.kg}^{-1}$), calcio (Ca-Morgan: $<50 \text{ mg.kg}^{-1}$), magnesio (Mg-Morgan: $<30 \text{ mg.kg}^{-1}$) y azufre (S-Turbidimetría: $<5 \text{ mg.kg}^{-1}$), con muy baja capacidad de intercambio catiónico ($< \text{de } 10 \text{ cmol. kg}^{-1}$). Gran parte de estos suelos poseen muy bajo contenido de materia orgánica ($< 10 \text{ mg.kg}^{-1}$) y predominio de partículas gruesas ($> 80 \%$ de arena), y arcillas tipo 1:1 caolinitica, características que le confieren la baja CIC, lo que significa que estos suelos poseen muy baja capacidad para retener por mucho tiempo en su complejo de intercambio las bases liberadas en él por medio de la fertilización química, tanto inorgánica (fertilizantes industriales y naturales) como la orgánica (restos de cosecha, abonos verdes). La mayor variabilidad del grado de acidez de estos suelos es debida principalmente a variaciones en la disponibilidad de Ca, Mg, P, K, S y micro nutrientes, así como, la clase textural y el contenido de aluminio en el complejo de intercambio.

El manejo inadecuado de estos suelos ha ocasionado perdidas de suelo y nutrientes impactando negativamente su calidad y la producción optima de cultivos. La baja capacidad productiva se atribuye a factores edáficos (baja fertilidad natural, reacción ácida, fragilidad estructural, susceptibilidad a ser erosionados y baja capacidad de retención de agua); relieve, clima (lluvias de alta intensidad y gran erosividad) e inadecuadas prácticas de manejo de los sistemas de producción (López *et al.*, 2003). La fertilidad del suelo muy baja, aunado a la variabilidad y características climáticas, que en los últimos años ha afectado significativamente la producción de secano, requiere de la implementación de alternativas de manejo que promuevan la sustentabilidad de los sistemas de producción (SP) predominantes, los cuales son principalmente monocultivo sorgo y/o maíz; ganadería de carne extensiva y ganadería doble propósito (carne y leche).

El manejo de estos SP (cereales, mixtos, carne-cereal) con prácticas agrícolas inadecuadas (mecanización en seco, exceso pase de rastras, sobrepastoreo, entre otras) ha ocasionado un acelerado deterioro de estos suelos, por perdidas de nutrientes (Linares *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2005) y suelo (Torres *et al.*, 2006) lo cual va acompañado de proceso de degradación integral (física, química, biológica y bioquímica), dedicándose cada vez mayores áreas destinadas a sistemas de producción sometidos a altos insumos que contribuyen a su degradación. Esta situación hace necesario evaluar alternativas de manejo conservacionista que permitan usar más eficientemente los insumos y energía y promuevan una agricultura más dependiente de procesos biológicos. Continuar el sistema de producción cereal-ganado en estas condiciones es de alto riesgo ecológico, económico y social.

¿Cómo han sido manejado los suelos ácidos en el país?

Los suelos ácidos han sido manejados utilizando prácticas que buscan reducir la acidez a través de aplicaciones de cal agrícola e incrementar la disponibilidad de nutrientes aplicando fertilizantes inorgánicos principalmente.

Entre los nutrientes que limitan la producción de los cultivos, el fósforo requiere de un manejo adecuado y más racional, debido a las transformaciones (adsorción, precipitación, transporte, mineralización) que experimenta en el suelo una vez que es aplicado, afectando su disponibilidad para las plantas, de acuerdo a las características edafoclimáticas de cada localidad.

La principal fuente de P utilizada por la mayoría de los productores son las altamente solubles, las cuales ocasionan altos costos de producción y por tanto, disminución en la relación beneficio/costo, así como posible impacto ambiental al lixiviarse fácilmente en suelos de textura gruesa (López *et al.*, 2006). Por esta razón, en condiciones de acidez y sistemas de producción que incluyan cultivos de ciclo corto (caso cereales), debe evaluarse el potencial de fuentes de P menos costosas, tal como las rocas fosfóricas naturales y las parcialmente aciduladas.

Numerosos trabajos de investigación reflejan las bondades de estos materiales en suelos ácidos con cultivos perennes tales como: frutales, café, pastos, entre otros, en diferentes regiones de Venezuela (López de Rojas *et al.*, 1994; Casanova, 1993; Pérez *et al.*, 1995; López de Rojas 1995), demostrando la baja solubilidad de la roca fosfórica de Monte Fresco (RFMF), recomendándose su uso en suelos con P y Ca bajos, pH menor de 5.5, alto porcentaje de arcilla y de saturación con aluminio que contribuye a su solubilidad. Sin embargo, en los últimos años se ha trabajado con la roca fosfórica de Riecito (RFR), de mayor solubilidad, tanto en forma micronizada, como parcialmente acidulada (RFRPA). Ramírez y López (2000) y López (2002), encontraron alta respuesta de cultivares de sorgo granífero tolerantes a la acidez, fertilizados con RFR en suelos de muy baja fertilidad natural.

López (2003) señaló mejoras en la fertilidad de dos suelos ultisoles ubicados en diferentes paisajes de altiplanicie del estado Guárico, al ser sometidos a prácticas de manejo que incluyeron uso combinado de abonos orgánicos (abonos verdes, restos de cosecha) e inorgánicos (N+P+K+S) con fuentes de P-solubles (SFT) y poco solubles (RFR y RFRPA).

Actualmente, se promueve el uso combinado de abonos orgánicos e inorgánicos, con el propósito de:

- ❖ garantizar la disponibilidad inmediata de los nutrientes más deficitarios (fuentes inorgánicas).
- ❖ mejorar progresivamente a mediano plazo las limitaciones físicas, la disponibilidad y balance de nutrientes mediante (fuentes orgánicas).
- ❖ aumentar la calidad del suelo, por mejoras en su fertilidad integral: disponibilidad de nutrientes, aumentos en el contenido de materia orgánica, en la diversidad y actividad de simbiontes y microorganismos asociativos, mejoras en la estructura y la capacidad de retención de agua.
- ❖ incrementos en el contenido de materia orgánica y aporte de nutrientes al suelo, al descomponerse los abonos orgánicos (residuos de cosecha y abonos verdes)

¿Es una práctica común el uso de abonos orgánicos en suelos ácidos?

El uso de residuos orgánicos con fines de incrementar la capacidad productiva de suelos ácidos ha sido cuestionado por varios investigadores, al argumentarse que la acumulación de materia orgánica es uno de los factores que causa la acidificación del suelo (Williams 1980; Haynes 1983; Dolling 1995). Sin embargo, Tang et al., 1999, señalan que estas aseveraciones son contradictorias con resultados de investigación que muestran perfiles de suelos donde la acidificación ocurrió después de los 10 cm de profundidad, y hace referencia a los resultados encontrados por Williams (1980); Dolling (1995), los cuales coinciden con los de Hue (1992), Berek *et al.*, citado por Mokolobate y Haynes (2002) y por López *et al.* (2006), trabajando en sabanas del estado Guárico, Venezuela. Los resultados indican que la mayor acumulación de materia orgánica se ha encontrado por encima de los 10 cm de profundidad, destacándose que el pH en los suelos ácidos se incrementa en las capas superficiales después de que crecen leguminosas.

Estos resultados de investigación sugieren la necesidad de evaluar la potencialidad de los abonos verdes, uso de restos de cosecha, combinados con abonos inorgánicos y biofertilizantes para incrementar la capacidad productiva de estos suelos, sin causar detrimentos en otras propiedades, principalmente en condiciones tropicales.

Muchos investigadores han estudiado el efecto de los residuos superficiales o incorporados en el suelo sobre la distribución (Weil *et al.*, 1988), lixiviado y mineralizado del P (Sharpley y Smith, 1989) y la fertilidad (Moschler *et al.*, 1975) del suelo. Estos estudios se han realizado en condiciones de clima templado, donde la temperatura y la humedad propician procesos lentos de mineralización de los residuos. Sin embargo, en condiciones tropicales, específicamente en Venezuela, este tipo de trabajos son escasos y los existentes no son de dominio público, lo que dificulta el contraste y

comparación para discutir los avances de investigación generados en sistemas de producción sometidos a prácticas agrícolas similares.

Resultados sobre incrementos en la disponibilidad de nutrientes, aumentos en los contenidos de materia orgánica, disminución del Al^{+3} obtenidos por López *et al.* (2006); la reducción en pérdidas de nutrientes y suelo (Torres *et al.*, 2005), así como indicadores de sustentabilidad bioquímica encontrados por España *et al.* (2006) en suelos ácidos de sabanas de Venezuela, todos manejados con principios agroecológicos, reflejan el incremento de la fertilidad integral del suelo (química, biológica, física y bioquímica) en sistemas de producción cereal-leguminosas.

Efecto de los abonos orgánicos sobre la productividad de suelos ácidos

Los resultados de investigaciones generados en condiciones tropicales (Rivero *et al.*, 1998; Barrio, 2001; Velásquez *et al.*, 2002; López *et al.*, 2006; López, *et al.*, 2006a; Torres *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2006; Linares *et al.*, 2005; España *et al.*, 2006) han demostrado que una de las prácticas de manejo que contribuye a la recuperación física, química y biológica de los suelos es el uso de abonos orgánicos. La contribución de esta práctica es referida no sólo al aspecto nutricional sobre las plantas, sino que tiene un alcance en todos los componentes relacionados con la fertilidad y productividad del suelo agrícola. Entre los principales efectos regenerativos de esta práctica se encuentran:

- ❖ Estimulación inmediata de la actividad biológica (Clement *et al.*, 1995; Scout *et al.*, 1996; Gregorich *et al.*, 1996; López, 2001; Barrio, 2001; España *et al.*, 2002; Thorup- Kristensen *et al.*, 2003).
- ❖ Mejoras en propiedades físicas, tales como estructura, retención de humedad y reducción de la densidad aparente (Rivas, 1993; León, 1993; Bravo y Florentino, 1999; Rivero *et al.*, 1998; Barrio, 2001; Ohep, 2001; Torres *et al.*, 2006; Torres *et al.*, 2005).
- ❖ Cambios en propiedades bioquímica, tales como la actividad de fosfatasa ácida y de la deshidrogenada en la rizosfera de cultivos indicadores (España y López 2003; España 2003).
- ❖ Mejoras en las propiedades químicas: aumentos en la disponibilidad de macronutrientes y reducción de Al^{+3} en el complejo de intercambio (Franco-Viscaino, 1997; Blackmer y Green, 1995; Urquiaga y Zapata, 2000; López 2002; López, 2003).

Las mejoras en la estructura del suelo se atribuyen a la acción mecánica de las raíces, exudados radicales, la formación de sustancias prehúmicas al descomponerse, la acción directa de las células microbianas y micelios de hongos. Estos efectos positivos sobre la calidad del suelo se reflejan en los aumentos de los rendimientos de los cultivos indicadores (Franco-Viscaino,

1997; López, 2002 y López, 2003; López *et al.*, 2006; López *et al.*, 2006a,).

Avances de investigación utilizando abonos orgánicos en suelos ácidos de Venezuela

López *et al.* (2006) encontraron incrementos en la capacidad productiva de un suelo ácido de sabana después de dos 2 años de manejo utilizando prácticas con principios agroecológicos y bajos insumos, tales como labranza mínima, uso combinado de abonos orgánicos (abonos verdes y restos de cosecha) e inorgánicos (naturales e industriales), evidenciándose aumentos en la calidad del suelo, debido a incrementos en la disponibilidad de fósforo (entre 10 y 40 mg·kg⁻¹), potasio (> 30 mg·kg⁻¹), calcio (>110 mg·kg⁻¹), contenidos de materia orgánica (>10 g·kg⁻¹) y disminución del aluminio intercambiable en el subsuelo (< 0,7cmol·kg⁻¹) con P-FDA, observándose movilización de P hasta los 40 cm de profundidad, donde el % de saturación con aluminio es alto. Estos incrementos en la calidad del suelo fueron estadísticamente significativos en donde se aplicó leguminosas como abonos verdes, tanto nativa (*Indigosphaera lespedicioides*, añil) como introducida (*Crotalaria juncea*). La mayor respuesta a los cambios químicos y biológicos estuvo relacionada con la cantidad (> 20 Mg ha⁻¹) y calidad (> relación C/N, < lignina, > proteína) de los abonos orgánicos incorporados. Igualmente, en las mismas condiciones agro ecológicas y de manejo, López *et al.* (2006a) encontraron incrementos en los rendimientos de quinchoncho (*Cajanus cajan*), atribuido al aumento en la capacidad productividad del suelo por efecto del manejo combinado de abonos orgánicos e inorgánicos entre otras prácticas, señalando para el 2º año rendimientos en grano entre 700 y 863 kg ha⁻¹ y del vástago entre 750 y 890 kg ha⁻¹. Mientras que el tercer año el rendimiento en grano estuvo entre 1000 y 1300 kg ha⁻¹ en las parcelas donde aplicó abonos orgánicos (restos de cosecha de sorgo) y rocas fosfóricas de Riecito, tanto natural (RFR) como parcialmente acidulada (RFRPA). Otras experiencias en manejo conservacionistas de suelos ácidos son mencionadas por Torres *et al.* (2005), quienes encontraron mejoras significativas en las propiedades físicas de un suelo ácido degradado, después de tres años de aplicación combinada de abonos orgánicos e inorgánicas en Chaguaramas, estado Guárico, al reducirse las pérdidas de suelo y aumentar la retención de humedad en las parcelas donde se aplicó abonos verdes y rocas fosfóricas como fuente de fósforo.

López *et al.* (2006b), en suelos ácidos del nororiente de Guarico, utilizando las prácticas agrícolas con principios agro ecológicos (labranza mínima, uso de cultivares tolerantes a la acidez, combinación de abonos orgánicos e inorgánicos, rotación cereal-leguminosa, y bajos insumos) encontraron cambios importantes en la biota del suelo, el Nº de esporas de hongos micorrízicos arbusculares se incrementó significativamente por efecto de los

abonos orgánicos aplicados, siendo de 53% en las parcelas donde se aplicó crotalaria como abono verde y de 31% en donde se incorporó una leguminosa nativa, 12 % donde se aplico restos de cosecha de sorgo y de 4% donde no se aplicó ningún tipo de abono orgánico, reflejándose el efecto benéfico de los abonos verdes sobre procesos biológicos, al estimular la simbiosis micorrízica en estos agrosistemas.

España y López (2003) en suelos ácidos manejados con abonos orgánicos e inorgánicos, encontraron incrementos significativos en la actividad enzimática de deshidrogenasa, asociado al aumento en el carbono orgánico, siendo significativamente superior en las parcelas donde se aplicó restos de cosecha de sorgo comparado con las parcelas sin residuos, debido a que esta enzima es intracelular, estos incrementos en la actividad de deshidrogenasa pudiera ser utilizados como indicadores bioquímicos de sustentabilidad del agroecosistema evaluado.

López *et al.* (2005) y España *et al.* (2006) en estas mismas condiciones agroecológicas, evaluaron la eficiencia de recuperación de N del fertilizante y la fijación biológica de nitrógeno (FBN) usando N^{15} en quinchoncho, cultivar *Aroita* y la RFRPA como fuente de fósforo, encontrando que el quinchoncho aprovechó 3% de 15 kg ha⁻¹, al aplicar como fertilizante (sulfato de amonio), lo cual significa que aproximadamente 49 kg ha⁻¹ de N acumulado en la planta del quinchoncho provino del proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN) y que esta fijación fue de aproximadamente 79 % del total presente en la planta, siendo esta eficiencia de fijación de N alta comparada con la obtenida por Mafongoya *et al.* (2004) y Gathumbi *et al.* (2002) quienes han señalado valores de FBN en *Cajanus cajan* de 62 % en el primer caso y entre 55 y 67 % en el segundo caso, en suelos ácidos.

Otros avances de investigación obtenidos con estas prácticas de manejo en condiciones de suelos ácidos demuestran el efecto de estas prácticas sobre las propiedades biológicas del suelo, mayor diversidad y actividad de microorganismos benéficos, así como la manifestación de procesos biológicos como la FBN, mayor micorrización y estimulación de crecimientos y mayor disponibilidad de fósforo a través de bacterias y hongos solubilizadores de fósforo (datos no publicados).

Conclusiones

- ❖ Queda demostrado que en suelos ácidos tropicales el uso combinado de abonos orgánicos e inorgánicos son una alternativa viable técnica, ecológica y económica, y que si es posible incrementar la capacidad productiva de los suelos ácidos usando abonos orgánicos.

- ❖ Los problemas de degradación de los suelos tropicales y particularmente en Venezuela, requieren de la promoción de una agricultura sustentable, más dependiente de procesos biológicos, razones por las cuales se debe dirigir esfuerzos en implantar prácticas agrícolas con principios agro ecológicos, promover el manejo integral de la fertilidad del suelo.
- ❖ La combinación de abonos orgánicos, inorgánicos y biológicos de acuerdo con las limitaciones (químicas, físicas y biológicas), capacidad de resiliencia del suelo y al tipo de agrosistema de interés, puede mejorar la capacidad productiva de los suelos ácidos en Venezuela, y a la vez la sustentabilidad de los agrosistemas con un mínimo impacto ambiental.

Bibliografía

- Barrio, E. 2001. Calidad de recursos orgánicos, descomposición, disponibilidad de nutrientes y respuesta de los cultivos. Resumen XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Varadero-Cuba.
- Blackmer A M y Green C J. 1995. Nitrogen turnover by secuential immobilization and mineralization during residue descomposition in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1052-1058.
- Bravo, C y A Florentino. 1999. Nivel de cobertura, conservación de suelos y agua bajo diferentes sistemas de labranza. *Revista Facultad de Agronomía.* 25: 57-74.
- Casanova E .1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. *Apuntes Técnicos. PALMAVEN.* 124 p.
- Clément, A.; J.K. Ladha and F. P.Chalifour. 1995. Crop residue effects on nitrogen mineralization, microbial biomasa, and rice yield in submerged soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1595-1603.
- Dolling P J. 1995. Effect of lupins and location on soil acidification rates. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 753-763.
- España, M. 2003. La influencia del sistema de manejo en la microbiología de los suelos de sabanas en Venezuela. En memorias del "Taller Internacional Sobre Manejo Sostenible de las Sabanas Tropicales Suramericanas". P. Prociotropicos, IICA, CIAT, Corpoica. Bogotá, Colombia 10 al 12 de junio de 2003.
- España, M. y M. López. 2003. Actividad de la deshidrogenasa del suelo bajo diferentes tipos de residuo en sabanas ácidas de Venezuela. Dehydrogenase activity the soil with different type of residue in acid savannahs of Venezuela. En el suelo como sistema viviente-Simposio. V Congreso Venezolano de Ecología. Isla Margarita-Venezuela, 5 al 7 de noviembre de 2003.
- España, M., B. Rodríguez, E. Bisbal y B. Ceccanti. 2002 Actividades enzimáticas y contribución de los residuos de cosecha de maíz al N del suelo en diferentes sistemas de labranza, en los llanos centrales, Venezuela. *Terra* 20 (1): 81-86.
- Franco-Vizcaíno.1997. Comparative soil quality in maze rotations with high or low residue diversity. *Biol. Fertl Soils.* 24: 32-38.

- Gathumbi, S. M., G. Cadisch, K. E. Giller. 2002. 15N natural abundance as a tool for assessing N₂-fixation of herbaceous, shrub and tree legumes in improved fallows. *Soil Biology and Biochemistry*. 34: 1059-1071
- Gregorich E G, Ellert B H, Drury C F y Liang B C .1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. *Soil Sci Am.J.*60:472-476.
- Haynes R J. 1983. Soil acidification induced by leguminous crops. *Grass and Forage Science*. 38: 1-11.
- Hue N V .1992. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. *Commuun Soil Sci Plant Anal*. 23: 241-264.
- Linares Aura, Adriana Florentino y Marisol López. 2005. Efecto de prácticas conservacionistas sobre la estabilidad estructural de un suelo con cultivo de sorgo en Chaguaramas estado Guárico. XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay, 17 al 20 de mayo de 2005.
- León, M. 1993. Efecto de sistemas de labranza conservacionista con uso de leguminosa en un alfisol de la zona maicera de Yaracuy. Tesis Msc Cs. Maracay. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 147 p.
- López M, Mena H y Bolívar A. 2001. Contribución de abonos verdes y Roca fosfórica en la fertilidad de un suelo ácido de Guárico, Venezuela. *XV Congreso Latino americano y V Cubano de la Ciencia del suelo, Varadero, Cuba* del 11 al 16 de noviembre de 2001.5 p. En Memorias. Editada en formato electrónico (CD-ROM).
- López de R I, de Silva M y Comerma J. 1987. Suelos Ácidos-Avance en la construcción del sistema experto para hacer recomendaciones en estos suelos, 9 p. En: simposio manejo de suelos ácidos en los trópicos. IX Congreso Venezolano y X CLCS. Maracaibo, estado Zulia-Venezuela, del 14 al 21 de junio de 1987.
- López de Rojas I., M. López y N. Alfonzo. 1994. Efecto de dos fuentes de fósforo sobre los rendimientos del pasto *Andropogon gayanus* en cuatro suelos con propiedades físicas y químicas variables. *Agronomía Trop*. 44 (1):67-80.
- López M. 2002. Muestreo de suelo y fertilización eficiente en sorgo". *En Memorias: IV curso sobre producción de sorgo: ASOPORTUGUESA-CIAE-PORTUGUESA*. Araure, del 28 de enero al 01 de febrero de 2002. P (113-122).187 pp..
- López, M. 2003. Fertilidad de suelos. V curso sobre producción de sorgo. ASOPORTUGUESA-INIA. Araure, Portuguesa del 24 al 28 de marzo de 2003.de febrero. P(61-69) 136 pp.
- López, M., E. Cabrera-Bisbal, M. España, A. Florentino, M. Toro y N. Alfonzo. 2003. Desarrollo de Estrategias para el Manejo Sostenible de Sabanas Ácidas de Venezuela. Tercer Informe de Avance de Resultados. (2003-2004). Convenio: INIA-AIEA-FAO-Contrato No: 10962R1. 72 p.
- López, M.; M. Toro; M. Salas; G. Medina. 2006b. Impacto de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la sustentabilidad de un sistema *Sorghum bicolor-Cajanus cajan* en un ultisol de Venezuela. XV Congreso científico del Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas. San José de las Lajas Cuba. Del 07 al 11 de 2006.
- López, M.; N. Alfonzo, A. Florentino y M. Pérez. 2006. Dinámica del Fósforo y Reducción del Aluminio Intercambiable en un Suelo Ultisol Sometido a Manejo Conservacionista en Venezuela; *Interciencia*, 31: 293-299.

- López, M.; Á Bolívar, M. Salas y María De Gouveia. 2006a. Prácticas conservacionistas y rotación con quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(1):75-109.
- Mafongoya, P., K. E. Giller, D. Odee, S. Gathumbi, S.K. Ndufa, S. M. Sitompul. 2004. Benefiting from N₂-fixation and managing rhizobia. In: Van Noordwijk; G. Cadisch and C.K. Ong (eds). *Below-ground interactions in tropical agroecosystems. Concepts and models with multiple plant component*. CAB-International. Wallingford, UK. 16 p.
- Mokolobate M S y Haynes R J. 2002 . Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. *Biology Fertility Soil*. 35: 79-85.
- Moschler, W. W.; D. C. Martens, y G. M. Shear. 1975. Residual fertility in soil continuously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. *Agron. J.* 67: 45-48.
- Ohep C. 2001. Cambios en la calidad del suelo por el uso continuo de labranza conservacionista en un alfisol de Yaracuy medio. . Tesis de postgrado en ciencias del suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 168p.
- Pérez, M. J.; B. Truong y J. C. Fardeau. 1995. Solubilidad y eficiencia agronómica de algunas rocas fosfóricas venezolanas (naturales y modificadas) mediante el uso de técnicas isotópicas. *Agronomía Tropical*. 45 (4): 483-50.
- Ramírez R M. López. 2000. Agronomy effectiveness of phosphate rock and superphosphate for aluminum tolerant and non-tolerant sorghum cultivars. *Communication Soil Science Analysis* 31(9 y 10): 1169-1178.
- Rivas, E. 1993. Efecto de la labranza mínima y prácticas agronómicas asociadas sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de maíz de los Llanos altos del estado Monagas. *Tesis de maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.* 105 pp.
- Rivero C, Lobo D y López A. 1998. Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un alfisol degradado. *Revista Venesuelos*. 6 (1y 2): 9-33.
- Scott N. A.; Vernon Cole; E. T. Elliott and S.A. Huffman. 1996. Soil texture control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Sci Soc.Am J.*60:1102-1109.
- Sharpley, A. N. y S.J. Smith. 1989. Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface-applied and incorporated crop residue. *J. Environ. Qual.* 18:101-105
- Tang C, Sparling G P, Mc Lay C D. A y Raphael C. 1999. Effect of short-term legume residue decomposition on soil acidity. *Australian Journal Soil Res.* 37:561-573.
- Thorup-Kristensen, K *et al.* 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agrn.*79:228-302
- Torres D., A. Florentino y M. López. 2005. Pérdidas de suelo y nitrógeno por escorrentía en un suelo ultisol degradado bajo diferentes condiciones de cobertura vegetal en Chaguaramas-Guárico. *Agronomía Tropical*. Vol. 55.
- Torres Duillo; A. Florentino y M. López. 2006. Indicadores e índices de calidad de suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Revista: Bioagro*. 18 (2):83-91.

- Urquiaga, S. Y F. Zapata. 2000. Eficiencia de la fertilización nitrogenada y su relación con la productividad agrícola sostenible. In: Urquiaga S. y Zapata F. (eds). Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Genesis; Río de Janeiro, EMBRAPA Agrobiologia- Arcal. pp:19-23.
- Velázquez G, Salinas G, Patter J, Gallardo F, Caballero H y Díaz P M (2002). Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra*. 20 (2): 171-183.
- Williams, C.H. 1980. Soil acidification under clover pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 20:561-567.