

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS Y SUS INDICADORES DE LA LLANURA ROJA DE LA HABANA

Degradation Red Ferralitic lixiviated soils and indicators of the Red Valley Havana

Alberto Hernández Jiménez[✉], Marisol Morales Díaz, Adriano Cabrera Rodríguez, Miguel O. Ascanio García, Yenia Borges Benítez, Dania Vargas Blandino y Andy Bernal Fundora

ABSTRACT. In the last 20 years in the world, are paying ones paying attention to the problems related with the anthropogenic influence in changes of soil properties, principally at tropical regions for the intensive and continued agriculture use. These investigations are little gone aboard in Cuba, so that in this paper are presenting some results about this problem in Red Lixiviated Ferralitic soils (RLF). These soils occupy about to 150 000 hectares in old Havana province (now Mayabeque and Artemisa province), and they are one of the best agricultural soils of the country. However, they have been submitted during over two centuries to the agricultural exploitation, initially with cultivations like tobacco, sugar cane, coffee and at a later time with viands, grains and vegetables, with models in occasions of tall raw materials, most of all in 1975-1990's period. Taking the above into account we had study the properties of 38 soils profiles of RFL soils in relation with to the use to which they have been subdued, grouping in pattern profiles (under wooded land of forests of over 40 years), preserved (under pasturelands or 20-30's wooded lands years) and agrogenics (under permanent cultivation during a lot of years). The impacts in the biological activity of the soils and the decrease of the relative productivity of the agrogenic soils respect to the soil pattern were examined besides. Finally a series of indicators are proposed to the different type of soils (pattern, preserved and agrogenic) and is emphasized that the sostenibility of the soils in this ecosystem is given to maintain an adequate content in organic matter, than together with the contents and type of clay and the one iron content maintains a formation of a good structure in them.

RESUMEN. En los últimos 20 años se viene prestando atención a los problemas relacionados con la influencia antropogénica en el cambio de las propiedades de los suelos, sobre todo en regiones tropicales por el uso intensivo y continuo en la agricultura. En Cuba estas investigaciones están poco abordadas, por lo que en el presente trabajo se estudia esta problemática en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados que ocupan un área cerca de 150 000 hectáreas en la antigua provincia Habana (hoy día Mayabeque y Artemisa), resultando por sus características de los mejores suelos agrícolas del país. Sin embargo, han estado sometidos durante más de dos siglos a la explotación agrícola, inicialmente con cultivos como tabaco, caña de azúcar, café y posteriormente con viandas, granos, vegetales y hortalizas, con modelos en ocasiones de altos insumos, sobre todo en el período de 1975-1990. Teniendo en cuenta lo anterior se estudian las propiedades de 38 perfiles de los suelos FRL en relación con el uso a que han estado sometidos, agrupados en perfiles patrones (bajo arboleda de bosques de mas de 40 años), conservados (bajo pastizales o arboledas de 20-30 años) y agrogénicos (bajo cultivo permanente durante muchos años). Se analizó además los impactos en la actividad biológica del suelo y la disminución del rendimiento relativo de los suelos conservados y agrogénicos con relación al patrón. Se propone finalmente una serie de indicadores para cada estadio de estos suelos y se enfatiza en que la sostenibilidad de los suelos en este ecosistema está determinado por mantener un cierto contenido en materia orgánica, que junto con el contenido y tipo de arcilla y el de hierro mantiene una formación de estructura adecuada en ellos.

Key words: degradation, intensive agriculture, Cuba, soil organic matter

Palabras clave: degradación, suelo, agricultura intensiva, Cuba, materia orgánica del suelo

Dr.C. Alberto Hernández Jiménez y Dr.C. Adriano Cabrera Rodríguez, Investigadores Titulares; Yenia Borges Benítez, Especialista; M.Sc. Dania Vargas Blandino, Investigador Agregado; Andy Bernal Fundora, Reserva Científica del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque; M.Sc. Marisol Morales Díaz, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones para la Agricultura Tropical (INIFAT); Dr.C. Miguel O. Ascanio García, Investigador Titular, Universidad Veracruzana (UV), México.

✉ ahj@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales constituyen la zona cálida y diversamente húmeda del mundo y sus suelos son muy diversos, siendo los que más rápidamente experimentan los rigores del clima en la transformaciones mineralógicas y orgánicas durante su formación. El manejo adecuado de los mismos en la producción de alimentos resulta un elemento fundamental para lograr buenos rendimientos agrícolas (1), que inicialmente se realizó en forma intensiva durante el siglo XX y sobre todo después del año 1945. Esto conllevó a la manifestación rápida e intensa de los procesos de degradación de los suelos (2). Sin embargo, en los últimos 20 años se trata de lograr la sostenibilidad de los suelos tropicales en la producción agrícola, cuestión que se viene logrando con mucho esfuerzo en algunas regiones de África (3) y en Brasil (4).

En Cuba se viene trabajando en los últimos 10 años en el diagnóstico de la degradación de los suelos, para lograr la sostenibilidad de los mismos mediante investigaciones a mediano y largo plazo sobre la base de los llamados sectores y parcelas de referencia (5). En este trabajo se exponen los resultados recientes en el diagnóstico de la degradación de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, de la llamada «llanura roja de la Habana», que hoy día comprende territorios con una extensión de 150 000 hectáreas en las provincias Mayabeque y Artemisa¹, y al mismo tiempo se presentan los indicadores de esta degradación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones se llevaron a cabo estudiando perfiles de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL) agrupados en tres categorías; los llamados perfiles patrones (seis perfiles), en condiciones naturales o con muy poca alteración de la cobertura vegetal original, perfiles conservados (14 perfiles) tomados en sistemas de pastizales o arboledas de campesinos de 20-25 años y perfiles de suelos muy cultivados o agrogénicos (18 perfiles).

Estos suelos fueron descritos siguiendo el Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos². Las muestras de suelos fueron analizadas en el laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas por los siguientes métodos analíticos:

- ✓ pH en agua, por potenciometría, relación suelo: agua 2:1
- ✓ Materia orgánica según Walkley & Black
- ✓ Carbono, por división del porcentaje de materia orgánica entre 1,724 fósforo asimilable por Oniani
- ✓ Cationes cambiables por acetato de amonio y acetato de sodio

- ✓ Potasio asimilable, por cálculo del potasio intercambiable
- ✓ Humedad por método gravimétrico, en estufa a 105°C, hasta peso constante
- ✓ Composición mecánica por el método de Bouyoucos utilizando pirofosfato de sodio para destruir los microagregados y exametáfosfato de sodio como dispersante
- ✓ Textura por el triángulo textural
- ✓ Composición de microagregados por el método de Bouyoucos pero sin reactivos químicos
- ✓ El factor de dispersión mediante cálculo teniendo en cuenta el porcentaje de arcilla en análisis mecánico y en el de microagregados
- ✓ La densidad aparente se determinó por el método de los cilindros, utilizando cilindros de 100 cm³ de volumen
- ✓ Las reservas de carbono (en mg.ha⁻¹) se realizó por cálculo según la fórmula:

$$RC: \%C \times Dv (kg/dm^3) \times Profundidad\ capa (cm)^1$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESCENARIO DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS DE LA LLANURA ROJA DE LA ANTIGUA PROVINCIA HABANA, HOY DÍA MAYABEQUE Y ARTEMISA, CUBA

La llamada «Llanura roja de La Habana», está constituida por suelos Ferralíticos Rojos, la mayor parte de ellos lixiviados, por lo tanto predominan los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, éutricos, arcillosos, según la última versión de clasificación de suelos de Cuba (6) que se correlacionan con los suelos Nitisoles ferralíticos, líxicos (éutricos, arcillícos y ródicos), según la clasificación de suelos del World Reference Base (7). Esta es una región de llanura cársica, con clima tropical subhúmedo, con lluvias en verano que oscilan entre 1300-1500 mm anualmente y temperatura media anual de 24°C. Durante más de dos siglos esta llanura ha sido muy cultivada, de forma tal que ya desde principios del siglo XIX, se planteaba que estos suelos necesitaban restaurar su fertilidad ya que habían sido muy cultivados durante la época colonial (8), inicialmente por el cultivo del tabaco y posteriormente por la caña de azúcar, café y cultivos varios.

En los últimos años se han obtenido resultados sobre el cambio de las propiedades de estos suelos por la influencia de la producción agrícola continua (9, 10, 11, 12, 13, 14), llamándose a estas transformaciones como evolución agrogénica de los suelos (10), acorde a estos principios planteados anteriormente en la edafología rusa (14, 15, 16).

Entre los resultados se destaca que con el cultivo agrícola e intensivo, se oxida la materia orgánica del suelo,

¹Instituto 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.

conllevando a la ruptura de los microagregados, los cuales están constituidos por hierro, materia orgánica y arcilla (17), de forma tal que se aumenta el factor de dispersión de la arcilla en el suelo, se destruye la estructura original (granular y nuciforme) y se aumenta la densidad de volumen, con el surgimiento de la compactación del suelo. Además se disminuye la porosidad total y de aeración y el almacén de agua en el suelo.

Los impactos del cultivamiento sobre la actividad biológica, el contenido en materia orgánica y la fertilidad del suelo son destacados por varios autores (18, 19, 20, 21).

Se obtienen las pérdidas de carbono en los suelos muy cultivados (Tablas I y II), en comparación con suelos conservados (en arboledas o pastizales de muchos años) o patrones (suelos de arboledas de más de 50-100 años), así como las pérdidas del almacén de agua y el rendimiento relativo de los suelos.

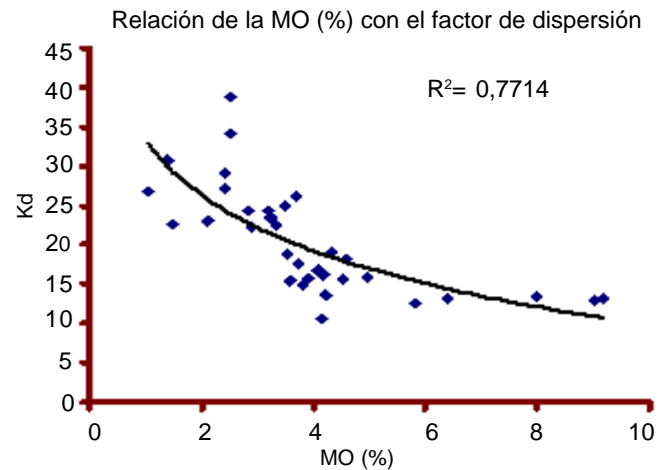


Figura 1. Relación entre el contenido de MOS (%) y el factor de dispersión (Kd)

Tabla I. Promedio de reservas de carbono en mg.ha⁻¹ en suelos FRL, bajo diferente cobertura vegetal y sus pérdidas, en relación con suelos patrones, en el ecosistema de la llanura roja de La Habana

Grupos de perfiles	Reservas (mg.ha ⁻¹) x capas (cm)				Pérdidas (mg.ha ⁻¹) x capas (cm)			
	0-20	0-50	0-100	50-100	0-20	0-50	0-100	50-100
Patrón (6)	67	97	133	40	--	--	--	--
Conservado (14)	48	87	123	36	19	10	10	4
Agrogénico (18)	32	62	89	27	35	35	43	13

Tabla II. Pérdidas relativas de carbono en por ciento, en suelos FRL, por la influencia agrogénica, en el ecosistema de la llanura roja de La Habana

Grupos de perfiles	Por ciento de pérdidas contra perfil patrón x capas (cm)			
	0-20	0-50	0-100	50-100
Patrón (6)	--	--	--	--
Conservado (14)	28,4	10,3	7,5	10,0
Agrogénico (18)	52,2	36,1	32,3	32,5

Es decir, que los resultados indican que estos suelos han perdido en perfiles conservados el 28,4 % de las reservas de carbono con suelos cercanos a los que existían en ecosistemas naturales y los agrogénicos 52,2 % del carbono. En ambos casos en la capa de 0-20 cm (capa arable del suelo). Para la variante de suelos agrogénicos, las pérdidas de carbono en las capas de 0-50 y 0-100 cm están alrededor del 30 %. Estos resultados están dentro de los límites de pérdidas de carbono en los ecosistemas naturales planteados por varios autores (22), quienes aseguran que los suelos agrícolas han perdido entre el 30 y 75 % de las reservas de carbono orgánico o 30 a 40 mg C.ha⁻¹.

También la relación entre el contenido en materia orgánica del suelo (MOS) y el factor de dispersión (Figura 1) y la correlación entre el contenido en MOS y la densidad de volumen (Figura 2).

Se determinan algunos indicadores promedio para estas propiedades en los suelos bajo diferente cobertura vegetal (Tabla III).

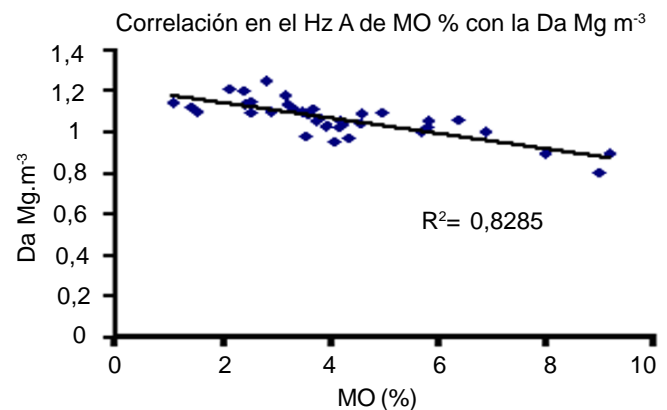


Figura 2. Correlación entre los valores de la MOS (%) y de la densidad de volumen (mg.m⁻³)

Además de la caracterización anterior, se realizó la medición de la humedad del suelo hasta 60 cm, mensualmente durante tres años (2006-2008) en las tres variantes de suelo patrón, suelo conservado y suelo agrogénico. En la Tabla IV se presentan los datos sobre la disminución del almacén de agua en las variantes de suelos conservado y muy cultivado contra el patrón.

Con la destrucción de la estructura del suelo y el aumento del contenido de la arcilla dispersa en el horizonte superior, puede ocurrir la formación de un piso de arado, el cual favorece el lavado lateral del material del suelo, llamado también lixiviado frontal (23), debido tanto a las aguas de lluvia como al riego por aniego que utilizan los productores particulares (campesinos) (Foto 1).

Tabla III. Valores promedios de la MOS, reservas de carbono, densidad aparente y factor de dispersión en los suelos (32 perfiles analizados)

Grupos de perfiles	MOS (%) (Horizonte A)	Reservas de C en Mg.ha ⁻¹ (capas en cm)				Densidad de volumen Mg.m ⁻³	Factor dispersión (Horizonte A)
		0-20	0-50	0-100	50-100		
Patrón	6,380	67	97	133	36	1,008	12,400
Conservado	4,581	48	87	123	36	1,038	15,615
Agrogénico	2,501	32	62	89	27	1,145	26,810

Tabla IV. Determinación de las pérdidas de almacén de agua según variante de uso de los suelos Ferralíticos rojos Lixiviados

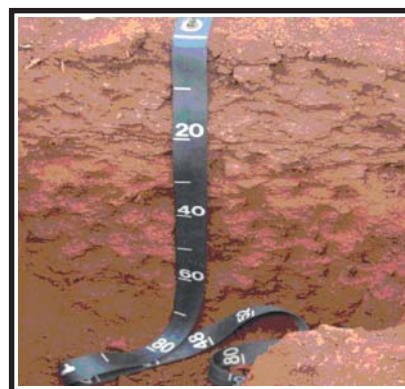
Uso del suelo	Reservas de humedad (m ³ .ha ⁻¹) al LSHP para las diferentes capas de suelo (cm)		Reservas de humedad (m ³ .ha ⁻¹) al LIHP para las diferentes capas de suelo (en cm)		Humedad productiva de suelo (m ³ .ha ⁻¹), para las diferentes capas de suelo (cm)		Cálculo de la disminución del por ciento relativo de la humedad productiva por capas de suelo (cm)		Pérdidas en el por ciento de la humedad productiva por capas (cm)	
	0-20	0-60	0-20	0-60	0-20	0-60	0-20	0-60	0-20	0-60
	Ficus	941	2570	659	1799	282	771	--	--	--
Frutales	780	2303	546	1612	234	691	83	90	17	10
Cultivos	679	2261	475	1583	204	678	72	88	28	12



Obsérvese el sedimento que se ocasiona con el riego por aniego, tradicional en la zona, por escurrimiento lateral, en una pendiente menor de 2 %

Foto 1. Tomada en finca de un productor del municipio Batabanó con el cultivo de yuca (*Manihot utilissima*), con riego

Con el lixiviado frontal, el horizonte subyacente se acerca a la superficie del suelo, pudiendo aparecer una estructura del horizonte Bt en superficie, que puede ser de bloques subangulares, poliédrica y aún prismática (en el caso de los Ferralíticos Rojos compactados) o también el piso de arado que comúnmente se forma en estos suelos. La llegada del piso de arado a la superficie del suelo, o cerca de la misma, da una estructura tipo enlosada no propia en los suelos de composición ferralítica, conllevando al mismo tiempo en una merma de los rendimientos agrícolas (Fotos 2 y 3).

**Foto 2. Se observa un piso de arado formado en estos suelos por el cultivo continuado, en este caso siembra de flores (gladiolos) en una finca de la provincia Mayabeque****Foto 3. Se presenta un perfil del suelo FRL con una estructura enlosada en superficie, como resultado de la aparición en superficie de un piso de arado que comienza a destruirse por el cultivo**

Con el tiempo, por el cultivo se fragmenta el piso de arado y puede llegar a desaparecer, volviendo a mejorarse el suelo, pero sin su productividad original ni con un contenido en materia orgánica apreciable.

En este caso la sostenibilidad del suelo para la producción agrícola estriba en el contenido en hierro relativamente alto y de arcilla, que aún sin tener altos contenidos en materia orgánica mantienen la capacidad del suelo para producir alimentos.

Otras investigaciones se realizaron con cada variante de suelo estudiado para conocer la influencia antropogénica en la actividad biológica de cada una de ellas. En este caso se realizó el estudio de la respiración del suelo y su actividad micorrízica y se pudo observar que siempre en los suelos patrones fue mayor la respiración, la cantidad de esporas nativas del HMA en el suelo, su colonización y la producción de glomalina; mientras que en los suelos conservados fue intermedio y en los cultivados muy bajo.

La actividad micorrízica resulta un indicador muy rápido de obtener y muy significativo, en relación con las características de los suelos y con la influencia antropogénica. Varios autores han podido determinar que la producción de glomalina influye muy positivamente en la agregación del suelo cuando no está cultivado, mientras que es muy pobre en los muy cultivados (24, 25, 26, 27, 28). Por tanto, estas propiedades pueden servir de indicador de la influencia antropogénica en estos suelos.

Mediante experimentos controlados en maceta, se determinó la productividad de los suelos (patrón, conservado y muy cultivado), utilizando sorgo como cultivo testigo. El rendimiento en materia seca obtenido durante tres cortes para el suelo patrón se puso al 100 % del rendimiento, determinando los rendimientos relativos para las otras dos variantes de suelo (Tablas V y VI).

Estos datos demuestran que los suelos que han estado bajo la influencia de la formación agrogénica pierden un 50 % de su productividad con relación al suelo patrón, formado en las condiciones más naturales posibles.

Con estos resultados se preparó una serie de indicadores para las tres variantes de suelos; patrón, conservado y muy cultivado (agrogénico), como se presenta en la Tabla VII (11).

Tabla VI. Rendimiento relativo calculado por experimentos en macetas, después de tres cortes, usando sorgo como cultivo indicador

Variante de suelo	Peso en gramos de masa seca por variante de suelo		
	Total	Por ciento respecto al patrón	Pérdida de rendimiento (%)
Patrón	25,99	100	0
Conservado	16,18	62,3	37,8
Antropizado	12,89	49,6	50,4

La sostenibilidad de los suelos FRL de la «llanura roja de la Habana» se sustenta en:

- ✓ La formación de microagregados donde interviene la materia orgánica, el hierro y las partículas arcillosas principalmente y que a pesar que se degrada el suelo por pérdidas de materia orgánica, se mantiene cierta microagregación por el contenido en hierro y cantidad de arcilla del tipo 1:1, de forma tal que a pesar de que los suelos están bajo cultivo de hace más de dos siglos siguen dando respuesta a las prácticas agrícolas.

Las investigaciones futuras deben encaminarse a:

- ✓ Determinar el umbral del por ciento de carbono orgánico del suelo en relación con el comienzo de la destrucción de la estructura del suelo y baja de su productividad agrícola.
- ✓ Determinar el grado de degradación de los suelos, según la intensidad de la degradación en: poco degradados, medianamente degradados y fuertemente degradados.
- ✓ Determinar las dosis de abonos orgánicos posiblemente con alguna aplicación de fertilizante mineral que mantenga las propiedades agroproductivas del suelo, con rendimientos agrícolas aceptables.

Estos resultados deben combinarse con estudios sobre bioinsumos para ver los mejores rendimientos en los diferentes cultivos (papa, frijol, viandas, frutales y hortalizas).

Esto solamente puede lograrse en el futuro a través de experimentos en campo con cultivos de mediana y larga duración.

Tabla V. Rendimiento en gramos en los tres cortes de los experimentos en macetas

Variante de uso del suelo	Gramos de masa seca por maceta								
	Primer corte	Por ciento respecto al patrón	Segundo corte	Por ciento respecto al patrón	Tercer corte	Por ciento respecto al patrón	Total	Por ciento respecto al patrón	Por ciento de pérdida del rendimiento
Ficus	13,73	100	6,29	100	5,97	100	25,99	100	--
Mango	8,40	61,18	4,60	73,13	3,18	53,27	16,18	62,25	37,8
Cultivos intensivos	6,83	49,75	3,88	61,69	2,18	36,52	12,89	49,60	50,4

Tabla VII. Indicadores de la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, por la influencia agrogénica

Suelo y propiedades	Nitisol ferrálico lítico (éutrico, arcílico y ródico), FRL patrón	Nitisol ferrálico lítico (éutrico, arcílico y ródico), FRL conservado	Nitisol ferrálico lítico (éutrico, arcílico y ródico), FRL muy cultivado
Tipo de perfil	O-Ah-Bt-C	Ah o A-Bt-C	A o BA-Bt-C
Estructura del horizonte A y Bt	En el A, granular; en el Bt bloques subangulares, poliédrica o prismática	En el A, granular y nuciforme; en Bt bloques subangulares (5-7 cm), poliédrica o prismática	En el A de bloques pequeños o bloques subangulares, poliédrica o prismática, a veces con piso de arado en la superficie o cerca de ella
Contenido en materia orgánica (en %)	Muy alto > 5-6 %	Entre 3,5-5,0 %	< de 3,5 %
Factor de dispersión en el horizonte A	De 10-15	De 15-20	Mayor de 20, puede llegar a 40-50
Densidad aparente (mg.m ⁻³)	En el horizonte A entre 0,9-1,02; en el Bt entre 1,0 y 1,10	En el horizonte A entre 1,0 y 1,05, en el Bt entre 1,05 y 1,15	Mayor de 1,10 y puede llegar hasta 1,3-1,4 sobre todo en el horizonte Bt
Actividad micorrízica	Alta, tanto por la cantidad de esporas como por la producción de glomalina	Con reducción en la producción de esporas	Baja, por la cantidad de esporas como por la cantidad de glomalina producida

REFERENCIAS

- Sánchez, P. A. Properties and management of soils in the tropics. New York : Wiley Interscience.1976.
- Oldeman, I. R.; V. W. Van Egelen y Pulles, J. R. The extent of human induced soil degradation. ISRIC. Wageningen. The Netherlands. 1990.
- Sánchez, P. A.; Shepherd, D.; Soule, M. J.; Place, F. M.; Buresh, R. J.; Izac, A. M.; Uzo Mokwunye, A. y Woomer, P. J. Soil Fertility Replenishing in Africa: An Investment in Natural Resource Capital. *Soil Science Society of America*, 1997, p 1-46.
- Alves, Bruno J. R.; Urquiaga Segundo; Aita, Celso; Boddey, Robert M.; Jantalia, Claudia R. y Camargo Flavio, A.O. Manejo de Sistemas Agrícolas. Impacto no Seqüestro de C e nas Emissoes de Gases de Efeito Estufa. Embrapa, 2006, 215 p. ISBN: 85-87578-13-8.
- Hernández, A.; Ascanio, O.; Morales Marisol; Bojórquez, J. I.; García, Norma y García, J. D. El suelo; fundamentos de su formación, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad de Nayarit, México., 2006, 255 p. ISBN: 968-833-072., Tepic, Nayarit.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Rivero, L. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, 1999, 64 p. ISBN: 959-246-022-1.
- IUSS Working Group WRB, 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos 103. FAO, ISRIC, 1999. 2008, 117 p.
- Crawley, J. T. Las Tierras de Cuba. Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. Editorial Rambla, Bouza, La Habana.1916, 81 p.
- Hernández, A.; Morell, F.; Morales Marisol; Borges, Yenía y Ascanio, O. Cambios globales en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ferrálicos, ródicos, éutricos) de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2006, no. 2, p. 41-50.
- Hernández, A.; Morales, M.; Morell, F.; Borges, Y.; Bojórquez, J. I.; Ascanio, M. O.; García, J. D.; Ontiveros, H. y Murray, R. Changes in soil properties by agricultural activity in tropical ecosystems. Abstracts International conference «Soil Geography: New horizons». Huatulco, Mexico, 2009, p. 57.
- Hernández, A., Bojórquez, J. I., Morell, F.; Cabrera, A.; Ascanio, M. O.; García, J. D.; Madueño, A. y Nájera, O. Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Universidad autónoma de Nayarit, México e Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2010, 80 p. ISBN: 978-607-7868-27-9. Tepic, Nayarit.
- Morell, F.; Hernández, A.; Fernández, F. y Yuselín Toledo. Caracterización agrobiológica de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el manejo agrícola. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 27, p. 13-18.
- Morales, M.; Hernández, A.; Marentes, F.; Funez-Monzote, F.; Borges, Y.; Morell, F.; Vargas, D. y Ríos, H. Nuevos aportes sobre el efecto de la disminución de materia orgánica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. *Revista Agrotecnia de Cuba*. 2008, vol. 32, p. 57-64.
- Tonkonogov, V. D. y M. I. Guerasimova. Agrogenic Pedogenesis and Soil Evolution. Abstracts International Conference Global Soil Change, Instituto de Geología, UNAM, Mexico City, 2005, p. 79-80.
- Shishov, L. L.; Tonkonogov, V. D.; Lebedeva, I. I. y Guerasimova, M. I. Diagnóstico y clasificación de suelos de Rusia (en ruso). Moscú: Oikumena. 2004, 341 p. ISBN: 5-93520-044-9

16. Dubrovina, I. An experience of a large scale soil mapping with the use of a new Russian Soil Classification system. Abstracts International conference «Soil Geography: New Horizons». Huatulco, Oaxaca, Mexico, 2009, p. 45.
17. Cooper, M.; Vidal-Torrado, P. y Chaplot, V. Origin of microaggregates in soils with ferralic horizons. *Sci Agric.*, 2005, vol.62, p. 256-263.
18. Green, V. S.; Stott, D. E.; Cruz, J. C. y Kuri, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soils & Tillage Research*, 2007, vol. 92, p. 114-121.
19. Noellmeyer, E. R. Carbon content and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of Central Argentina. *Soil & Tillage Research*, 2008, vol. 99, p. 179-190.
20. Hontoria, C. H.; Velázquez, R.; Benito, M.; Almorox, A.; Moliner, A. Bradford reactive soil proteins and aggregate stability under abandoned versus tilled olive groves in a semiarid calcisol. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, vol. 41, p. 1583-1585.
21. Fonte, S. J.; Barrios, E.; Six, J. Earthworms, soil fertility and aggregate associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. *Geoderma*, 2009, doi 10. 2016/geoderma 12.016.
22. Lal, R.; Follet, R.; Stewart, B. A. y Kimble, J. M. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Science*, 2007, vol. 172, no. 12, p. 943-956.
23. Belobrov, V. P. Sobre la lixiviación y la diferenciación textural en algunos suelos de Cuba (en ruso). *Pochvovedenie*, 1978, vol. 5, p. 29-41.
24. Bois Faxos, C.; Calvo Cases, A.; Imeson, A. C. y Soriano Soto, M. D. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 2001, vol. 44, p. 47-67.
25. Beare, M. H.; Hua, T. S.; Coleman, D. C. y Hendrix, P. F. Influence of micelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils. *Applied Soil Ecology*, 2007, vol. 5, no. 211-219.
26. Wright, S. F.; Green, V. S. y Cavigelli, M. A. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. *Soil & Tillage Research*, 2007, vol. 94, p. 546-549.
27. Rosier, C. L. Intracellular protein and glomalin as a tool for quantifying arbuscular mycorrhizal root colonization. *Pedobiología*. doi: 10. 1016/j.pedobi. 2008.02.002.
28. Giovannetti, M.; Bendini, S.; Pellegrino, E.; Avio, L.; Pellegrino, S.; Bazzoffi, P. y Argese, E. Changes in soil aggregation and glomalin-related soil protein content as affected by the arbuscular mycorrhizal fungal species *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, vol. 41, p. 1491-1496.

Recibido: 20 de octubre de 2011

Aceptado: 5 de noviembre de 2012

¿Cómo citar?

Hernández Jiménez, Alberto; Morales Díaz, Marisol; Cabrera Rodríguez, Adriano; Ascanio García, Miguel O.; Borges Benítez, Yenia; Vargas Blandino, Dania y Bernal Fundora, Andy. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana». *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 3, p. 45-51.