

Categorización según el grado de erosión de algunos suelos pardos erosionados de Cuba.

Categorization according to the erosion grade of some eroded brown soils of Cuba.

Autores: Ing. Juan Alejandro Villazón-Gómez, Ing. George Martín-Gutiérrez, Ing. Yakelín Cobo-Vidal, Ing. Yunior Rodríguez-Ortiz

Organismo: Estación de investigación de la caña de azúcar, Guaro, Mayarí, Holguín, Cuba.

E-mail: pima@epica.hl.minaz.cu

Teléf. 59 6209 ó 59 6262

Resumen.

Se realizó un análisis discriminante, con el software ESTADÍSTICA 8, a cada tipo de suelo en ambas clasificaciones genéticas. El porcentaje de buena clasificación fue de 73.68, 94.44 y 86.49% para los tres grupos de perfiles formados por los Pardos con Carbonatos, Pardos sin Carbonatos y Pardos. Los mayores problemas al usar la metodología de categorización según el grado de erosión ocurrieron en los grupos *suavemente erosionados*, *medianamente erosionados* y *fuertemente erosionados*. Las propiedades que se manifestaron con mayor sensibilidad a sufrir cambios a largo plazo fueron la materia orgánica y la potencia del horizonte **A**. La metodología establecida para determinar el grado de erosión de los Pardos con Carbonatos de la 2^{da} Clasificación Genética de los Suelos de Cuba puede ser utilizada para el tipo Pardo de la Nueva Versión.

Palabras clave: grado de erosión; pardos erosionados; clasificación de suelos.

Abstract.

It was accomplished a discriminating analysis, with the software ESTADÍSTICA 8, to each type of soil in both genetic classifications. The percentage of good classification was of 73.68, 94.44 and 86.49% for the three groups of profiles formed by the Brown with Carbonates, Brown without Carbonates and Brown. The biggest problems when using the categorization methodology according to the erosion grade were given in the *smoothly eroded* groups, *fairly eroded* groups and *strongly eroded* groups. The properties that showed with more sensibility to suffer long term changes were the organic matter and the power of the horizon **A**. The established methodology to determine the erosion grade of the Brown with Carbonates of the 2nd Genetic Classification of the Soils of Cuba can be used for the Brown type of the New Version.

Keywords: erosion grade; brown eroded soils; classification of soils.

Introducción.

El vertiginoso crecimiento demográfico mundial de los últimos años, ha acelerado los requerimientos de alimentos y agua, lo cual provoca grandes efectos sobre los suelos; trayendo como resultado procesos acelerados de degradación de suelos asociados, entre otras causas, a prácticas agronómicas inadecuadas (Plá, 2009). La aplicación por parte del hombre de medidas agrotécnicas incorrectas influye desfavorablemente en la erosión de los suelos. El manejo inapropiado de los mismos durante largos períodos de tiempo provoca notables pérdidas de suelo y nutrientes, que podrían servir para elevar los rendimientos de los cultivos de interés agrícola. Estos problemas son más acentuados en las condiciones de clima tropical, debido a las altas precipitaciones y a las cortezas de intemperismo maduras, las que se erosionan fácilmente a medida que el relieve se torna más accidentado (Hernández *et al.*, 1980).

La acción directa del relieve sobre el suelo se manifiesta a través de dos procesos: la erosión y el lavado oblicuo o lateral (Cairo y Quintero, 1987; Cairo y Fundora, 2005). Por erosión se entiende: “los procesos de dan lugar a la pérdida de la masa del suelo, bajo la acción del escurrimiento superficial de las aguas y de los procesos gravitacionales” (García y Vázquez, 2000). En el grado de la erosión influyen, por efecto de la escorrentía, tanto el gradiente como la longitud de la pendiente (Jaramillo, 2002).

Los suelos Pardos, localizados en regiones onduladas y premontañosas, constituyen los más abundantes de Cuba (Instituto de Suelos, 1973; Shishov *et al.*, 1973; Ortega, 1980; Cuéllar *et al.*, 2002). En la 2^{da} Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, en el agrupamiento de los Pardos aparecían tres tipos de suelos: Pardos sin Carbonatos, Pardos con Carbonatos y Pardos Grisáceos (Hernández *et al.*, 1975). Los dos primeros tipos tienen un mismo proceso de formación, Sialitización con tendencia a la fersialitización (Cairo y Fundora, 2005). Posteriormente, en la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, el agrupamiento pasó a denominarse Pardo Sialítico y los Pardos sin Carbonatos y Pardos con Carbonatos se unieron en un único tipo, Pardo (Hernández *et al.*, 1999). En el período que medió entre las dos clasificaciones fue elaborada una metodología para categorizar la erosión en los Pardos con Carbonatos, en la que los índices de diagnóstico para establecer los grados de erosión se estiman sobre la base de la potencia de los horizontes **A** y **B**, el contenido de materia orgánica y el lavado de los horizontes (Hernández *et al.*, 1980).

Con este trabajo se propone determinar si la categorización según el grado de erosión elaborada para los Pardos con Carbonatos puede ser utilizada para todos los suelos comprendidos dentro del tipo Pardo de la Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba.

Desarrollo.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló a partir de la información obtenida de los perfiles pertenecientes a la Red Geográfica Experimental del INICA. En el estudio se tuvieron en cuenta 19 perfiles clasificados como Pardos con Carbonatos y 18 considerados Pardos sin Carbonatos (Hernández *et al.*, 1975); ambos tipos de suelo se incluyeron posteriormente, según la Nueva

Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), en el tipo Pardos. La categorización según el grado de erosión por la metodología propuesta por Hernández *et al.* (1980) fue realizada, por separado, a los Pardos con Carbonatos y Pardos sin Carbonatos. La materia orgánica fue determinado por el Método de Wakley & Black (Departamento de Suelos y Agroquímica, 1990).

Tabla 1.- Índices de diagnóstico utilizados por Hernández *et al.* (1980).

Grado de erosión	Potencia A+AB (cm)	Potencia A+AB+B (cm)	M. O. en el horizonte superficial (%)	Observaciones sobre los horizontes
No erosionados	20-40	50-75	3.5-7.3	Con A conservado
Suavemente erosionados	20-30	42-55	2.5-3.4	Parte de A erosionado
Medianamente erosionados	10-20	30-40	2.0-2.4	Con A erosionado
Fuertemente erosionados	0	20-30	1.5-1.9	Parte de B erosionado
Muy fuertemente erosionados	0	0	0.5-1.4	Sin A , AB ni B ; con B₂ o BC en superficie

Para comprobar el grado de exactitud de las categorías determinadas para cada uno de los perfiles, se realizó un Análisis Discriminante a cada uno de los tres grupos anteriormente mencionados. Fue utilizado el software ESTATISTICA 8.

Resultados y discusión

La tabla 2 muestra la categorización de los perfiles estudiados según la intensidad de los procesos erosivos. Aparecen diferenciados los tipos Pardos con Carbonatos y Pardos sin Carbonatos de la 2^{da} Clasificación genética (Instituto de Suelos, 1975) y los Pardos, en los que se agrupan los dos tipos antes mencionados según Hernández *et al.* (1999).

En el caso de los Pardos de la Nueva Versión de Clasificación genética de los suelos de Cuba, el 5.41% son *no erosionados* y el 48.65% se consideran *suavemente erosionados*. Para las restantes categorías se encontró que el 27.03, el 13.51 y el 5.41% eran *medianamente*, *fuertemente* y *muy fuertemente erosionados*, respectivamente. De forma general, según Hernández *et al.* (1975), la erosión en sus diferentes grados afecta en menor medida a los perfiles que corresponden a los Pardos con Carbonatos, que se han formado sobre rocas carbonatadas ricas en calcio; encontrándose una mayor erosión en los Pardos sin Carbonatos, desarrollados a partir de materiales con un contenido medio de cuarzo.

Tabla 2.- Categorización de los perfiles según el grado de erosión determinado.

Grado de erosión	Cantidad de perfiles			
	Pardos con Carbonatos	con	Pardos sin Carbonatos	Pardos
No erosionados	2		---	2
Suavemente erosionados	10		8	18
Medianamente erosionados	4		6	10
Fuertemente erosionados	3		2	5
Muy fuertemente erosionados	---		2	2

Varias son las causas que provocan la erosión en los Pardos en Cuba. En primer lugar los factores de formación, así como las propiedades de estos suelos que favorecen el avance de los procesos erosivos. Es necesario tener en cuenta la ubicación en el relieve ondulado-

alomado que ocupan los mismos (Hernández *et al.*, 1980). Estos autores señalan además, que la escorrentía se ve favorecida por el fenómeno de “autofrenaje de la evolución del suelo”, el cual se manifiesta por el arcillamiento de la parte superior del suelo, con un predominio de la montmorillonita, que provoca en la época de lluvia la expansión de la masa del suelo con el consiguiente sellaje de los poros, lo que origina una atenuación de los procesos de intemperismo. Otros autores (Richelme y Ortega, 2010; Miranda *et al.*, 2010) plantean que los suelos Pardos, al formarse durante un clima más seco y frío que el actual con lluvias invernales, desarrollaron un horizonte B con predominio de síntesis de esmectitas. Las abundantes lluvias del súbito cambio climático en el óptimo climático postglacial holocénico (Ortega, 1984), caídas en un paisaje con vegetación herbácea-arbustiva, arrastraron el horizonte A y expusieron al horizonte B o inclusive BC sobre los que continuaron desarrollándose los procesos edafogénicos (Richelme y Ortega, 2010; Miranda *et al.*, 2010).

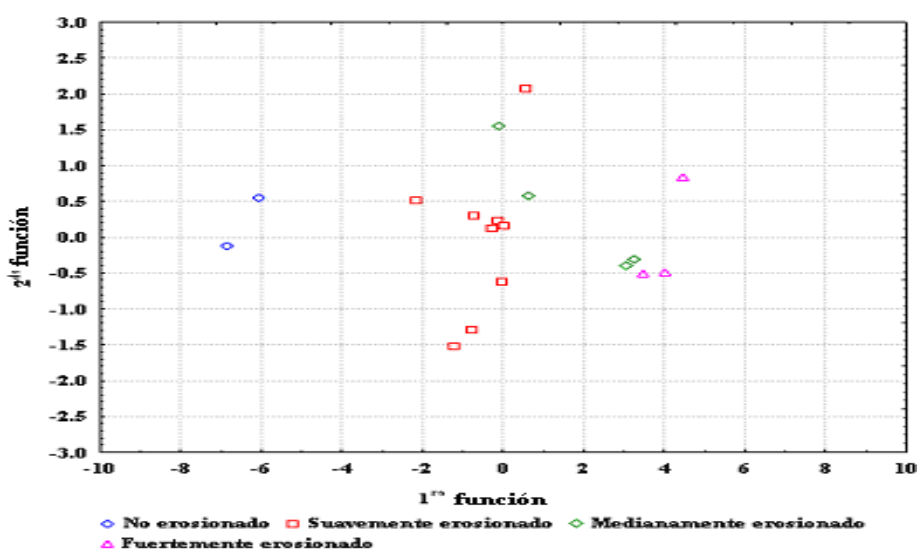


Figura 1.- Representación gráfica del AD realizado a los Pardos con Carbonatos.

La figura 1 muestra la distribución de los grupos formados por los perfiles pertenecientes a los Pardos con Carbonatos. En el Análisis Discriminante (AD) los *no erosionados* y *suavemente erosionados* forman un conjunto inferior, los *medianamente erosionados* se hallan bien ubicados. Los *fuertemente erosionados* constituyen un conjunto superior. La función discriminante muestra una buena explicación de la varianza, con un 99.36% de porcentaje relativo en el primer eje. Además, la derivada de la función señala que existen diferencias significativas entre los grupos en el eje antes mencionado. En la tabla 3 se observa que la materia orgánica (M. O.) fue la que condujo a la diferenciación entre los diversos grados de erosión. O sea, que esta propiedad resultó ser la más sensible a sufrir cambios a largo plazo durante los procesos erosivos.

Tabla 3.- Variables incluidas en la función discriminante de los Pardos con Carbonatos.

	Wilk's Lambda	Partial Lambda	F-remove (3.12)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-square)
M. O.	0.724325	0.120750	31.55343	0.000003	0.892566	0.107434
Horizonte A	0.090524	0.966176	0.15170	0.926737	0.538223	0.461777
Solum	0.091861	0.952117	0.21793	0.882209	0.495841	0.504158

La tabla 4 muestra el modelo de respuesta basado en la materia orgánica, que explica el 73.68% de la variación del incremento o Porcentaje de Buena Clasificación (PBC). Existe coincidencia entre los grupos observados y estimados en los *no erosionados* (grupo 1). En los *suavemente erosionados* (grupo 2), el PBC fue del 90.00%. En este grupo solamente un caso fue estimado como no válido. Los *medianamente erosionados* (grupo 3) fueron estimados por las funciones como no válidos, y se ubicaron 2 casos en los *suavemente erosionados* y los otros 2 en los *fuertemente erosionados* (grupo 4).

Tabla 4.- Matriz de clasificación para los Pardos con Carbonatos.

Grupos	PBC	1	2	3	4
1	100.00	2	0	0	0
2	90.00	0	9	1	0
3	0.00	0	2	0	2
4	100.00	0	0	0	3
Total	73.68	2	11	1	5

Casos válidos 14

Casos no válidos 5

La figura 2 muestra los grupos formados por los Pardos sin Carbonatos. Los *muy fuertemente erosionados*, *fuertemente erosionados* y *medianamente erosionados* forman un conjunto inferior (sin incremento), mientras los *suavemente erosionados* forman un conjunto superior.

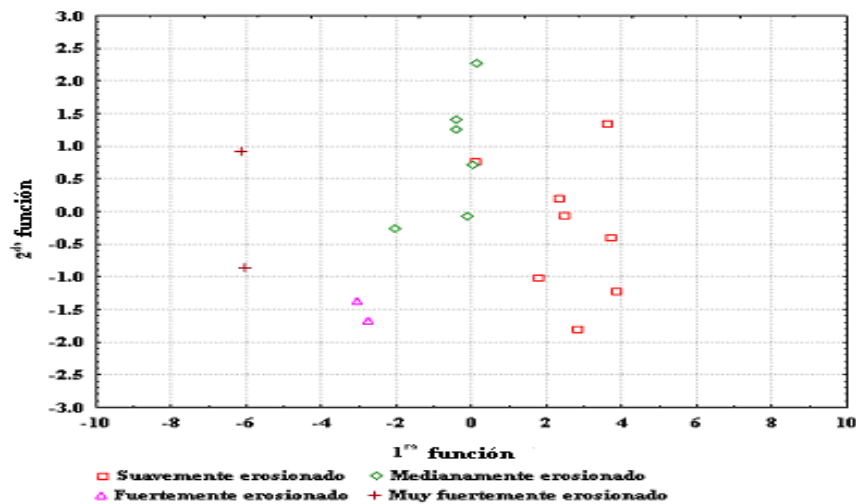


Figura 2.- Representación gráfica del AD realizado a los Pardos sin Carbonatos.

La función discriminante explica 99.90% del total de la variación en los dos primeros ejes, los cuales presentan una buena correlación. Existen diferencias significativas, al menos en el primer eje. La tabla 5 muestra que las propiedades más sensibles fueron la materia orgánica y el horizonte A; las cuales condujeron a la diferenciación entre los diversos grados de erosión.

Tabla 5.- Variables en la función discriminante de los Pardos sin Carbonatos.

	Wilk's Lambda	Partial Lambda	F-remove (3.12)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-square)
M. O.	0.363094	0.138266	24.92969	0.000019	0.619276	0.380724
Horizonte A	0.131187	0.382686	6.45243	0.007546	0.580964	0.419036
Solum	0.074050	0.677965	1.90001	0.183465	0.698066	0.301934

El modelo de respuesta basado en la materia orgánica y el horizonte A explicó el 94.44% de la variación del incremento. Como aparece en la tabla 6, los *suavemente erosionados* (grupo 1) tuvieron un 87.50% de buena clasificación, al ser estimado por las funciones un solo caso no válido entre los 8 casos observados. Este caso fue estimado dentro de los *medianamente erosionados*.

Tabla 6.- Matriz de clasificación para los Pardos sin Carbonatos.

Grupos	PBC	1	2	3	4		
1	87.50	7	1	0	0	■	Casos válidos 17
2	100.00	0	6	0	0	■	Casos no válidos 1
3	100.00	0	0	2	0		
4	100.00	0	0	0	2		
Total	94.44	7	7	2	2		

La figura 3 muestra el análisis discriminante realizado a los Pardos. Los *no erosionados* y *suavemente erosionados* forman un conjunto inferior. Los *medianamente erosionados* están bien ubicados, aunque mezclados. Los *fuertemente erosionados* y *muy fuertemente erosionados* formaron un conjunto superior.

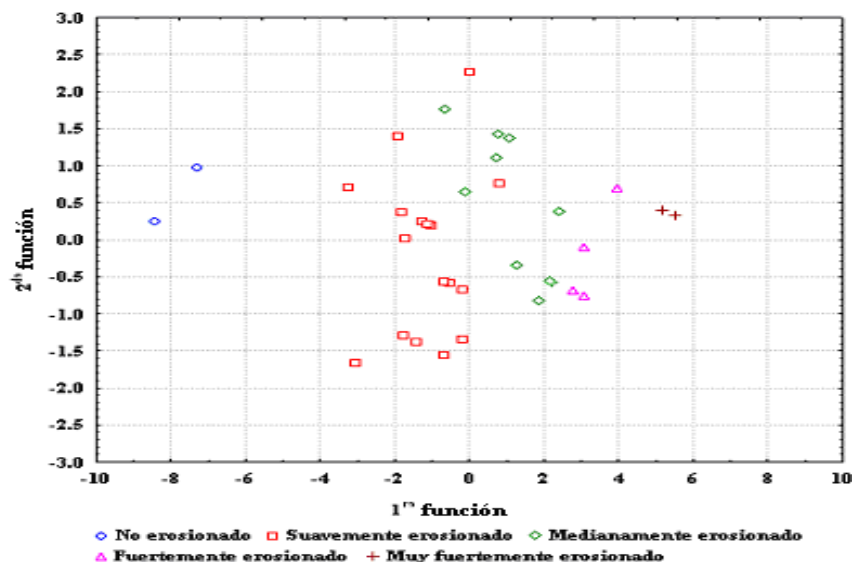


Figura 3.- Representación gráfica del AD realizado a los Pardos.

La función discriminante, muestra en los dos primeros ejes un 99.89% de buena explicación de la varianza y existen diferencias significativas, al menos en el primer eje. La tabla 7 muestra que las propiedades más sensibles fueron, al igual que en los Pardos sin Carbonatos, la materia orgánica y el horizonte A; las cuales condujeron a la diferenciación entre los diversos grados de erosión.


Tabla 7.- Variables incluidas en la función discriminante de los Pardos.

	Wilk's Lambda	Partial Lambda	F-remove (3.12)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-square)
M. O.	0.582101	0.142061	45.29407	0.000000	0.877591	0.122410
Horizonte A	0.115579	0.715478	2.98251	0.034720	0.668599	0.331401
Solum	0.091062	0.908111	0.75890	0.560217	0.660333	0.339667

El modelo de respuesta basado en la materia orgánica y el horizonte A explicó el 86.49% de la variación del incremento. La tabla 8 muestra que los *no erosionados*, los *fuertemente erosionados* y los *muy fuertemente erosionados* fueron clasificados correctamente. No sucedió lo mismo con los grupos 2 y 3 (*suavemente erosionados* y *medianamente erosionados*), donde el porcentaje de buena clasificación fue del 88.89 y el 70.00%, respectivamente.

Tabla 8.- Matriz de clasificación para los Pardos.

Grupos	PBC	1	2	3	4	5
1	100.00	2	0	0	0	0
2	88.89	0	16	2	0	0
3	70.00	0	2	7	1	0
4	100.00	0	0	0	5	0
5	100.00	0	0	0	0	2
Total	86.49	2	18	9	6	2


 Casos válidos 32
 Casos no válidos 5

Ortega (1980) plantea que las diferencias existentes entre los Pardos con Carbonatos y Pardos sin Carbonatos no son tan notables. Sino que existen muchas similitudes entre ellos, como en el caso de los Pardos con Carbonatos lavados y Pardos sin Carbonatos. Además, a la hora de distinguir entre un tipo u otro, solamente la efervescencia o no de la roca sustentadora puede observarse objetivamente en el campo. Este autor plantea que los suelos formados a partir de las rocas carbonatadas y otras con un contenido intermedio de cuarzo (efusivas, areniscas, tobas, etc.), varían en dependencia del grado de lavado, edad absoluta del suelo y riqueza de calcio del material de origen, por lo que no se justificaba la separación en dos tipos diferentes de suelo. Con anterioridad Shishov (1968), señaló que los suelos de formación sialítica sobre rocas calizas, ígneas básicas, productos de elaboración de rocas ígneas, esquistos y desechos marinos deben incluirse en un mismo tipo genético; diferenciándose, por el grado de carbonatación, a nivel de género bajo la influencia local de la roca madre y la composición química de las aguas subterráneas.

Conclusiones.

El porcentaje de buena clasificación (PBC) fue de 73.68, 94.44 y 86.49% para los tres grupos de perfiles estudiados formados por los Pardos con Carbonatos, Pardos sin Carbonatos y Pardos.

Los mayores problemas al usar la metodología de categorización según el grado de erosión se dieron en los conjuntos intermedios (los *suavemente erosionados* y los *medianamente erosionados*).

Las propiedades que se manifestaron con mayor sensibilidad a sufrir cambios a largo plazo fueron la materia orgánica y la potencia del horizonte A.

La metodología establecida para determinar el grado de erosión de los Pardos con Carbonatos de la 2^{da} Clasificación Genética de los suelos de Cuba puede ser utilizada para el tipo Pardo de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba.

Bibliografía.

- Cairo Cairo, P., Fundora Herrera, O. (2005). *Edafología*. Editorial Félix Varela. La Habana.
- Cairo Cairo, P., Quintero, G. (1987). *Suelos*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Cuéllar, I., Villegas, R., de León, M y Pérez, H. (2002). *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*. Ediciones Públicas. La Habana.
- Dirección General de Suelos y Fertilizantes. (1985). *Suelos de la provincia Holguín*. Editorial Científico-Técnica. La Habana.
- García del Risco, E., Vázquez Fernández, A. (2000). *Los suelos y la fertilización de la caña de azúcar*. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana
- Hernández Jiménez, A., Herrera, L. M., Iznaga, E. y Tatevosian, G. S. (1980). La erosión en los suelos Pardos con Carbonatos (Pardos Sialíticos) de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 5, 39-50.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Ascanio, O., Ortega, F., Ávila, L., Cárdenas, A., y Marrero, A. (1975). II Clasificación Genética de los suelos de Cuba. *Agricultura*, 8(1), 47-69.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D., Rivero Ramos, L. y Camacho Díaz, E. (1999). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba*. AGRINFOR. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
- Instituto de Suelos. (1973). *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba..* Academia de Ciencias de Cuba. La Habana.
- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (1990). *Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica*. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana.
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Miranda, Y. J., Ortega Sastriques, F., Hernández, G. (2010). El predominio de los suelos sialíticos en Cuba como una consecuencia de los cambios climáticos en el Cuaternario. CD-ROM Memorias del Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelos y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. La Habana.
- Ortega Sastriques, F. (1984). Las hipótesis paleoclimáticas y la edad de los suelos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 21, 45-59.
- Ortega Sastriques, F. (1980). Sobre la clasificación de los suelos de color pardo de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*, 6, 97-107.
- Plá Sentis, I. (2009). Retos para el futuro de la Ciencia del Suelo frente al cambio global. CD-ROM Memorias del XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Costa Rica.
- Richelme Aguirre, W. A. y Ortega Sastriques, F. (2010). Anomalía de la manifestación de erosión en las regiones alomadas de Cuba. CD-ROM Memorias del Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelos y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. La Habana.
- Shishov, L. L. (1968). Sobre la clasificación de los suelos de las plantaciones de caña de azúcar en Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. *Ser. Caña de Azúcar*, 21, 1-16.
- Shishov, L. L., Shishova, V. S. y Villegas Delgado, R. (1973). Fertilidad de los suelos de algunas áreas cañeras de Cuba. La Habana. Departamento de Suelos y agroquímica. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar.

Fecha de recibido: 8 ene. 2014
Fecha de aprobado: 9 mar. 2014