

PRESENCIA DE PROPIEDADES VÉRTICAS EN LOS SUELOS FERSIALÍTICOS DE LA ANTIGUA PROVINCIA LA HABANA

PRESENCE OF SOIL PROPERTIES FERSIALÍTICOS vertices of the former province HAVANA

Dr.Sc. Alberto Hernández Jiménez¹ y Yenia Borges Benítez², M.Sc. Michel Martínez Cruz³ y M.Sc. Jesús Rodríguez Cabello⁴, M.Sc. Francly Lorena Marentes Amaya⁵

¹ Investigador Titular. Email: ahj@inca.edu.cu

² Especialista del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas

³ Investigador Agregado del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal

⁴ Investigador del departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

⁵ Investigadora del grupo de Microbiología Agrícola, Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN), Colombia.

RESUMEN

Se presenta la caracterización morfológica con algunos resultados físicos y químicos de dos perfiles de suelos Fersialíticos estudiados en la antigua provincia La Habana. En estos perfiles se pudo comprobar que se manifiestan las propiedades vérticas en el horizonte B, por la presencia de bloques prismáticos de 5-10 cm de tamaño, recubiertos con caras de deslizamiento. La formación de estas propiedades es debido al contenido tan alto de arcilla, con predominio de minerales del grupo de las esmectitas, en el clima tropical subhúmedo de la región. Los suelos son medianamente profundos y formados de roca caliza. Son saturados y carbonatados desde la parte media inferior del perfil. El funcionamiento actual de este suelo está relacionado con la formación de este horizonte vértico, el cual propicia la pérdida superficial del suelo cuando se pone bajo cultivo. Se propone incluir el subtipo de suelo Fersialítico Pardo Rojizo vértico dentro de los suelos Fersialíticos en la actual versión de clasificación de suelos de Cuba.

Palabras clave: suelo Fersialítico, propiedades vérticas.

ABSTRACT

The morphological characterization is presented with some physical and chemical results of two Fersialitic soil profiles studied in the former Havana province. In such profiles, it was proved that the vertic properties are shown in horizon B, due to the presence of 5-10-cm prismatic blocks covered with slickensides. These properties are formed as a result of a high content of clay, predominating minerals from the smectite group in the tropical subhumid climate of the region. Soils are moderately deep and made up of limestone rock. They are saturated and carbonated since the mid-lower part of the profile. The present functioning of this soil is related with the formation of this vertic horizon, which permits the soil surface loss when cultivated. The subtype vertic Reddish Brown Fersialitic soil is proposed to be included into the Fersialitic soils at the current issue of Cuban soil classification.

Key words: Fersialitic soil, vertic properties.

INTRODUCCIÓN

La formación de Vertisoles y las propiedades vérticas son propias de las regiones tropicales, sobre todo con clima subhúmedo o de humedad alternante. En Cuba, los Vertisoles ocupan un territorio de 695 000 ha (1), pero aún no se ha presentado el área que ocupan los suelos con propiedades vérticas, que se clasifican a nivel de subtipo de suelos: Pardos, Húmicos Calcimórficos, Fluvisoles, Salino Antrópico e Hidromórfico Antrópico, según la última versión de clasificación de los suelos de Cuba (2).

La clasificación de suelos es un tema de actualidad permanente, tanto a nivel nacional por los aportes presentados en los últimos años para los suelos de Cuba (3, 4, 5, 6, 7, 8) como internacional, con las últimas versiones de las clasificaciones mundiales de suelos World Reference Base y Soil Taxonomy (9, 10) y el libro de clasificación de suelos que acaba de editarse (11).

Cuba está entre los 22 países que tienen un sistema de clasificación propio, logrado en el período revolucionario, por lo que resulta importante continuar actualizando nuestra clasificación de suelos. En la última versión (2) se logró un paso de avance, que es el de incorporar a la línea genética los horizontes y las características de diagnóstico, acorde con los principios internacionales de los últimos años. Con esta dirección de trabajo, resulta mucho más preciso el diagnóstico de las propiedades de los suelos en los diferentes horizontes, por lo que tiene salida no solamente para los problemas teórico-fundamentales de la clasificación, sino además para los de uso y manejo del suelo. Por eso, a medida que se van diagnosticando categorías nuevas, como son los horizontes y las características de diagnóstico, se deben incorporar a la clasificación de suelos.

Un ejemplo de esto es que en la clasificación cubana, hasta el momento, para los suelos Fersialíticos no se han diagnosticado las propiedades vérticas.

Investigaciones recientes en la antigua provincia La Habana han permitido caracterizar dos perfiles de suelos Fersialíticos con propiedades vérticas, lo que constituye el objetivo de este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se presentan las características de dos perfiles de suelos descritos en la antigua provincia La Habana: uno en la finca El Nido, situada en el municipio de San José de las Lajas y el otro en la finca La Fe, cerca del Guatao. En esta caracterización la descripción de los perfiles se hace según el Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos (12), y se aplica la última versión de clasificación de suelos de Cuba (2).

A continuación se presentan las descripciones de los dos perfiles estudiados.

No. perfil: (P-4) (finca La Fe) Fecha: 15 de mayo de 2008 Autores: A. Hernández, Y. Borges, F. Marentes y M. Martínez Localización: Guatao, finca la Fe Hoja cartográfica: La Habana Altura (m snm): 80 m Coordenadas: N: 355,500; E: 348,550 Provincia: La Habana Factores de formación Posición fisiográfica del lugar: parte alta y estable en terreno ondulado Topografía del terreno circundante: ondulado y fuertemente ondulado Microrrelieve: no se observa Pendiente donde se tomó el perfil: 2 % Vegetación o uso de la tierra: platanal Clima: precipitaciones: 1400 mm; temperatura media: 24,5oC Material de origen: materiales transportados carbonatados y caliza semidura Tiempo: Cuaternario Drenaje: superficial: bueno; interno: regular Diagnósticos: Proceso de formación: Fersialitización Horizontes de diagnóstico: principal: Fersialítico; normal: Ócrico en el horizonte A Características de diagnóstico: propiedades vérticas, con contenido variable de carbonatos Clasificación: Cubana: Fersialítico Pardo Rojizo ócrico y vértico, medianamente lavado, formado de caliza semidura. Soil taxonomy: Vertic Hasolustept WRB: Cambisol vértico (calcárico, arcílico, crómico)
Descripción del perfil

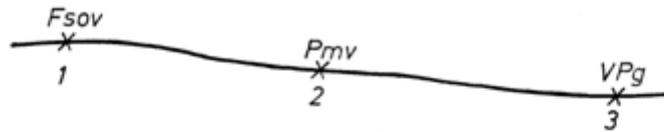
Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0 – 10	Color 5YR4/4, pardo rojizo, arcilloso, estructura de bloques subangulares y en parte granular nuciforme, ligeramente compactado, medianamente poroso, ligeramente húmedo, sin reacción al HCl, transición notable
B _{1v}	10 – 23	Color 7,5YR4/2, pardo, con manchas 5YR5/8 , rojo amarillentas, arcilloso, estructura de bloques prismáticos pequeños con caras de deslizamiento, compactado y plástico, ligeramente húmedo, poco poroso, sin reacción al HCl, transición notable
B _{2vca}	23 – 44	Color 5YR5/8, rojo amarillento, arcilloso, estructura de bloques subangulares a prismáticos con algunas caras de deslizamiento, ligeramente compactado, con algunas gravas pequeñas de carbonato de calcio, ligeramente húmedo, medianamente poroso, reacción ligera al HCl, transición notable
Cca	44 – 80	Color 2,5Y8/2 + 5YR5/6, amarillo pálido + rojo amarillento, franco arcilloso, estructura de bloques angulares, ligeramente compactado y algo plástico, húmedo, con muchos poros finos, muchas gravas pequeñas de color oscuro y blanco, reacciona fuertemente al HCl

Nota: Este suelo está un poco erosionado

No. perfil (P-1) (finca El Nido) Fecha: 1 de junio de 2009 Autores: Alberto Hernández, Yenia Borges y Jesús Rodríguez Localización: finca El Nido, tomado en la parte alta de la finca Hoja cartográfica: 3785 II-Jaruco Altura (m snm): 90 m Coordenadas: N: 355.500; E: 381.950 Provincia: La Habana Factores de formación Posición fisiográfica del lugar: Llano a suavemente ondulado Topografía del terreno circundante: ondulado Microrrelieve: Irregular con surcos Pendiente donde se tomó el perfil: 2-4 % Vegetación o uso de la tierra: cultivado de plátano Material de origen: Materiales transportados arcillosos y roca caliza semidura Drenaje: interno: bueno; externo: bueno Diagnósticos: Proceso de formación: Fersialitización Horizontes de diagnóstico: principal: Fersialítico; normal: Ócrico Características de diagnóstico: Características vérticas, contenido variable de carbonatos, características de color pardo rojizo Clasificación del suelo: Cubana: Fersialítico Pardo Rojizo ócrico y vértico, lavado, formado roca caliza dura. Soil taxonomy: Vertic Haplustept WRB: Cambisol vértico (éutrico, arcílico, crómico) Descripción del perfil

Horizonte	Prof. cm.	Descripción
A	0 – 17	Color 7,5YR4/3, pardo, arcilloso, estructura de bloques angulares y subangulares pequeños, ligeramente compactado y plástico, muy húmedo, medianamente poroso, con algunas gravas pequeñas de carbonato de calcio, sin reacción al HCl, transición algo notable
B _{1v}	17 – 25	Color 2,5YR5/4, pardo rojizo, un poco más arcilloso, con bloques prismáticos de 5 cm, que presentan caras de deslizamiento, ligeramente compactado y plástico, húmedo, poco poroso, sin reacción al HCl, transición algo notable
B _{2v}	25 – 55	Color 2,5YR5/8, rojo, arcilloso, con bloques prismáticos de 5-7 cm con caras de deslizamiento bien manifiestas, compactado y plástico, húmedo, poco poroso, sin reacción al HCl, transición notable
BCca	55 – 100	Mezcla de gravas pequeñas de carbonato de calcio de color 7,5YR8/1, blanco, con arcilla de color 7,5YR5/4, pardo, sin estructura, ligeramente compactado, con reacción fuerte al HCl.

El perfil de la finca La Fe (P-4), cerca del Guatao, se encuentra situado en su parte alta y estable, dentro de un relieve ondulado, formado a partir de materiales transportados y caliza semidura del Mioceno. El otro perfil (P-1), situado en la finca El Nido, próximo a Pedro Pí, está también en la parte alta y estable de un relieve ondulado, formado de materiales transportados y caliza dura subyacente del Mioceno. Estos suelos forman parte de una combinación, cuyos componentes se presentan en la [Figura 1](#) (con la combinación de suelos Fsv+Fsmv+V). Es decir, es una combinación de suelo Fersialítico Pardo Rojizo vértico (en la parte alta y estable, cultivado en ambos casos de plátano) con Pardo mullido y vértico (en la pendiente, bajo pastos) y Vertisol (en la parte baja llana).



- 1-Fsov: Suelo Fersialítico ócrico vértico formado de caliza.
- 2-Pmv: Suelo Pardo mullido vértico formado de materiales transportados carbonatados.
- 3-VPg: Suelo Vertisol Pélico gléyico formado de materiales transportados carbonatados.

Figura 1-Combinación de suelos (Fsov + Pmv + VPg) condicionado por el mesorrelieve y el material de origen.

Las muestras de suelos se analizaron en el laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), siguiendo los siguientes métodos analíticos:
 pH en agua, por potenciometría, relación suelo: agua 2: 1
 Materia orgánica según Walkley and Black
 Carbono, por división del porcentaje de materia orgánica entre 1,724
 Fósforo asimilable por Oniani
 Cationes cambiabiles por acetato de amonio y acetato de sodio
 Potasio asimilable, por cálculo del potasio intercambiable
 Humedad por método gravimétrico, en estufa a 105oC, hasta peso constante
 Composición granulométrica por el método de Bouyoucos modificado, usando pirofosfato como dispersante y NaOH como dispersante
 Composición de microagregados por el método de Bouyoucos, sin utilizar reactivos químicos
 Factor de dispersión a partir de la relación entre el porcentaje de arcilla, obtenida en el análisis de microagregados y el porcentaje de arcilla, obtenida en el análisis granulométrico
 La densidad de volumen se determinó por el método de los cilindros, utilizando cilindros de 100 cm³ de volumen, y las reservas de carbono se realizó por cálculo según la fórmula internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas de los suelos. Es importante tener en cuenta la descripción de los perfiles para las características morfológicas. Por estas descripciones se evidencia que los dos perfiles son del tipo ABvCca, que presentan colores propios de la fersialitización, ya que el Hue pardo rojizo a rojo surge cuando el suelo adquiere una cantidad de hierro libre mayor de 3 %, que es el límite determinado para la fersialitización (13, 14), sobre todo en suelos de textura arcillosa. La presencia de las propiedades vérticas descritas en los horizontes B1v y

B2v está dada por los bloques prismáticos pequeños (de 5-7 y 7-10 cm de tamaño) con caras de deslizamiento. Como se puede observar, no hay el desarrollo completo de un horizonte de diagnóstico vértico, debido al poco espesor del perfil del suelo (horizontes A+B).

Hay algunas diferencias entre ambos perfiles, pues el P-1 es de color rojo, mientras que el P-4 es rojo amarillento. Esto está condicionado posiblemente por el tipo de material de origen en ambos, ya que el primero está formado de roca caliza dura, mientras que el segundo es sobre caliza semidura, lo que influye en el drenaje y condiciona una mayor retención de humedad en el segundo, que conlleva a la hidratación de las formas del hierro y dan el color amarillento. Esto se corrobora con que el perfil P-4 es medianamente lavado, mientras que el P-1 es lavado. Composición mecánica y de microagregados. Estas características solamente se determinan en el perfil P-1 ([Tablas I y II](#)). Los suelos resultan muy arcillosos, la diferencia textural del horizonte A con relación al B1v ([Tabla I](#)) es debido al empobrecimiento lateral por el lavado de las partículas finas. Ambos perfiles se encuentran suavemente erosionados. En este proceso el horizonte Bv, con propiedades vérticas, juega un papel importante, ya que en época de lluvia se satura de agua, se dilata y no permite la infiltración vertical, por lo que la escorrentía superficial se acelera, provocando de esta forma el lavado lateral de las partículas arcillosas.

Tabla 1. Composición mecánica y textura del perfil

Hor.	Prof. cm.	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo grueso %	Limo fino %	Arcilla %
A	0 – 17	10,1	7	11	10	61,9
B _{1v}	17 – 25	9,1	4	4	4	78,9
B _{2vca}	25 – 55	9,1	4	6	4	76,9
BCca	55 – 100	11,1	4	6	6	72,9

Tabla 2. Composición de microagregados y coeficiente de dispersión del perfil

Hor.	Prof. cm.	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo grueso %	Limo fino %	Arcilla %	Coef. De dispersión (Kd)
A	0 – 17	49,1	6	6	12	26,9	43
B _{1v}	17 – 25	51,1	7	8	2	33,9	43
B _{2v}	25 – 55	61,1	5	4	3	27,9	36
B _{cca}	55 – 100	55,1	4	2	3	35,9	49

El predominio en estos suelos de minerales arcillosos del tipo 2:1, de alta dispersión, también contribuye a la manifestación de las pérdidas laterales en arcilla, lo que se corrobora con el coeficiente de dispersión tan alto en el perfil analizado ([Tabla II](#)).

En la composición de microagregados predomina la fracción arenosa gruesa, los microagregados de segundo orden debido al contenido en hierro libre y la textura arcillosa del suelo.

Características químicas. Los suelos se caracterizan además por su reacción neutral a ligeramente alcalina, debido al alto contenido en bases cambiables en ellos. En este caso, se puede considerar que el contenido en bases cambiables coincide con la capacidad de intercambio, por lo que estamos en presencia de suelos que tienen predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1 del grupo de las esmectitas ([Tabla III](#)).

Tabla 3. Características químicas de los suelos

Hor.	Prof., cm	pH	MO %	P asim. ppm	cmol kg ⁻¹				
					Ca	Mg	Na	K	Suma
Perfil 4 (Finca La Fe)									
A	0 – 10	8,3	2,69	83	41,0	9,0	0,15	0,57	50,72
B _{1v}	10 – 23	8,4	2,51	69	42,0	8,0	0,22	0,38	50,60
B _{2vca}	23 – 44	8,6	2,21	2	37,0	8,5	0,22	0,32	46,04
Cca	44 – 80	7,6	0,97	0,3	27,0	6,5	0,24	0,10	33,84
Perfil 1 (Finca El Nido)									
A	0 – 17	7,1	2,02	36	36,0	9,0	0,10	0,56	50,66
B _{1v}	17 – 25	6,9	1,74	13	42,5	9,5	0,10	0,51	51,61
B _{2v}	25 – 55	7,0	0,91	8	20,5	7,0	0,11	0,71	28,32
BCca	55 – 100	7,5	0,87	3	33,0	7,5	0,09	1,17	41,76

Entre los cationes cambiabiles predominan el calcio y magnesio. La relación calcio:magnesio está entre los límites adecuados 2-6. Es notable el contenido más bajo en bases cambiabiles en el horizonte B_{2v} del perfil P-1, lo que está relacionado con una evolución mayor en este horizonte de color rojo, que puede indicar la formación de cierta cantidad de minerales arcillosos de tipo 1:1 (caolinitas) en él.

Contenido en materia orgánica y nutriente. El contenido en MO es mediano en los horizontes A y B del perfil P-4 y de mediano a bajo en el P-1 ([Tabla IV](#)).

Tabla 4. Contenido en materia orgánica, reservas de carbono orgánico y nutrientes de los suelos

Hor.	Prof., cm	MO %	C %	P ₂ O ₅ asim. mg/100g	Dv Mg m ⁻³	Reserva Mg ha ⁻¹	Reservas de C en t ha ⁻¹		
							0 – 20	0 – 50	0 - 100
Perfil 4 (Finca La Fe)									
A	0 – 10	2,69	1,56	19,0	1,15	17,9	36	64	98
B _{1v}	10 – 23	2,51	1,46	15,8	1,22	23,1			
B _{2vca}	23 – 44	1,21	0,70	0,5	1,25	18,4			
Cca	44 – 100	0,97	0,56	0,1	1,24	38,9			
Perfil 1 (Finca El Nido)									
A	0 – 17	2,02	1,17	8,2	1,11	22,1	26	47	80
B _{1v}	17 – 25	1,74	1,01	3,0	1,13	9,1			
B _{2v}	25 – 55	0,91	0,53	1,8	1,20	19,0			
BCca	55 – 100	0,87	0,50	0,7	1,32	29,7			

Seguramente la MO era mucho mayor en condiciones naturales, conformando un horizonte A mullido, bajo la vegetación natural de bosques semidecuidos, pero por el cultivo se ha disminuido el contenido en MO y el espesor del horizonte A.

Respecto a los nutrientes asimilables (12), se tiene que para el fósforo en el perfil P-4 el contenido es bajo en los dos primeros horizontes y muy bajo en los inferiores, al igual que en todo el P-1. Sin embargo, el potasio asimilable (según el K intercambiable, [Tabla III](#)) es alto en todo el perfil P-1, mientras que en el P-4 es alto en el horizonte A, medio en Bv y bajo en Cca. Las reservas de carbono orgánico resultan más altas en el perfil P-4, debido a que hasta hace poco tiempo este suelo estuvo de pastizales.

Los resultados demuestran que en las condiciones del clima tropical subhúmedo, con períodos alternos de lluvia y sequía, en suelos muy arcillosos con predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1 ricos en bases cambiables, tiene lugar en condiciones de poco espesor relativo del suelo, la formación de propiedades vérticas. Si el espesor es mayor, como ocurre en las partes bajas y estables del relieve, entonces se forma un horizonte vértico. La presencia de las propiedades vérticas se ha diagnosticado en Cuba hasta el momento solamente para suelos de evolución sialítica (Pardos sialíticos), pero estos datos demuestran que puede darse además en los de evolución fersialítica, con textura muy arcillosa.

Sin embargo, en los suelos estudiados en este trabajo se manifiestan las propiedades vérticas, cuyo diagnóstico según la clasificació

n cubana (2) es en la forma siguiente: Suelos arcillosos que presentan en algún período, la mayoría de los años, una o más de las siguientes características: grietas, caras de deslizamiento, agregados estructurales prismáticos no bien definidos para que el suelo sea clasificado como Vertisol.

Al comparar esta propiedad de diagnóstico con los criterios del WRB (9), también se cumplen, ya que según este sistema de clasificación de suelos, las propiedades vérticas se diagnostican en la forma siguiente:

1. 30 % o más de arcilla en todo un espesor de 15 cm o más y uno o más de los siguientes:

slickensides o agregados en forma de cuñas; o

grietas que se abren y cierran periódicamente y tienen 1 cm o más de ancho, o

2. un COEL de 0,06 o más; promediado en una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo.

Teniendo en cuenta los principios de la versión actual de clasificación de suelos de Cuba, estos perfiles son: Fersialítico Pardo Rojizo ócrico y vértico, medianamente lavado (P-4) o lavado (P-1), formado de roca caliza.

La caracterización y el diagnóstico de las propiedades vérticas en este suelo permiten precisar su funcionamiento. En este suelo está ocurriendo un proceso de degradación por erosión, aunque suave, debido al cultivo y a las propiedades vérticas, ya que en época de lluvia ocurre la saturación por el agua de los horizontes con estas propiedades y se acelera la escorrentía superficial, dando lugar a que en las áreas cultivadas ocurra el lavado lateral de las partículas finas de la capa superior del suelo, alterada además por el cultivo. De más está decir que los suelos con presencia de minerales arcillosos de tipo 2:1, como los Pardos, Fersialíticos y Húmicos Calcimórficos, generalmente en relieves ondulados-alomados, cuando se ponen en producción agrícola se erosionan fácilmente, ya que las arcillas aunque se encuentren formando agregados del suelo, al humedecerse se dilatan y tienden a dispersarse, por lo que se lavan fácilmente con las lluvias o el agua de riego. Esta particularidad es más acentuada cuando en el horizonte B estos suelos presentan propiedades vérticas, que en el caso específico de los suelos Fersialíticos no se había diagnosticado hasta el momento.

Por el diagnóstico realizado en el campo y laboratorio, junto con el funcionamiento del suelo, se recomienda incorporar el subtipo de suelo vértico dentro de los tipos Fersialíticos en la actual versión de clasificación genética de los suelos de Cuba.

REFERENCIAS

1. Instituto de Suelos. Área que ocupan los Agrupamientos de Suelos de Cuba, por provincia, según la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, 2004.

2. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Editorial AGRINFOR. Ciudad Habana, Cuba, 64p. 1999.

3. Hernández, A., Ascanio, M. O., Cabrera, A., Morales, M., Medina, N. y Rivero, L. Problemas actuales de la clasificación de suelos: Énfasis en Cuba. Editorial Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. ISBN: 968-834-638-1., 221p. 2004.

4. Hernández, A., Morales, M., Ascanio, M. O. y Morell, F. Manual práctico para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Libro publicado en CD-ROM de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, en el VI

Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. ISBN 959-7023-35-0. La Habana, 193p. 2006.

5. Hernández, A., Ascanio, M. O., Morales, M., Cabrera, A. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales. Libro publicado en CD-ROM de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, en el VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. ISBN 959-7023-35-0. La Habana, 62p. 2006.

6. Hernández, A., Ascanio, M. O., Morales, M y León, A. La Historia de la Clasificación de Suelos de Cuba. Editorial Félix Varela, Cuba. ISBN: 959-07-0145-0., 98p. 2006.

7. Hernández, A., Verdecia, N., Morales, M., Cabrera, A., Morell, F. y Borges, Y. Software para la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Agrupamiento, Tipo y Subtipo de Suelos). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, 2008.

8. Morales, M., Hernández, A., Vantour, A. y Garea, E. Propuesta de nuevo horizonte de diagnóstico de los suelos Pardos (Cambisoles) de Cuba. Cultivos Tropicales, 2005, vol. 26, no. 3, p. 27-30.

9. UICS, Grupo de Trabajo del WRB, 2008. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos, 103. FAO. ISRIC, 117p. 2008.

10. Soil Survey Staff. 2006. Keys to Soil Taxonomy, 10th edition, Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA. 330p. 2006.

11. Krasilnikov, P., Ibáñez, J. J. Arnold, R. y Shoba, S. A Handbook of Soil Terminology and Correlation. Earthscan. London, 440p. 2009.

12. Hernández, A., Paneque, J., Pérez, J. M., Fuentes, E. Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos, 43p. 1995.

13. Hernández, A., Baire, J., Tatevosian, G. S. y Ronda, M. El hierro total, libre y amorfo en los principales suelos de Cuba. Monografía editada por la Academia de Ciencias de Cuba, 45 p. 1980.

14. Hernández, A., Ascanio, M. O., Morales, M., Bojórquez, J. I., García Calderón, N. E. y García, J. D. El Suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Editorial Universidad Autónoma de Nayarit, México, ISBN 968833072-8. 255p. 2006.

Recibido 23/04/2010, aceptado 20/01/2011.