

## CARACTERÍSTICAS Y POSIBILIDADES DE USO DEL SUBTIPO DE SUELO FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO COMPACTADO

### Characteristics and use possibilities of the Red Lixiviated compact Ferralitic soil subtype

 **Alberto Hernández<sup>1\*</sup>**,  **Alba Álvarez<sup>2</sup>**,  **María Caridad González<sup>3</sup>**,  **Alina Puentes Sánchez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Km 31/2, Carretera San José de las Lajas a Tapaste, Mayabeque, Cuba: E-mail: [ahj@inca.edu.cu](mailto:ahj@inca.edu.cu)

<sup>2</sup>Departamento de Radiobiología del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Calle 30 esq. 5ta Avenida. Miramar, Playa, La Habana, Cuba. E-mail: [aalvarez@ceaden.edu.cu](mailto:aalvarez@ceaden.edu.cu)

<sup>3</sup>Departamento de Genética de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Mayabeque, Cuba. E-mail: [mcaridad9450@gmail.com](mailto:mcaridad9450@gmail.com)

<sup>4</sup>Estación Experimental del Plan Citrícola de Jagüey Grande, Instituto Fruticultura Tropical. Calle 24, entre 17 y 17<sup>a</sup> #1702, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. E-mail: [apunte@gmail.com](mailto:apunte@gmail.com)

**RESUMEN:** En este trabajo se realiza la caracterización del subtipo de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado compactado, sobre la base del estudio de 6 perfiles de suelos. Se demuestra que son suelos de perfil ABtC, arcillosos, con un contenido del 50 al 70 % de arcilla y con horizonte argílico. El valor de pH es inferior a 7,0; pero en dos perfiles cultivados es ligeramente superior a 7,0 en el horizonte húmico acumulativo. En los perfiles que están bajo condiciones conservadas bajo arboledas de cítricos, o con pastizales, el contenido en materia orgánica es más alto al igual que las reservas de carbono orgánico. Se aborda además las posibilidades de uso del suelo, analizando las mayores limitaciones que pueden ocurrir con la compactación del horizonte Bt, que puede ser perjudicial para los cultivos como el cítrico que tiene una raíz pivotante que puede desarrollarse en profundidad.

**Palabras clave:** ferralítico, compactación, cítricos.

**ABSTRACT:** In this paper it is made the characterization of the Red Lixiviated compact Ferralitic soil in base of the six soil profiles studied. It is demonstrated that they are of ABtC soil profile, with 50 % to 70 % of clay content, with an argillic horizon. The pH value is below 7,0; but in two cultivated soil profiles is lightly more than 7,0 in the humic accumulative horizon. In the soil profiles that are in conserved conditions the organic matter content is higher as the same of the organic carbon stocks. In this paper it is taken in consideration besides the possibilities of the soil uses, analyzing the major limitations that are present with the soil compaction in the Bt horizon, that would be harmful to crops as citrus that which a root system that must be developed until a meter in deep.

**Key words:** ferralitic, compactivity, citrus.

\* Correspondencia a: [ahj@inca.edu.cu](mailto:ahj@inca.edu.cu)

Recibido: 22/01/2024

Aceptado: 19/03/2024

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**Contribución de autores:** Alberto Hernández Jiménez: **Conceptualización. Investigación. Metodología. Escritura - borrador original. Escritura - edición y revisión.** Alba Álvarez González: **Investigación. Financiamiento. Supervisión.** María Caridad González Cepero: **Investigación. Escritura - revisión y edición.** Alina Puentes Sánchez: **Investigación.**



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/>



## INTRODUCCIÓN

En Cuba con el desarrollo de la clasificación genética de suelos, se clasificó el Agrupamiento de suelos Ferralíticos y dentro de éste, el tipo genético de Ferralítico Rojo y subtipo Ferralítico Rojo compactado (Hernández et al., 1975). Teniendo en cuenta los nuevos resultados, surge el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado compactado, el cual además de ser un suelo con proceso de ferralitización, tiene lixiviación y la presencia del horizonte compactado (Hernández et al., 2015).

Hace algunos años, se estudió el suelo Ferralítico Rojo compactado en el cual se plantea que la compactación del horizonte B de esos suelos, es una formación natural y no es el resultado de la presencia de un horizonte argílico (Camacho, 1982). Atribuye este autor que la mineralogía de arcilla influye entre otras cosas, en la formación de este horizonte compactado, con predominio de metahalosita en asociación con un tipo de arcilla que llamó metahalosita: fire clay. Este tipo de mineral arcilloso fue estudiado anteriormente por Gradusov y Stepanov (1969) y posteriormente por Robert y Tessier (1985) y determinan que es un mineral interestratificado, caolinita-esmectita, que está presente en estos suelos donde predomina la caolinita.

En fin, que el suelo que caracterizó Camacho (1982), fue el Ferralítico Rojo compactado, mientras que el Ferralítico Rojo Lixiviado compactado no ha sido caracterizado aún. La caracterización de este subtipo de suelos y las posibilidades de uso agrícola, constituye el objetivo de este trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se lleva a cabo sobre la caracterización de seis perfiles de suelos. Dos de ellos en condiciones conservadas, uno bajo plantación de cítricos de muchos años y el otro de pastizales con arboleda de guayaba. Además cuatro perfiles en zonas de cultivo. Dos de ellos en cultivos varios pero cultivados desde hace poco tiempo y dos que fueron cultivados y ahora están sembrados con portainjertos jóvenes de cítricos.

Los perfiles estudiados son los siguientes:

Perfil 1. Tomado en área de plantación de cítricos con pastos, desde hace más de 30 años, en finca Las Papas, del Instituto

Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en Mayabeque

Perfil 2. Tomado en área de frutales de guayaba con pastos intercalado, situado en terrenos del INCA

Perfil 3. Tomado en la Finca el Mulato, en área cultivada de tomate, en la provincia de Mayabeque

Perfil 4. Tomado en área de cultivo, en las parcelas de trabajo del Departamento de Genética en terrenos del INCA

Perfil 5. Tomado en siembra reciente de plántones de cítricos en la Estación Experimental de Cítricos de Jagüey Grande, provincia de Matanzas

Perfil 6. Tomado en el mismo lugar que en el caso anterior

La descripción de los perfiles se realizó por el Manual de Descripción de Perfiles de Cuba (Hernández et al., 2022), la clasificación de suelos que se aplica es la última versión, elaborada por Hernández et al. (2015). Para determinar el color del suelo se utiliza la Tabla de Colores Munsell (Munsell, *Soil Color Book*, 2021).

Los análisis se realizaron por los siguientes métodos:

Composición mecánica por el método de Bouyoucos modificado, utilizando pirofosfato de sodio para eliminar materia orgánica y exametafosfato de sodio como dispersante.

La textura se determina mediante el triángulo textural

La densidad de volumen (densidad aparente) en campo utilizando cilindros de 10 cc

Materia Orgánica por el método de Walkley & Black, 1934.

pH en agua, relación suelo agua 1:2,5 por el método potenciométrico

Fósforo asimilable por el método de Olsen

Cationes cambiabiles por el método de extracción con acetato de amonio

Potasio asimilable se calcula a partir de los resultados obtenidos en el potasio intercambiable

Los niveles de materia orgánica y nutrientes se clasifican según las indicaciones del Nuevo Manual para la descripción de perfiles de suelos (Hernández et al., 2023)

% de Carbono Orgánico (CO) dividiendo el % de Materia Orgánica entre 1,724

Reservas de Carbono Orgánico (RCO) por el método internacional:

$RCO \text{ en } Mg.ha^{-1} = \% CO \times Dv \text{ en } Mg.m^{-3} \times \text{espesor en cm.}$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Condiciones de formación del suelo

Los suelos se encuentran en llanura, formados de rocas calizas duras subyacentes, bajo un clima tropical subhúmedo con alrededor de 1300-1400 mm de lluvia anual y 24°-24,5° de temperatura media anual. El tiempo de formación es a partir de finales del mioplioceno a principios del Cuaternario.

En el tiempo se desarrolla un suelo rojo profundo, bajo el proceso de ferralitización que da lugar a suelos de composición ferralítica (Hernández *et al.*, 2015). De esta forma, en los perfiles estudiados se presentan las siguientes características.

### Características morfológicas de los perfiles

Todos los perfiles son del tipo A-Bt-CR, según perfil diagnóstico de Hernández *et al.*, 2015. El horizonte A es de color variable, en dependencia del uso y de la humedad del suelo. En condiciones de formación bajo pastos, frutales o de arboledas de muchos años es de color pardo rojizo oscuro (2,5YR3/6) a rojo oscuro (10R3/6). Si el suelo estuvo cultivado en época de seca el color en el horizonte A es rojo opaco (10R3/4). Con la profundidad el contenido en humedad tiende a ser mayor con un color en los horizontes inferiores que puede ser hasta rojo oscuro (10R3/6). La estructura en el horizonte A es del tipo granular que en condiciones de cultivo, aún mantiene un estado de agregación muy bueno, con consistencia friable. En el horizonte Bt la estructura es poliédrica con cutanes y caras brillantes y de consistencia compactado. El horizonte BC es pobre en materia orgánica, de color rojo, menos compactado que el Bt y estructura de bloques subangulares.

### Composición mecánica y textura del suelo

Los resultados se presentan en la [Tabla 1](#). Por los cuales se observa que el contenido de arcilla en el horizonte A oscila entre 52,7 % y 70,4 %, con una media de 62,1 %. En todos los casos la textura es arcillosa. Sin embargo, en el

horizonte Bt, iluvial subyacente, hay un incremento en arcilla, con un contenido promedio en los 6 perfiles estudiados de 73,5 %, para un intervalo entre 65,3 % y 79,1 %. Por esta distribución del contenido en arcilla y la presencia de cutanes en la descripción de los mismos, se diagnostica un horizonte argílico, como resultado del proceso de lixiviación que ocurre en estos suelos (Hernández *et al.*, 2022). Es notable en la distribución de las partículas mecánicas su incremento, además, el contenido relativamente alto en el porcentaje en arena, que puede llegar a ser entre 20 y 40 %, lo cual fue resaltado por Camacho para los Ferralíticos Rojos compactados, pero sin lixiviación, hace más de 40 años (Camacho, 1982).

### Características químicas del suelo

Estos suelos se caracterizan por presentar un pH ente 6,0 y 7,0; cuando se encuentran en condiciones conservadas, pero cuando ha estado bajo cultivo (perfiles 5 y 6), el pH es mayor de 7,0. Esto es debido a que en los suelos con cultivo continuado se produce un proceso denominado agrogénico que conlleva al aumento del pH en superficie debido al cultivo continuado, el cambio climático y el riego con aguas duras como se tiene en las llanuras cársicas con suelos Ferralíticos. Esto se caracteriza además por la formación de un "piso de arado", que resulta una neoformación en estos suelos, en el cual la densidad de volumen alcanza valores muy elevados, nunca antes diagnosticado para estos suelos en Cuba, que puede llegar a alcanzar entre 1,60 y 1,70 Kg.dm<sup>-3</sup> (Hernández *et al.*, 2020). Como en los perfiles 3, 4, 5 y 6 cultivados, no se diagnostica aún esta neoformación, a pesar que el pH es ligeramente alcalino en el horizonte A, no se obtienen valores altos de la densidad de volumen, el suelo se clasifica como subtipo compactado y no agrogénico como se plantea en la última versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015)

Lo mismo sucede con el contenido en los valores de la materia orgánica del suelo, con mayores contenidos en el horizonte superior húmico acumulativo, pero con diferencias. Los perfiles que se encuentran con plantaciones de frutales y pastos intercalados (perfiles 1 y 2), presentan un mayor contenido, mientras que los que se encuentran bajo cultivo (3, 4, 5 y 6) tienen un contenido más bajo ([Tabla 2](#)).



**Tabla 1.** Composición mecánica y textura del suelo

No. Perfil	Horizonte	Prof., cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura
1	A <sub>11</sub>	0 - 3	15,4	18,0	66,6	Arcillosa
	A <sub>12</sub>	3 - 16	16,4	16,0	67,6	Arcillosa
	B <sub>1t</sub>	16 - 52	14,4	8,0	78,6	Arcillosa
	B <sub>21t</sub>	52 - 78	14,4	6,0	79,6	Arcillosa
	B <sub>22t</sub>	78 - 105	15,4	7,0	77,6	Arcillosa
2	A	0 - 12	29,0	12,0	59,0	Arcillosa
	B <sub>1t</sub>	12 - 28	18,0	8,0	74,0	Arcillosa
	B <sub>21t</sub>	28 - 50	20,0	9,0	71,0	Arcillosa
	B <sub>21t</sub>	50 - 70	14,0	9,0	77,0	Arcillosa
3	A <sub>1p</sub>	0 - 8	23,6	6,0	70,4	Arcillosa
	BA	8 - 26	30,0	4,6	66,0	Arcillosa
	B <sub>1t</sub>	26 - 45	19,6	4,0	76,4	Arcillosa
	B <sub>2t</sub>	45 - 90	13,0	5,0	76,4	Arcillosa
4	Ap	0-12	25,0	14,0	61,0	Arcillosa
	ABt	12-27	19,0	12,0	69,0	Arcillosa
	B <sub>1t</sub> fral	27-53	18,0	10,0	72,0	Arcillosa
	B <sub>21t</sub> fral	53-76	19,0	8,0	73,0	Arcillosa
	B <sub>22t</sub> fral	76-100	15,0	9,0	76,0	Arcillosa
5	A	0 - 16	32,3	15,0	52,7	Arcillosa
	B <sub>1t</sub>	16 - 54	27,3	6,0	66,7	Arcillosa
	B <sub>2t</sub>	54 - 79	30,0	6,0	64,0	Arcillosa
	B <sub>3</sub>	79 - 105	41,3	7,0	51,7	Arcillosa
	BC	105/130	47,6	9,0	43,4	Arcillosa
6	A <sub>11</sub>	0 - 16	25,6	8,7	65,7	Arcillosa
	B <sub>1t</sub>	16 - 55	20,6	4,3	75,1	Arcillosa
	B <sub>2</sub>	55 - 84	29,6	5,3	65,1	Arcillosa
	B <sub>3</sub>	84 - 105	35,0	9,0	56,0	Arcillosa

No obstante, no llegan a ser de los subtipos de suelos agrogénicos ni húmicos por lo que deben clasificarse como compactados.

El contenido en fósforo asimilable es variable, siendo alto en los perfiles 1, 3 y 4, el primero porque está bajo plantación de cítricos con pastizales por más de 20 años y los otros dos porque se cultivan hace poco y se están fertilizando. Resulta con un contenido que se considera de moderadamente bajo en los suelos que se encuentran recientemente preparados para sembrar y cultivados (perfiles 5 y 6) y mediano en el perfil 2, bajo arboleda de guayaba de hace 5 años.

El potasio asimilable resulta alto y muy alto en los perfiles bajo arboledas con pastos (1 y 2) y muy alto en el perfil 4, recién cultivado y con fertilización. En los demás es moderadamente bajo.

Es necesario destacar que el potasio asimilable es muy importante para el desarrollo de los cítricos al igual que el pH no debe ser alcalino. En el primer caso, los perfiles 5 y 6 situados en la Estación Experimental de Cítricos de Jagüey Grande, sembrados con plántones de menos de un año, debe atenderse la fertilización por el potasio y el fósforo asimilable, pues en ambos casos es deficiente el contenido de estos nutrientes en esos suelos.

Por el contenido en bases cambiables se deduce que los suelos están bajo el proceso de ferralitización, ya que su contenido en arcilla debe ser menor de 20 cmoles (Hernández et al., 2015). A pesar que son suelos con predominio de arcilla del tipo 1:1 de las caolinitas, estos suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados al igual que los Ferralíticos Rojos resultan de los mejores suelos de Cuba, en los cuales debe atenderse principalmente los problemas de los nutrientes asimilables y la

posible compactación. Sobre todo para la siembra de cítricos, ya que este cultivo desarrolla una raíz pivotante profunda que en los suelos del subtipo agrogénico es recomendable el paso del subsolador antes de la siembra para que el árbol de cítrico pueda desarrollar sin problemas su sistema radical.

El estudio de las reservas de carbono orgánico en los suelos constituye hoy día un tema de investigación de actualidad, ya que se considera que el suelo es el componente del ecosistema más importante para la captura y secuestro del carbono y con ello un buen manejo de esta situación en los ecosistemas puede ayudar a la mitigación del

cambio climático (Hernández *et al.*, 2020). Por otra parte, es importante el estudio del estado del carbono orgánico del suelo, ya que participa en la formación de una buena estructura del suelo y favorece sus propiedades físicas (Cooper *et al.*, 2005; Bernal y Hernández, 2017; Carnero Laxo *et al.*, 2019; González Sánchez *et al.*, 2019). Además, mantiene un contenido alto de nitrógeno y otros nutrientes, propicia un valor de la densidad de volumen relativamente bajo, que es indicador de un régimen hídrico y aéreo adecuado en el suelo. Todas estas propiedades posibilitan un medio muy positivo para el desarrollo de los cultivos agrícolas (Hernández *et al.*, 2014, 2020).

**Tabla 2.** Características químicas del suelo

No. Perfil	Horiz	Prof. cm	pH H <sub>2</sub> O	MO %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Asim mg/100g	K <sub>2</sub> O Asim mg/100g	Ca Mg Na K Suma (cmol.kg <sup>-1</sup> )
1	A <sub>11</sub>	0-3	6,7	4,0	56,5	34,6	13,5 5,2 0,1 0,34 19,10
	A <sub>12</sub>	3-16	6,5	4,0	48,3	22,3	13,2 4,7 0,1 0,32 18,32
	B <sub>1t</sub>	16-52	6,0	2,2	50,0	18,7	11,6 4,2 0,1 0,25 16,14
	B <sub>21t</sub>	52-78	5,9	0,9	37,4	15,6	9,8 4,0 0,1 0,20 14,10
	B <sub>22t</sub>	78-105	5,8	0,5	33,2	Nd	9,5 4,1 0,1 0,12 13,82
2	A	0-12	6,5	3,6	28,3	27,1	13,8 2,9 0,2 0,90 17,80
	B <sub>1t</sub>	12-28	6,4	2,7	15,7	23,4	10,0 3,5 0,1 0,30 13,90
	B <sub>21t</sub>	28-50	6,5	0,5	5,20	13,0	9,7 3,7 0,1 0,20 13,70
	B <sub>22t</sub>	50-70	6,6	0,4	4,80	13,0	9,0 4,2 0,1 0,60 13,90
	B <sub>3</sub>	70-100	6,7	0,6	2,60	Nd	9,5 4,4 0,1 0,50 14,50
3	A <sub>1p</sub>	0-8	6,1	2,5	68,0	16,5	8,8 4,5 0,1 0,38 13,80
	BA	8-26	5,6	2,3	27,0	14,2	8,0 4,2 0,1 0,42 12,80
	B <sub>1t</sub>	26-45	6,0	2,1	26,0	10,8	6,9 3,1 0,4 0,06 10,50
	B <sub>2t</sub>	45-90	5,2	0,7	34,0	13,5	7,0 4,5 0,3 0,07 11,80
4	Apag	0-12	6,5	3,2	71,4	49,8	11,1 7,5 0,1 1,05 19,75
	ABt	12-27	7,3	1,3	17,3	18,9	9,5 3,0 0,1 0,40 13,00
	B <sub>1t</sub>	27-53	7,2	2,0	14,1	18,9	7,5 3,5 0,1 0,39 11,49
	B <sub>21t</sub>	53-76	7,1	1,7	17,6	29,3	9,0 3,0 0,1 0,62 12,72
	B <sub>22t</sub>	76-100	6,9	3,0	72,7	50,0	7,8 3,6 0,1 1,06 12,56
5	A	0-16	7,1	2,1	23,4	16,4	10,0 5,5 0,1 0,1 15,70
	B <sub>1t</sub>	16-54	7,4	0,8	26,2	14,3	7,0 2,0 0,1 0,1 9,00
	B <sub>2t</sub>	54-79	7,3	0,9	15,2	12,5	7,5 4,4 Nd Nd 11,90
	B <sub>3</sub>	79-105	7,5	0,8	13,0	13,2	7,8 4,5 Nd Nd 12,30
	BC	105-130	7,3	0,7	Nd	Nd	5,5 2,7 Nd Nd 8,20
6	A <sub>11</sub>	0-16	7,4	2,6	18,2	19,5	8,5 2,5 0,1 0,1 11,2
	B <sub>1t</sub>	16-55	7,3	1,2	15,4	15,7	7,0 1,5 0,2 0,2 8,90
	B <sub>2</sub>	55-84	7,4	1,1	Nd	15,3	7,5 2,0 Nd Nd 9,50
	B <sub>3</sub>	84-105	7,3	1,0	Md	Nd	5,5 0,5 Nd Nd 6,00

Nd: No determinado

**Tabla 3.** Reservas de Carbono Orgánico del suelo

No. Perfil	Horiz.	Prof., cm.	MO (%)	CO %	Dv Kg dm <sup>-3</sup>	Humedad (%)	RCO Mg ha <sup>-1</sup>	Capas de suelo en cm			
								0-10	0-20	0-50	0-100
1	A <sub>11</sub>	0-3	4,07	2,36	0,95	34,2	6,7	21	41	84	110
	A <sub>12</sub>	3-16	4,00	2,32	0,95	33,1	28,7				
	B <sub>1t</sub>	16-52	2,23	1,29	1,10	29,6	51,1				
	B <sub>21t</sub>	52-78	0,95	0,55	1,11	28,4	15,9				
2	A	0-12	3,58	2,08	1,08	30,2	27,0	21	41	63	80
	B <sub>1t</sub>	12-28	2,70	1,57	1,13	29,5	28,4				
	B <sub>21t</sub>	28-50	0,55	0,32	1,10	28,7	7,7				
	B <sub>22t</sub>	50-70	0,45	0,26	1,08	29,4	5,6				
	BC	70-100	0,60	0,35	1,10	26,5	11,6				
3	A <sub>1p</sub>	0-8	2,50	1,45	1,10	28,5	12,8	16	32	71	94
	BA	8-26	2,30	1,33	1,20	25,3	28,7				
	B <sub>1t</sub>	26-45	2,10	1,22	1,15	26,5	26,7				
	B <sub>2t</sub>	45-90	0,70	0,41	1,12	26,8	25,2				
4	Apag	0-12	3,17	1,84	1,04	32,92	22,9	16	31	66	105
	ABt	12-27	1,32	0,77	1,27	33,48	14,3				
	B <sub>1t</sub>	27-53	2,00	1,16	1,09	32,46	32,8				
	B <sub>21t</sub>	53-76	1,74	1,01	1,34	22,93	31,1				
	B <sub>22t</sub>	76-100	0,85	0,49	1,22	31,46	14,3				
5	A	0-16	2,15	1,25	1,13	26,6	22,6	13	26	45	77
	B <sub>1t</sub>	16-54	0,84	0,49	1,36	30,3	25,3				
	B <sub>2t</sub>	54-79	0,87	0,50	1,34	27,7	16,8				
	B <sub>3</sub>	79-105	0,80	0,46	1,33	33,2	15,9				
	BC	105-130	0,73	0,42	Nd	Nd	Nd				
6	A	0-16	2,58	1,50	1,37	21,53	32,9	18	37	57	105
	B <sub>1t</sub>	16-55	1,21	0,70	1,44	21,12	39,3				
	B <sub>2</sub>	55-84	1,14	0,66	1,23	22,58	23,5				
	B <sub>3</sub>	84-105	1,03	0,60	1,10	22,43	13,9				

MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; Dv: Densidad de volumen, RCO: Reservas de carbono orgánico; Nd: No determinado

Por esto, el valor de las reservas de carbono orgánico en el suelo (RCO) es un indicador muy adecuado del estado de productividad del mismo.

En los suelos agrícolas con el laboreo continuado disminuye el valor de las RCO, está estimado que en la mayoría de los suelos agrícolas a nivel mundial el decrecimiento del carbono orgánico en ellos está comprendido entre 25 y 75 % (Lal *et al.*, 2007).

Por los resultados obtenidos en los 6 perfiles que estudiamos del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado compactado se muestra que para la profundidad de 0-20 cm el contenido en RCO es mayor en los perfiles conservados bajo arboleda de cítricos por más de 20 años (perfil 1) y bajo arboleda

de guayaba con pastos de 5 años (perfil 2). En general para la profundidades de 0-100 cm se cumple lo planteado por Eswaran *et al.* (1993), para los suelos rojos evolucionados de los trópicos, que pueden acumular cerca de 100 Mg.m<sup>-3</sup>. Y dentro de estos valores se observa que el perfil 1, bajo arboleda de cítricos con pastos con más de 20 años, el contenido en RCO es mayor.

### Posibilidades de uso del suelo

Este subtipo de suelo puede presentar algunas limitaciones en relación con el uso, que consiste en pérdidas en el contenido en RCO y nutrientes, aumento de la compactación y posible manifestación de estrés hídrico en época de sequía.

En todos los casos se recomienda monitorear las propiedades del suelo sistemáticamente cada tres años.

En el caso de las pérdidas del contenido en materia orgánica y por tanto de las RCO, no debe disminuir el contenido de 3 % en el horizonte húmico acumulativo; con lo que se garantiza un adecuado contenido en RCO. Para mejorar el suelo en esta dirección se recomienda aplicar abonos orgánicos, que por excelencia podría ser gallinaza, guano de murciélago o estiércol. En el caso de la caña de azúcar podría utilizarse también cachaza. Hay que tener en cuenta que los suelos Ferralíticos, sobre todo arcillosos, pueden fijar un contenido en carbono orgánico relativamente alto, lo cual es debido a la cantidad notable de hierro amorfo que presentan (Hernández *et al.*, 1979), por lo cual pueden fijar un buen contenido en carbono. Según Aarnio, citado por Verchinin (1959) una parte de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  interrelaciona con 2,27 hasta 0,93 partes de humus. También se ha demostrado que el mejoramiento del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado compactado, con aplicación de estiércol y fertilizante puede llegar a producir entre 5 y 7 toneladas por ha de maíz, con ganancia de carbono orgánico en el suelo (Morales *et al.*, 2020).

En relación con los nutrientes del suelo, es necesario siempre mantener un buen contenido en nitrógeno, fósforo y potasio, pues cuando se aplican abonos orgánicos, este material aporta principalmente nitrógeno al suelo, por lo que después de varias cosechas, estarán deficientes el fósforo y el potasio, incluso para cultivos como el cítrico, es necesario mantener un contenido adecuado de potasio en el suelo y también para otros cultivos potasófilos como la caña de azúcar y el plátano. Un indicador de esto sería el monitoreo de la fertilidad como se hacía en el servicio agroquímico, cada 4 años.

En el caso de cultivo de plantas leguminosas como el frijol, se recomienda aplicar un biofertilizante para aportar nitrógeno a las plantas como el azofert, el cual se elabora en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Debe tenerse en cuenta además, el problema de la degradación del suelo por compactación, ya que estos suelos en su formación natural tienen un horizonte B argílico y una pedogénesis de compactación. Está demostrado que por el cultivo continuado estos suelos llegan a

formar un horizonte Bt, muy compacto, que inicialmente se nombró como "piso de arado" (Hernández *et al.*, 2014) y posteriormente se consideró que sus características corresponden a una neoformación en estos suelos, con indicadores no reportados anteriormente como es el espesor que es cada vez mayor y además el valor de la densidad de volumen que llega a alcanzar entre 1,60-1,70  $\text{Kg.dm}^{-3}$  (Hernández *et al.*, 2020). Debe destacarse que en la caracterización del horizonte compactado anteriormente se reportó como máximo el valor de 1,46  $\text{Kg.dm}^{-3}$  (Camacho, 1982).

Para evitar que ocurra esto se recomienda en estos suelos cada 3-4 años hacer un pase de subsolador durante el proceso de preparación del suelo para la siembra. Esta recomendación fue hecha hace casi un siglo, cuando Bennett y Allison (1928) recomendaron esta práctica agrícola para los suelos de la Serie Perico.

Debe señalarse que en cultivos como el cítrico con una formación de una raíz pivotante que alcanza entre 60-80 cm de profundidad, al igual que el sistema radical de gramíneas como el maíz y la caña de azúcar, cuando la degradación del suelo llega hasta este extremo, existe una limitación muy fuerte para el desarrollo adecuado del cultivo. Incluso en cultivos con sistema radical más superficiales como el frijol hay afectaciones al respecto.

Para la limitación por estrés hídrico de los cultivos debe tenerse en cuenta la humedad productiva del suelo. Para esto se considera el valor del Límite Superior de la Humedad Productiva (LSHP) (antes se llamaba Capacidad de Campo), que varía entre 30-35 % en relación con la textura del suelo pues aunque es arcillosa puede variar entre 50 y 70 %. También el Límite Inferior de la Humedad Productiva (LIHP) que puede estar entre 22-25 % (Agafonov, 1981). Para mantener el control de la humedad del suelo es necesario monitorear esta propiedad cada 10-15 días en los meses de mucha sequía. No debe disminuir el valor de la humedad del suelo por debajo del LIHP, ya que puede ocasionar estrés hídrico en las plantas y por tanto disminuye su rendimiento, incluso pueden secarse por completo. Para el caso de los cítricos, un indicador de esta situación es que cuando comienza el estrés hídrico las hojas de los árboles se doblan hacia dentro.



e-ISSN: 2414-4673

Agrotecnia de Cuba

p-ISSN: 0568-3114



Para resolver el problema del estrés hídrico en época de seca, es necesario aplicar el riego, según normas establecidas para el cultivo en cuestión.

### CONCLUSIONES

- Se realiza la caracterización del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado sobre la base del estudio de 6 perfiles de suelos
- Se destacan las posibles limitaciones de las propiedades de estos suelos para el desarrollo de los cultivos
- Se constata que con el cultivo continuado se deterioran las propiedades del suelo pudiendo llegar a formarse un horizonte Bt muy compacto y en este caso el suelo pasa a clasificarse como agrogénico.

### RECOMENDACIONES

- Se debe atender las recomendaciones que se exponen en el trabajo en la parte de posibles usos del suelo, en relación con el contenido en materia orgánica y nutrientes, la compactación y el contenido en humedad del suelo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agafonov, O.A. (1981). Propiedades físicas de los principales tipos de suelos de Cuba en relación con su génesis y su utilización agrícola (en ruso). Tesis para optar por el Grado Científico de Candidato de Doctor en Ciencias agrícolas. Instituto de Investigación Agrofísica de Leningrado, 285 p.
- Bernal, A. y Hernández, A. (2017). Influencia de diferentes sistemas de uso del suelo sobre su estructura. *Cultivos Tropicales*, vol. 38, no. 4, pp. 50-5. ISSN impreso: 0258-5936 ISSN digital: 1819-40.
- Camacho, E. (1980). Estudio de los suelos de la llanura cársica de la región occidental de Cuba. Estudio de una zona abierta hacia el mar entre San Nicolás de Bari y Guanajay, y particularmente de suelos Ferralíticos Rojos compactados. Autorreferat de tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 50 p.
- Carnero-Lazo, G.; Hernández-Jiménez, A.; Terry-Alfonso, E. y Bojórquez-Serrano, J.I. (2019). Changes in organic carbon stocks in lixiviated red ferralitic soils from Mayabeque, Cuba. *Revista Bio Ciencias*, <https://doi.org/10.15741/revbio.05.01.36>.
- Cooper, M.; Vidal-Torrado, P. y Chaplot, V. (2005). Origin of micro aggregates in soils with ferralic horizons, Piracicaba, Brazil. *Soil Agric.* vol. 62, no.3, 256-263 p.
- Eswaran, H.; Van der Berg, E. y Reich, P. (1993). Organic carbon in soils of the world. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 192-194.
- González Sánchez, E.; Veroz-González, O.; Conway, G.; Moreno-García, M.; Kassamb, A.; Mkomwag, S.; Ordoñez-Fernandez, R.; Triviño-Tarradasa, P. y Carbonell-Bojolloe, R. (2019). Meta-analysis on carbon sequestration through conservation agriculture in Africa. *Soil & Tillage Research* 190: 22-30.
- Gradusov, B.P. y Stepanov, I.S. (1969). Sobre la composición química mineralógica de la fracción arcillosa de los suelos de Cuba (en ruso). *Pochvovedenie*, No. 3: 118-129.
- Hernández, A.; Ascanio, O. y Pérez, J.M. (1975). II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie Suelos 23, Academia de Ciencias de Cuba, 25 p.
- Hernández, A.; Baisre, J. y Tatevosian, G.S. (1979). El hierro total, libre y amorfo en los principales suelos de Cuba. Monografía editada por el Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba. 45 p.
- Hernández, A.; Morales, M.; Borges, Y.; Vargas, D.; Cabrera, J.A.; Ascanio, M.O.; Ríos, H.; Funes, F.; Bernal, A. y González, P.J. (2014). Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la llanura roja de La Habana y algunos resultados sobre su mejoramiento. Editorial INCA. ISBN: 978-959-7023-67-8. Mayabeque, Cuba, 158 p.
- Hernández Jiménez, A.; Pérez Jiménez, J.M.; Bosch Infante, D. y Castro Speck, N. (2015). Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-77-7. Mayabeque, Cuba, 91 p.
- Hernández, A.; Grandío, D.; Carnero, G.; Bernal, A. y Hernández, Y.A. (2020). Hipótesis sobre la génesis del "piso de arado" en el suelo FRL. En: Nuevos resultados sobre el cambio de las propiedades de los suelos ferralíticos Rojos Lixiviados de la "Llanura Roja de la Habana". Ediciones INCA, ISBN: 978-959-7258-04-9. 96-108.

- Hernández, A.; Morales, M.; Pérez Jiménez, J.M. y Cabrera, A. (2022). Manual para la descripción de perfiles de suelos de Cuba. Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7258-14-8. 82 p.
- Lal, R.; Follett, R.; Stewart, B.A. y Kimble, J.M. (2007). Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Science*, Vol. 172, No. 12, 943-956.
- Morales Díaz, M.; Hernández Jiménez, A. y Rodríguez Martínez, J. (2020). Tecnología de manejo para el mejoramiento de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados cultivados con aplicación de fertilizantes y mejoradores orgánicos que conlleven al aumento de carbono orgánico en el suelo. En: Nuevos resultados sobre el cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la "Llanura Roja de la Habana". Ediciones INCA, ISBN: 978-959-7258-04-9. págs. 120-149.
- Munsell, Soil Color Book (2021). Munsell Soil Color Charts. With genuine Munsell color chips. Munsell COLOR. Grand Rapids, Michigan, 49512, USA.
- Robert, M. y Tessier, D. (1985). Mineralogía, micro organización y propiedades físicas de los materiales arcillosos. En resúmenes de las Actas del 1er Seminario Científico en Pedología para la región de Centro América y El Caribe: Suelo y Agua. La Habana, ORSTOM, París. ISBN: 2-7099-0833-6, 241-256.
- Verchinin, P.V. (1959). Fase gruesa del suelo como fundamento del régimen hídrico. En el libro "Fundamentos de Agrofísica" (en ruso). Editorial Fizmatlit, Moscú, 308 p.