



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Degradación de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la Llanura Roja de la Habana, por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento

ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

Otras entidades participantes: Instituto de Investigaciones Fundamentales para la Agricultura Tropical, Finca Agroecológica Martha

AUTOR PRINCIPAL: Alberto Hernández Jiménez

Otros autores: Marisol Morales Díaz¹, Juan Adriano Cabrera Rodríguez², Dania Vargas Blandino², Fernando Morell Planes², Fernando Funes Monzote³, Andy Bernal Fundora², Pedro José González Cañizares², Yenia Borges Benítez², Greter Carnero Lazo², Yakelín Hernández Fundora¹, Zoilo Terán Vidal¹ y Dayana Grandio de la Torre¹

Filiación: ¹Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales para la Agricultura Tropical (INIFAT), ²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ³Finca Agroecológica Marta

Colaboradores: Miguel Osvaldo Ascanio García¹, Francy Lorena Marentes², Norma Eugenia García Calderón³, José Irán Bojórquez Serrano⁴, Alberto Madueño Molina⁴, Juan Diego García Paredes⁴, Ramón Rivera Espinosa², Humberto Ríos Labrada², Yeramís Cánepa Ramos⁵, Elein Terry Alfonso², Tomás Hernández García², Máximo Caruncho² y Walkiria Delgado Alpízar²

¹Universidad Veracruzana, (UV), México; ²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); ³Universidad Autónoma de México (UNAM); ⁴Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México; ⁵Instituto de Investigaciones del Tabaco (IIT)

RESUMEN

Palabras clave

suelos ferralíticos rojos lixiviados; propiedades de los suelos; carbón orgánico

En Cuba las investigaciones sobre la influencia del cultivo continuado en las propiedades de los suelos 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 ha (hectáreas) en la antigua provincia Habana (hoy día Mayabeque y Artemisa). Teniendo en cuenta lo anterior se estudian las propiedades de 38 perfiles de los suelos ferralíticos rojos lixiviados en relación con el uso a que han estado sometidos, agrupados en los perfiles siguientes: patrones (bajo arboleda de bosques de más de 40 años), conservados (bajo pastizales o arboledas de 20-30 años) y agrogénicos (bajo cultivo permanente durante muchos años). Fueron determinadas las pérdidas de carbono orgánico del suelo y los impactos en otras propiedades edafológicas, incluyendo la actividad biológica del suelo y la disminución del rendimiento relativo de los suelos conservados y agrogénicos con relación al patrón. Se propone una serie de indicadores para cada estadio de estos suelos. Se obtienen además

resultados sobre las pérdidas y ganancias de carbono orgánico por año según el manejo que ha tenido el suelo. Finalmente se proponen indicadores para las diferentes variantes de suelos (patrones, conservados y agrogénicos) y se enfatiza en que la sostenibilidad de los suelos en este ecosistema está determinada por mantener un cierto contenido en materia orgánica, que junto con el contenido y tipo de arcilla y de hierro mantiene una formación de estructura adecuada en ellos.

Los suelos ferralíticos rojos y ferralíticos rojos lixiviados sobre las llanuras cárnicas en Cuba se cultivan desde el siglo XVIII con cierta intensidad (tabaco, café, caña de azúcar). Por esta razón, ya desde 1916, Crawley planteó la necesidad de mejorar su fertilidad mediante la aplicación de abonos. Encontrar hoy día bosques primarios en ellos es imposible. Teniendo en cuenta los dos problemas principales existentes en la edafología actual (los problemas de degradación del suelo y la problemática del cambio climático), se llevan a cabo investigaciones en este sentido con el objetivo principal de determinar el cambio de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados por el cultivo continuado y su relación con el cambio climático.

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 suelos (Hernández *et al.*, 1995). Las muestras de suelos fueron analizadas en el laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas mediante 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 exametafosfato 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 se determinó mediante cálculo teniendo en cuenta el porcentaje de arcilla en el análisis mecánico y en el de microagregados. La densidad de volumen se determinó por el método de los cilindros en el campo. Las reservas de carbono (en Mg.ha⁻¹) se calcularon según la fórmula: $RCO = \%CO \times Dv \times Prof \times (1 - \% \text{ gravas o piedras})$. Se realizó además el análisis de la estabilidad estructural del suelo por el método de Savinov y la caracterización del piso de arado. También se pudo determinar las pérdidas o ganancias de carbono orgánico según el manejo del suelo, comparando reservas de carbono después de más de 5 años de analizados.

Los resultados obtenidos permiten alcanzar cambios iniciales en la morfología de los suelos. Los perfiles patrones son del tipo O-Ah-Bt-C o Ah-Bt-C con mucha hojarasca en superficie. Los perfiles conservados son del tipo A o Ah-Bt-C y los agrogénicos A-Bt-C, BA-Bt-C o BA-Bt(pa)-C, donde *pa* significa formación de un "piso de arado". Por los datos de las reservas de carbono en estos suelos, se puede hacer un estimado de las pérdidas que han tenido con relación a los patrones, como se muestra en la tabla.

Tabla.
Pérdidas de carbono en suelos ferralíticos rojos lixiviados por la influencia agrogénica en el ecosistema de la llanura roja de La Habana

Tipo de perfil	Pérdidas (%) contra perfil patrón por capas (cm)			
	0-20	0-50	0-100	50-100
Patrón (6)	---	---	---	---
Conservado (14)	28	10	8	10
Agrogénico (18)	52	36	33	33

Se demuestra que estas pérdidas de carbono influyen en otras propiedades del suelo, provocando aumentos en la densidad de volumen, el surgimiento de la compactación

y la subsiguiente formación de pisos de arado, el aumento del factor de dispersión, la disminución de la porosidad total y del límite superior de la humedad productiva, la afectación de las propiedades biológicas del suelo (actividad micorrízica y mesofauna del suelo), la disminución de la estabilidad estructural del suelo y la disminución en el rendimiento relativo del suelo (Hernández *et al.*, 2014; Morell y Hernández, 2006; Bernal y Hernández, 2015).

Mediante experimentos en macetas se demuestra que estos suelos tienen una buena capacidad para capturar carbono (Morell, 2006; Hernández *et al.*, 2014) lo que está relacionado con el contenido alto en hierro libre y en arcilla (Agafonov, 1981; Hernández *et al.*, 2014). Esta particularidad conlleva que, en los suelos degradados (agrogénicos), el índice de estabilidad de la estructura no es muy malo, y oscila alrededor de 0,4-0,5, lo que se califica como regular en la escala de Dolgoy y Batijtjin (1972) (Bernal y Hernández, 2017).

Se describe el proceso de degradación de la estructura del suelo, que se relaciona con la oxidación del carbono del suelo en los microagregados, debido al cultivo continuado, el aumento de la arcilla dispersa (Hernández *et al.*, 2014). No obstante, es muy difícil encontrar suelos de este tipo, muy cultivados con un contenido en materia orgánica menor del 2 %, lo que está dado porque el hierro con la arcilla llegan a proteger el carbono de la oxidación, impidiendo la pérdida completa de carbono (Saidy *et al.*, 2012, 2013). En consecuencia, estos suelos, en su variante de mayor degradación, incluyendo la formación del piso de arado, mantienen cierta agregación, lo que impide que el índice de estabilidad estructural llegue a la categoría de malo. Tales particularidades de estos suelos explican por qué a pesar de que han sido cultivados durante más de tres siglos, continúan dando buenos rendimientos con "buenas prácticas de manejo", sobre todo con la aplicación combinada de abonos orgánicos con fertilizantes. Por razón pensamos que es uno de los mejores suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2018; Morales *et al.*, 2018).

Sobre la base de los resultados obtenidos se elaboran indicadores de la degradación de estos suelos, para los suelos patrones, conservados y degradados (estos últimos denominados *agrogénicos*). Dichos indicadores sirven para establecer diferentes subtipos de suelos en la clasificación de suelos de Cuba (2015). Así, se separan los subtipos hiperhúmico, húmico, háplico y agrogénico entre los subtipos de suelos ferralíticos rojos y ferralíticos rojos lixiviados (Hernández *et al.*, 2015). También se determinaron las pérdidas o ganancias de carbono orgánico en ellos, según su manejo (bosques secun-

darios, arboledas de frutales, pastizales, cultivos continuados con prácticas de agroecología y cultivos continuados sin prácticas de agroecología) (Carnero *et al.*, 2018).

Se continuaron investigaciones con la caracterización del piso de arado que se forma por la acción antrópica, en el cual se hicieron determinaciones de composición mecánica, porosidad visual con lupa en el campo, densidad de volumen, humedad, contenidos en materia orgánica, pH, cationes cambiables e índice de estabilidad estructural. Además, a las diferentes fracciones separadas en el índice de estabilidad estructural se les determinó el contenido en carbono. Los resultados mostraron que las características del piso de arado no difieren de las del suelo (excepto en los valores de la densidad de volumen, que resultaron muy altos) y que su mayor freno a la productividad del suelo constituye la influencia de su compactación en el impedimento del desarrollo de las raíces de los cultivos, sobre todo en aquellos que no tienen un sistema radical potente y profundo. La densidad de volumen tiene como promedio valores altos, entre 1,45 y 1,50 Mg m⁻³, que llegan hasta 1,70 Mg m⁻³ (Grandio *et al.*, 2018).

Al revisar la literatura nacional, no se encuentran datos que se refieran a este piso de arado, sino solo con respecto a la caracterización del subtipo compactado, donde se afirma que es una formación natural del suelo (Camacho, 1982). Comparando los datos del cambio climático en Cuba (Planos *et al.*, 2013), en los cuales se afirma que la mayor incidencia del cambio climático está ocurriendo después de la década de los años 1980, se llega a la conclusión que el piso de arado es una neoformación agrogénica-climatogénica; es decir, resultado de la acción de la degradación de las propiedades del suelo por el cultivo continuado y los aumentos de temperatura en el clima de Cuba que están ocurriendo en los últimos 60 años, con mayor intensidad a partir de la década de 1980 (Planos *et al.*, 2013).

También se estableció un experimento de campo de 2 años con el cultivo del maíz, en el suelo degradado con piso de arado, con prácticas agroecológicas aplicando estiércol como mejorador, y se logró obtener rendimientos de 5-7 t/ha (toneladas por hectárea) y un aumento en las reservas del carbono orgánico del suelo entre 0,20-0,24 Mg ha⁻¹ para la capa de 0-20 cm del espesor superior del suelo (Morales *et al.*, 2013).

Se establecen 4 hipótesis de cambios en las propiedades de los suelos por la acción conjunta de los cambios en sus propiedades por el cultivo continuado, con el cambio climático: 1) aumento del pH en estos suelos hasta llegar a valores

de 7,4-7,7; 2) cambio de la parte del suelo por debajo de 50 cm a corteza de intemperismo; 3) formación de duripanes en un perfil de suelo; 4) formación del llamado "piso de arado" (Hernández *et al.*, 2014; 2018: Grandio *et al.*, 2018).

En conclusión, se demuestra el proceso de degradación de las propiedades que ocurre en estos suelos, por el cultivo continuado, y se establecen indicadores de dicha degradación. Según el manejo que se hace, pueden producirse pérdidas o ganancias de carbono orgánico, que se logran cuantificar para la capa de 0-30 cm del espesor superior del suelo. Las características del piso de arado no difieren del suelo, excepto en los valores de la densidad de volumen, y su mayor influencia negativa en la productividad del suelo lo es la compactación del suelo, que impide la penetración de las raíces de los cultivos. A pesar de manifestarse la degradación del suelo, la aplicación de prácticas de manejo adecuado permiten mantener una buena productividad del suelo.

Referencias bibliográficas

- Agafonov, O.A. 1981: Propiedades físicas de los principales tipos de suelos de Cuba, en relación con su génesis y uso agrícola (en ruso). Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones Agroquímicas. VAXHNIL, Leningrado, 290 p., 1981.
- Bernal, A y A. Hernández 2017: Influencia de diferentes sistemas de uso del suelo sobre su estructura. Cultivos Tropicales 2017, vol. 38, no. 4, pp. 50- 57.
- Camacho, E. 1982: Estudio de los suelos de la Llanura Cársica de la región Occidental de Cuba, Estudio de una zona abierta hacia el mar, situada entre San Nicolás de Bari y Guanajay y particularmente los suelos Ferralíticos Rojos compactados. Resumen de Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba, Ciudad de la Habana, 50 p.
- Carnero Lazo, G., Hernández Jiménez, A., Terry Alfonso, E., *et al.* 2018: Cambios en las reservas de Carbono Orgánico en suelos Ferralíticos rojos Lixiviados de Mayabeque, Cuba. Entregado para publicar en la Revista Biociencias, 8 p.
- Dolgov, S.I. y Batijnin, V.M. 1965: La estabilidad estructural de los suelos (en ruso). En: Dolgov, S.I. "Métodos agrofísicos de investigación de los suelos" (en ruso). Nauka, Moscú, 258 p.
- Grandio de la Torre, D. 2018: Características del piso de arado formado por influencia antrópica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Mayabeque. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de la Habana.
- Grandio de la Torre, D., Hernández Jiménez, A., Carnero Lazo, G. *et al.* 2018: Características del piso de arado formado por influencia antrópica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Mayabeque. Trabajo presentado en el IX Congreso Nacional de Suelos, La Habana.
- Hernández Fundora, Y. 2017: Caracterización de la fauna edáfica y del estado físico y químico del suelo y sustratos en la Agricultura Urbana del municipio Boyeros. Tesis en opción al título académico de Máster en Agricultura Urbana. INIFAT, La Habana, 76 p.
- Hernández, A. 2018: Nuevos resultados sobre el cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la Llanura Roja de la Habana, por el cultivo continuado. Conferencia impartida a la Dirección del Programa de Innovación Agrícola Local (PIAL). INCA.
- Hernández, A. O. Ascanio, M. Morales, *et al.* 2006: El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit. ISBN: 968833072, 255 pp.
- Hernández, A., Ascanio, M.O., Borges, Y. *et al.* 2005: Some criteria about Global Soil Change in Cuba. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México.
- Hernández, A., Carnero, G., Bernal, A. *et al.*: Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la Llanura Roja de la Habana, por el cultivo continuado. Algunos resultados de su mejoramiento. Conferencia impartida en la Dirección de la Agricultura en Mayabeque.
- Hernández, A., F. Morell, Yenia Borges, *et al.* 2007: Algunos resultados sobre las pérdidas de carbono en ecosistemas con suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados en clima tropical subhúmedo de Cuba. Cultivos Tropicales 28(3):56-60.
- Hernández, A., J.I. Bojórquez, F. Morell, *et al.* 2010: Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Universidad Autónoma de Nayarit e INCA., Tepic, Nayarit, ISBN: 978-607-7868-27-9., 76 p.
- Hernández, A., M. Morales, F. Morell, Y. *et al.*: Changes in soil properties by agricultural activity in tropical ecosystems. Abstracts International conference "Soil Geography: New horizons". Huatulco, Mexico, p.57. 2009.
- Hernández, A., M. Morales, M.O. Ascanio, *et al.* 2013: Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores, de "la llanura roja de la Habana". Cultivos Tropicales, vol. 34, no. 3, p. 45-51.
- Hernández, A., Morales, M., Borges, Y. *et al.* (2014). Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana", por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Ediciones INCA, ISBN: 978-959-7023-66-1. Mayabeque, Cuba, 156 p.
- Hernández, A., Morales, M., Cabrera, A. *et al.* 2018: Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos rojos Lixiviados de las llanuras cársicas de Cuba por el manejo continuado. Algunos resultados de su mejoramiento. Conferencia impartida en la Dirección Provincial de la Agricultura de Mayabeque, Cuba.
- Hernández, A., O. Ascanio, J.M. Pérez 1971: Informe sobre el mapa genético de los suelos de Cuba en escala 1:250 000. Rev. De Agricultura 4 (1): 1-21.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. *et al.* 1999: Nueva Versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 64p.
- Hernández, A.; Paneque, J.; Pérez, J. M.; Mesa, A. Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. Instituto de Suelos, 1995. 43 p.

- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-77-7. 91 p.
- Morell F. 2006: "Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de provincia Habana y algunos resultados sobre su mejoramiento". Tesis en opción al Grado de Máster en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA.
- Morell, F. y A. Hernández 2008: Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencias antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. *Agronomía Tropical* 58(4): 335-343.
- Morell, F., Hernández, A., Fernández, F. *et al.*, 2006. 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*, ISSN 0258 - 5936.
- Planos, E., Rivero, V. R., & Guevara, V. V. (2013). Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología. Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba, Primera Edición, ISBN: 978-959-300-039-0. 430 p.
- Saidy, A. R., Smernik, R. J., Baldock, J. A. *et al.* (2012). Effects of clay mineralogy and hydrous iron oxides on labile organic carbon stabilization. *Geoderma*, 173-174.
- Saidy, A. R., Smernik, R. J., Baldock, J. A. *et al.* (2013). The sorption of organic carbon onto differing clay minerals in the presence and absence of hydrous iron oxide. *Geoderma*, 209-210 (Supplement C), 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.026> 33.

AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA:

Alberto Hernández Jiménez. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Correo electrónico: ahj@inca.edu.cu