

Efecto de los diferentes sistemas agroforestales sobre el estado de las propiedades físicas de un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado de la localidad de Topes de Collantes

Several agroforestry system effectt about physics properties indicators in ferralitic red yellowing lixiviated soil in Topes de Collantes

Alfredo Reyes Hernández¹, Pedro I. Cairo Cairo², Joaquín Machado de Armas², Onelio Fundora Herrera², Cristobal Ríos Albuerne², Ana Belkis Manes Suárez¹, Juan Almaguer López¹, Juan E. Quesada Iznaga¹ y Yainel Rodríguez Pérez³

1 Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray. Centro Universitario de Sancti Spíritus.

2 Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

3 Empresa Municipal Agropecuaria Fomento.

RESUMEN. En el trabajo se muestran los resultados de los análisis físicos realizados a un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado, ubicado en la localidad de Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spíritus. Para llevar a cabo nuestra investigación se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-40 cm en tres áreas dedicadas a la producción de café asociadas con los árboles de sombra pino, albizia y guamo, un área dedicada a cultivos en hileras sin sombra, teniendo como referencia un bosque pluvisilva. Las áreas pertenecen a la CCS Lucas Castellanos con dimensiones aproximadas y pendientes similares. Se observa que el área dedicada a cultivos en hileras sin sombra muestra la mayor degradación de las propiedades físicas, que el área dedicada a la producción de café bajo el árbol de sombra guamo mantiene sus propiedades físicas muy similares a las del bosque pluvisilva y que las propiedades físicas que mayor relación mostraron con las propiedades químicas antes estudiadas fueron el factor de estructura, los agregados estables al agua y la permeabilidad del suelo.

Palabras clave: Cafeto, propiedades físicas, suelo.

ABSTRACT. In the work the results of the physical analyses are shown carried out to a soil leached yellowish red Ferralítico, located in the town of Topes de Collantes, municipality Trinidad, county Sancti Spiritus. To carry out our investigation they took soil samples to the depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm in three areas dedicated to the production of coffee associated with the trees of shade Pino, Albizia and Guamo, an area dedicated to cultivation in arrays without shade, having like reference a forest pluvisilva. The areas belong to the CCS Lucas Castellanos with approximate dimensions and similar slopes. It is observed that the area dedicated to cultivation in arrays without shade shows the biggest degradation in the physical properties that the area dedicated to the production of coffee under the tree of shade guamo maintains its very similar physical properties to those of the forest pluvisilva and that the physical properties that bigger relationship showed before with the chemical properties studied they were the structure factor, the stable attachés to the water and the permeability of the soil.

Key words: Coffee, physical properties, soil.

INTRODUCCIÓN

La estructura es una propiedad del suelo que tiene carácter dinámico y en las condiciones del trópico su estudio tiene una gran importancia debido a los procesos acelerados que se llevan a cabo en el suelo tanto natural como antropogénico. En este sentido

se ha pronunciado Pagel (1973), al expresar que cuando la relación limo/arcilla es inferior a 0,25 se manifiesta en los suelos un buen estado de agregación y Cairo (1982), al decir que cuando la permeabilidad (índice K) es próxima a 2,00 los suelos tienden a manifestar un buen estado estructural y óptima fertilidad física.

La estructura del suelo forma agregados a través del arreglo y organización de sus partículas constitutivas (minerales, sustancias orgánicas, agua, aire). Estas unidades dependen de partículas como la arcilla, óxidos de hierro, carbonatos, sílice, etc., así como de las actividades en el edafón y del clima. (Kolmans y Vázquez, 1996 y Hellin, 2004)

Estos agregados se establecen por fenómenos electrocinéticos donde partículas cargadas negativamente se unen a través de un puente de carga contraria. (Calderón, 2004)

Por lo antes expuesto, el objetivo central de esta investigación fue estudiar el estado de las propiedades físicas de un suelo ferralítico rojo amarillento lixiviado bajo diferentes formas de manejo y comprobar la relación que existe entre estas y los indicadores químicos ya estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo nuestra investigación se tomó un suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña de la localidad de Topes de Collantes perteneciente a la CCS Lucas Castellanos, dedicado al cultivo del café por más de 27 años. Se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-40 cm para estudiar el efecto de los distintos sistemas de producción sobre las propiedades físicas de dicho suelo.

Para la caracterización de las propiedades físicas de las muestras tomadas en las distintas áreas se realizaron evaluaciones en el Laboratorio de Suelos del CIAP en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara, que consistieron en evaluar:

- Permeabilidad ($\log 10 K$) se determinó según Henin, (1958) citado por Cairo, (2000).
- Factor de estructura (Vageler y Alten, 1931) citados por Cairo, (2000).
- Agregados estables al agua según Henin (1958) citado por Cairo. (2000).
- Límite inferior de plasticidad (Atterberg, 1958) citado por Cairo, (2000).
- Límite superior de plasticidad. (Cairo 2000).
- Índice de plasticidad mediante la fórmula ($IP = LSP - LIP$).

Los resultados fueron sometidos a procesamiento estadístico con el paquete StatGraphics PLUS 4.1.

Características de las áreas en estudio

Bosque pluvisilva de montaña: (8,40 ha). Se caracteriza por ser un bosque siempre verde (o de montaña) condicionado por el clima subecuatorial húmedo montano algo fresco, con tendencia a una reducción del tamaño de los estratos arbóreos debido a la altitud. Las especies más representativas son:

Primer subestrato arbóreo: marañón de sierra alta (*Magnolia cubensis*); aceitunillo, (*Beilschmiedia pendula*); Purio de fangal, (*Guatteria blainini*); leviza (*Licaria triandra*); jubilla (*Dipholis jubilla*); balsa (*Ochroma pyramidalis*); laurel (*Ocotea wrightii*); aguacatillo (*Alchornea latifolia*); júcaro amarillo (*Buchenavia capitata*); macurije (*Matayba domingensis*) y purio (*Oxadra laurifolia*).

Segundo subestrato arbóreo: azulejo (*Magnolia cacuminicala*); canelón (*Ocotea cuneata*); roble macho (*Tabebuia hypoleuca*); cuaba de la maestra (*Amyris linearis*); copey vera (*Cleyera albopuntata*); camaguilla (*Rapanea ferruginea*) y marañón de sierra baja (*Taulauma minor*).

Cultivos en hileras sin sombra: (aprox. 4 ha). Establecida desde hace 10 años con la técnica del despale, acordonamiento e incorporación de restos de cosecha (tumba para la obtención de yuca (*Manihot utilissima*, Pohl) y boniato (*Ipomea batata*, Lam); etc. Con la aplicación del fertilizante (potásico) y el establecimiento de medidas de conservación de suelo (cultivo en fajas, barreras vivas *Citronela* sp.); ha disminuido el deterioro de las propiedades del suelo relacionadas con los rendimientos de los cultivos establecidos, permitiendo obtener una cosecha anual de estos.

Sistema agroforestal pino (*Pinus caribaea*, Morelet) **más café:** (6,71 ha). Con un marco de plantación de 2 • 1 (m), y un número de 19 427 plantas en su totalidad. La variedad presente en dicha área es Catuay, y el tiempo de explotación 19 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden

de las 0,37; 0,24 y 0,36 .ha⁻¹ de café oro, respectivamente. No presenta cobertura del suelo abundante, dado en lo fundamental por el exceso de acículas de pino que no permiten el desarrollo de coberturas nobles que favorezcan la protección del suelo.

Sistema agroforestal albizia (*Albizia falcataria* (L.) Fosberg) más caféto: (5,09 ha). Con un marco de plantación de 2 • 1 (m), con un total de 14 787 plantas con mezcla de las variedades de Catuay rojo y amarillo. Tiempo de explotación 16 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden de las 0,33; 0,23 y 0,32 t.ha⁻¹ de café oro, respectivamente. Maleza encontrada: Cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch y Cham).

Sistema agroforestal guamo (*Inga vera*, Wild) más caféto: (7,38 ha). Con un marco de plantación de 2 • 1 (m), 21 369 plantas, con las variedades de café Caturra amarillo y Caturra rojo. Tiempo de explotación 16 años. Los rendimientos en los años 2002, 2003 y 2004 fueron en el orden de las 0,40; 0,44 y 0,50 t.ha⁻¹ de café oro, respectivamente. Malezas encontradas: malva de cochino (*Sida rhombifolia*), cordobán (*Rhoe discolor*. L.), cortadera (*Scleria melaleouca*. Sch y Cham), y rabo de gato (*Acalipha alopecuroides*. Jacq). Además de que prevalecen como muy abundantes las hojarascas del árbol de sombra en cuestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se observa que para la profundidad de 0-10 cm el árbol de sombra guamo, por la cantidad de hojarasca que genera, ejerce un buen efecto sobre los agregados estables del suelo. Este indicador está evaluado de bueno al igual que en el bosque pluvisilva, con valores de 57,74 y 57,62 %, respectivamente. Para el resto de las áreas está catalogado como satisfactorio. Con el factor estructura, sucede que los suelos bajo el bosque, el guamo y la albizia como árboles de sombra tienen valores catalogados de buenos, excepto bajo pino y en el área dedicada a cultivos en hileras que muestran valores de 64,60 % y 60,99 % (regular). Lo anterior está en correspondencia con lo citado por Cairo (1995), al expresar que la materia orgánica juega un importante papel en la bioestructura del suelo. El índice de plasticidad bajo el bosque, pino y guamo fue catalogado como poco plástico, mientras que las áreas dedicadas a la producción de café bajo el árbol de sombra albizia y cultivos en hileras como medianamente plástico. El valor más bajo de permeabilidad (1,92) le pertenece al área bajo pino si se compara con el resto de las áreas, donde llega a ser excelente este indicador.

Tabla 1. Evaluación de algunas de las propiedades físicas de las áreas en estudio (Profundidad, 0-10 cm)

Tratamientos	Permeabilidad	Límite inferior	Limite superior	Índice de plasticidad	Agregados estables	Factor de estructura
	(log 10 K)	(% H.b.s.s)			(%)	
Bosque pluvisilva	2,50 ^a	34,96 ^b	46,68 ^b	11,72 ^{bc}	57,62 ^b	79,94 ^a
Cultivos en hileras	2,17 ^b	30,87 ^c	44,57 ^e	13,70 ^{ab}	45,66 ^e	60,99 ^e
Pino más caféto	1,92 ^c	34,69 ^b	45,99 ^d	11,29 ^{bc}	47,43 ^c	64,60 ^d
Albizia más caféto	2,03	30,49 ^c	46,32 ^c	15,83 ^a	46,82 ^d	67,62 ^c
Guamo más caféto	2,50 ^a	39,66 ^a	50,02 ^a	10,37 ^c	57,74 ^a	76,06 ^b
Es x	0,044*	0,74*	0,99*	0,73*	0,02*	0,003*
CV %	0,40	4,33	4,26	4,65	0,59	0,08

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a p <

Respecto a estos mismos indicadores (tabla 2) al analizarlos para la profundidad de 10-20 cm, se observa que la estabilidad estructural aumenta

en todos los casos y el resto de los indicadores físicos disminuyen considerablemente, aunque se evalúan de igual forma. El área de cultivos en

hileras sin sombra en condiciones de montaña con medidas de conservación de suelo (barreras vivas) y establecimiento de los cultivos transversal a la pendiente, sufre la mayor degradación al tener el valor más bajo de agregados estables (46,21); factor de estructura de 60,10 % (regular); índice de plasticidad

medianamente plástico (14,92) como el más elevado y una permeabilidad de 1,71 (adecuada). Es necesario la aplicación de materia orgánica de forma estable en el suelo de las áreas dedicadas a cultivos en hileras sin sombra para contribuir con lo expuesto por López (1997).

Tabla 2. Evaluación de algunas de las propiedades físicas de las áreas en estudio (Profundidad, 10-20 cm)

Tratamientos	Permeabilidad	Límite inferior	Límite superior	Índice de plasticidad	Agregados estables	Factor de estructura
	(log 10 K)	(% H.b.s.s)			(%)	(%)
Bosque pluvisilva	2,13 ^a	29,11 ^e	34,39 ^c	5,29 ^d	55,56 ^a	76,53 ^a
Cultivos en hileras	1,71 ^d	36,04 ^b	50,96 ^a	14,92 ^a	46,21 ^e	60,10 ^e
Pino más cafeto	1,72 ^d	33,92 ^c	45,18 ^b	11,26 ^d	48,22 ^d	65,64 ^d
Albizia más cafeto	1,86 ^c	36,32 ^a	50,00 ^a	13,69 ^b	48,45 ^c	66,64 ^c
Guamo más cafeto	2,05 ^b	32,84 ^d	44,98 ^b	12,14 ^c	53,11 ^b	73,98 ^b
Es x	0,003 [*]	0,38 [*]	0,23 [*]	0,33 [*]	0,35 [*]	0,079 [*]
CV %	0,41	2,29	1,02	5,84	1,39	0,23

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a p<0,05.

La figura 1 muestra una relación positiva entre el factor de estructura y el contenido de fósforo asimilable, con un valor R² de 0,86**. Se aprecia que aquellos sistemas de producción de cultivos que tengan un mejor efecto sobre este indicador físico tendrán mayor contenido de este nutriente para las plantas objeto de cultivo.

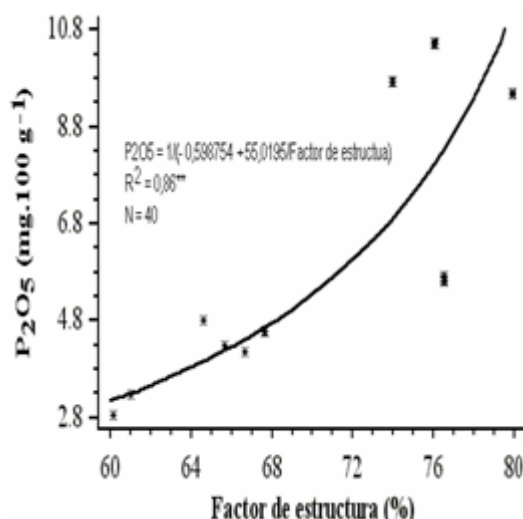


Figura 1. Relación entre el P₂O₅ y el factor de estructura

En la figura 2 se observa una relación similar de este indicador físico del suelo, pero esta vez con el pH(KCl), con un valor R² de 0,85**. También se

aprecia que los valores de pH más ácidos se corresponden con los valores más bajos de factor de estructura y viceversa.

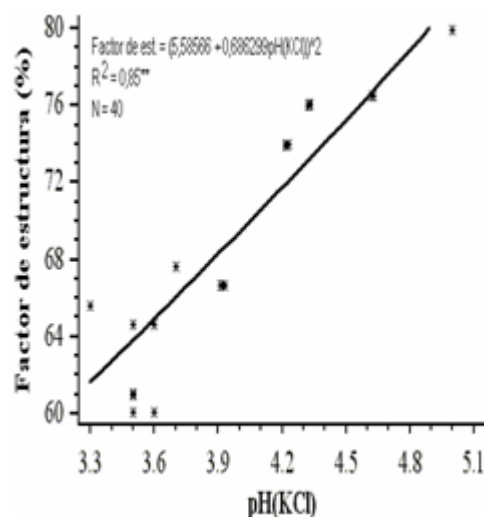


Figura 2. Relación entre el factor de estructura y el pH (KCl)

En la tabla 3, profundidad de 20-40 cm, se observa que los agregados estables en todos los casos se evalúan de satisfactorios, pero con los valores más altos bajo el bosque y guamo con 53,91% y 52,42 %, respectivamente. Debemos señalar que en el área

dedicada a los cultivos en hileras sin sombra disminuye aún más el factor de estructura (58,63 %). En general, los indicadores físicos de la plasticidad del suelo disminuyen.

Tabla 3. Evaluación de algunas de las propiedades físicas de las áreas en estudio. (Profundidad, 20-40 cm)

Tratamientos	Permeabilidad	Límite inferior	Límite superior	Índice de plasticidad	Agregados estables	Factor de estructura
	(log 10 K)	(% H.b.s.s)			(%)	
Bosque pluvisilva	1,77 ^c	21,54 ^c	27,34 ^d	5,81 ^d	53,91 ^a	74,17 ^a
Cultivos en hileras	1,73 ^d	35,85 ^a	45,70 ^b	9,85 ^c	46,08 ^e	58,63 ^e
Pino más cafeto	1,99 ^a	30,71 ^b	44,88 ^b	14,17 ^a	47,03 ^d	65,21 ^d
Albizia más cafeto	1,84 ^b	36,03 ^a	47,08 ^a	11,05 ^b	47,86 ^c	65,59 ^c
Guamo más cafeto	1,81 ^{bc}	30,65 ^b	41,22 ^c	10,57 ^{bc}	52,42 ^b	71,97 ^b
Es x	0,011*	0,118*	0,23*	0,21*	0,08*	0,12*
CV %	1,18	0,76	1,12	4,00	0,33	0,38

(a, b, c, d, e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Duncan a p< 0,05.

La figura 3 muestra la relación negativa entre la acidez de cambio y el factor de estructura, con un valor R² de 0,74**. Se aprecia que los valores más altos de este indicador de la acidez del suelo se corresponden con los valores más bajos de dicha propiedad física.

Sin embargo, en la figura 4 se observa una relación positiva entre el pH(KCl) y los agregados estables al agua, con un valor R² de 0,75**, donde se pone de manifiesto que los valores de pH muy ácidos se corresponden con agregados estables al agua evaluados de satisfactorios. Este aspecto pudiera estar relacionado con lo expuesto por Fundora y

otros (1994) y Torres (2003) al decir que la acidez del suelo puede causar dispersión de las arcillas por la disminución del calcio cambiante en el sistema.

Las figuras 5 y 6 muestran una relación similar al caso anterior, pero esta vez entre los agregados estables al agua y la cantidad de fósforo asimilable con valor R² de 0,72** y entre el contenido de materia orgánica y la permeabilidad del suelo con un R² de 0,91**, aspecto que pudiera estar vinculado con lo planteado por Guerrero (1999) al expresar que el contenido de materia orgánica mejora la porosidad del suelo.

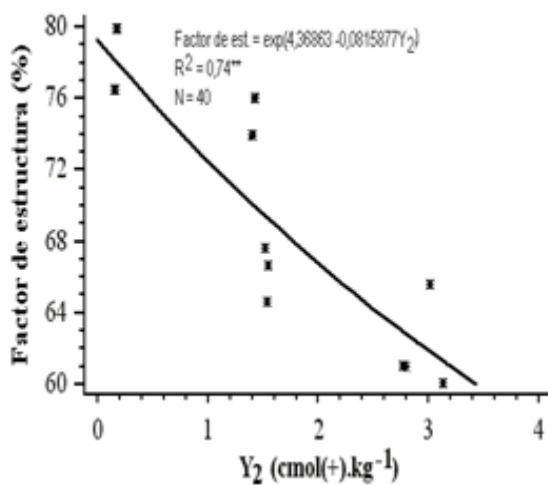


Figura 3. Relación entre la acidez de cambio y el factor de estructura

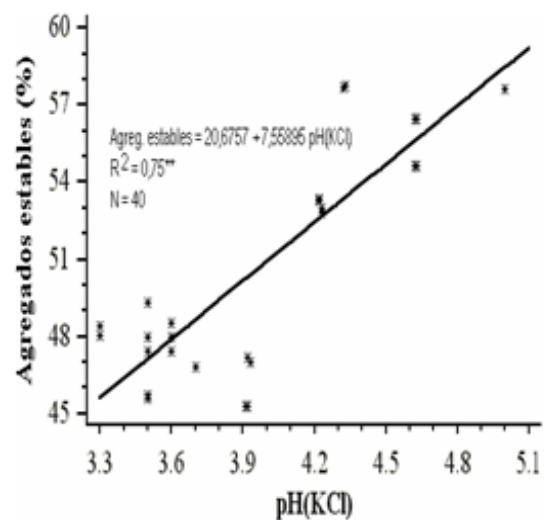


Figura 4. Relación entre el pH (KCl) y los agregados estables del agua

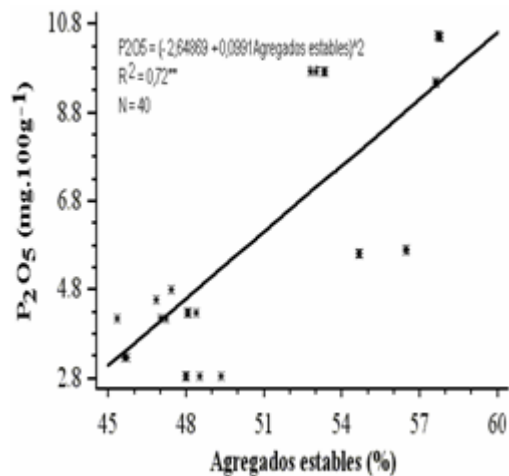


Figura 5. Relación entre los agregados estables y el P₂O₅ asimilable

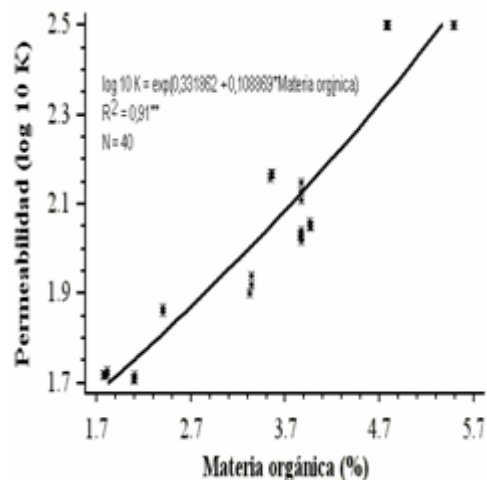


Figura 6. Relación entre la materia orgánica y la permeabilidad

CONCLUSIONES

1. El área dedicada a cultivos en hileras sin sombra muestra la mayor degradación de las propiedades físicas.
2. El área dedicada a la producción de café bajo el árbol de sombra guamo mantiene sus propiedades físicas muy similares a las del bosque pluvisilva.
3. Las propiedades físicas que mayor relación mostraron con las propiedades químicas antes estudiadas fueron el factor de estructura, los agregados estables al agua y la permeabilidad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAIRO, P.: "Relaciones entre la materia orgánica y las propiedades estructurales de los suelos", *Centro Agrícola* 9(2): 12-15, 1982.
2. _____ Y O. FUNDORA: *Edafología*. Pueblo y Educación, La Habana, 1995.
3. _____: La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico. Curso de Postgrado, 7-18 de agosto, UCLV, 2000.
4. CALDERÓN, E.; F.MARTÍNEZ; M. MARÍN Y A. CRUZ: Utilidad de los desechos del cacao para la producción de lombricultura. En INCA (Ed.), XIV Congreso Científico, 77 pp., La Habana, 2004.

5. FUNDORA, O.; J. MACHADO Y N. ARBOLA: (1994): La fertilidad del suelo y su manejo (Informe de resultado), UCLV, Santa Clara, Cuba, 1994.
6. GUERRERO, V.: *Fertilidad, conservación y manejo de los suelos. Manual para Promotores Comunitarios*. Centro de Capacitación Campesina, La Habana, 1999.
7. HELLIN, J.: "De erosión de suelos a suelos de calidad. LEISA", *Revista de Agroecología*, 19(4): 6-8, 2004.
8. KOLMANS, E. Y D. VÁZQUEZ: *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*: MAELA-SIMAS, 1996.

9. LÓPEZ, A.: *El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos agroindustriales*, Servitecna, S. A. Costa Rica (En prensa), 1997.
10. PAGEL, H.: *Bodenkunde. Hoshschul studium der Landwirts chaf twissens drasten tropische und subtropische Landwitscheft*. Leipzig: Karl-Marx-Universität, 1973.
11. TORRES, P.: *La caliza fosfatada, una alternativa para el mejoramiento de los suelos pesados de la costa norte de Villa Clara*. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura Sostenible, UCLV, Santa Clara, Cuba, 2003.

Recibido: 4/Enero/2007
Aceptado: 12/Junio/2007