

Estado evolutivo de las propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra

Evolutionary State of Soil Properties Due to Land Use Change

^IVioleta Llanes-Hernández^{I*}, ^{II}Alberto Hernández-Jiménez^{II},
^INelson Juan Martín-Alonso^I and ^{III}José Obdulio Rodríguez-Farray^{III}

^IUniversidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III}Centro Universitario Municipal Nueva Paz (CUM), Mayabeque, Cuba.

*Autora para correspondencia: Violeta Llanes-Hernández, e-mail: violeta@unah.edu.cu

RESUMEN: Se realizó un estudio, del efecto en las propiedades químicas del suelo, con el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinales* L.), como monocultivo, durante más de 30 años y posteriormente el establecimiento de cultivos varios en suelos de los Agrupamientos Ferrállico y Gleysol, del municipio de Nueva Paz, provincia Mayabeque, cuyos resultados se compararon con perfiles patrones de estos Agrupamientos, que nunca han sido cultivados. Álvaro Reynoso citado por Humbert (1965), reportó que en el siglo pasado, en la fertilización de la caña de azúcar, se utilizó como fertilizante mineral, nitrato de amonio, que posee características ácidas, lo que llevó a la acidificación de estos suelos y al lavado de las bases. Con el establecimiento de los cultivos varios (hortalizas, granos, tubérculos) por los campesinos, donde han aplicado abonos orgánicos, cachaza y rotación con ganado, los suelos han sufrido una resiliencia, tanto en el pH, el contenido de bases y en el contenido de carbono orgánico del suelo lo que se asemeja a las propiedades de los perfiles patrones, donde no ha existido actividad antrópica. En los suelos del Agrupamiento Gleysol, el mal drenaje comienza a partir de los 40 cm de profundidad, sin embargo, la utilización de enmiendas orgánicas ha propiciado una mejoría en las propiedades de los suelos de 0 - 40 cm y con ello un mejor rendimiento de los cultivos.

Palabras clave: resiliencia, perfiles de referencia, arcilla esmectita, gleyzación.

ABSTRACT: A study was carried out on the effect on chemical properties of soil with the cultivation of sugar cane (*Saccharum officinalis* L.) as a monoculture for over 30 years and subsequently the establishment of various crops in soils of the Ferrállico and Gleysol Groups, in the municipality of Nueva Paz, Mayabeque province, whose results were compared with standard profiles of these Groups, which have never been cultivated. Álvaro Reynoso cited by Humbert (1965) reported that in the last century, in the fertilization of sugar cane, ammonium nitrate was used as a mineral fertilizer, which has acidic characteristics, which led to the acidification of these soils and the washing of the bases. With the establishment of various crops (vegetables, grains, tubers) by farmers, where they have applied organic fertilizers, filter cake and rotation with livestock, the soils have suffered a resilience, both in pH, base content and in the organic carbon content of the soil, which resembles the properties of the standard profiles, where there has been no anthropic activity. In the soils of the Gleysol Groupings, poor drainage begins at 40 cm depth, however, the use of organic amendments has led to an improvement in the properties of soils from 0 - 40 cm and therefore a better crop yield.

Keywords: Resilience, Reference Profiles, Esmectita Clay, Gleyzation.

INTRODUCCIÓN

Los suelos pertenecientes a los Agrupamientos Ferrálíticos Rojos y Ferrálicos Rojos ocupan aproximadamente 700 000 ha en las llanuras de Cuba, distribuidos en las provincias de Artemisa, Mayabeque, Matanzas y Ciego de Ávila (Hernández *et al.*, 2020). Este autor plantea que son de los mejores suelos de Cuba, en los cuales se cultiva granos, viandas y vegetales, además de frutales; siendo poco aptos para el cultivo del arroz. Ellos se distribuyen en el ecosistema de las llanuras cárasicas con clima tropical subhúmedo, vegetación natural de bosques semideciduos y palmas emergentes (Hernández, 2018).

En los últimos años se han realizado investigaciones sobre el cambio de las propiedades de estos suelos por el cultivo continuado (Amores, 2020). Así se ha podido determinar que ellos conservan un contenido relativamente alto en carbono orgánico cuando están durante muchos años, bajo arboledas, pastizales y el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), que disminuye cuando se encuentran sometidos a un manejo intensivo (Martín *et al.*, 2022). Incluso se ha determinado las pérdidas de reservas de carbono orgánico por años, cuando los suelos son explotados continuamente (Carnero *et al.*, 2019).

Recibido: 26/03/2024

Aceptado: 03/01/2025

Los autores de este trabajo declaran no tener conflicto de intereses.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: Conceptualization: V. Llanes. Data curation: V. Llanes. Formal Analysis: V. Llanes. Investigation: V. Llanes, A. Hernández, N. Martín, J. Rodríguez. Methodology: V. Llanes. Supervision: V. Llanes, A. Hernandez. Validation: V. Llanes, A. Hernandez. Visualization: V. Llanes, A. Hernandez, J. Rodríguez. Writing-original draft: V. Llanes, A. Hernández, N. Martín. Writing - review & editing: V. Llanes, A. Hernández, J. Rodríguez.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



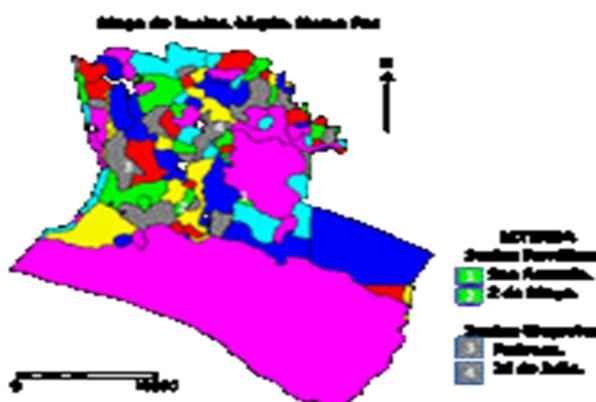
Además, se ha podido determinar el cambio de otras propiedades como son el valor de la densidad de volumen y del factor de dispersión, en relación con las pérdidas de materia orgánica, que ocurre en estos suelos por la antropogénesis (Martín *et al.*, 2018).

Estos suelos constituyen uno de los ecosistemas principales para la producción de alimentos de la provincia de Mayabeque, dividido en dos regiones y ocupan un territorio de 17 734 ha (Hernández, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un estudio, con el objetivo de conocer el estado evolutivo de las propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra. Los suelos fueron clasificados como Ferralítico Rojo, Ferrálico Rojo y Gleysol Vértico, en la región de Nueva Paz (Panqueque (1990) y Hernández *et al.* (2015), que se ubican en la parte sur de este ecosistema, limitando al sur, con una llanura acumulativa que posee suelos de los agrupamientos Vertisoles, Gleysoles y Fluvisoles (Hernández *et al.*, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo de suelo en cuatro fincas, tomando muestras de la parte superior del perfil (0-10, 10-20, 20-30 cm) homogeneizadas para garantizar un muestreo representativo como aparece en el mapa donde se refleja la ubicación y nombre de las fincas, y el tipo de suelo de acuerdo al análisis realizado.



Fuente: Delegación de la Agricultura
de Nueva Paz. Grupo del CITMA territorial.

FIGURA 1. Mapa de suelos del municipio Nueva Paz Provincia Mayabeque.

Para el muestreo se realizó un recorrido en zigzag en las áreas seleccionadas y el método empleado es una muestra compuesta: se refiere a la muestra de suelo obtenida de varias extracciones o muestras simples, reunidas en un recipiente codificado por profundidad, si es el caso, y luego bien mezcladas, de donde se retira un kg de suelo. Es el muestreo más utilizado para planificar fertilización. Se recomienda entre seis y doce submuestras por unidad de muestreo, en opinión de (Mendoza y Espinoza, 2017).

Estas fincas estuvieron durante más de 30 años cultivadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), con corte manual y dejándose la paja en el campo, en ese período, se aplicó fertilizantes minerales con características ácidas,

así como la aplicación de cachaza. Posteriormente, después del redimensionamiento del cultivo de la caña de azúcar, se establecieron cultivos varios, principalmente granos y viandas. Las muestras analizadas se compararon con perfiles de referencia que no han sido cultivados.

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de análisis químico del INCA e ICA realizándose las siguientes determinaciones.

Materia orgánica por el método de Walkley and Black, pH por potenciometría en la relación suelo / agua 1:2. Calcio y magnesio intercambiables por el método de extracción por acetato de amonio y valoración con EDTA. Se hizo el cálculo de la relación Ca/Mg y se determinó Fósforo y Potasio asimilables por el método de Oniani.

Se realizó una encuesta a los productores, en la cual se sintetizó el historial de los campos que se muestran a continuación:

Historial de los campos muestreados:

Municipio: Nueva Paz.

Finca: "San Antonio".

CCS "Santa Elena".

Área Total del campo: 40,26 ha.

Coordinadas: N: 324.790 y E: 423,850.

Temperatura media anual: 24,6°C.

Precipitaciones media anual: 442,41mm.

Tipo de suelo: Ferrálico Rojo hidratado, medianamente humificado, poco erosionado, arcilloso, de relieve llano sobre caliza dura, poco profundo, medianamente desaturado.

Sembrados con caña de azúcar. (*Saccharum officinarum* L.) desde 1940 hasta 1989 En el año 1990, se dedica a Cultivos Varios (viandas, hortalizas y granos). .

Rotación de cultivos que se establece en el área muestreada: Boniato (*Ipomoea batatas*) - maíz (*Zea mays* L.) - yuca (*Manihot esculenta* Crantz) - frijol (*Phaseolus vulgaris*) - tomate (*Solanum lycopersicum* L.) - Malanga (*Colocasia esculenta* L.)

Manejo: Cultivo Intensivo.

Aplicaciones de productos químicos para el control de plagas y plantas arvenses.

Fertilizantes minerales aplicados: N-P-K (9-13-17). Urea: CO(NH₂)₂, Nitrato de Amonio (NH₄NO₃) en dependencia del cultivo.

Se aplicó cachaza, como abono orgánico.

Los rendimientos agrícolas de forma general son elevados.

Sistema de preparación de suelos: Se aplica el modelo convencional.

Profundidad de aradura: 25 cm.

Tiempo de duración de la preparación: Está en dependencia del cultivo y la época de siembra.

Labores de cultivo: Se realizan por tracción animal.

Riego por aspersión.

Finca “2 de mayo”

CCS “Santa Elena”

Área Total de la finca: 21 ha.

Coordenadas: N: 323.310 y E: 423,670.

Temperatura media anual: 24,6°C.

Precipitaciones media anual: 442,41mm.

Tipo de suelo: Ferrálico Rojo hidratado, saturado, medianamente humificado, poco erosionado, arcilloso, poca pérdida del horizonte A, relieve llano, medianamente profundo.

El área total de la finca estuvo sembrada de caña de azúcar, desde 1954 a 1989, posteriormente se sembraron cultivos varios.

Rotación de cultivos que se establece en el área muestreada:

Malanga (*Xanthosoma sagittifolium* L.), plátano (*Musa x paradisiaca* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) -Boniatto (*Ipomoea batatas*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Preparación de suelo: Sistema Convencional.

Implementos agrícolas: Arado de discos: AD-3.

Grada de discos.

Multiarado.

Labores: Cruce, Recruce, Pase de grada, Surcar y Sembrar.

Fertilización Mineral: Fórmula Completa: N-P-K (9-13-17), Urea: CO(NH₂)₂, Nitrato de Amonio: (NH₄NO₃).

Se aplican abonos orgánicos (cachaza).

Riego superficial: Riego por surcos.

Para el control de plagas: Se utilizan fundamentalmente productos químicos.

Finca: Pedroso

CCS “Niceto Pérez”

Área Total de la Finca: 26 ha.

Coordenadas: N: 324,967 y E: 419,947.

Temperatura media anual: 24,6°C.

Precipitaciones media anual: 442,41 mm.

Área muestreada: 4 ha.

Tipo de suelo: Gleysol Vértico crómico nodular ferruginoso sobre caliza.

Cultivo de caña de azúcar durante desde 1950 a 1990, después de 1991, esta área se rotaba con cultivos menores, como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), esta rotación de cultivos se hace cada 5 años.

Tipo de Sistema: Sistema Convencional.

Fertilización mineral: Fórmula completa: N-P-K (9-13-17) y Urea: CO (NH₂)₂.

Nunca se aplicó abono orgánico.

Se utilizó herbicidas para el control de plantas arvenses.

Riego superficial. Técnica aplicada riego por surcos.

CPA “26 de julio”

Área total cultivada: 44 ha.

Coordenadas: N: 329.390 y E: 324.660.

Temperatura media anual: 24,58°C.

Precipitaciones media anual: 6529,91mm.

Área muestreada: 3 ha.

Su objeto social, es la ganadería.

Tipo de suelo: Gleysol Vértico crómico nodular ferruginoso sobre caliza dura, medianamente humificado, casi llano, con poca pérdida del horizonte A. Esta área estuvo sembrada de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), 1965 - 2003, en el año 2004, se roturó y se sembró de King grass (*Pennisetum purpureum*) manteniendo este cultivo durante 5 años, a partir del año 2008, se comenzó a sembrar cultivos varios y se estableció una rotación de cultivos de la siguiente forma: Yuca (*Manihot esculenta* Crantz), calabaza (*Cucurbita pepo* Duchesne), frijol (*Phaseolus vulgaris*), boniato (*Ipomoea batatas*) y maíz (*Zea mays* L.). En el año 2020 se sembró 1,5 ha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y 1,5 ha de King grass (*Pennisetum purpureum*), con el objetivo de producir alimentos para el ganado.

La preparación de suelo se realizó de forma convencional pero las labores de cultivo se realizan con tracción animal.

Fertilización mineral: Fórmula completa (9-13-17).

A este campo se le aplicó materia orgánica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en los análisis realizados en las Fincas “San Antonio”, 2 de Mayo y el perfil de referencia, del Municipio de Nueva Paz. Por los datos que se muestran, los suelos Ferrálicos de las dos Fincas tienen valores de pH ligeramente ácido, llegando estos valores a un pH casi neutro, mientras que el perfil de referencia, se valora de neutro MINAG-Cuba (1984), esto puede deberse a que cuando se sembró caña de azúcar como monocultivo, antes del año 1959, se utilizaban fertilizantes minerales, con características ácidas, lo que fue reportado por Humbert (1965), posteriormente a estos, se les aplicó la rotación de cultivos entre los que se destacan: hortalizas, granos, tubérculos y se han aplicado abonos orgánicos, lo que se comprueba con el historial de campo y el suelo ha sufrido una resiliencia en

TABLA 1. Características químicas del Agrupamiento de suelos Ferrálicos existentes en el municipio de Nueva Paz

Finca y Agrupamiento de Suelo	Profundidad (cm)	M.O %	pH		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CCB	Reservas de Carbono Ca/Mg	Mg.m ⁻³
			H ₂ O	KCl	cmol _c kg ⁻¹						
SanAntonio Agrupamiento Ferrálico	0 - 10	3.5	6,3	5,1	18,5	9,0	0,04	0,04	28,02	2,1	20,30
	10 -20	3.0	6,1	5,7	17,5	3,5	0,06	0,06	21,40	5,0	17,4'0
	20 - 30	2,6	6,4	5,5	14,0	4,5	0,06	0,06	18,95	3,1	18,25
2 de Mayo Agrupamiento Ferrálico	0 - 10	3,4	6,4	5,5	19,5	6,0	0,04	0,01	25,5	3,3	19,72
	10 -20	3,4	6,4	5,3	15,5	5,0	0,06	0,02	20,58	3,1	19,72
	20 - 30	3,3	6,7	5,7	15,5	13,0	0,06	0,01	28,57	1,2	19,14
Perfil de Referencia (100 años sin cultivar) Agrupamiento Ferrálico. Frómeta (1980) citado por (Martin et al. 2022)	0-10	5,35	6,9	6,0	21,94	8,3	0,05	0,55	30,85	2,64	16,37
	10-20	2,90	6,8	6,0	18,84	8,5	0,07	0,28	27,39	2,22	13,65
	20-40	1,82	6,7	6,0	16,68	7,5	0,11	0,21	24,53	2,21	12,64
	40-70	0,40	6,8	6,1	12,64	7,4	0,12	0,15	20,31	1,79	11,09
	70-100	0,21	6,9	6,3	13,82	9,8	0,11	0,08	23,81	1,41	10,31

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en los laboratorios.

sus características. Este agrupamiento de suelo posee una capacidad de intercambio catiónico superior a los 20 cmol_c kg⁻¹ en la fracción arcillosa, debido a que predomina la arcilla esmectita de un 10 a un 42% (Hernández et al., 2015). En ambas fincas, a pesar de tener un manejo del suelo de forma intensiva mantienen valores medios del contenido de materia orgánica.

Resultados similares fueron obtenidos por Saidy (2012, 2013), donde expresan: el contenido de hierro activo (óxido e oxyhidróxidos de hierro), controla la estabilización del carbono orgánico en suelos caoliníticos, así como Elberling et al. (2013) manifiestan que los nódulos de hierro tienen atrapado e inmovilizado alrededor del 21% de las reservas de carbono orgánico del suelo, en la capa de 1m de profundidad.

El contenido de Ca⁺² (15,5-18,5) y Mg⁺²(3,5-9,0) se valora de alto, Paneque (1990) y la relación Ca/Mg (2-6) adecuada, según (Mesa, 1992). El contenido de estos dos elementos, existentes en los suelos, puede deberse al material de origen a partir del cual se han formado y al relleno de los fertilizantes minerales que se han aplicado a los cultivos a través del tiempo. Se consultan los valores en la tabla de interpretación para reafirmar los expuesto por los autores antes citados (Molina y Meléndez, 2002).

Si esta relación no es idónea, puede afectar la formación de la molécula de clorofila y los rendimientos de los cultivos pueden disminuir (Mesa, 1992). La reserva de carbono orgánico en cada profundidad se valora de Muy Bajo, Mesías (2018) lo que puede deberse a la mineralización de la materia orgánica producto de las labores agrícolas y la aireación del suelo.

En esta tabla, se ofrecen los datos de un perfil de referencia, que no ha sido cultivado, durante más de cien años. Se detecta que el contenido de calcio, en la superficie del suelo, es ligeramente más elevado (21,94 cmol_c kg⁻¹), debido a que las plantas durante muchos años, han extraído el calcio aportado por la roca dolomita que ha dado origen a este tipo de suelo, lo que coincide con los criterios de la

Word Reference Base WRB (2007), el magnesio es elevado, haciendo que la relación Ca/Mg sea adecuada, en opinión de (Mesa, 1992).

Al evaluar las reservas de carbono orgánico en la profundidad de (0 - 20) cm, se catalogan de bajo, Mesías (2018), esto puede deberse a las araduras que se hacen para el establecimiento de los cultivos, que propician la oxidación de la materia orgánica, además el proceso de formación que da lugar a estos suelos, la ferralitización, da lugar a una buena estructura y por tanto hay una buena aeración, que oxida la materia orgánica.

En la Tabla 2, se exponen las características químicas que presentan los suelos Gleysol Vértico, en las fincas Pedroso y 26 de Julio y se comparan con los resultados de un perfil de referencia que no ha sido cultivado por más de 50 años. En este perfil se detecta que el proceso de gleyzación que da origen a este tipo de suelo, está a partir de los 40 cm de profundidad, lo que limita el drenaje interno del suelo, y se produce un cambio en el contenido de materia orgánica y una disminución del calcio, el potasio y la capacidad de cambio de bases. Las reservas de carbono orgánico en las dos fincas se valoran de bajo de 0-30 cm y en el perfil de referencia de medio de 0-20 cm de profundidad (Mesías, 2018).

Muy importante para conocer la calidad del suelo es su contenido en materia orgánica, Tabla 3, que en general para la capa de 0-20 cm, está entre 3 y 4%, lo que se clasifica como mediano. Incluso en la finca Pedroso, en la profundidad de 0-10 cm es superior a 4,0%, pero para el promedio 0-20 cm es de 3,78%, por lo que no puede clasificarse como humificado, según Hernández et al. (2015).

Es notable que a pesar de que estos suelos se encuentran bajo cultivo continuado con riego y fertilizantes, tengan ese contenido relativamente alto en materia orgánica, lo que es debido a que estuvieron bajo el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), durante muchos años, con corte manual y abono orgánico fundamentalmente

TABLA 2. Características químicas del Agrupamiento de suelos Gleysol Vértico crómico, nodular ferruginoso. en el municipio de Nueva Paz

Finca y Agrupamiento de suelos	Profundidad	M O.	pH		Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CCB	Reservas de Carbono Ca/Mg	Mg m ³
			Cm	%	H ₂ O	KCl	cmol _c kg ⁻¹				
Pedroso Agrupamiento Gleysol	0 - 10	4.1	6,7	5.9	26,0	14,0	0,12	0,24	40,4	1,9	23,78
	10 - 20	3.4	6,4	5.3	31,5	28,0	0,06	0,27	59,8	1,1	19,72
	20 - 30	3.1	6,4	5.2	14,5	13,0	0,09	0,19	27,8	1,1	17,98
"26 de Julio" Agrupamiento Gleysol	0 - 10	3,29	7,0	6,2	25,0	11,9	0,21	0,23	36,44	2,19	19,08
	10 - 20	3,26	7,3	6,5	27,5	9,0	0,07	0,29	36,86	3,05	18,90
	20 - 30	2,89	7,3	6,4	25,0	11,5	0,06	0,04	36,6	2,17	16,76
Perfil de Referencia Agrupamiento Gleysol. (Ascanio 1980) citados por Mesías (2018).	0 - 20	3,8	7,7	6,8	36,8	6,8	0,2	0,29	44,09	5,41	44,020
	20 - 40	2,0	7,8	6,7	39,8	4,9	0,1	0,20	45,08	8,12	23,20
	40 - 50	0,8	8,0	6,9	25,0	4,2	0,2	0,06	29,46	5,95	9,29
	50 - 70	0,4	8,1	7,0	21,8	3,9	-	-	25,7	-	-
	70 - 85	0,3	8,1	7,0	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en los laboratorios.

TABLA 3. Valores promedios de la materia orgánica para la profundidad de (0-20 cm).

Finca	Profundidad (cm)	MO (%)	MO promedio de 0-20 (cm), en (%)
San Antonio	0 - 10	3,46	3,23
	10 - 20	2,99	
2 de Mayo	0 - 10	3,47	3,41
	10 - 20	3,37	
Pedroso	0 - 10	4,14	3,78
	10 - 20	3,41	
26 de Julio	0 - 10	3,29	3,28
	10 - 20	3,26	
Perfil de Referencia Ferrálico	0 - 10	5,35	4,13
	10 - 20	2,90	
Perfil de Referencia Gleysol	0 - 10	3,8	3,35
	10 - 20	2,9	

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en los laboratorios.

cachaza. Debe destacarse que los suelos Ferralíticos Rojos y Ferrálicos Rojos tienen una gran capacidad de resiliencia, sobre todo a la captura del carbono orgánico del suelo, esto es debido al contenido relativamente alto en hierro que controla la estabilización del carbono en suelos caoliníticos. Según Vershinin (1959). Esta particularidad es destacada para los suelos Ferralíticos Rojos y Ferrálicos Rojos de las llanuras cársicas de Cuba, por Hernández *et al.* (2014) y Morales (2015).

Debe señalarse también que en estos suelos a pesar de estar sometidos durante largo tiempo al cultivo continuado es muy difícil encontrar valores bajos en el contenido de materia orgánica, inferior a dos %, (Tabla 3) ya que cuando queda poco contenido de carbono en el suelo, la arcilla y el hierro, logran quelatarlo y protegerlo de la oxidación Saidy (2013), citados por Hernández *et al.* (2020).

En estos suelos existe la posibilidad de captura del carbono, el COS juega un papel importante en la mitigación del cambio climático, debido a la capacidad que tiene el

suelo para secuestrar carbono, durante siglos. Esto puede dar una idea de cómo la acción del hombre, a través del uso de la tierra, puede intervenir en el COS, bien sea para aumentar o reducir su cuantía en los ecosistemas agrarios, según la gestión que se haga del suelo, mediante las diferentes prácticas agrarias. Además, el contenido en carbono en los suelos, resulta importante ya que influye notablemente en las propiedades del suelo, según (Post y Kwon, 2000).

Otro criterio lo emiten Podmanicky *et al.* (2011) donde expresan “el conocimiento del estado de los stocks de carbono orgánico en los suelos, resulta fundamental a la hora de abordar cualquier estrategia encaminada a incrementar su contenido y mitigar el cambio climático por la vía del secuestro del Carbono atmosférico. Ser conscientes de los factores que influyen en su concentración, así como conocer la evolución de la cuantía total almacenada a lo largo de los años, es relevante para entender la dinámica del COS”

En la **Tabla 4**, se presenta la fertilidad existente en las diferentes fincas muestreadas, en el municipio de Nueva Paz, se aprecia que existe un contenido medio de nitrógeno para la mayoría de los cultivos varios, debido a los tenores de materia orgánica presente en los suelos, que aportan este elemento. Se detecta además elevado contenido de fósforo y potasio, esto puede deberse a las aplicaciones de fertilizantes que han hecho los agricultores a través del tiempo, la arcilla esmectita está presente en estos suelos Ferrálico, que han retenido estos nutrientes, además de influir en una capacidad de intercambio catiónico por encima de los 20 cmol_c kg⁻¹.

CONCLUSIONES

- Los suelos Ferrálicos Rojos del municipio de Nueva Paz, provincia Mayabeque, cultivados durante muchos años con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) y posteriormente dedicados a cultivos varios, mantienen los tenores medios de materia orgánica, (3.23-3.78), lo que propicia al suelo, buenas propiedades físicas y químicas.
- Los suelos Ferrálicos de Nueva Paz poseen un potencial de fertilidad elevado propiciado por las reservas de carbono orgánico del suelo.
- Los suelos Gleysoles de Nueva Paz presentan el proceso de gleyzación a los 40 cm de profundidad, haciendo que las malas condiciones de drenaje, a estas profundidades, disminuyan los contenidos de materia orgánica, calcio, potasio y las reservas de carbono orgánico del suelo.

TABLA 4. Fertilidad existente de los suelos muestreados en las diferentes fincas del municipio de Nueva Paz

Finca	Profundidad (cm)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			kg ha ⁻¹	
San Antonio	0 - 10	103,8	658,77	273,7
	10 - 20	89,7	481,19	172,04
	20 - 30	78,0	563,68	211,14
2 de Mayo	0 - 10	103,2	481,19	329,69
	10 - 20	101,1	902,75	207,23
	20 - 30	97,8	600,34	254,33
Pedroso	0 - 10	124,2	132,35	187,68
	10 - 20	102,3	80,15	211,14
	20 - 30	92,7	81,02	148,58
26 de Julio	0 - 10	98,7	419,82	223,56
	10 - 20	97,8	303,25	252,72
	20 - 30	86,7	903,84	238,88
Perfil de Referencia Ferrálico	0 - 10	160,5	150,0	430,0
	10 - 20	87,0	150,0	203,84
	20 - 30	54,6	112,0	152,88
Perfil de Referencia Gleysol	0 - 10	114,0	4,54	156,4
	10 - 20	60,0	3,44	148,2
	20 - 30	24,0	1,22	123,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en los laboratorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORES, M.: *Effect of soil management practices and their interactions on soil organic carbon dynamics*, [en línea], Inst. Pan American Agricultural School. Zamorano, Honduras, 2020, Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu>
- CARNERO, G.; HERNÁNDEZ, A.; TERRY, E.; BOJÓRQUEZ, J.: "Changes in organic carbon stocks in lixiviated red ferrallitic soils from Mayabeque, Cuba", En: *Bio Ciencias*, 18 abril 2019, vol. 6, Mayabeque, Cuba, 2019, DOI: <https://www.doi.org/10.15741/revbio.05.01.36>.
- ELBERLING, B.; MICHELSSEN, A.; SCHÄDEL, C.; SCHUUR, E.A.; CHRISTIANSEN, H.H.; BERG, L.; TAMSTORF, M.P.; SIGSGAARD, C.: "Long-term CO₂ production following permafrost thaw", *Nature Climate Change*, 3(10): 890-894, 2013, ISSN: 1758-678X.
- HERNÁNDEZ, A.: *Suelos y Ecosistemas de Mayabeque*, Inst. INCA, Departamento de Agroecosistemas Sostenibles del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2018.
- HERNÁNDEZ, A.; MORALES, M.; CABRERA, A.; ASCANIO, O.; VARGAS, D.: *Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la llanura roja de La Habana y algunos resultados sobre su mejoramiento*, Ed. INCA, San José de las Lajas, Mayabeque: INCA, 158 p., 2014, ISBN: 978-959-7023-67-8.
- HERNÁNDEZ, A.; MORALES, M.; CARNERO, G.; HERNÁNDEZ, Y.; TERÁN, Z.; GRANDÍO, D.; BOJÓRQUEZ, J.; BERNAL, A.; GARCÍA, J.; TERRY,

- E.: . *Nuevos Resultados sobre el cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la Llanura Roja de la Habana*, Ed. Ediciones INCA, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 159 p., 2020, ISBN: 978-959-7258-04-9.
- HERNÁNDEZ, A.; MORALES, M.; PÉREZ, J.; CABRERA, J.C.: *Manual para la descripción de perfiles de suelos de Cuba*, Ed. Ediciones INCA, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 82 p., 2023, ISBN: 978-959-7258-14-8.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA ed., San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 91 p., 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- HUMBERT, R.: *El cultivo de la caña de azúcar*, Ed. Ediciones Universitarias, La Habana, Cuba, 1965.
- MARTÍN, G.; RIVERA, R.; FUNDORA, L.; MARTÍN, N.; ALONSO, C.: “Evolución de algunas propiedades químicas de un suelo después de 20 años de explotación agrícola”, *Cultivo Tropicales*, 39(4): 7, 2018.
- MARTÍN GARCÍA, M.; LLANES, V.; FRÓMETA, E.: “Efectos del cultivo continuado en algunas propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 31(1), 2022, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- MENDOZA, R.; ESPINOZA, A.: *Guía Técnica para muestreos de suelos*, Inst. Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS), Managua, Nicaragua, Complejo Gráfico TMC, Managua, Nicaragua, 2017.
- MESA, A.: *Características Edafológicas de Cuba*, Ed. Científico Técnica, Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. ed., La Habana, Cuba, 189 p., 1992.
- MESÍAS, F.: “Contenido en las reservas de Carbono Orgánico en las llanuras del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador”, *Cultivos Tropicales*, 39(4): 32, 2018.
- MINAGRI-CUBA: *Manual de Interpretación de los Índices Físico-Químico y Morfológicos de los suelos cubanos*, Ed. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba, 55 p., 1984.
- MOLINA, E.; MELÉNDEZ, G.: *Tabla de interpretación de análisis de suelos*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, Inst. Mimeo, 2002.
- MORALES, M.: “Potencial de captura de carbono de los suelos Ferralíticos Lixiviados de las llanuras cársicas de Cuba”, En: *Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La Habana: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Comisión de Génesis y Geografía de Suelos*, 2015, La Habana, Cuba, 2015.
- PANEQUE, V.: *Resumen del Mapa Nacional de Suelos a Escala 1:25 000*, Inst. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura, La Molina, Lima Perú, 23 p., 1990.
- PODMANICKY, L.; BALÁZS, K.; BELÉNYEI, M.; CENTERI, C.; KRISTÓF, D.; KOHLHEB, N.: “Modelling soil quality changes in Europe. An impact assessment of land use change on soil quality in Europe”, *Ecological indicators*, 11(1): 4-15, 2011, ISSN: 1470-160X.
- POST, W.M.; KWON, K.C.: “Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential”, *Global change biology*, 6(3): 317-327, 2000, ISSN: 1354-1013.
- SAIDY, A.: “Effects of clay mineralogy and hidrous iron oxides on labile carbon stabilization”, *Geoderma*, 173.174(Supplement C): 104-110, 2012, DOI: <http://doi.org/10.1016/geoderma.2011.12.030.34>.
- SAIDY, A.: “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, 2013, DOI: <https://doi.org/10.1016/geoderma2013.05.028>.
- VERSHININ, P.: *Fase sólida del suelo como fundamento del régimen físico del suelo*, Ed. Fizmatlit, Fundamentos de Agrofísica ed., Moscú, Rusia, 209-404 p., 1959.
- WORD REFERENCE BASE WRB: *Composición mineralógica de los principales tipos de suelos de Cuba*, Ed. FAO, Primera actualización, Recursos Mundiales de Suelos No. 103 ed., New York, USA, 2007.

Violeta Llanes-Hernández, MSc., Prof., Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabque, Cuba.

Alberto Hernández-Jiménez, Dr.C., Inv. Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabque, Cuba. e-mail: ahj@inca.edu.cu.

Nelson Juan Martín-Alonso, Dr.C., Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabque, Cuba. e-mail: nelsonjuanmartinalonso@gmail.com.

José Obdulio Rodríguez-Farray, Lic., Prof., Centro Universitario Municipal Nueva Paz (CUM), Mayabque, Cuba. e-mail: joseob@unah.edu.cu

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a fines de identificación, no existe ningún compromiso promocional relacionado con los mismos, ni para los autores ni para el editor