

Artículo científico**INDICADORES DE CALIDAD FÍSICA EN SUELOS DEL MUNICIPIO DE LA HABANA DEL ESTE, CUBA.**

Maite Torres Leblanch, Yaisely Orquídea Hernández Fernández, Luis Enrique Lara Fernández, Amarilis Cruz Ortega y María Iluminada Rodríguez García.

RESUMEN

Uno de los mayores problemas en el trópico es la degradación de los suelos en áreas de agricultura intensiva, lo que provoca la disminución de la capacidad productiva. El objetivo de la investigación consistió en evaluar los indicadores de calidad física de los suelos, en unidades productivas de la Agricultura Urbana del municipio Habana del Este. Los indicadores analizados fueron: humedad natural e higroscópica, densidad aparente y real, porosidad total, composición granulométrica, estabilidad de agregados e índice de estabilidad estructural. Se realizó un análisis de componentes principales para determinar las propiedades de mayor incidencia en la calidad física. Los Cocos, El Cachón y el Vivero Organopónico Alamar presentaron humedades higroscópicas bajas, lo que dificulta el almacenamiento del agua en los microporos y la circulación del agua y el aire en los macroporos; sin embargo, en Los Pinos y Biointensivo fue alta, lo cual les confiere buenas condiciones físicas y por tanto, una mayor productividad. Se evidenció un índice de estabilidad medio, lo que les proporciona una menor erosión hídrica ante condiciones climáticas adversas. Los indicadores que más influyeron en el comportamiento físico fueron la humedad higroscópica, la densidad aparente y la porosidad total; propiedades que establecen la relación aire/agua y la estructura. Se demostró que, aunque la densidad real como medida de la fertilidad influye de forma positiva sobre las propiedades nutricionales, ésta no determina la calidad física, por lo que puede ser manejada en el proceso productivo.

Palabras clave: agricultura urbana, calidad física, suelos

Indicators of physical quality in soils of the municipality of the Habana del Este, Cuba.

ABSTRACT

One of the biggest problems in the tropic is the degradation of the soils in areas of intensive agriculture, this causes the decrease of the productive capacity. The aim had to evaluate the indicators of physical quality of the soils, in productive units of the Urban Agriculture of the municipality Habana del Este. The analyzed indicators were: the natural and hygroscopic humidity, bulk and real densities, total porosity, distribution and hydric resistance of the aggregates, index of structural stability. It was carried out an analysis of main

MSc. Maite Torres Leblanch, especialista del Departamento de Agricultura Urbana y Manejo Sostenible del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), MINAG. Calle 188 # 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail: agroquim@inifat.co.cu

components to determine the properties of more incidence in the physical quality. Los Cocos, Cachon and Vivero Organoponic Alamar presented low humidity hygroscopic, what hinders the storage of the water in the microspores and the circulation of the water and the air in the macrospores; however, in Los Pinos and Biointensivo it was high, that which confers them good physical conditions and therefore, a bigger productivity. An index of stability means was evidenced, what provides them a smaller hydric erosion before adverse climatic conditions. The indicators that more influenced in the physical behavior were the hygroscopic humidity, the bulk density and the total porosity; properties that establish the relationship air/water and the structure. It was demonstrated that although the real density as measure of the fertility influences in a positive way about the nutritional properties, this doesn't determine the physical quality, for what can be managed in the productive process.

Key words: urban agriculture, physical quality, soils

INTRODUCCIÓN

Las propiedades físicas son aquellas que se pueden observar y/o medir sin alterar químicamente la composición del suelo y están relacionadas con el movimiento del aire, agua, raíces y nutrientes, entre ellas se encuentran la humedad natural e higroscópica, la densidad aparente y real, la porosidad, la estructura y el índice de estabilidad estructural, entre otras (Jilling *et al.*, 2018). Es por ello, que en la actualidad se busca que los sistemas agrícolas posean una capacidad inherente de recuperarse de los disturbios provocados por los cultivos, las cosechas y que retroalimenten los diferentes compartimentos del sistema suelo, además de estimular su capacidad de recuperación bajo situaciones climáticas variables (Lal y Stewart, 2018; Luo *et al.*, 2017).

En este caso, la calidad física, juega un rol decisivo en los niveles de producción a obtener, por la respuesta del recurso suelo a las prácticas asociadas en los diferentes sistemas de producción, así como su susceptibilidad a la degradación por acciones naturales o antrópicas (Wieder *et al.*, 2017). Esta última, se puede manifestar de varias formas entre ellas la deficiente o baja infiltración de agua, la pérdida neta de partículas por escorrentía, la compactación, la colmatación de poros del suelo

y una aireación deficiente. El suelo puede presentar varios problemas simultáneamente y el conjunto de estos, es la causa.

Los indicadores físicos que se han empleado en las evaluaciones de calidad del suelo están relacionados, por un lado, con las propiedades que reflejan como este acepta, retiene y proporciona agua a las plantas y por el otro con las condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración, el movimiento del agua dentro del perfil y la capacidad de promover el intercambio óptimo de gases.

Por tanto, se requiere la evaluación de la condición de estos indicadores, a fin de determinar atributos y limitantes que permitan tomar medidas restaurativas para su mejoramiento, la disminución del impacto de uso de los recursos naturales y consecuentemente, ejecutar las medidas correctivas pertinentes o las acciones preventivas para reducir los efectos adversos de estos procesos (Bünemann *et al.*, 2018) y garantizar la productividad de los suelos a largo plazo.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los indicadores de calidad física de suelos del municipio de la Habana del Este, después de varios años de cultivo intensivo en sistemas de la agricultura urbana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Habana del Este es un municipio de la provincia de La Habana, Cuba. Tiene una extensión territorial de 144,9 km², aproximadamente el 20 % de todo el espacio territorial de la provincia, es el municipio de mayor tamaño entre los 15 que la integran. Su población es de 178 000 habitantes. El estudio

se realizó en los suelos de cinco escenarios productivos: Los Pinos, Biointensivo, Los Cocos, El Cachón y Vivero Organopónico Alamar.

Para las determinaciones de la humedad natural y la densidad aparente se tomaron tres muestras independientes no disturbadas de suelo de la capa arable (0-20 cm) y 1 kg de suelo para el resto de los análisis (Tabla 1).

Tabla 1. Indicadores físicos y las metodologías empleadas.

Indicadores físicos	
Análisis	Métodos
Humedad natural (W _n), %	Gravimétrico
Humedad higroscópica (W _H), %	Gravimétrico
Densidad aparente (D _a), mg.m ⁻³	Cilindros concéntricos (336 cm ³)
Densidad real (D _r), mg.m ³	Picnometría (V=50 cm ³)
Porosidad Total (Pt), %	Cálculos: $Pt = 1 - \frac{D_a}{D_r} \times 100$
Composición granulométrica	Tamices
Índice de estabilidad estructural (Ie) %	Método de Savinov $Ie = \frac{\sum \%Ag > 0,25 (Th)}{\sum \%Ag > 0,25 (Ts)}$ Ag: Agregados; Th: Tamiz húmedo y Ts: Tamiz seco.

Los análisis físicos se realizaron según las metodologías propuestas por el Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana (IS, 1988). Se determinaron las medias con el error estándar y un análisis de componentes principales para identificar los indicadores más determinantes en la variabilidad de los datos e interpretar la relación que se estableció entre los componentes.

Se consideraron aquellos indicadores con cargas factoriales mayores que 0,60 para determinar su peso en los componentes. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12,1 del 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los indicadores físicos evaluados, la media y el error estándar.

Los suelos de Los Cocos, El Cachón y el Vivero Organopónico Alamar mostraron humedades higroscópicas bajas, lo cual demuestra la poca cantidad de agua que hay en los macroporos (que son los encargados de la circulación de agua y del aire en el suelo) y de los microporos (que almacenan agua dentro del mismo).

Los resultados evidenciaron que estos suelos tienen un insuficiente almacenamiento de agua por lo que necesitarán una mayor frecuencia de riego para alcanzar su capacidad de campo, lo cual coincide con lo reportado por Moreira *et al.* (2014), cuando refieren que la erosión hídrica constituye el proceso de degradación de suelos más importante de las regiones tropicales.

Tabla 2. Indicadores físicos de los suelos con las medias y el error estándar (Wn: humedad natural, W_H: humedad higroscópica, Da: densidad aparente, Dr: densidad real, Pt: porosidad total e Ie: índice de estabilidad).

Suelo	Wn (%)	W _H (%)	Da (mg.m ⁻³)	Dr (mg.m ⁻³)	Pt (%)	Ie (%)
Los Pinos	27,59	18,97	0,81	2,59	68,58	0,69
Biointensivo	37,93	21,55	0,83	2,51	66,57	0,88
Los Cocos	30,60	4,57	0,99	2,02	50,63	0,73
El Cachón	21,59	3,90	0,92	1,99	56,55	0,68
Vivero Organopónico Alamar	24,94	4,81	1,01	2,66	61,76	0,89
x	26,80	12,51	0,92	2,35	60,62	0,77
Ex	±1,82	± 2,70	± 0,02	± 0,07	± 1,86	± 1,58

Todos los suelos presentaron valores de densidad real inferiores a 2,65 mg.m⁻³, lo cual sugiere la presencia de altos contenidos de materia orgánica y/o de aluminosilicatos no cristalinos en estos. Sin embargo, el del Vivero Organopónico Alamar podría catalogarse como netamente mineral, con una densidad real de 2,66 mg.m⁻³, valor muy cercano al promedio para los suelos minerales (Jaramillo, 2002).

La densidad aparente mostró valores bajos entre 0,815 y 1,018 mg.m⁻³, buenos para suelos e indicativos de buenos tenores de materia orgánica, ya que mientras más baja es la densidad aparente mayor es el contenido de materia orgánica (Jackson *et al.*, 2017).

En relación a la distribución de los agregados, los suelos del Biointensivo y El Cachón, mostraron macroagregados mayores de 10 mm de 35 - 45 %, lo cual es característico de una mala estructura o de una deficiente preparación (Figura 1).

Todos los suelos presentaron una estabilidad media (68-89). Sin embargo, la distribución interna de la porosidad es un parámetro que debe ser evaluado periódicamente, sobre todo en aquellos suelos sometidos a usos intensivos. Los cambios en esta propiedad pueden ser

indicativos de deterioro físico (Duval *et al.*, 2015).

Rotenberg *et al.* (2007) consideran como ideal, aquellos suelos en los cuales los macro y microporos se encuentran en igual proporción y agregan que, cuando la macroporosidad (agregados 7-10 mm) es menor del 10 %, se restringe la proliferación de raíces.

En la Figura 2 se muestra la resistencia hídrica de los agregados evaluada a través del diámetro medio ponderado, luego de ser sometidos a la acción disgregante del agua, lo que permite predecir el comportamiento ante condiciones climáticas adversas.

En todos los casos se puede observar que los agregados mayores se destruyen a valores inferiores a 0,25 mm con incrementos entre un 5 al 25 %, este efecto es más acentuado en los suelos de Los Pinos y El Cachón. Los resultados denotan los problemas que se pueden presentar en los mismos ante un evento de este tipo y la susceptibilidad de éstos a la erosión hídrica.

Al respecto, Wiesmeier *et al.* (2019) encontraron que la disminución del carbono del suelo, era la causa de la disminución de la estabilidad de los agregados y de la infiltración del agua y que los cambios en la condición física incrementan las

pérdidas del horizonte superficial por los efectos de la erosión, lo cual es más acentuado en suelos tropicales por las condiciones de alta humedad y temperatura (Wang *et al.*, 2018).

Sobre esta forma de erosión influye la susceptibilidad del suelo al desprendimiento, el

arrastre de partículas, el uso y manejo del medio edáfico (Valero *et al.*, 2017).

Este último factor es de gran importancia porque está vinculado directamente con el accionar del hombre (Nájera *et al.*, 2016).

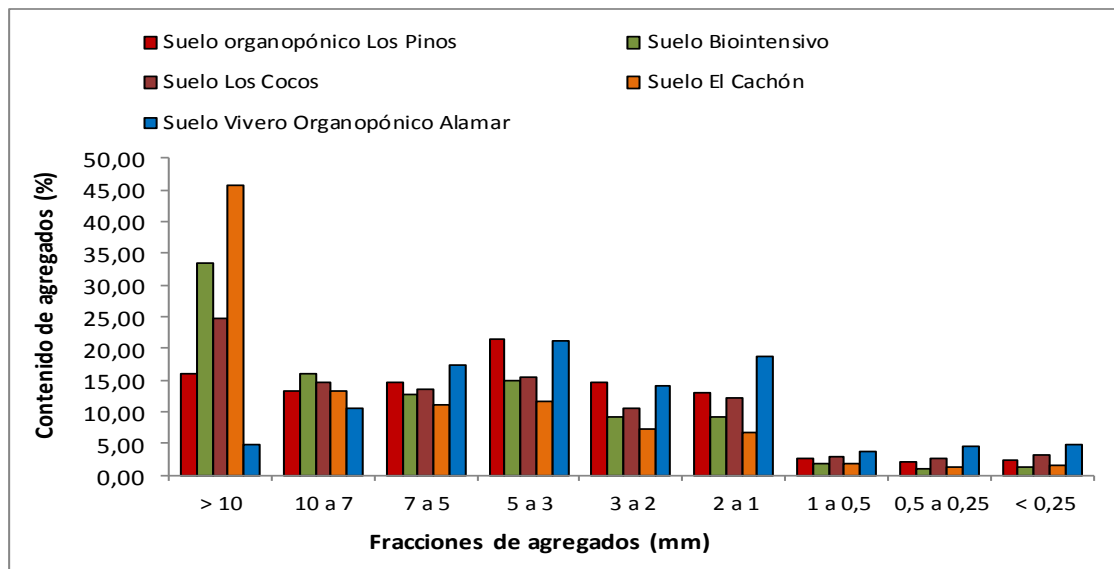


Figura 1. Distribución de agregados de los suelos en los escenarios productivos estudiados.

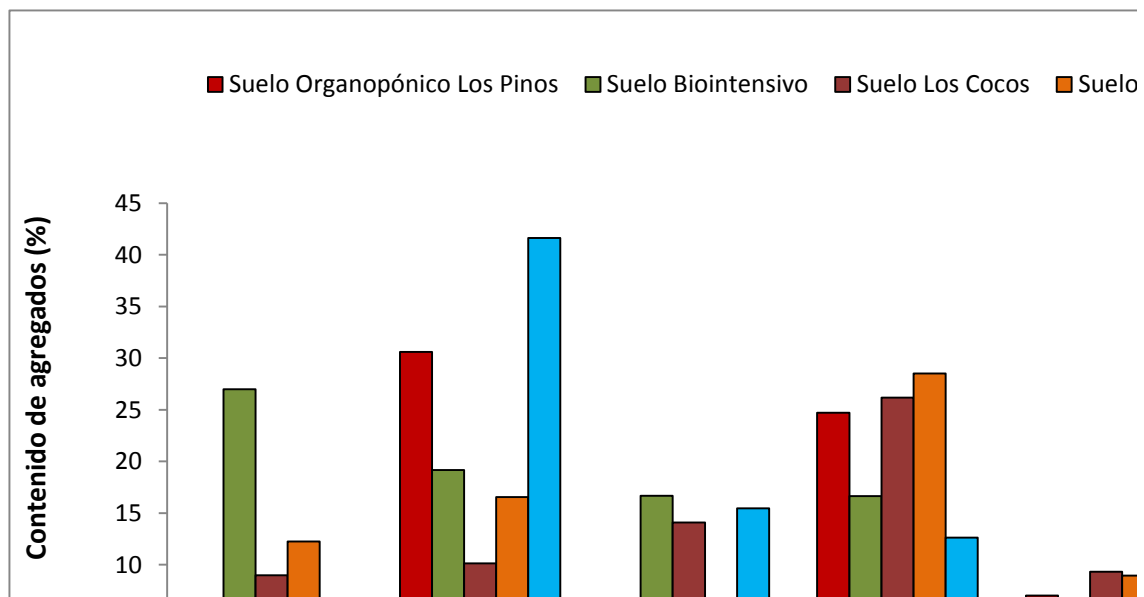


Figura 2. Resistencia de los agregados de los suelos ante la acción agua.

El análisis de componentes principales arrojó dos componentes en una primera extracción que explicó el 100 % de la varianza total (Tabla 3). Se demostró que los indicadores más determinantes fueron la humedad higroscópica y la porosidad total de forma positiva y la densidad aparente de forma negativa, las cuales explicaron el 58,2 % de la varianza, lo cual indica que el almacenamiento de agua en los microporos y la circulación del agua y el aire en los macroporos, determinan en gran medida las

condiciones físicas del suelo para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La densidad real de forma positiva y la humedad natural de forma negativa clasificaron en el segundo componente y explicaron el 40,7 % de la varianza total, lo cual corrobora que la fracción mineral no es determinante, pues en condiciones de agricultura urbana es posible aplicar enmiendas orgánicas al suelo y corregir la nutrición en el momento que el cultivo lo necesite.

Tabla 3. Matriz de componentes, rotación Varimax.

% Varianza	58,156	41,844
% acumulada	58,156	100,00
	Componentes	
	Relación aire/agua	Propiedades nutricionales
Humedad natural	-0,280	-0,960
Humedad higroscópica	0,999	0,039
Densidad aparente	-0,930	0,367
Densidad real	0,271	0,962
Porosidad total	0,972	-0,234

CONCLUSIONES

- ✓ Los suelos de Los Cocos, El Cachón y el Vivero Organopónico Alamar a diferencia de Los Pinos y Biointensivo, presentan humedades higroscópicas bajas, lo que dificulta el almacenamiento y la circulación del agua y el aire. Estos necesitan aplicaciones de materia orgánica de forma sistemática para mejorar su agregación y la retención de humedad.
- ✓ El índice de estabilidad medio que presentan estos suelos, reflejadas en el incremento del contenido de agregados menores de 0,25 mm, ante la acción

disgregante del agua entre 5 y 25 %, permite inferir la alta erosión hídrica de estos ante condiciones climáticas adversas.

- ✓ La densidad real como indicador de la fertilidad influye de forma positiva sobre las propiedades nutricionales, pero no determina la calidad física, por lo que puede ser manejada en el proceso productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bünemann, E.K.; Bongiorno, G.; Bai, Z.; Creamer, R.E.; De Deyn, G.; de Goede, R.; Flesskens, L.; Geissen, V.; Kuyper, T.W.;

- Mäder, P.; Pulleman, M.M.; Sukkel, W.; van Groenigen, J.W. y Brussaard, L. (2018): Soil quality: A critical review. *Soil Biol. Biochem.*, 120:105–125. ISSN: 1879-3428.
- Duval, M.E.; Galantini, J.A.; Martínez, F.M. y López, L.G. (2015). Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo. *Ciencias Agronómicas RIFCA-UNR*, 25: 33-43. ISSN: 1853 – 4333.
- Jackson, R.B.; Lajtha, K.; Crow, S.E.; Hugelius, G.; Kramer, M.G. y Piñeiro, G. (2017). The ecology of soil carbon: pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls, *Annu. Rev. Ecol. Evol. and Syst.*, 48: 419–445. ISSN: 0066 – 4162.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencia Naturales y Ecología. 619 p. ISBN: 978- 958- 33- 3843-4.
- Jilling, A.; Keiluweit, M.; Contosta, A.R.; Frey, S.; Schimel, J.; Schneck, J.; Smith, R.G.; Tiemann, L. y Grandy, A.S. (2018). Minerals in the rhizosphere: overlooked mediators of soil nitrogen availability to plants and microbes, *Biogeochemistry*, 139:103–122. ISSN (versión impresa): 0168- 2563.
- Lal, R. y Stewart, B.A. (2018). (Eds.): Soil and climate. CRC Press/Taylor y Francis Group, Boca Raton, FL, USA. 448 p. ISBN: 978-128-121-290.
- Luo, Z.; Wang, E. y Sun, O.J. (2017). Uncertain future soil carbon dynamics under global change predicted by models constrained by total carbon measurements. *Ecol. Appl.*, 27:1001–1009. ISSN:1051 – 0761.
- Moreira, C.B.; Naves, S.N.; Curi, P.V. y Gomes, B. (2014). Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto nabacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38: 1565-1575. ISSN: 1806- 9657.
- Nájera, G.O.; Bojórquez, S.G.I.; Flores, F.V.; Murray, N.R.M.; González, A.G. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos Tropicales*, 37(2): 45-55. ISSN (versión impresa): 0258- 5936.
- Rotenberg, D.; Wells, A.J.; Chapman, E.J.; Whitfield, A.E.; Goodman, R.M. y Cooperby, L.R. (2007). Soil properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(11): 2936-2948. ISSN: 1879- 3428.
- Valero, M.V.M.; Reyes, D.C.A. y Cairo, D.C.P. (2017). Evaluación de las propiedades químicas y físicas de un suelo Ferralítico rojo lixiviado en Topes de Collantes para una producción sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2): 53. ISSN (versión digital): 2415-2862.
- Wang, J.M.; Sun, J.; Xia, J.; He, N.; Li, M. y Niu, S. (2018). Soil and vegetation carbon turnover times from tropical to boreal forests. *Funct. Ecol.*, 32: 71-82. ISSN: 0269- 8463.
- Wieder, W.R.; Hartman, M.D.; Sulman, B.N.; Wang, Y.P.; Koven, C.D. y Bonan, G.B. (2017). Carbon cycle confidence and uncertainty: Exploring variation among soil bio-geochemical models. *Glob. Change Biol.*, 24: 1563–1579. <https://doi.org/10.1111/gcb.13979>.
- Wiesmeier, M.; Urbanski, L.; Hobbey, E.; Lang, B.; von Luet-zow, M.; Marin-Spiotta, E.; Wesemael, B.; Rabot, E.; Ließ, M.; Garcia-Franco, N.; Wollschläger, U.; Vogel, H.J. y

Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333: 149–162. ISSN: 0016- 7061.

Fecha de recepción: 20 enero 2020

Fecha de aceptación: 28 julio 2020

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

