

# Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de cuatro sistemas de cultivos de una finca del Macizo Guamuhaya

## Physical, chemical and biological properties of the soil of four crops systems in a farm at Guamuhaya Mountains

Eduardo N. González Hernández<sup>1</sup>, Leónides Castellanos González<sup>2</sup>, Alfredo Reyes Hernández<sup>3</sup>, Renato de Melo Prado<sup>4</sup>, Alain Olivier<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dirección provincial de Suelos y Fertilizantes. Provincia Sancti Spiritus

<sup>2</sup>Centro para la Transformación Agraria Sostenible. Universidad de Cienfuegos. Carretera a Rodas km 4. Cienfuegos. Cuba

<sup>3</sup>Facultad de Montaña Escambray. Topes de Collantes. Sancti Spiritus. Cuba

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias. UNESP. Brasil

<sup>5</sup>Facultad de Ciencias de la Agricultura y la Alimentación. Universidad de Laval

E-mail: lcastellanos@ucf.edu.cu; rsoto@ucf.edu.cu

---

**RESUMEN.** El objetivo de la presente investigación fue evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en cuatro sistemas de cultivos en un agroecosistema típico de las condiciones de montaña, en una finca en conversión hacia la producción agroecológica, en el macizo Guamuhaya, Cuba, donde predomina un suelo ferralítico rojo lixiviado. Se trabajó con un diseño completamente aleatorizado de cuatro réplicas y cuatro tratamientos constituidos por los sistemas de cultivos café, pino, cultivos varios (granos, tubérculos y hortalizas) y vegetación en transición hacia bosque natural. Se valoraron las siguientes variables: factor de estructura, agregados estables en agua, pH, contenido de fósforo, potasio, materia orgánica, mesofauna y macrofauna. El suelo dedicado al café manifestó las mejores propiedades físicas sin diferencia con el de transición hacia bosque natural; aunque presentó bajos niveles de fósforo, potasio y materia orgánica. El suelo dedicado a cultivos varios, manifestó propiedades intermedias con respecto al resto mientras que el de pino, el mayor nivel de materia orgánica pero con deterioro del resto de las propiedades.

**Palabras clave:** suelo, propiedades físicas, propiedades químicas, propiedades biológicas, finca, montaña, sistema de cultivo.

**ABSTRACT.** The objective of this investigation was to evaluate the physical, chemical and biological soil properties of the soil in four crops systems in a typical agroecosystem mountain conditions, on a farm in conversion to ecological production in the Massif Guamuhaya, Cuba, where predominant red ferrous soil leachate. We worked with a completely randomized design of four replicates and four treatments consisting Coffee Systems crops, pine, various crops (grains, tubers and vegetables) and vegetation transition to natural forest. The following variables were valued: Factor structure, stable aggregates in water, pH, phosphorus, potassium, organic matter, mesofauna and macrofauna. The soil devoted to coffee showed the best physical properties no difference with the transition to natural forest; although it had low levels of phosphorus, potassium and organic matter. , demonstrating a relatively high level in the indicators of biodiversity of the macro and mesofauna, while that of transition toward the natural forest manifested the best properties. The soil devoted to various crops, said intermediate properties relative to the rest while the pine, the highest level of organic matter but with deterioration of other properties.

**Key words:** soil, physical properties, chemical properties, biological properties, farm, mountain, crops systems.

---

## INTRODUCCIÓN

En Cuba la degradación de los suelos ha estado influenciada históricamente por el mal uso y manejo de las tierras por el hombre. Según informes

realizados por el CITMA (2000) esto ha originado que del área total de tierras el 14,1 % estén afectadas por salinidad, un 23,9 % por erosión, en

el 14,5 % actúan ambos factores a la vez y el 7,7 % presenta degradación de la cubierta vegetal.

De acuerdo con estudios realizados en relación con los recursos edáficos, menos del 25 % de la superficie ocupada por los principales cultivos agrícolas del país se clasifican de productiva a muy productiva. Uno de los principales factores limitantes es la erosión actual, fenómeno que afecta más del 40 % de los suelos cubanos. Si se refiere a la erosión potencial, este porcentaje se eleva hasta 65 %, cifra alarmante si se considera que el primer signo de la reacción en cadena desatada por la erosión es la disminución del rendimiento agrícola. (Instituto de Suelos, 2001)

Siglos de aplicación de prácticas agrícolas no amigables con la tierra y de tecnologías agresivas de laboreo obligan al cubano de hoy a mitigar, detener y empezar a recuperar la degradada superficie agrícola. (Riverol, 2007)

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca perteneciente al campesino Daniel Pérez de la Cooperativa de Créditos y Servicios "Lucas Castellanos" en la localidad de Topes de Collantes, Municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spiritus. Se escogieron cuatro **áreas** representativas de los sistemas de cultivos **sembrados o plantados** en la finca:

- **Área con sistema forestal:** plantación de pino (*Pinnus caribaea* Morelet), con un área de 1 ha de 17° de pendiente (fuertemente inclinada). El área se encontraba establecida desde hace 40 años. Actualmente se limpia de forma manual (machete). Sin medidas de conservación de suelo.

- **Área con sistema de transición a bosque natural:** Abarca un área de 2 ha. La pendiente es de 20° (fuertemente inclinada) y hace 27 años fue una plantación de café. En 1996 se realizó una regulación de sombra al cafetal y los residuos de esta labor se colocaron de forma transversal a la pendiente (actualmente de 19°) para evitar la erosión. Se le han realizado varias limpiezas de forma manual (con la utilización de machetes), con la que fue eliminada parcialmente la cobertura viva (*Zebrina pendula* (Schnizl.) D.R.Hunt. Cuatro años antes al experimento se demolió el café y desde esta

A pesar de que se han realizado algunos estudios de las propiedades físicas y químicas de los suelos en condiciones de montaña, donde se ha demostrado el papel que juegan en los agroecosistemas las múltiples interacciones químicas y físicas entre sus constituyentes (Tandrón et al., 2005), es aún escasa la información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos a nivel de finca, en los agroecosistemas típicos de las montañas del Centro de Cuba. Debido a ello, un estudio de estos aspectos permitirá conocer los sistemas de cultivos más adecuados bajo estas condiciones y tomar acciones a nivel de finca para la conservación o protección del recurso suelo.

El objetivo del presente estudio fue evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en cuatro sistemas de cultivo en las condiciones de montaña en una finca en conversión hacia la producción agroecológica en el macizo Guamuhaya.

fecha no se habían realizado labores. Se mantienen las medidas de conservación de suelo como tranques, barreras (vivas y muertas) y otras técnicas encaminadas a reducir la degradación de los suelos.

- **Área con sistema café:** Cultivo plantado desde hace 25 años con un área de 4 ha. La pendiente en la misma es de 19°. El área fue afectada fuertemente por el ciclón Lili. Las limpiezas se realizan de forma manual, con machetes y se efectúan las atenciones culturales que requiere el cultivo. Como medida de conservación de suelo tiene sembrada cobertura viva pero independientemente de esta medida, no se le han realizado labores que afecten el suelo.

- **Área con el sistema cultivos varios:** Terreno con 2 ha y un 15° de pendiente (fuertemente inclinada). El área con inestabilidad en su uso, está en explotación desde hace 10 años, dedicada principalmente a las siembras de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En los últimos seis años se han diversificado los cultivos con maíz (*Zea mays* L.), piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.), boniato (*Ipomoea batatas* L.), malanga (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), calabaza (*Cucurbita moschata*, Duch.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), col (*Brassica oleracea* L.),

cebolla (*Allium cepa* L.) y ajo (*Allium sativum* L.). Como medidas de conservación se implementa la rotación de cultivos donde es dejada un área en barbecho, se acordonan los residuos de cosechas, se siembra en curvas de nivel, el área tiene barreras vivas y se le aplica materia orgánica.

En toda la finca predomina un suelo ferralítico rojo lixiviado de montaña. Se trabajó con cuatro tratamientos (los sistemas de cultivo evaluados). Por la dimensión de la finca todas las variantes quedaron bastante cercanas y colindantes. En cada área se tomaron cuatro muestras de suelo, las cuales constituyeron las observaciones, según la metodología de Cairo y Reyes (2007). Cada muestra se conformó de 20 sub-muestras de suelo, tomadas a una profundidad de 0 – 20 cm en forma de zigzag hasta completar 2 kg. Después fueron llevadas al laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo en los diferentes sistemas evaluados.

En cada muestra se evaluaron los siguientes parámetros:

**Físicos:** Se determinó el factor de estructura y agregados estables al agua. Siendo procesadas las muestras en el Laboratorio de Suelos (CIAP) UCLV, mediante los métodos descritos a continuación:

• **Factor de estructura (FE):** A través de la determinación de arcilla previamente dispersada, de acuerdo con el análisis mecánico (a) y de la arcilla sin dispersar (b). (Cairo 2000)

• **Agregados estables en agua (A.E):** Se colocaron 5 g de suelo en un Erlenmeyer al que le fue añadido 200 mL de agua destilada y se dejó en reposo por 30 min. Luego fue sometida la solución al golpeteo (40 golpes) durante 40 segundos y se pasó por tamiz de 0,2 mm. (Cairo, 2000)

**Químicos:** pH (KCl), pH (H<sub>2</sub>O), M.O. (%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/100 g), K<sub>2</sub>O (mg/100g)

Los análisis efectuados a las muestras se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental de Barajagua, municipio Cumanayagua, provincia Cienfuegos.

Los elementos fósforo y potasio se determinaron según la norma ramal de la agricultura N° 837. La Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio fueron realizadas por el método de Oniani, el fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) colorimétricamente por el método del metavanadato de amonio, y el potasio (K<sub>2</sub>O) por fotometría de llama.

La materia orgánica (M.O.) se realizó por el método de Wualkley Black para lo cual fue utilizado dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado. El pH en agua (pH H<sub>2</sub>O) y en cloruro de potasio (pH KCl), potenciométricamente, en relación suelo - solución 1:2,5. (Cairo, 2000)

En la interpretación de las propiedades químicas y físicas del suelo se utilizaron las clasificaciones citadas por Cairo y Fundora (1994). En la clasificación de la pendiente de las parcelas en estudio se tuvo en cuenta el porcentaje de inclinación de la ladera en grados.

**Biológicos:** Para estudiar las propiedades biológicas del suelo se tuvieron en cuenta las poblaciones de macrofauna y mesofauna para lo cual fueron unidas las cuatro muestras de cada sistema de cultivo. En las mediciones de las poblaciones de organismos, se utilizó el Método Berlese-Tullgren. Los organismos colectados fueron identificados en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Sancti Spiritus

### Análisis estadísticos

Los datos para cada parcela dentro de la finca del Factor de Estructura (%), Agregados Estables en Agua (%), Materia Orgánica (%), pH (KCl), pH (H<sub>2</sub>O), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg.100 g-1) y K<sub>2</sub>O (mg.100 g-1) se compararon por medio de una comparación múltiple de las medias utilizando un análisis de varianza simple, las diferencias significativas fueron consideradas cuando P d' 0,05. Se utilizó la prueba de Duncan para lo cual fue empleado el paquete estadístico STATGRAPHICS versión 5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas

Los porcentajes de factor estructura para el área en transición a bosque natural y el área de café

estuvieron entre 75,78 y 77,21 (Tabla 1) los cuales son valores catalogados como buenos, con diferencia estadística con el resto de las área. Estos sistemas presentaron mayor riqueza específica y diversidad de especie, factores que pudieran estar influyendo en este indicador dado que según Hernández y Simón (1994), conjuntamente con la FAO (1997) los árboles mejoran las propiedades

físicas del suelo. El menor valor lo presentó el área con el sistema forestal (a pesar de encontrarse dentro del rango de bueno) con diferencia estadística del resto, Su riqueza específica fue de 20 y un índice de biodiversidad vegetal de 1,89, la más baja de los cuatro sistemas en estudio por estar compuesto solo por una plantación de pino y las malezas.

**Tabla 1. Características físicas de los suelos de los sistemas de cultivo**

Sistemas	Variables físicas	
	Factor de Estructura (%)	Agregados Estables en agua (%)
Forestal	68,42 <sup>c</sup>	61,57 <sup>b</sup>
Transición a bosque natural	77,21 <sup>a</sup>	67,62 <sup>a</sup>
Café (cultivo de café con sombra)	75,88 <sup>a</sup>	66,65 <sup>a</sup>
Cultivos varios	71,67 <sup>b</sup>	67,81 <sup>a</sup>
ET*	0,82	0,90
CV (%)	13,0	14,5

\* Medias con letras desiguales en las columnas difieren para  $p \leq 0.05$

El porcentaje de agregados estables en todos los sistemas se cataloga como bueno aunque fueron los de cultivos varios, el de transición a bosque natural y el de café los que alcanzaron los valores más altos y no reflejaron variaciones estadísticas entre ellos (67,81 %, 67,62 % y 66,65 %). Este resultado evidencia la estrecha relación que existe entre el factor estructura y los agregados estables, apoyado en el planteamiento de Cairo y Fundora (1994), quienes señalan que las plantas ayudan a agregar las partículas del suelo en muchas formas, mencionándose dentro de la más importante la excreción de los compuestos orgánicos gelatinosos por las raíces que sirven como ligamento entre las sustancias inorgánicas.

#### Propiedades químicas

El valor del pH en KCl fue mayor en el sistema de café, catalogado como medianamente ácido (4,78) además de presentar diferencia estadísticas con el

resto que se hallaron dentro del rango de ácido, menos el forestal que se encuentra en el rango de muy ácido (pH<3,5) (Tabla 2). Autores como Jaramillo (2002) y Tandrón *et al.* (2005) han encontrado valores de pH en KCl entre 3,7-4,0 y 3-4,4 respectivamente en este tipo de suelo.

Los valores de pH en agua de estos suelos mostraron que el sistema de café se sitúa en el rango de medianamente ácido mientras que el de cultivos varios y el de transición a bosque natural como ácido, existiendo discrepancias estadísticas entre ellas. El suelo del sistema forestal fue muy ácido (4,78) lo que explica lo obtenido anteriormente en el factor estructura debido a que en la medida que al aumentar la acidez trae como resultado la dispersión de las arcillas, las cuales tienen una acción directa en el número de agregados y este a su vez con el factor estructura según corrobora Cairo y Fundora (1994)

**Tabla 2. Análisis del pH (KCl) y pH (H<sub>2</sub>O) de los suelos en los sistemas de cultivos**

Sistemas	Variables químicas				
	pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.100g <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg.100g <sup>-1</sup> )	M.O (%)
Forestal	3,48 <sup>d</sup>	4,78 <sup>d</sup>	2,888 <sup>b</sup>	4,824 <sup>b</sup>	4,576 <sup>ab</sup>
Transición a bosque natural	3,80 <sup>c</sup>	5,18 <sup>c</sup>	3,208 <sup>b</sup>	7,158 <sup>a</sup>	4,652 <sup>a</sup>
Café	4,78 <sup>a</sup>	5,92 <sup>a</sup>	4,782 <sup>a</sup>	4,122 <sup>b</sup>	3,690 <sup>c</sup>
Cultivos varios	3,94 <sup>b</sup>	5,48 <sup>b</sup>	4,434 <sup>a</sup>	4,000 <sup>b</sup>	4,504 <sup>b</sup>
ET*	0,94	0,90	0,30	0,30	0,70
CV (%)	10,7	12,3	7,6	4,5	13,2

\* Medias con letras desiguales en las columnas difieren para  $p \leq 0.05$

Referente a la cantidad de fósforo y potasio existente en los sistemas de cultivo de la finca (Tabla 2) se clasifican ambos elementos como bajos; no obstante la mayor cantidad de fósforo se encuentra en los suelos dedicados al café y cultivos varios, con diferencia estadística respecto a los sistemas en transición a bosque natural y el forestal, éste último con el valor más bajo, influido por el pH. En este sentido, Barroso (1999), Jaramillo (2002) y Fixen (2004) explican que la acidez permite el rompimiento de la estructura de los minerales arcillosos y en consecuencia se libera aluminio ( $Al^{3+}$ ) y hierro ( $Fe^{+3}$ ), por lo que se forman fosfatos insolubles de hierro y aluminio que hacen que el fósforo esté menos disponible.

El contenido de Potasio es mayor en el área en transición a bosque natural, donde es menor la no alteración del recurso suelo, factor que puede influir, unido a la biodiversidad de árboles, sobre la disponibilidad de este elemento. Febles *et al.* (1996) refieren que a través de la hojarasca pueden retornar al suelo hasta  $64,1 \text{ kg} \cdot \text{año}^{-1}$  de Potasio. A pesar de ello, se observan diferencias significativas entre este sistema con el resto de las áreas. En el suelo dedicado a los cultivos varios fue obtenido el menor contenido de potasio lo que ocurre porque los cultivos de ciclo corto realizan una mayor explotación y extraen el potasio disponible en el suelo.

En los sistemas se evidenciaron valores de mediano contenido de M.O., lo que concuerda con Cairo *et al.* (1998) cuando relacionan a este tipo de suelo con tenores medios de materia orgánica. El sistema en transición a bosque natural con 4,652 % presenta

el valor más elevado, lo cual está influenciado por la alta riqueza específica de la vegetación (38) y diversidad de plantas (3,65)

Análisis de la macrofauna y mesofauna en el suelo  
Los mayores valores relativos de fauna del suelo (diversidad y riqueza específica) se encuentran en el sistema de transición a bosque natural y el de café (Tabla 3), atribuible a que no se realizan prácticas de laboreo de suelos. Según Vargas (2009) las prácticas de laboreo influyen en que se presente una mayor abundancia de lombrices y de su actividad, siendo este efecto de gran interés por el papel principal que representan estos anélidos en la descomposición, distribución de la materia orgánica y características físicas del suelo.

En el sistema de cultivos varios y el forestal fueron relativamente inferiores los indicadores de biodiversidad y no fueron observados en los mismos ácaros depredadores, ciempiés y caracoles, lo cual se atribuye a la baja proporción de materia orgánica en el primero como fuente de alimentación de algunos de estos grupos o de alguno que lo antecede en la cadena trófica. Este resultado coincidente con lo que refieren Brown *et al.* (2001) y Stella (2002) quienes conceden gran importancia al método de preparación del suelo por ser la práctica de mayores efectos sobre la distribución y abundancia de los organismos que lo habitan. Sin embargo hay que tener en cuenta el bajo pH, debido a que se conoce por la literatura que cuando éste es bajo, influye en la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes y en la vida microbiana del suelo. (Cairo y Fundora, 1994)

**Tabla 3. Análisis del macrofauna y mesofauna por grupos biológicos en los suelos de los agroecosistemas**

Sistema	Variable biológicas						t	d	re	
	Macrofauna				Mesofauna					
	lo	ho	ci	ar	ca	li				ad
Forestal	1	8	-	-	-	-	-	9	1,54	2
Transición a bosque natural	3	18	3	1	2	-	3	28	5,70	6
Café	3	12	2	1	1	-	2	21	5,67	6
Cultivos varios	1	11	-	1	-	1	-	14	3,62	4

Leyenda: lombrices (lo), hormigas (ho), ciempiés (ci), arañas (ar), caracoles (ca), liposelis (li), ácaros depredadores (ad), total de individuos (t), diversidad (d), riqueza específica (re)

El sistema del cultivo de café manifestó las mejores propiedades físicas sin diferencia con el de transición hacia el bosque natural, con un pH medianamente ácido y aunque presentó bajos niveles de fósforo, potasio y materia orgánica (debido a que las medidas

antierosivas no son las más adecuadas), demostró un nivel relativamente alto de indicadores de biodiversidad en la macro y mesofauna del suelo. Este resultado demuestra las posibilidades de mantener condiciones físicas, químicas y

agroquímicas adecuadas en los agros ecosistemas cafetaleros, de ahí la relevancia e importancia del mismo en las condiciones de montaña.

El suelo del sistema en transición hacia el bosque natural manifestó una mejor estructura conjuntamente con la del café, el mayor porcentaje de materia orgánica y de nivel de potasio, además de poseer relativamente alto el nivel de vida biológica, lo cual se atribuye a que en el área se ha producido un incremento de la biodiversidad y la producción de biomasa vegetal, conjuntamente a que se mantienen las medidas de conservación de suelo como tranques, barreras vivas y muertas, técnicas encaminadas a reducir la degradación. Todo ello mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas cumpliéndose lo planteado por Cairo y Fundora (1994) con respecto a que los árboles son eficaces en el control de la erosión, ya que la copa y la hojarasca reducen la erosión hídrica por impacto de las gotas de lluvia mientras que los residuos vegetales, tanto del follaje como de la raíz, proporcionan la base alimentaria de los organismos del suelo.

## CONCLUSIONES

1. El suelo del sistema de café manifiesta las mejores propiedades físicas sin diferencia con el de transición hacia el bosque natural; con un pH medianamente ácido presenta bajos niveles de fósforo, potasio y materia orgánica pero posee un nivel relativamente alto de los indicadores de biodiversidad.
2. El suelo del sistema en transición hacia el bosque natural manifiesta la mejor estructura conjuntamente con el de café, el mayor nivel de potasio, porcentaje de materia orgánica y alto nivel de vida biológica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Barroso, R. A.: La roca fosfórica de Trinidad de Guedes: una alternativa en la fertilización de suelos ácidos bajos en fósforo. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Fertilidad del Suelo: Universidad de Camagüey. Cuba, 1999. En sitio web: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/tesis/index/assoc/HASHe1fe.dir/doc.pdf> (Consultado: 18 de Septiembre del 2009)
2. Brown, G. G.; A. Pasini; N. P. Benito; A. M. De Aquino; M. E. F. Correia: Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no

Bajo las condiciones de esta finca de montaña, el suelo del sistema de cultivos varios, manifestó propiedades físicas, pH e indicadores de la macro y mesofauna intermedios con respecto a los otros sistemas evaluados, así como el mayor nivel de fósforo conjuntamente con el del café, lo cual se atribuye a las medidas de conservación de suelo y a la aplicación de fertilizantes orgánicos que se ejecutan, con un incremento notable en los últimos años; prácticas estas que influyen según Magdoff (1997) en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo. Esto pone en evidencia la posibilidad de cultivar estos rubros de forma sostenida, cuando se aplican medidas de protección y manejo de los suelos.

El suelo del sistema forestal manifestó mayor nivel de materia orgánica que el del café y el de Cultivos varios, pero menores niveles de estructura del suelo, pH y biodiversidad. Esta situación pone en evidencia que el uso del suelo para la alta producción de biomasa no es siempre una condición suficiente para que mejore la calidad de los suelos como ha señalado Frómata (2006)

3. El suelo del sistema de cultivos varios manifiesta propiedades físicas, pH e indicadores de la macro y mesofauna intermedios con respecto al resto.
4. El suelo dedicado al sistema forestal manifestó mayor nivel de materia orgánica que el de café y el de cultivos varios, pero es el de menor nivel de estructura del suelo, pH y biodiversidad.

tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Report presented in the "International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems". Montreal, Canadá, 2001, pp. 8-10.

3. Cairo, P.: Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña. *Agricultura Orgánica*, 14(2): 23-25, 2000.
4. Cairo, P.; O. Fundora: Edafología. La reacción del suelo. P. 127. Edición Revol, Cuba, 1994.

5. Cairo, P.; Malbis Carvajal; J. Machado: Cómo mejorar la bioestructura en suelos degradados de la provincia Sancti Spiritus. *Agricultura Orgánica*, 12(1): 12-16, 1998.
  6. Cairo, P.; A. Reyes: Manual de Edafología. Facultad Agropecuaria. UCLV, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2007.
  7. CITMA: Decreto ley 200 de las contravenciones en materia de medio ambiente. Adición por la dirección de política ambiental. Cuba, 2000, pp. 2-12.
  8. FAO: La Acacia y sus servicios en la protección ambiental. 1997. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V5360E/v5360e08.htm> (Consultado: 15 de marzo del 2004)
  9. Febles, G.; T. Ruiz; J. Lazo: Siembra de árboles para la ganadería. Importancia de la sombra. En Manual de Agro-Red para la ganadería, vol. 2, pp. 56-58, La Habana, Cuba, 1996.
  10. Fixen, P.: Dinámica del fósforo en el suelo y en el cultivo con relación al manejo de los fertilizantes fosfatados. 2004. En sitio web: [http://www.inpofos.org/ppiweb/1tamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/68153a5e80e11d9c05256d58005bb04a/\\$FILE/DinamicadelC3B35foro.pdf](http://www.inpofos.org/ppiweb/1tamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/68153a5e80e11d9c05256d58005bb04a/$FILE/DinamicadelC3B35foro.pdf) (Consultado: 15 de diciembre del 2004)
  11. Frómeta, E.: Los coloides minerales del suelo .En Facultad de Agronomía. Departamento de Riego Drenaje y Ciencias del Suelo (compil.). *Disciplina Ciencias del Suelo*. Tomo I: Pedología, 2006, pp. 64-100.
  12. Hernández, I.; L. Simón: Razones para emplear plantas leñosas en la ganadería vacuna. En Taller Internacional de Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera. Resúmenes y Ponencias. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Matanzas, Indio Hatuey, Matanzas, 1994, pp. 1-39.
  13. Instituto de Suelos: Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos. Editorial Agriflor. La Habana, Cuba, 2001.
  14. Jaramillo, D. F.: Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 2002, 613 pp.
  15. Magdoff, F.: Calidad y manejo del suelo. En Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (Ed.). En Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana: Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo, 1997, 211 p.
  16. Riverol, M.: Informe del Instituto Nacional de Suelo. La Habana, Cuba, 2007.
  17. Stella, M. Efecto de la siembra directa sobre la macrofauna del suelo. 2002. En sitio web: <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-30.pdf> (Consultado: 18 de agosto del 2009)
  18. Tandón, I.; P. Cairo; A. Reyes; R. Jiménez; Oralia Rodríguez; Inés Abreu: Relaciones entre propiedades físicas y químicas en suelos ferralíticos rojos de montaña bajo condiciones de experimento de abonos orgánicos y minerales naturales. *Centro Agrícola* 32 (3): 75-82, 2005.
- Vargas, E.: Control de Plagas en la Agricultura de conservación. En sitio web: <http://www.aeac-sv.org/pdfs/plagas.pdf> (Consultado: 18 de Agosto del 2009)

Recibido:06 /11/2013

Aceptado:12 /02 /2014