

III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

Título: Modificaciones de las propiedades físicas de suelos Pardos Sialíticos de la provincia Cienfuegos, bajo condiciones de manejos diferentes

Temática a la que tributa el trabajo: I La educación ambiental orientada al desarrollo sostenible para: el uso racional de los recursos naturales (agua, aire, suelos y otros)

Autor (es): M. Sc. Yoandris Socarrás Armenteros; Dr. C. Elein Terry Alfonso; Dr. C. Alberto Hernández Jiménez; Dr. C. Pedro José González Cañizares

Dirección de correo electrónico: ysocarras@ucf.edu.cu.

Entidad laboral de procedencia: Universidad de Cienfuegos, Carretera Roda, Km 1 cuatro caminos. Cienfuegos, Cuba.

Resumen

La degradación física se refiere al deterioro de la estructura del suelo por agentes naturales que puede ser inducido por el manejo. El objetivo de esta investigación fue evaluar las modificaciones de las propiedades físicas de un suelo Pardo sialítico de la provincia Cienfuegos de Cuba, bajo diferentes condiciones de manejo. El estudio se realizó en suelos bajo (I) bosque (> 30 años); (II) suelos anteriormente cultivados y luego convertidos en pastizales (Conservados > 10 años); y (III) suelos bajo cultivo continuado (Agrogénicos > 50 años), determinándose las siguientes variables físicas: Composición textural, Humedad, Porosidad y Plasticidad. En este estudio se obtuvieron diferencias significativas para la composición textural del suelo según los manejos la cual va de textura gruesa en perfil bajo bosque a textura fina en el suelo conservado con pastos y en el agrogénico. La humedad presenta los valores mayores en las profundidades de 0-13 cm en el manejo de bosque, de 18 – 42 cm en el cultivo y de 25 – 45 cm en pasto. En el perfil de bosque, para la profundidad hasta 25 cm, la porosidad total alcanza valores medios de 57 %, mientras que el perfil bajo pastos y cultivos presentan valores menores de 50 %. El índice de plasticidad es superior en el suelo bajo pasto seguido del suelo bajo bosque y por último el suelo agrogénico y de manera general estas disminuyen con la profundidad. Los resultados indicaron que las acciones agrícolas tradicionales realizadas en suelos Pardos Sialíticos, produce una degradación de las propiedades físicas de los mismos.

Palabras clave: medio edáfico, degradación, textura, humedad, porosidad

Abstract

Physical degradation refers to the deterioration of the soil structure by natural agents that can be induced by management. The objective of this research was to evaluate the modifications of the physical properties of a brown sialitic soil of the Cienfuegos province of Cuba, under different management conditions. The study was carried out in soils under (I) forest (> 30 years); (II) soils previously cultivated and later converted into pastures (Preserved > 10 years); and (III) soils under continuous cultivation (Agrogenic > 50 years), determining the following physical variables: Textural composition, Humidity, Porosity and Plasticity. In this study, significant differences were obtained for the textural



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

composition of the soil according to the management, which ranges from coarse texture in low forest profile to fine texture in soil conserved with pastures and in the agrogenic soil. Humidity presents the highest values in the depths of 0-13 cm in forest management, 18 - 42 cm in cultivation and 25 - 45 cm in grass. In the forest profile, for depths up to 25 cm, the total porosity reaches average values of 57%, while the low profile pastures and crops present values less than 50%. The plasticity index is higher in the soil under grass, followed by the soil under forest and finally in the agrogenic soil, and in general these decrease with depth. The results indicated that the traditional agricultural actions carried out on brown sialitic soils, produce a degradation of their physical properties.

Keywords: soil environment, degradation, texture, moisture, porosity

Introducción

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, constituye el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (Burbano, 2016; Blum *et al.* 2018). También, se considera al suelo como un complejo regido por características físicas, que determinan en gran medida la eficiencia en la producción agrícola (Hernández *et al.* 2017).

La degradación de los suelos, causada por el uso intensivo de la tierra, está directamente relacionada con la elevada densidad de población humana. La pérdida de la calidad de los suelos puede ocurrir en todos los sistemas, pero es más grave en las regiones tropicales donde se concentran ecologías frágiles como los bosques húmedos y donde la erosión, desertificación, lixiviación de nutrientes, degradación física del suelo y compactación son los rasgos comunes de una agricultura intensiva (Pérez *et al.* 2017).

Las propiedades físicas del suelo se relacionan con el tamaño, la textura, el tipo de arcilla, la disposición y el arreglo de las partículas en el suelo, su degradación se refleja primordialmente en limitaciones en el crecimiento de raíces, emergencia de plántulas, infiltración o movimiento de agua dentro del perfil del suelo, retención, transferencia y reciclaje de nutrientes, así como intercambio óptimo de gases (Daza *et al.* 2014), de ahí la importancia de su seguimiento y evaluación.

El tipo de estructura del suelo depende de factores como: la textura, el tipo de arcilla, los cationes predominantes (Ca, Mg, Na, Fe); la capacidad de absorción del agua, la materia orgánica y el laboreo. Por otra parte, la estructura del suelo y la agregación están fuertemente influenciadas por procesos tales como métodos de preparación, los sistemas de cultivos y el clima (Deng *et al.* 2016).

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente descritos, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las modificaciones que tienen lugar en las propiedades físicas de



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

suelos Pardos, Agrupamiento Pardos Sialíticos (Hernández *et al.* 2015) de la provincia Cienfuegos, bajo condiciones de manejos diferentes.

Desarrollo

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Cienfuegos, Cuba, en el período de junio a noviembre de 2018, en suelos Pardos Sialíticos según la nueva versión de la clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.* 2015).

Para el estudio se escogieron tres áreas con diferentes formas de manejo los cuales se agruparon en tres categorías (Hernández *et al.* 2014): Suelo de referencia bajo bosques secundarios (más de 30 años): sin influencia antrópica; Conservados: bajo pastos de 10-20 años; Agrogénicos (>50 años): se mantienen bajo cultivo de granos, hortalizas y viandas.

En cada área de manejo a una profundidad de 0-25 cm, se tomaron muestras de suelo compuesta de cinco submuestras, realizándose las siguientes evaluaciones: Composición mecánica por el método de Bouyoucos modificado, usando pirofosfato para la eliminación de la materia orgánica e hidróxido de sodio como dispersante; Humedad por método gravimétrico en estufa a 105 °C hasta peso constante. El límite inferior y superior de plasticidad, así como el índice de plasticidad se realizó por el método de Atterberg. En el caso de la porosidad total (P) la cual se calculó utilizando la fórmula matemática: $P_{total} = \left[1 - \frac{D_a}{D_r}\right] * 100$. La estabilidad estructural se hizo por el método de Savinov, descrito por Hernández (2007), tanto en tamiz seco (Kes) como en tamiz húmedo (Keh), lo que permitió calcular el Índice de Estabilidad Estructural (Ie), según las fórmulas:

$$Kes = \frac{S \% Ag > 10 - 0.25}{\% Ag > 10 + < 0.25}$$

$$\% Ag > 10 + < 0.25$$

$$Keh = \frac{S \% Ag > 0.25}{S \% Ag > 0.25}$$

$$S \% Ag > 0.25$$

$$Ie = \frac{S \% Ag > 0.25 (Th)}{S \% Ag > 0.25 (Ts)}$$

$$S \% Ag > 0.25 (Ts)$$

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) de la provincia, Villa Clara, Cuba. La Estabilidad estructural, se realizó en el laboratorio de física de suelo del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en la provincia Mayabeque.

El procesamiento estadístico de los datos, se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. Los datos en por ciento fueron transformados para su normalidad, por la fórmula $X = 2 \arcsen \sqrt{P}$ (%). En los casos en que se encontró diferencias significativas entre las medias, estas fueron comparadas mediante el test de Tukey ($P < 0.05$), después de verificarse que cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianza. Los análisis fueron realizados con el programa Statgraphics Centurión (versión 15.1).

III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada una de las condiciones de manejos hay diferencias significativas en cuanto a la composición textural (Figura 1). En el suelo bajo bosque, predomina una textura gruesa (limos y arena fina), lo cual se puede traducir en una mejor infiltración del agua y una mayor porosidad.

En cuanto al área bajo pasto es un suelo arcillo limoso (textura fina) ya que alcanzó un alto porcentaje de partículas texturales del suelo correspondiente a un 50 % de arcillas y limo (grueso y fino). Una textura arcillosa favorece que la infiltración sea más lenta por mayor proporción de arcilla en el suelo, muchos poros se encuentran inactivos debido a que se genera una acumulación de materiales inorgánicos hidrofóbicos en los macroporos y en las superficies de los agregados (Girona *et al.* 2018). También el resultado en este suelo puede deberse a la agricultura intensiva, a que se han visto sometidos estos suelos anteriormente dedicados de manera intensiva a la siembra de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

En el suelo bajo cultivo intensivo se presenta una composición arcillo arenosa (textura fina), lo que puede influir en una menor capacidad de infiltración del agua en el suelo y por consiguiente en la afectación de los cultivos.

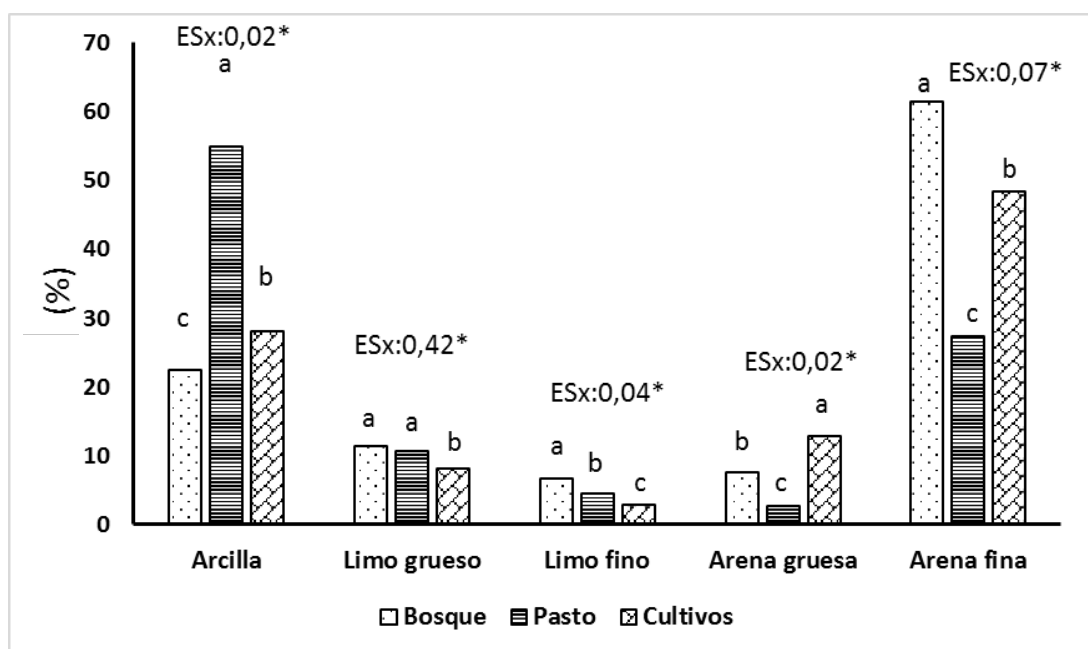


Figura 1. Composición mecánica del suelo Pardo bajo diferentes condiciones de manejos. Letras distintas en cada manejo indican diferencias significativas (Tukey $p < 0,05$).

Varios resultados demuestran que la agricultura intensiva y el cambio de los sistemas de bosque nativo a monocultivo, modifican las características físicas del suelo (Leyva *et al.* 2018; Novillo *et al.* 2018). Estudios realizados en suelos Nitisol bajo diferentes

III ENCUESTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

condiciones de manejos en la provincia de Sancti Spíritus, demostraron que la acción de las técnicas agrícolas produce una excesiva degradación de las texturas del suelo (Olivera *et al.* 2018).

Así mismo, se refiere que algunos factores y procesos que favorecen la degradación de la textura de los suelos son: disminución del contenido en arcilla, deforestación, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo e incorporación de nuevas áreas a la producción de cultivos (López *et al.* 2003). Otros estudios detallan que los suelos que son sometidos a diferentes intensidades de manejo agrícola, muestran diferencias en la mayoría de sus propiedades físicas (Reyes *et al.* 2016).

El problema de la estructura de los suelos Pardos de Cuba, es que la arcilla en estos suelos es predominantemente del tipo 2:1 lo que, bajo las condiciones del clima tropical subhúmedo, con alternancia de períodos de lluvia y sequía, hace que los agregados del suelo se vean bien manifiestos en época de seca, pero con la llegada de las lluvias, la arcilla por su composición, tiende a dilatarse, rompiendo los agregados y aumentado con ello el coeficiente o factor de dispersión (Hernández *et al.* 2010). Por otra parte, el limo es un componente del suelo que genera una importante susceptibilidad a la degradación física (Castiglioni *et al.* 2013).

El porcentaje de humedad y porosidad en los diferentes horizontes de cada perfil de suelo bajo las tres formas de manejo, se muestran en el Cuadro 1. Como se aprecia, en el perfil de bosque a la profundidad entre 0 - 25 cm, se alcanzan valores entre 39 y 47 %, mientras que en el perfil de pastos la humedad se encuentra entre un 33 – 46 %; sin embargo, en el sistema de pasto, a una profundidad de 45 cm se observa una humedad de casi 60 %.

La humedad en el perfil de bosque de 0-13 cm de profundidad alcanza valores altos, mientras que a profundidades inferiores comienza a disminuir, una alta retención de humedad edáfica se traduce en la estabilidad de los agregados del suelo (Castellano *et al.* 2017). En el perfil de cultivo la humedad alcanza resultados altos en la capa de 18-42 cm y resultados inferiores en las demás capas. También vale destacar que en el perfil de pasto la mayor cantidad de agua se encuentra acumulada en la profundidad de 25-45cm.

La disminución de la humedad que se presenta en los perfiles del manejo de pasto y cultivo, pueden deberse a que se encuentran más descubiertos, también al uso intensivo al que ha estado sometido el suelo por años y al manejo inadecuado de los mismos, lo que provoca que se pierda el agua por evapotranspiración, así como la formación de estructuras de bloques prismáticos en las capas superiores del suelo. Resultados similares se obtuvieron en un estudio realizado en suelos sembrados con caña de azúcar (Cruz *et al.* 2010) así como en suelos con diferentes usos y ocupaciones en la sabana de Bogotá (Mogollón, 2012), donde al evaluar las propiedades físicas del suelo, se confirmó que estas cambian por el tipo de uso y el manejo inadecuado. La humedad del suelo depende de la cobertura y la evaporación, según la radiación solar incidente en cada sistema de manejo agrícola.



**III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL
DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020**

Cuadro 1. Porcentaje de humedad y porosidad de suelos Pardos Sialíticos bajo diferentes formas de manejo.

Horizontes	Profundidad (cm)	Humedad (%)	Porosidad (%)
Perfil de Bosque			
A _{11m}	0 -13	47	64
A _{12m}	13 – 25	39	50
B	25 – 40	29	-
BC	40 – 60	30	-
C _k	>60	30	-
Perfil de Cultivos			
A ₁₁ SL	0 -18	33	36
A ₁₂ SL	18 - 42	46	34
B ₁	42 - 60	30	-
B ₂ (g)	60 - 90	37	-
Perfil de Pasto			
A ₁₁	0 – 25	25	47
B	25 – 45	59	37
BC	45 – 60	-	-
C	>60	-	-

SL: propiedades eslélicas

Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca membrillo, Manabí, en Ecuador demostraron que el sobrepastoreo y el cultivo continuado, disminuyen la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Hernández *et al.* 2017).



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

En cuanto a la porosidad, el perfil bajo bosque alcanza una porosidad considerada como muy buena (Hernández, 2017) la cual tiene una media de 57 % a una profundidad de 25 cm, mientras que los manejos restantes se categorizan como baja. Diferentes autores argumentan que la porosidad total de los suelos también se ve afectada por los cambios en el uso de los mismos, el movimiento y comportamiento del agua y el aire en el suelo depende de la distribución del tamaño de poros, la cual determina la capacidad del suelo para transmitir agua y afecta la intensidad de los fenómenos interceptación, flujo de masa y difusión, por los cuales las plantas adquieren nutrientes (Valbuena *et al.* 2017). Cuando los suelos Pardos son sometidos a un cultivo intensivo, trae consigo una pérdida de la materia orgánica, lo que provoca una ruptura de los agregados y una pérdida de la misma (Morell *et al.* 2006).

La plasticidad del suelo puede definirse como la propiedad de un material que permite resistir deformaciones rápidas, sin cambiar de volumen y sin agrietarse ni desagregarse; es decir, es la propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua dentro del suelo ya que éstas permiten que el suelo sea moldeado sin romperse hasta un determinado punto. Es el efecto resultante de una presión y una deformación (Pérez *et al.* 2017), sus resultados se observan en el Cuadro 2.

El análisis de la plasticidad, mostró que para las tres variables (límite superior e inferior de plasticidad e índice de plasticidad) a una profundidad de 0-25 cm, el mayor contenido es en el suelo pasto seguido del suelo bajo bosque y por último el suelo agrogénico y de manera general estas disminuyen con la profundidad.

El resultado obtenido en el suelo bajo pasto pudiera estar relacionado con la cobertura vegetal que se logra con estas plantas, lo que unido a la función de las raíces de los pastos pueden contribuir en la formación de estructura del suelo. Por otra parte, los largos periodos de ocupación por los pastos, generan una gruesa capa de césped, lo que evita la erosión del suelo, además de facilitar la acumulación de materia orgánica, aspecto esencial en la conservación y productividad del suelo (Volverás *et al.* 2020).

Cuadro 2. Influencia del manejo de los suelos Pardos Sialíticos en la plasticidad

Manejo del suelo	Profundidades	LSP	LIP	IP
	cm			
Bosque	0 - 25	51.71	23.42	27.86
	25 - 45	47.07	23.85	23.22
	45 - 60	40.56	14.55	26.02
	>60	31.56	21.97	29.59
Cultivo	0 - 25	41.31	16.84	24.48
	25 - 45	40.07	18.68	21.39



**III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL
DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020**

	45 - 60	38.81	17.73	21.08
	>60	38.77	13.61	25.16
Pasto	0 - 25	71.68	28.42	43.26
	25 - 45	74.46	27.45	47.00
	45-60	61.47	21.77	39.70
	>60	51.27	17.77	33.50

Este resultado concuerda con estudios realizados por Mitchell (1993), los cuales refieren que cuanto mayor es la cantidad de arcilla en un suelo, mayor será la plasticidad, el encogimiento e hinchamiento potenciales (Hernández *et al.* 2017), aspecto que se refleja en esta investigación, en el suelo cultivado con pastos (Figura 1) por más de 20 años.

El análisis del índice de estabilidad estructural (Cuadro 3), muestra un calificativo de bueno para el sistema bajo pasto y mediano para el sistema de bosque secundario, a lo que se puede inferir que hay una mayor cantidad de carbono orgánico y de esta forma, la actividad microbiana aumenta y en consecuencia produce agentes enlazantes entre las partículas minerales individuales y microagregados, formándose con el tiempo necesario, una mayor cantidad de macroagregados estables. Por otra parte, la estabilidad estructural depende de las propiedades fisicoquímicas de la arcilla y de su mineralogía, y no solo de su proporción, cuando el suelo tiene mucha arcilla, el impacto de las gotas de agua provoca que ésta se separe de las otras partículas (Aksakal *et al.* 2016).

Cuadro 3. Estabilidad estructural de un suelo Pardo Sialítico bajo diferentes condiciones de manejo

Manejo del suelo	Índice Estabilidad Estructural (Ie)	Promedio	Calificativo
Bosque			
1	0.67		
2	0.64	0.65 b	Mediano
3	0.67		
Pasto			



**III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL
DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020**

1	0.83		
2	0.81	0.82 a	Bueno
3	0.83		
Cultivo			
1	0.53		
2	0.58	0.59 c	Bajo
3	0.69		
ESx		0.04*	

Letras distintas en cada manejo indican diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$).

El resultado obtenido bajo sistema de pasto, puede estar relacionado con el aporte de materia orgánica que se logra con el pastoreo, lo cual ha sido reportado el efecto positivo que tienen las fuentes orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo y especialmente en su estructura, ya que propicia la formación de agregados de origen biogénico que poseen alta estabilidad; también, mantener el suelo en barbecho contribuye a su conservación (Aguila *et al.* 2016).

En el caso del sistema de cultivo intensivo con un calificativo de bajo, los valores obtenidos son típicos de los horizontes superficiales de los suelos cultivados, caracterizados por los bajos niveles de materia orgánica y estar sometidos al laboreo con maquinaria agrícola.

Conclusiones

Las propiedades físicas de los suelos Pardos Sialíticos se modifican en función del manejo a que son sometidos. En la composición textural es gruesa en los suelos bajo bosque y fina para los suelos bajo pasto y cultivo intensivo. En los suelos con más de 30 años se encuentran mayores porcentajes de humedad y porosidad y estas se reducen hacia los suelos de pastizales y suelo agrogénico caracterizado por un manejo intensivo. En el caso de la plasticidad y estabilidad estructural, esta es superior en los suelos que se encuentran sembrados con pastos por más de 20 años.

Bibliografía o referencias bibliográficas

Aguila-Alcantara, E., Marrero-Pérez, Y., Hernández-Arboláez, HP., Ruiz-González, Y. 2016. Efecto del uso del suelo sobre su calidad en áreas de la Finca "Baños de Marrero". Ctro. Agr. vol.43 no.2 Santa Clara jun. *versión On-line* ISSN 0253-5785

Aksakal, E.L.; Sari, S. & Angin, I. 2016. Effects of vermicompost application on soil aggregation and certain physical properties. *Land Degradation & Development*, 27: 983-995.

Blum, W.E.H., Schad, P. and Nortcliff, S. 2018: *Essentials of Soil Science*. Borntraeger Science Publishers, Stuttgart, 2018. ISBN: 978-3-443-01090-4. 171p.



**III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL
DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020**

Burbano, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Rev. Cienc. Agr. 33(2),117 - 124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

Castellanos, V.I; García, C.N y Cano, S.Z. 2017. Procesos físicos del suelo en la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria: atributos para su conservación. Terra Latinoam vol.35 no.1 Chapingo ene./mar. *versión On-line* ISSN 2395-8030

Castiglioni M.G; Behrends K.F & María M.HJ. 2013. Efecto de la secuencia de cultivos bajo siembra directa sobre la calidad de algunos suelos de la región Pampeana. Cienc. Suelo, vol.31 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires ene./jul. *versión On-line* ISSN 1850-2067

Cruz, J.; Nonato, R, S.; Camacho, J.; Castro, R. 2010. Spatial analysis of physical attributes and organic carbon from yellow-red alfisol with sugarcane crop. Ciência e Agrotecnologia. 34. 271-278.

Daza, M., Hernández, F., F y Alba, T., F. 2014. Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, [en línea] 67(1), 7189-7200. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179930032006>

Deng YS, Dong XIA, Cai CF and Ding SW. 2016. Effects of land uses on soil physico-chemical properties and erodibility in collapsingully alluvial fan of Anxi County. China. Journal of Integrative Agriculture. 15: 1863-1873. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61223-0

Girona García, A.; Ortiz Perpiñá, O.; Badía Villas, D. & Martí Dalmau, C. 2018. Effects of prescribed burning on soil organic C, aggregate stability and water repellency in a subalpine shrubland: Variations among sieve fractions and depths. *Catena*, 166, 6877.

Hernández A, Vargas D, Bojórquez JI, García JD, Madueño A and Morales M. 2017. Carbon losses and soil property changes in Ferralic Nitisols from Cuba under different coverages. *Scientia Agricola*. 74(4): 311-316. doi: 10.1590/1678-992x-2016-0117

Hernández, A, Vargas, Dania, Ríos, H, & Marentes, Francy L. 2008. Características de los suelos y sus reservas de carbono en la finca la colmena de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 27-34. Recuperado en 04 de junio de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000200005&lng=es&tlng=es

Hernández, A. J; Bojórquez, S.I; Morell, P.F; Cabrera, R.A; Ascanio G.M; García P.J; Madueño, M.A y Nájera, G.O. 2010. Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Edic. Universidad Autónoma de México. ISBN: 978-607-7868-27-9. 79 pp

Hernández, A., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D., Ascanio, J., Ríos M.O., Funes, Bernal, F., González, A., Cañizares, P.J. 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. Mayabeque, Cuba: INCA. ISBN: 978-959-7023-66-1

Hernández, J A., Vera, M. Guzmán, C. A.C., Civar, C. M., Roberto, Z. T., Mesías, G. F., Ormanza, K., León, A. R. V., y López, A. G. A. 2017. Variaciones en algunas



III ENCUENTRO CIENTÍFICO NACIONAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE 2020

propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1): 50-56.

Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. Y Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7

Leyva, S., Baldoquin, A. Reyes, M. 2018. Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Rev. Cienc. Agr.* 35(1),36-47. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.81>.

López, F, G; Muñoz, D; Hernández, M; Soler, A, A; Castillo, M, C y Hernández, A, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación del suelo en la Subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Boletín de la sociedad geológica mexicana tomo LVI*, 1, 19-41

Mogollon, M. 2012. Comportamiento espacial de la resistencia mecánica a la penetración y su relación con propiedades físicas del suelo en áreas con diferentes usos y ocupaciones en la sabana de Bogotá. Universidad Nacional Colombia.

Novillo, E, I, D; Carrillo, Z, M, D; Cargua, Ch, J, E; Nabel, M, Virginia, K; Albán, S, E; Morales, I, F, L. 2018. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador, *Temas Agrarios*, 23(2),177 - 187. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5297>

Olivera, V, D; Hernández, A; Lizcano, R, M; Alexander, C & Peña, K. 2018. Effects of land-use change on Nitisols properties in a tropical climate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(3), 8601-8608. <https://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v71n3.67786>

Pérez Maiby –Darniz, Auris D. García-Méndez y Marielena Medina. 2017. Sistemas de labranza y densidades de la batata: calidad del suelo y de las raíces tuberosas. *Agron. Mesoam.* 28(1):85-95. doi:10.15517/am.v28i1.22751

Reyes, R; Guridi, I, F; Valdés, C, R. 2016. El manejo agrícola modifica propiedades y la disponibilidad de metales pesados en suelos Ferralíticos rojos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(4),23-31, ISSN: 2071-0054, DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/G.2.2.15279.33448>

Valbuena C.O; Rodríguez P.W; Suárez S.JC. Calidad de suelos bajo dos esquemas de manejo en fincas cafeteras del sur de Colombia. 2017. *Agron. Mesoam.* 28(1):131-140. ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v28i1.21092

Volverás, M.B; Merchancano, R.JD; Campo, Q.JM; López, R. JF. 2020. Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana Volumen* 31(3):743-760. doi:10.15517/am.v31i3.39233. <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>

