



“Suelo, recurso clave para la soberanía alimentaria y calidad del ambiente”

XX CONGRESO VENEZOLANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

San Juan de Los Morros, 25 al 29 de noviembre de 2013.
Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos

MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELOS CULTIVADOS CON PLÁTANO (MUSA AAB SUBGRUPO PLÁTANO CV. HARTÓN) EN EL SUR DEL LAGO DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA

¹Ana Francisca González-Pedraza, ¹Karerina Cubillán, ¹Ricardo Almendrales, ¹Jhoen Atencio-Pulgar

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR). Programa Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Laboratorio de Suelos. Hacienda La Glorieta, Campus Universitario. Av. Universidad. Santa Bárbara, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. Código Postal: 5148.

* Autor de contacto: gonzalezan@unesur.edu.ve; 5148; 0416-6082350

RESUMEN

Se realizó un estudio en suelos cultivados con plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en el Sur del Lago de Maracaibo con el fin cuantificar el aporte de nitrógeno (N) del suelo para las plantas a través de la mineralización de N. Para ello se seleccionaron lotes de plantas con alto y bajo vigor y se tomaron muestras de suelo de 0-20 cm de profundidad. Se determinó el N total por el método Kjeldahl y la mineralización de N mediante incubación de las muestras en laboratorio durante 10 semanas. El N total fue bajo y el N mineralizado presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) solamente en la forma de nitrato y el valor más alto correspondió a los lotes de las plantas de bajo vigor, probablemente asociado a la predominancia de textura arenosa y el pH ácido de esos suelos. La mineralización de N representa una herramienta útil para hacer estimaciones de la cantidad de N disponible para las plantas.

PALABRAS CLAVE

Mineralización de nitrógeno; plátano Hartón; zona Sur del Lago de Maracaibo

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es un elemento muy dinámico en los suelos tropicales, y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento de las plantas. Su dinámica se ha podido evidenciar por la rápida tasa de mineralización y la alta disponibilidad en el suelo y en los restos vegetales (Johnson y Wedin 1997). La mineralización de N consiste en una serie de procesos, principalmente mediados por los microorganismos del suelo, a través de los cuales los componentes orgánicos son transformados a formas inorgánicas (Campbell *et al.* 1981). La mineralización de N depende, entre otros factores, de la cantidad y tipo de materia orgánica, de la actividad de los microorganismos y de las condiciones físicas y químicas del suelo que favorezcan la actividad de la microbiota del suelo (Anaya *et al.* 2007).

Uno de los métodos que ha sido utilizado para estimar la tasa y cantidad de N que es capaz de mineralizarse durante un período de tiempo determinado fue desarrollado por Stanford y Smith (1972) a través de la siguiente ecuación: $N_m = N_0 (1 - e^{-k \cdot t})$, donde N_m es la cantidad de N mineralizado acumulado en un período específico de tiempo; N_0 es el N orgánico del suelo potencialmente mineralizable; t es el tiempo en semanas y k es la constante de velocidad de mineralización. El N_0 representa la cantidad de N orgánico del suelo susceptible de ser transformada a formas inorgánicas solubles, principalmente amonio y nitrato, a través de la biomasa microbiana aerobia heterótrofa (Echeverría *et al.* 2000). La determinación del N_0 constituye una manera eficaz de cuantificar el aporte de N del suelo para las plantas, lo cual permite realizar recomendaciones sobre fertilización y estrategias de manejo (Campbell *et al.* 1996).

El plátano representa un importante renglón para la economía y sostenibilidad alimentaria en América Latina y el Caribe debido a su alta demanda (Pérez-Vicente, 2009). En Venezuela, el Sur del Lago de Maracaibo presenta excelentes condiciones agroecológicas para la producción de Musáceas, en especial de plátano. Sin embargo,

uno de los factores que afecta la producción del plátano es la disponibilidad de nutrientes en estos suelos, entre ellos el nitrógeno, el cual es requerido en grandes cantidades. Razón por la cual los productores aplican de manera indiscriminada fertilizantes químicos, sin considerar no sólo los costos de producción, sino el daño a la salud y al ambiente (Martínez, 2009).

Una alternativa para reducir la cantidad de fertilizante químico aplicado la constituye la determinación de la cantidad de N que el suelo es capaz de proveer a las plantas. Es por ello que en este estudio se planteó como objetivo principal evaluar la mineralización de nitrógeno en suelos cultivados con plátano con el fin de orientar las estrategias de manejo y realizar recomendaciones apropiadas de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad de Producción Agrícola Socialista Bicentenario ubicada en Pueblo Nuevo, municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia. Se trata de una zona cuyos suelos se han formado a partir de la deposición de sedimentos provenientes de la Cordillera de los Andes acarreados principalmente por el río Chama. Esta condición ha permitido el desarrollo de suelos relativamente fértiles, pero con problemas de mal drenaje asociado a la predominancia de texturas finas (MARNR, 1978).

Toma de muestras: Se seleccionaron dos lotes de plátano de cuatro hectáreas (ha) cada uno, que contenían plantas con alto y bajo vigor. El vigor de las plantas fue determinado tomando como referencia los parámetros señalados por Rodríguez y Rodríguez (1998) para plantas de plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con rendimientos superiores a 18 kilogramos por racimo en la depresión del Lago de Maracaibo. Cada lote fue dividido en cuatro parcelas de aproximadamente 1 ha cada uno y en cada una de ellas se delimitó una subparcela de 1000 m² sobre la cual se trazaron dos transectas y se tomaron 3 muestras simples de suelo por transecta a una profundidad de 0-20 cm.

Características físicas y químicas de los suelos de lotes de alto y bajo vigor: Se determinó la textura del suelo mediante el método del hidrómetro (Gee y Bauder, 1986). El pH se midió en un extracto acuoso con una relación suelo:agua de 1:2,5 (McLean, 1982). El porcentaje de humedad se determinó siguiendo el método gravimétrico propuesto por Gardner (1986).

Porcentaje de nitrógeno (N) total: En las muestras de suelo se determinó el porcentaje de N total a través del método Kjeldahl, el cual se basa en la digestión de la muestra en ácido sulfúrico concentrado y oxidación con peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (Fleck y Munro, 1965).

Experimento de mineralización de nitrógeno: Se utilizó la metodología propuesta por Stanford y Smith (1972). Para ello se tomaron 5 g de suelo a la humedad de campo, sin tamizar, y se colocaron en tubos de centrifuga de 50 mL. El N inorgánico inicial de las muestras fue eliminado mediante un lavado realizado con 33,3 mL de una solución de cloruro de calcio (CaCl₂) 0,01 M. Posteriormente, se agregó a cada tubo 5 mL de una solución nutritiva libre de N, se agitó durante 1 minuto, se centrifugó y se descartó el extracto. Para iniciar el tratamiento de incubación se procedió a cubrir los tubos con una película de papel parafilm (American Nacional Can, Greenwich, CT) a la que se le hicieron pequeños orificios para permitir el intercambio de gases y mantener un sistema aerobio. Se usó una temperatura de incubación de 35 °C, la cual se considera como óptima para la nitrificación. Se realizaron extracciones secuenciales con CaCl₂ 0,01 M cada 2 semanas hasta la semana diez (semanas 2, 4, 6, 8 y 10). Según Stanford y Smith (1972) ese tiempo de incubación es suficiente para que ocurra la mineralización potencial del N de los suelos.

Amonio (N-NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻) mineralizado durante la incubación: El N-NH₄⁺ y NO₃⁻ mineralizado en cada período de incubación se determinó utilizando la metodología de Anderson e Ingram (1993). El proceso consistió en colocar 1 mL de cada extracto tubos de ensayo a los que se adicionó 5 mL de un reactivo preparado con una mezcla de salicilato, citrato, tartrato y nitroprusiato de sodio. Luego se adicionaron 5 mL de un reactivo alcalino preparado con hidróxido e hipoclorito de sodio. Finalmente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 410 nm para nitrato y 655 nm para amonio.

Cinética de la mineralización de N: Se calculó la mineralización neta de N (Nm), el N orgánico potencialmente mineralizable (N₀) y la constante de la tasa de mineralización (k) de acuerdo con la metodología desarrollada por Stanford y Smith (1972). El Nm fue calculado como la suma del N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ en cada intervalo de incubación. La mineralización neta acumulada de N fue linealmente relacionada con la raíz cuadrada del tiempo a través de las diez semanas de incubación. El N₀ y la k para el período de incubación de siete semanas fueron obtenidos usando la ecuación propuesta por Stanford y Smith (1972):

$$N_m = N_0 (1 - e^{-kt})$$

Donde:

N_m = cantidad de N mineralizado en un tiempo determinado (mg kg^{-1})

N_0 = N potencialmente mineralizable (mg kg^{-1})

k = tasa constante de mineralización de primer orden (semanas^{-1})

t = tiempo de incubación (semanas)

Análisis estadístico: Se aplicó un análisis de la varianza de una vía y cuando éste resultó significativo ($p < 0,05$), se aplicó una prueba de Tukey para comparaciones múltiples de medias. Cuando fue necesario, los datos fueron transformados con el fin de homogenizar las varianzas y cuando no se cumplió este supuesto ($p > 0,05$) se aplicó una prueba no-paramétrica de Mann-Whitney. Para relacionar variables en los sitios de interés, se utilizó un análisis de regresión lineal simple. El análisis estadístico fue realizado utilizando el paquete estadístico STATISTICA para Windows 6.0 (STATISTICA, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas de los suelos de lotes de alto y bajo vigor: En la Tabla 1 se puede apreciar que el pH y el porcentaje de arcilla no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los lotes. Por su parte, la humedad y el porcentaje de limo fueron significativamente más bajos ($p < 0,05$) en los lotes de bajo vigor, mientras que el porcentaje de arena resultó más alto en ese mismo lote. El pH en ambos lotes estuvo en el intervalo de suelos ácidos lo cual pudiera generar ciertos problemas de disponibilidad de nutrientes para las plantas. Estos resultados son similares a otros valores encontrados en suelos de la misma zona (Molero et al., 2008; Hernández et al., 2007).

Nitrógeno total: El porcentaje de N total de los suelos no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los lotes de alto y bajo vigor de las plantas de plátano (Figura 1).

Estos valores son bajos particularmente cuando se compara con valores de referencia para suelos de origen aluvial y características texturales similares (Ramírez et al., 2009; Rodríguez et al., 2004).

Mineralización de N: El N mineralizado durante las 10 semanas que duró el experimento solamente resultó estadísticamente ($p < 0,05$) diferente en la forma de nitrato y el valor más alto correspondió a los lotes de bajo vigor de las plantas. Los lotes con alto vigor de las plantas no presentaron diferencias en el amonio disponible mineralizado (Figura 2). De acuerdo con los resultados, el proceso que principalmente se ve favorecido en los suelos de los lotes de bajo vigor es la nitrificación.

Este comportamiento probablemente esté asociado al mayor contenido de arena encontrado en los lotes de bajo vigor (51,15%), lo cual permite una mejor aireación, y a su vez, favorece

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos de lotes de alto y bajo vigor.

Parámetro	Vigor de las plantas	
	Alto	Bajo
pH	6,12±0,69 ^a	5,87±0,60 ^a
Humedad (%)	34,47±3,39 ^a	30,08±3,21 ^b
Arcilla (%)	11,19±4,05 ^a	10,20±3,37 ^a
Limo (%)	59,67±12,21 ^a	38,65±10,83 ^b
Arena (%)	29,13±13,54 ^a	51,15±13,17 ^b
Grupo textural	Franco limoso	Franco arenoso

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre lotes de plantas de alto y bajo vigor.

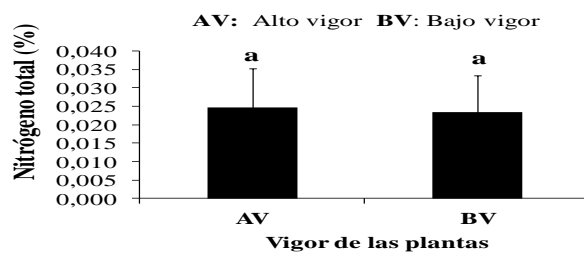


Figura 1. Nitrógeno total (%) en suelos de lotes de plantas de plátano alto vigor y bajo vigor. Valor promedio±desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas señalan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre AV y BV.

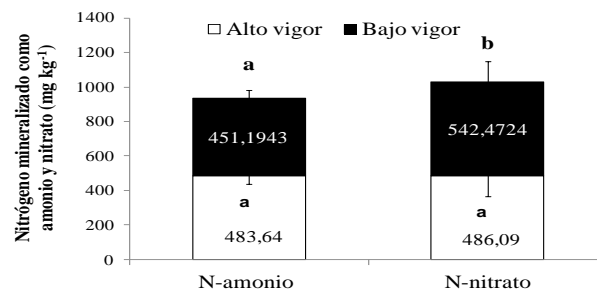


Figura 2. Nitrógeno mineralizado como amonio y nitrato durante las 10 semanas de incubación en lotes de alto y bajo vigor de las plantas de plátano. Valor promedio±desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas señalan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre lotes de alto y bajo vigor.

el proceso de mineralización de N. El pH ácido ($5,87 \pm 0,60$) encontrado en esos suelos es otra variable que favorece el proceso de mineralización y pudiera ser también responsable de dicho comportamiento.

Nitrógeno mineralizado acumulado (Nm): Solamente se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en Nm a la semana 2 de incubación. La mineralización de N siguió un incremento exponencial y en la semana 10 todavía había una gran cantidad de N mineralizándose (Tabla 2). Este comportamiento indica que se requiere un tiempo mayor a 10 semanas para lograr que todo el N disponible en esos suelos se mineralice completamente.

Cinética de la mineralización de N: Los parámetros obtenidos de la ecuación de primer orden, propuesta por Stanford y Smith, (1972) son presentados en la Tabla 3. De acuerdo con esos resultados, solamente se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en la tasa constante de mineralización (k) entre los lotes de alto y bajo vigor, mientras que el N mineralizado acumulado (Nm) y el N potencialmente mineralizable (N0) durante las 10 semanas de incubación no presentaron diferencias entre lotes.

El k osciló entre 0,06 y 0,07. Esto quiere decir que en los lotes de alto vigor el modelo predice que a 35°C se requiere de 16,66 semanas ($1/0,06$) para que se mineralice el N0 obtenido ($1314,82 \pm 283,14 \text{ mg kg}^{-1}$) a una tasa de 6% de N por semana.

Por su parte, en los lotes de bajo vigor el modelo predice que bajo las mismas condiciones del experimento el N0 obtenido ($1291,99 \pm 312,24$) se mineralizaría en 14,28 semanas ($1/0,07$) a una tasa de 7% por semana (Tabla 3).

El que N0 resultara superior al Nm, confirma que un tiempo de 10 semanas no fue suficiente para alcanzar la mineralización total del N disponible en los suelos. Según el cálculo del modelo, el tiempo de incubación debió ser de 14 a 16 semanas.

Es importante mencionar que a pesar de no se encontrarse diferencias estadísticas en N0 entre lotes, se puede señalar que la determinación de este parámetro es importante debido a que representa la cantidad de N orgánico del suelo susceptible de ser transformada a formas inorgánicas solubles, principalmente amonio y nitrato, a través de la biomasa microbiana aerobia heterótrofa (Echeverría *et al.*, 2000). Asimismo, constituye una manera eficaz de cuantificar el aporte de N del suelo para las plantas y permite realizar recomendaciones sobre fertilización y estrategias de manejo (Campbell *et al.*, 1996).

Parámetros de productividad de las plantaciones de plátano: El número de manos por racimo, circunferencia del pseudotallo (cm) y altura del hijo (m) resultaron estadísticamente superiores ($p < 0,05$) en los lotes de alto vigor con respecto a los de bajo vigor. Asimismo, la densidad de plantas por hectáreas fue similar en ambos lotes (Tabla 4).

La circunferencia promedio del pseudotallo encontrada es ligeramente superior a la reportada por Delgado *et al.*, (2008) en un trabajo realizado en los Llanos Centrales bajo condiciones de suelo y clima muy similares a las de este estudio. Por su parte, Rodríguez y Rodríguez, (1998) reportaron un diámetro promedio del perímetro del pseudotallo de la planta madre de plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón) de 76,36 cm, en la planicie del río Chama, depresión del Lago de Maracaibo. Estos autores recomiendan utilizar esos valores como base

Tabla 2. Nitrógeno mineralizado acumulado durante las 10 semanas de incubación en los suelos de los lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor.

Semana	Nitrógeno mineralizado acumulado (Nm)	
	Alto vigor	Bajo vigor
2	$96,37 \pm 20,18^a$	$114,35 \pm 33,63^b$
4	$268,25 \pm 25,33^a$	$270,46 \pm 36,79^a$
6	$446,95 \pm 36,86^a$	$455,68 \pm 64,84^a$
8	$652,89 \pm 54,52^a$	$676,11 \pm 99,69^a$
10	$969,74 \pm 103,87^a$	$993,67 \pm 117,14^a$

Valor promedio \pm desviación estándar acompañado por letras minúsculas distintas indica diferencia estadísticas ($p < 0,05$) en el Nm entre las plantaciones de alto y bajo vigor.

Tabla 3. Parámetros derivados a partir de la cinética de la mineralización de N aplicando la ecuación de primer orden: $Nm = N0[1 - \exp(-kt)]$.

Variable	Vigor de las plantas	
	Alto	Bajo
Nm	$969,74 \pm 103,87^a$	$993,67 \pm 117,14^a$
k	$0,06 \pm 0,01^a$	$0,07 \pm 0,03^b$
N0	$1314,82 \pm 283,14^a$	$1291,99 \pm 312,24^a$
R ²	0,95	0,93

Valor promedio \pm desviación estándar. Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los lotes. Nm= Nitrógeno mineralizado acumulado durante las 10 semanas de incubación (mg kg^{-1}). k = Tasa constante de mineralización de nitrógeno ($1/\text{semana}$). N0= Nitrógeno potencialmente mineralizable (mg kg^{-1}). R2= coeficiente de determinación del modelo.

para evaluar el manejo de la plantación, complementar el diagnóstico nutricional del cultivo y determinar su potencial productivo, en el área estudiada. En otro estudio llevado a cabo en la región platanera de los Llanos Colombianos, Belalcázar, (1995) reportó una circunferencia promedio del pseudotallo de 49 cm para plantaciones con densidades de siembra de 1666 plantas/ha y peso de racimo de 15 kg.

Los datos de circunferencia del pseudotallo obtenidos en este estudio son representativos, puesto que son comparables con los presentados en otros trabajos.

En relación con el número de manos por racimo, Nava (1987) y Hernández *et al.* (2007) reportaron un promedio de entre 6 y 8 manos en plantas de plátano en una zona cercana a la de este estudio, similar a lo encontrado en los lotes de alto vigor de las plantas. Castillo *et al.*, (1995) en el Departamento del Meta, Colombia reportaron también un promedio de 6 manos por racimo en plantas de plátano Dominico Hartón, Musa AAB.

Los valores más altos de productividad encontrados en los lotes de alto vigor tal vez puedan atribuirse a las características propias de cada suelo, en especial a las diferencias texturales. Suelos con mayor contenido de arena favorecen el proceso de mineralización de N, pero de igual forma ocurren mayores pérdidas por volatilización y lixiviación. Por lo tanto, el N que pudiera estar disponible se pierde tan rápido como se mineraliza, limitando de esa manera la absorción por parte de las plantas.

CONCLUSIONES

Los suelos de lotes de plantas de alto y bajo vigor presentaron diferencias texturales importantes.

Los suelos de los lotes de plantas de bajo vigor presentaron una mayor concentración de nitrato mineralizado, el cual fue asociado al mayor porcentaje de arena encontrado en esos suelos.

El tiempo de incubación de 10 semanas no fue suficiente para que se mineralizara todo el N potencialmente mineralizable presente en los suelos. Se requieren de 16 semanas en los lotes de alto vigor y de 14 semanas para los lotes de bajo vigor.

La productividad más baja de las plantas de plátano está más relacionada con la condición textural del suelo, que con la disponibilidad de N.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAYA, C., F. GARCÍA-OLIVA, Y V. JARAMILLO (2007). Rainfall and labile carbon availability control litter nitrogen dynamics in a tropical dry forest. *Oecologia* 150:602-610.
- ANDERSON, JM. Y JSI. INGRAM (1993). Tropical soil Biology and fertility: A Handbook of methods. CAB International. Wallingford, UK. 62 pp.
- BELALCÁZAR, S. (1995). Cultivo de plátano en altas densidades, una nueva posición. *Informaciones Agronómicas* 20: 1-4.
- CAMPBELL, C., R. MYERS, y K. WEIE (1981). Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soil. *Soil Sci. Res.* 19: 323-332.
- CAMPBELL, CA., BG. MCCONKEY, RP. ZENTNER, F. SELLERS y D. CURTIN (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 76: 395-401.
- DELGADO, EN. GÓMEZ, O. GONZÁLEZ y C. MARÍN (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (Musa AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25: 603-616.
- ECHEVERRÍA, HE., NF. SAN MARTIN y R. BERGONZI (2000). Métodos rápidos de estimación de nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. *Ciencia del Suelo* 18(1): 9-16.

Tabla 4. Parámetros de productividad en las plantaciones de alto y bajo vigor de las plantas

Parámetro	Vigor de las plantas	
	Alto	Bajo
Número de manos por racimo	6,44±0,97 ^a	4,94±0,90 ^b
Circunferencia pseudotallo (cm)	80,95±5,65 ^a	65,68±5,45 ^b
Altura del hijo (m)	2,61±0,39 ^a	1,50±0,38 ^b
Densidad (plantas/Ha)	1410	1400

Valores promedios ± desviación estándar acompañados por letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre las plantaciones de alto y bajo vigor.

- FLECK, A. y HN. MUNRO (1965). The determination of organic nitrogen in biological materials. Clin. Chim. Acta 2: 2-12.
- HERNÁNDEZ, Y., M. MARÍN y J. GARCÍA (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 24 607-626.
- JOHNSON, NC. y DA. WEDIN (1997). Soil carbon, nutrients and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to grassland. Ecological Applications 71 (1): 171-182.
- MARNR (1978). Hacia un plan rector de ordenación del territorio. Zona Sur del Lago de Maracaibo. Serie informe Técnicos DGPOA/IT/16.Caracas.
- MARTÍNEZ, G. (2009). Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. Producción Agropecuaria 2(1) 31-44.
- MOLERO, M., L. GUTIÉRREZ, Q. CONTRERAS, C. RONDÓN, P. CARRERO y E. ROJAS (2008). Determinación de los niveles de: K, P, N, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, y Mn en muestras de suelos y tejido foliar del cultivo Musa AAB, subgrupo plátano cv. Hartón. Producción Agropecuaria 1(1): 3-6.
- NAVA, C. (1987). Características cuantitativas de crecimiento del racimo de plátano. ACORBAT 85. San José de Costa Rica. p. 291-300.
- PÉREZ-VICENTE, L. (2009). Enfermedades de banano y plátano: Análisis retrospectivo y perspectivas. Producción Agropecuaria 2(1): 11-18.
- RAMÍREZ, H., JC. REY, M. CHACÍN, M. SAPUCKY, E. NÚÑEZ, G. MARTÍNEZ, G. RODRÍGUEZ, D. LOBO, J. ESPINOZA, L. POCASANGRE, E. DELGADO y F. ROSALES (2009). Relación entre el vigor del banano (Musa AAA) y las propiedades físicas y químicas de suelos aluviales del municipio la Ceiba, Estado Trujillo. XVIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Santa Bárbara del Zulia, Venezuela. 9 al 13 de Marzo de 2009.
- RODRÍGUEZ, V. y O. RODRÍGUEZ (1998). Biometría de la cepa de plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en plantas con rendimientos superiores a 18 kilogramos por racimo, en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 1998, 15: 439-445.
- RODRÍGUEZ, V., E. MALAVOLTA, A. SÁNCHEZ y O. LAVORANTI (2004). Balance nutricional de referencia de suelos y hojas en el cultivo de plátano Hartón. Bioagro 16(1): 39-46.
- STANFORD, G. y SJ. SMITH (1972). Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36: 465-472.
- GEE, G.W. y J.W. BAUDER (1986). Particle-size Analysis. In: Klute. A. (Ed.); "Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods". Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp 383-412.
- GARDNER, W.H. (1986). Water content. In: Klute. A. (Ed.); "Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods". Agronomy. Second edition, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp 493-544.
- MCLEAN, E.O. (1982). Soil pH and Lime Requirement. En: Page, A. L., Miller, R. H. y Keeney, D. R. (Eds.); "Methods of soil analysis: part II-Chemical and microbiological properties". Agronomy monograph number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. Pp. 199-224.