



INFLUENCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DEL SUELO SOBRE SU ESTRUCTURA

Influence of different systems of soil use on its structure

Andy Bernal Fundora[✉] y Alberto Hernández Jiménez

ABSTRACT. Soil structure is defined as the ability of the soil mass to disintegrate itself into separations of different shapes and sizes, which can be assessed by the stability of the aggregates. The following work was carried out with the objective of determining the change influence of the agricultural use on the structural stability index (Ie) and its relation with the dispersion factor (Kd) in Red Ferralitic leachate soils (FRL) of the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). The soils for this study were subject to different uses, a Forest system, a Fruit trees system and a Crop Various system. The samples were taken at a depth of 0-20 and 20-40 cm. Structural analyzes were performed every two months by the Savinov and the dispersion factor method by dividing the percentage of microaggregated clay between the clay percentage of the mechanical analysis multiplied by 100. The mean and the confidence interval of the means were determined for all variables evaluated. The comparison was performed by analyzing the confidence intervals ($\pm Z1.Esx$) for a significance of 0,05. The results showed that the Forest system presented the best coefficients and the highest index stability structure and the lowest value as factor the dispersion regards of the clay in the soil, but this is not the case in the Fruit trees and Crop Various systems where these indicators showed how intensive exploitation influences in soil degradation.

Key word: clay, fruit trees, organic matter, physicochemical properties

INTRODUCCIÓN

La estructura del suelo es una de las características más importantes dentro del recurso suelo, ya que influye en el movimiento del agua y la retención hídrica, el drenaje, la aireación, la penetración de las raíces, el ciclo de nutrientes, y en consecuencia sobre el rendimiento de los cultivos (1,2).

RESUMEN. La estructura del suelo se define como la capacidad que tiene la masa de suelo de disgregarse por sí misma en separaciones de distintas formas y tamaños, la cual se puede evaluar mediante la estabilidad de los agregados. El siguiente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la influencia del cambio del uso agrícola sobre el índice de estabilidad estructural (Ie) y su relación con el factor de dispersión (Kd) en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL) del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Los suelos para este estudio se encontraban sometidos a diferentes usos, un sistema Bosque, un sistema Frutales y un sistema Cultivos Varios. Las muestras fueron tomadas a una profundidad de 0-20 y 20-40 cm. Los análisis estructurales se realizaron cada dos meses por el método de Savinov y el de factor de dispersión por la división del porcentaje de arcilla de microagregados entre el porcentaje de arcilla del análisis mecánico multiplicado por 100. A todas las variables evaluadas se les determinó la media y el intervalo de confianza de las medias. La comparación se realizó mediante el análisis de los intervalos de confianza ($\pm Z1.Esx$) para una significación de 0,05. Los resultados reflejaron que el sistema Bosque presentó los mejores coeficientes y mayor índice de estabilidad de la estructura y el menor valor en cuanto al factor de dispersión de la arcilla en el suelo, no siendo así en los sistemas Frutales y Cultivos Varios, donde estos indicadores manifestaron como la explotación intensiva influye en la degradación de los suelos.

Palabras clave: arcilla, frutales, materia orgánica, propiedades fisicoquímicas

El suelo durante su formación adquiere diferentes tipos de estructuras en dependencia de múltiples factores como el contenido y tipo de arcilla y la cantidad de materia orgánica (3,4).

El proceso de formación de la estructura parte de la capacidad que tiene la masa de suelo de disgregarse por sí misma en separaciones de distintas formas, tamaños y poros, relacionados por la influencia de fuerzas naturales y también la actividad microbiana (5-7).

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700
[✉] andy@inca.edu.cu

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, presentan características propias en condiciones naturales; sin embargo, estas características cambian bruscamente con la acción antropogénica en un periodo corto de tiempo, dando lugar a los Cambios Globales en los Suelos (CGS), debido principalmente a la destrucción de microagregados por la mineralización y pérdida de la materia orgánica (8,9).

La estructuración del suelo se incluye como una propiedad física, que se evalúa desde dos puntos de vista diferentes, indirectamente a través del coeficiente o factor de dispersión, que se entiende como la cantidad de arcilla dispersa en la masa de suelo y directamente a través del análisis de estabilidad estructural (3).

La estabilidad de la estructura se define como la resistencia de los grumos y agregados del suelo a deshacerse o disgregarse en condiciones de humedad, por efectos de factores externos, dependiendo del tipo y cantidad de arcilla; materia orgánica u otro agente cementante que permita mantener estable la estructura (10,11).

La estabilidad de la estructura determina el estado de degradación de los suelos y es un parámetro importante de la calidad de los mismos, que resume tanto los efectos negativos como los positivos en los sistemas de manejos agrícolas (7,11,12). Sobre la estabilidad estructural de los suelos, está muy estrechamente relacionada la formación de microagregados, sobre todo en suelos Ferralíticos, en los que participan activamente el hierro, el contenido en arcilla y la materia orgánica para formar agregados con cierto grado de estabilidad (4).

Sobre la base de lo anteriormente planteado, este trabajo tiene por objetivo evaluar la dinámica del comportamiento de la estabilidad de los agregados y el factor de dispersión en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL) bajo diferentes usos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (13), pertenecientes a las áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, sometidos a diferentes usos del suelo:

- ◆ Arboleda de ficus (*Ficus sp.*) (sistema Bosque)
- ◆ Plantación de mango (*Mangifera indica*) de 35 años (sistema Frutales)
- ◆ Cultivo intensivo (sistema Cultivos Varios)

En la Tabla I se presentan las principales características físico-químicas y contenido de materia orgánica de los horizontes genéticos de los suelos bajo estudio (8).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En cada sistema de uso del suelo se empleó el método de muestreo aleatorio simple (14), tomándose diez muestras por cada sistema, a las profundidades de 0-20 y 20-40 cm, utilizando una pala, sin dañar la conformación del suelo. Cada muestra pesaba 500 g y se transportaron en frascos plásticos de tapa ancha. Las muestras fueron colocadas al aire libre para su secado y posteriormente fueron analizadas en el laboratorio del Grupo de Investigaciones Agrofísicas (GIAF) de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH).

Tabla I. Contenido en materia orgánica y algunas características físico-químicas de los perfiles de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados estudiados

Horizonte	Profundidad (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	Cationes cambiabiles (cmol kg ⁻¹)				CCB
				Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	
Bosque								
A1h	6-16	7,27	9,19	27,0	2,4	0,5	0,9	30,8
AB	16-32	7,16	2,27	13,7	1,0	0,2	0,5	15,4
B11t	32-47	6,41	2,34	12,6	0,9	0,2	0,3	14,0
B12t	47-65	5,54	1,38	11,0	0,8	0,2	0,2	12,2
B2t	65-100	5,70	1,07	10,2	0,8	0,2	0,2	11,4
Frutales								
A11	0-8	6,99	3,55	19,7	2,8	0,5	0,5	23,5
A12	8-22	6,05	3,12	12,6	1,7	0,3	0,1	14,7
B11t	22-41	5,12	1,38	8,8	1,0	0,2	0,1	10,1
B12t	41-64	5,26	0,7	8,0	0,8	0,2	0,1	9,1
B2	64-100	5,34	0,5	7,3	0,7	0,2	0,1	8,3
Cultivos Varios								
A1	0-19	7,34	3,67	16,3	2,1	0,2	0,9	19,5
B11	19-44	6,85	-	13,4	2,8	0,2	0,5	16,9
B12	44-60	6,72	2,00	9,5	1,5	0,2	0,3	11,5
B2t	60-100	5,77	1,12	8,3	1,0	0,2	0,2	9,7

CCB: Capacidad de cambio de bases

Cada muestreo se realizó en cinco momentos, cada dos meses, durante el período de septiembre de 2008 a mayo de 2009, abarcando un período de diez meses y dos épocas climáticas. Las fechas en que se ejecutaron los muestreos aparecen en la Tabla II, así como el estado del suelo del área de Cultivos Varios.

El comportamiento de las variables meteorológicas durante el período en el que se realizaron las evaluaciones se describen en la Figura 1.

EVALUACIONES REALIZADAS Y METODOLOGÍA EMPLEADA

Se evaluó el estado de la estructura del suelo a través de las determinaciones del índice de estabilidad estructural mediante el método de Savinov que incluye las evaluaciones en tamiz seco y húmedo (15). Los contenidos de agregados de 0.25-10 mm de las fracciones se compararon con la tabla de interpretación propuesta por Kaurichev (16) (Tabla III).

Tabla II. Fechas de los muestreos realizados, época climática y estado del suelo del área de cultivos varios

Muestreo	Fecha	Época climática	Estado del suelo (sistema Cultivos Varios)
1	septiembre/2008	período lluvioso	barbecho
2	noviembre/2008	período lluvioso	surcado
3	enero/2009	período poco lluvioso	Sembrado (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)
4	marzo/2009	período poco lluvioso	barbecho
5	mayo/2009	período lluvioso	barbecho

Los índices de estabilidad estructural se determinaron según las siguientes fórmulas (15):

$$K_{es} = \frac{\Sigma \% Ag \text{ 10 mm a 0.25 mm}}{\% Ag > 10 \text{ mm} + < 0.25 \text{ mm}}$$

$$K_{eh} = \frac{\% Ag < 0.25 \text{ mm}}{\Sigma \% Ag > 0.25 \text{ mm}}$$

$$I_e = \frac{\Sigma \% Ag > 0.25 \text{ mm (Th)}}{\Sigma \% Ag > 0.25 \text{ mm (Ts)}}$$

donde:

Ag: agregados

Keh: coeficiente de estabilidad estructural en tamiz húmedo

Kes: coeficiente de estabilidad estructural en tamiz seco

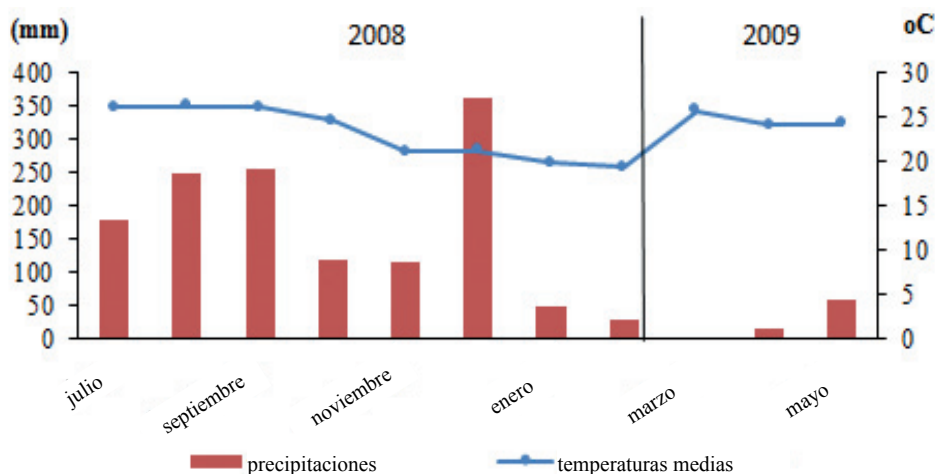
Th: tamiz húmedo

Ts: tamiz seco

Ie: índice de estabilidad estructural

Tabla III. Apreciación del estado estructural del suelo

Contenido de agregados de 0,25-10 mm (% de la masa de suelo seco al aire)		Apreciación del estado estructural del suelo
Tamizado en seco	Tamizado en húmedo	
>80	>70	Excelente
80-60	70-55	Bueno
60-40	55-40	Satisfactorio
40-20	40-20	No satisfactorio
<20	<20	Malo



Estación Meteorológica de Tapaste (23°01' Latitud Norte y 82°08' Longitud Oeste, a 138 m s.n.m.)

Figura 1. Comportamiento de las variables meteorológicas temperatura media y las precipitaciones durante el período de análisis

La determinación del factor de dispersión se realizó mediante el análisis mecánico de los suelos, por el método de Bouyoucos con pirofosfato de sodio y hexametáfosfato de sodio (15). El cálculo del factor de dispersión se efectuó por la división del porcentaje de arcilla de microagregados entre el porcentaje de arcilla del análisis mecánico multiplicado por 100. Este análisis fue realizado a la profundidad de 0-20 y 20-40 cm en las tres variantes de uso del suelo solamente en el muestreo número tres, correspondiente al mes de enero de 2009, debido a que este es un indicador que varía lentamente en el tiempo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A todas las variables evaluadas por cada variante del uso del suelo y en cada momento de muestreo, se les determinó la media y el intervalo de confianza de las medias. La comparación se realizó mediante el análisis de los intervalos de confianza ($\pm Z1.Es_x$) para una significación de 0,05, a través del procesador de datos Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

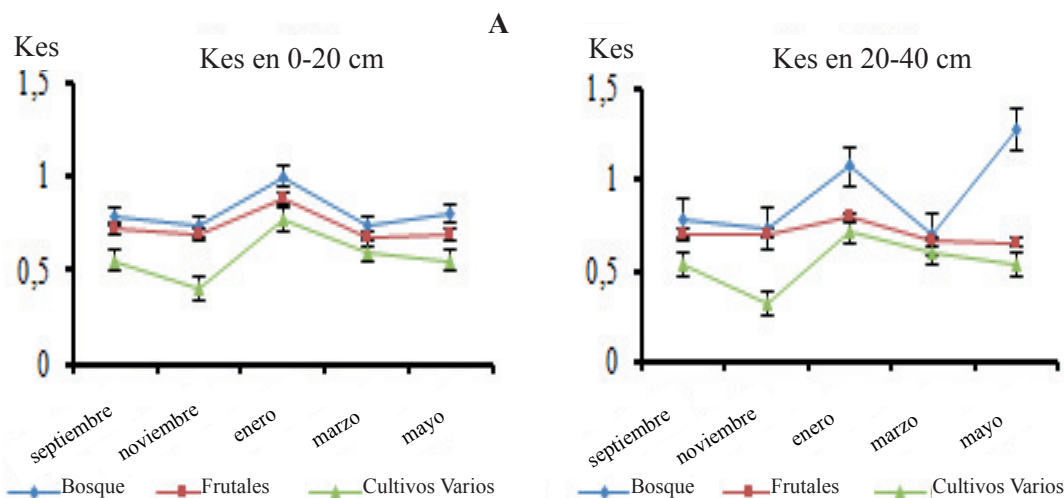
El estado estructural del suelo se evaluó como satisfactorio en el sistema de Bosque, con un 44,5 y 46,9 % de agregados en las profundidades de 0-20 y 20-40 cm para el tamizado en seco y en el tamizado en húmedo se evaluó como excelente con un 73,1 y 74,2 % de agregados para cada profundidad.

En el sistema de Frutales el estado estructural fue satisfactorio con un 40,3 y un 41,1 % a 0-20 cm y a 20-40 cm respectivamente, con el tamizado en seco y en el tamizado en húmedo fue evaluado como bueno con un 62,2 % a 0-20 cm y 66,1 % de los agregados para 20-40 cm.

El estado estructural del suelo en el sistema Cultivos Varios con tamizado en seco se evaluó como no satisfactorio debido a la presencia de un 36,2 % de los agregados en el rango de 0,25-10 mm para la profundidad de 0-20 cm y de 32,5 % a los 20-40 cm. Con respecto al tamizado en húmedo se evaluó como satisfactorio con un 51,2 y 50,2 % de los agregados respectivamente para cada profundidad.

Cuando el estado estructural se evalúa de satisfactorio, en el suelo existen buenas condiciones de porosidad, relación aire-agua, penetración radicular y retención de humedad (17). En suelos con predominio de agregados menores de 0,25 mm no ocurre así, debido a las afectaciones que pueden crear en las características estructurales el predominio de estas fracciones debido a que desfavorecen la porosidad de aeración, al rellenar los poros y favorecer la compactación del suelo. También el predominio de los agregados mayores de 10 mm en un suelo degradado, favorece una baja porosidad, lo que contribuye a aumentar el grado de compactación del suelo (18).

Al analizar el comportamiento del coeficiente de estabilidad estructural en seco, se observó que para la profundidad de 0-20 cm los mayores valores se alcanzaron en los sistemas Bosque y Frutales (Figura 2A), presentando diferencias entre ellos solo en el análisis realizado en el mes de enero, igualmente para la profundidad de 20-40 cm se alcanzaron resultados similares (Figura 2B), entre el sistema Bosque y Frutales existió diferencias significativa en los meses de enero y marzo.



A: profundidad de 0-20 cm; B: profundidad de 20-40 cm. Barras verticales: Intervalo de confianza de las medias

Figura 2. Coeficiente de estabilidad estructural en seco

Este comportamiento del coeficiente de estabilidad en seco pudo estar dado por la acción de las raicillas de las plantas, que exudan polisacáridos, los cuales se adhieren a las partículas del suelo, ayudando a la formación y conservación de los agregados (19,20). En este caso, aunque no fue cuantificado, se observó una mayor presencia de raíces en las muestras del suelo de Bosque, seguida del suelo con Frutales y en menor medida, el suelo con Cultivos Varios.

Además, la materia orgánica contenida en los suelos influye positivamente en el comportamiento de la estructura, puesto que se reduce el fenómeno de dilatación y permeabilidad, y disminuye las fuerzas destructivas por estallido del agregado (21,22). Igualmente, al no existir movimiento del suelo por laboreo en los sistemas Bosque y Frutales, hace que en estos ecosistemas no perturbados se mantenga una estructura favorable con una alta concentración de carbono orgánico (23).

Al contrario, en los suelos donde se realizan labores de labranza, como es el caso del sistema Cultivos Varios, en el que se produce un incremento de la oxidación y descomposición de la materia orgánica debido al laboreo, la meteorización y su uso intensivo, se reduce la capacidad de mantener la estructura del suelo (24).

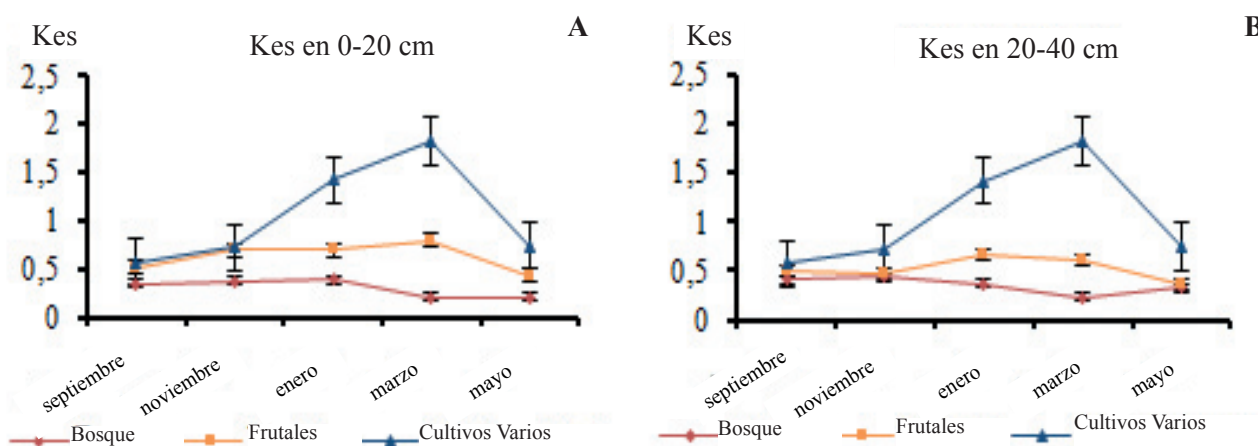
Con relación al coeficiente en húmedo, este es un parámetro que mientras menor es su valor, mayor estabilidad presentan los agregados por la influencia del agua. Durante el tamizado en húmedo en ambas profundidades se observaron valores superiores en el sistema Cultivos Varios (Figura 3), seguido del sistema Frutales y el sistema Bosque, reflejándose un incremento en el sistema Cultivos Varios en los meses de enero y marzo. Los sistemas Bosque y Frutales en la profundidad de 0-20 cm no presentaron diferencias en los meses de septiembre y noviembre, a los 20-40 cm en los meses de septiembre, noviembre y mayo.

Los resultados en el suelo más degradado se deben a que el agua influye en la desintegración de los agregados de diámetros intermedios, quedando solo los agregados más grandes y las fracciones más pequeñas. Sin embargo, en los otros suelos, mantienen gran parte de sus estructuras ante la acción del agua, debido a que presentan mayor contenido de materia orgánica, que actúa como agente cementante de las partículas del suelo (4).

Este comportamiento de valores superiores del coeficiente de estabilidad en húmedo a ambas profundidades en el sistema Cultivos Varios, fue producto a que los suelos más degradados por los efectos del agua se dispersan mecánicamente las partículas, al presentar los agregados una débil cohesión interna (6).

Los resultados en el índice de estabilidad manifestaron para ambas profundidades que el sistema Bosque se comportó con valores superiores en comparación con el sistema Frutales y el sistema Cultivos Varios, excepto a la profundidad de 0-20 cm donde en el mes de septiembre el sistema Bosque reflejó los valores inferiores con relación a los demás sistemas analizados y a los 20-40 cm no existieron diferencias entre los sistemas Bosque y Frutales en los meses de noviembre y mayo. Este resultado demuestra que el sistema Bosque, debido a sus condiciones de fertilidad y su contenido de materia orgánica, muestra cierta resistencia a los efectos del agua en cuanto a destrucción de sus agregados estructurales (Figura 4).

Para el caso del sistema Cultivos Varios en ambas profundidades se refleja como a partir del mes de enero se produce un ligero descenso del le, al contrario del sistema Bosque, lo que puede estar relacionado por la influencia de la falta de humedad en los suelos en esos meses de poca lluvia y las labores de preparación del suelo.



A: profundidad de 0-20 cm; B: profundidad de 20-40 cm. Barras verticales: Intervalo de confianza de las medias

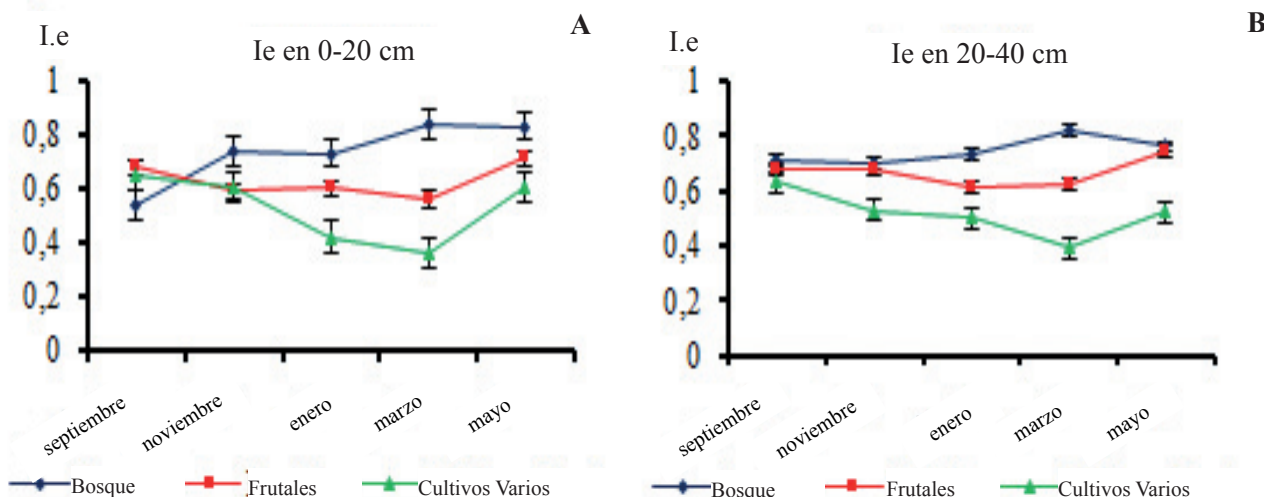
Figura 3. Coeficiente de estabilidad estructural en húmedo

En los suelos que presentan cierto grado de degradación, el impacto de las gotas de lluvia le confiere una baja estabilidad y una alta susceptibilidad a la separación de los agregados (19,21). Este fenómeno ocurre debido a que el agua al ponerse en contacto con los terrones, facilita la disgregación de estos, producto de la dilatación y separación de sus partículas y a un desplazamiento del oxígeno por el agua en la fracción porosa del suelo (18). Sin embargo, este proceso no ocurre así en los suelos que presentan vegetación o cobertura vegetal, que actúa como amortiguador, protegiendo la superficie del suelo (6,25).

En la Tabla IV se muestran los resultados de los análisis mecánicos y de microagregados, con los cuales se determinó el factor de dispersión. Los menores resultados en ambas profundidades se observaron en el sistema Bosque y el sistema Frutales, al contrario del sistema Cultivos Varios, que manifestó valores superiores, indicando que existe mayor cantidad de arcilla dispersa a las profundidades estudiadas (16), con valores superiores al punto crítico del 25 % (26).

El sistema Cultivos Varios presentó mayor K_d , ya que al oxidarse la materia orgánica se produce la ruptura de los microagregados aumentando la arcilla dispersa en el suelo, la cual rellena los poros de los agregados formando estructuras más grandes, llegando a formar un piso de arado, favoreciendo el lavado lateral del material del suelo y aumentando la compactación (4).

Al hacer una relación del índice de estabilidad con el factor de dispersión en estos suelos se muestra como el índice de estabilidad tiende a disminuir a medida que el suelo es más explotado (Figura 5); sin embargo, en el sistema Bosque y el sistema Frutales el factor de dispersión se mantiene con valores similares. En cambio, el sistema Cultivos Varios presenta un menor valor en cuanto a la estabilidad de la estructura, y el factor de dispersión es superior en comparación a los otros suelos estudiados.

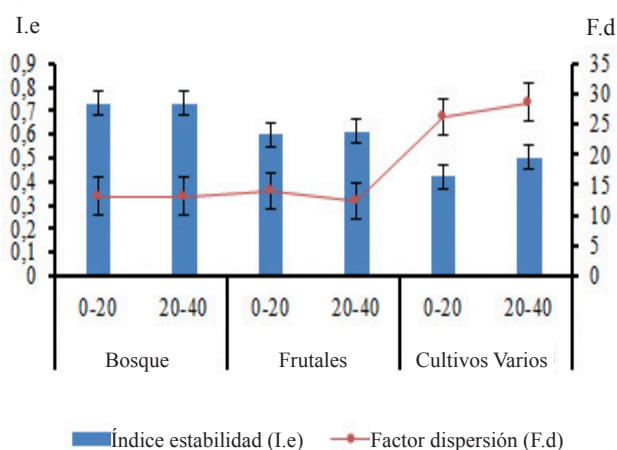


A: profundidad de 0-20 cm; B: profundidad de 20-40 cm; Barras verticales: Intervalo de confianza de las medias

Figura 4. Índice de estabilidad estructural

Tabla IV. Análisis mecánico y de microestructura de los suelos

Profundidad (cm)	(%) tamaño de las fracciones en mm					<0,002 mm en microagregados	Factor de dispersión
	2,0-0,2	0,2-0,02	0,02-0,01	0,01-0,002	<0,002		
Bosque							
0-20	5,96	12,0	7,0	13,0	62,04	8,15	13,14
20-40	3,96	9,5	9,5	9,5	67,54	8,88	13,15
Frutales							
0-20	3,96	13,5	11,0	6,5	65,04	9,03	13,88
20-40	0,96	5,0	5,0	5,0	84,04	5,38	12,35
Cultivos Varios							
0-20	0,61	15,0	13,0	7,64	63,75	17,39	26,10
20-40	0,61	19,0	10,0	9,64	60,75	15,39	28,63



Barras verticales: Intervalo de confianza de las medias

Figura 5. Índice de estabilidad estructural y factor de dispersión

Los resultados en cuanto a la estabilidad de los agregados en los suelos concuerdan con trabajos realizados donde se evalúa este indicador, a partir de otros métodos de análisis y en distintos tipos de suelos. Ejemplo de esto, se ha encontrado que cuando se utilizan sistemas de cultivos con labranza continua durante varios años, en comparación con sistemas de siembra directa, se afectan los agregados con diámetro superior a 0,25 mm (27). También los niveles de labranza en los suelos, convencional en comparación con la reducida, influyen negativamente en la estabilidad de la estructura, afectando los agregados con tamaños mayor de 2 mm (28).

En trabajos relacionados con el cambio del uso de los suelos de bosques a sistemas de cultivos, se ha comprobado como la intensificación de la actividad agrícola provoca un deterioro paulatino de las condiciones de la estructura del suelo para un adecuado desarrollo de los cultivos (20,23).

CONCLUSIONES

- ◆ Los mejores valores de los indicadores evaluados se presentaron en el Sistema Bosque, seguido del Sistema Frutales, indicando que en estos sistemas, la estructura del suelo tiene cierto grado de conservación.
- ◆ En el sistema Cultivos Varios, sometido a laboreo intensivo del suelo, se presentan los peores valores de los indicadores evaluados, lo cual es resultado del grado de degradación producto al manejo inadecuado que se le realiza.

BIBLIOGRAFÍA

1. An S, Mentler A, Mayer H, Blum WE. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. *Catena* [Internet]. 2010 [cited 2017 Mar 13];81(3):226–233. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816210000457>
2. Zadorova T, Jakšík O, Kodešová R, Penížek V. Influence of terrain attributes and soil properties on soil aggregate stability. *Soil Water Research* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 13];6(3):111–119. Available from: <http://81.0.228.28/publicFiles/47157.pdf>
3. Hernández A, Bojórquez JI, Morell F, Cabrera A, Ascanio MO, García JD, et al. *Fundamentos de la estructura de suelos tropicales*. Primera Edición. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit; 2010. 80 p.
4. Hernández A, Morales M, Cabrera A, Ascanio MO, Borges Y, Vargas D, et al. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];34(3):45–51. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000300007&script=sci_arttext&lng=en
5. Hernández A, Ascanio M, Morales M, Bojórquez I, García N, García D. *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo* [Internet]. Primera edición. Nayarit: Universidad Autónoma de Nayarit; 2006 [cited 2017 Mar 13]. 255 p. Available from: <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LdlARhjVZN4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=El+suelo:+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n,+los+cambios+globales+y+su+manejo&ots=mTX64rUWlx&sig=3GOLNL3-ouGLjbgc0bz-DDjCiWd4>
6. Gabioud EA, Germán M, Carolina M. Análisis de la estabilidad de agregados por el método de Le Bissonnais en tres órdenes de suelos. *Ciencia del Suelo* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 13];29(2):129–139. Available from: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672011000200002&script=sci_arttext&lng=pt
7. Zanettini JL, Díaz-Zorita M, Barraco MR. Estabilidad en húmedo y tamaños medios de fragmentos obtenidos por tamizado en seco. *Memoria técnica. EEA General Villegas*. 2012-2013. [Internet]. 2012 [cited 2017 Mar 13];14–6. Available from: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=inta2.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=072120>
8. Hernández A, Morell F, Ascanio MO, Borges Y, Morales M, Yong A. Cambios globales de los suelos ferralíticos rojos lixiviados (Nitrosols Ródicos Eútricos) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2006 [cited 2017 Mar 13];27(2):41–50. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.902.3205&rep=rep1&type=pdf>
9. Morell F, Hernández A, Borges Y. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. *Agronomía Tropical* [Internet]. 2008 [cited 2017 Mar 13];58(4):335–343. Available from: http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/63/88.pdf

10. Pulido M, Gabriels D, Cornelis W, Lobo D. Comparing aggregate stability tests for soil physical quality indicators. *Land Degradation & Development* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];26(8):843–852. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.2225/full>
11. Fernández L. Aplicación del índice de estabilidad estructural de Pieri (1995) a suelos montañosos de Venezuela. *Terra Nueva Etapa* [Internet]. 2014 [cited 2017 Mar 13];30(48):143–153. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72132517007>
12. Saygin SD, Cornelis WM, Erpul G, Gabriels D. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. *Applied Soil Ecology* [Internet]. 2012 [cited 2017 Mar 13];54:1–6. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139311003179>
13. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
14. Bautista F, Palacio JL, Delfín H. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales [Internet]. Segunda Edición. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México; 2011 [cited 2017 Mar 13]. 770 p. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Roger_Orellana2/publication/281850352_Clima/links/55fb433a08aec948c4afacb4.pdf
15. Hernández JL. Métodos para el análisis físico de los suelos. La Habana: Ediciones INCA; 2007. 54 p.
16. Kaurichev IS. Prácticas de Edafología. Moscú: MIR; 1984. 280 p.
17. Hernández CL, Ramos J, del Pino M, López-Hernández I. Efecto del estiércol de vacuno en la estabilidad estructural y la actividad biológica de un suelo bajo manejo agrícola. *Acta Biológica Venezuelica*. 2007;27(2):19–30.
18. Lok S, Fraga S. Comportamiento de indicadores del suelo y del pastizal en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*/*Cynodon nlemfuensis* con ganado vacuno en desarrollo. *Cuban Journal of Agricultural Science* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 13];45(2):195–202. Available from: <http://www.ica.inf.cu/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulos/T45-N2-A2011-P195-Sandra-Lok.pdf>
19. Fattet M, Fu Y, Ghestem M, Ma W, Foulonneau M, Nespoulous J, et al. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 13];87(1):60–69. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816211000907>
20. Muñoz DJ, Ferreira M, Escalante IB, López J. Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida. *Terra Latinoamericana* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];31(3):201–210. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57328903004>
21. Pulido-Moncada MA, Lobo-Luján D, Lozano-Pérez Z. Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia* [Internet]. 2009 [cited 2017 Mar 13];43(3):221–230. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000300001
22. Pérès G, Cluzeau D, Menasseri S, Soussana JF, Bessler H, Engels C, et al. Mechanisms linking plant community properties to soil aggregate stability in an experimental grassland plant diversity gradient. *Plant and Soil* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];373(1–2):285–299. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-013-1791-0>
23. Ćirić V, Manojlović M, Belić M, Nešić L, Šeremešić S. Efectos del cambio de uso del suelo en la estabilidad de agregados y carbono orgánico en diferentes suelos. *Agrociencia* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];47(6):539–552. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000600002&script=sci_arttext
24. Medina-Méndez J, Volke-Haller VH, González-Ríos J, Galvis-Spínola A, Santiago-Cruz MJ, Cortés-Flores JL. Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [Internet]. 2006 [cited 2017 Mar 13];22(2):175–89. Available from: <http://148.236.18.64/era/index.php/rera/article/view/320>
25. dos Santos B, Alves MC. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [Internet]. 2011 [cited 2017 Mar 13];35:1263–1270. Available from: <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/10215>
26. Jaramillo J, Daniel F. Introducción a la Ciencia del Suelo [Internet]. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias; 2002 [cited 2017 Mar 13]. 619 p. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
27. Kumar S, Nakajima T, Mbonimpa EG, Gautam S, Somireddy UR, Kadono A, et al. Long-term tillage and drainage influences on soil organic carbon dynamics, aggregate stability and corn yield. *Soil Science and Plant Nutrition* [Internet]. 2014 [cited 2017 Mar 13];60(1):108–118. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2013.878643>
28. Paul BK, Vanlauwe B, Ayuke F, Gassner A, Hoogmoed M, Hurisso TT, et al. Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [Internet]. 2013 [cited 2017 Mar 13];164:1–28. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912003659>

Recibido: 25 de octubre de 2016

Aceptado: 8 de mayo de 2017