

Artículo Original

## **Caracterización de dos tipos de suelos dedicados a la producción de plantas forrajeras**

Andy Bernal-Fundora<sup>1\*</sup>

Alberto Hernández-Jiménez<sup>1</sup>

Pedro José González-Cañizares<sup>1</sup>

Adriano Cabrera-Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

\* Autor para correspondencia. [andy@inca.edu.cu](mailto:andy@inca.edu.cu)

### **RESUMEN**

La evaluación de las propiedades de los suelos permite conocer el nivel de degradación de indicadores relacionados con la fertilidad y tener una mejor comprensión de las respuestas de los cultivos ante las aplicaciones de fertilizantes, con el fin de obtener rendimientos aceptables. El presente trabajo fue realizado con el objetivo de caracterizar el estado actual de dos tipos de suelos dedicados a la producción de plantas forrajeras para la alimentación del ganado. En ambos suelos se delimitaron sus contornos, se describieron morfológicamente sus perfiles y posteriormente se clasificaron. En el muestreo agroquímico se delimitaron parcelas elementales por tipo de suelo, en las que se conformó una muestra por cada una, a las cuales se les determinaron el pH, el fósforo asimilable, los cationes intercambiables, el contenido y la reserva de carbono y se tomaron varias muestras para determinarles composición mecánica, coeficiente de dispersión de la arcilla, humedad natural e higroscópica, densidad del suelo y densidad de la fase sólida, porosidad total y estabilidad de los agregados. Los suelos estudiados fueron clasificados como Gley Nodular Ferruginoso y Fersialítico Pardo Rojizo. Además, se demostró que ambos tipos de suelos presentaron síntomas de degradación en el horizonte superior, reflejado por un bajo contenido carbono, alto coeficiente de dispersión de la arcilla, una baja retención de humedad, bajos porcentajes

de porosidad, altos valores en la densidad del suelo y la densidad de la fase sólida, conjuntamente con una estructura caracterizada por la presencia de bloques prismáticos de mediano tamaño.

**Palabras clave:** densidad, estructura, arcilla, gleysol

Recibido: 14/03/2019

Aceptado: 15/08/2019

## INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos más importantes para garantizar la alimentación humana y animal es el suelo, el que se comporta como una formación natural compuesta por elementos minerales y orgánicos, resultantes de diversos procesos de meteorización donde ocurren de manera continua, cambios químicos, físicos y biológicos a partir del material de formación, llegando a alcanzar una morfología y características particulares dependiendo del ecosistema en que se desarrolle <sup>(1,2)</sup>.

El estudio de las características morfológicas, así como de las propiedades químicas y físicas de los suelos es fundamental, ya que permite conocer el nivel de degradación y afectación de indicadores que se relacionan con la fertilidad y tener una comprensión más definida de las respuestas de los cultivos a la aplicación de fertilizantes para obtener los mayores rendimientos.

Los suelos poco cultivados cuando se ponen bajo cultivo continuado, cambian sus propiedades llegando a presentar problemas de degradación, como puede ser la destrucción de la estructura y compactación, erosión y pérdida de fertilidad en general <sup>(3-5)</sup>, lo que se agudiza cuando no se toman medidas para la conservación y mejora de los suelos, conllevando a reducir las posibilidades de obtener altos rendimientos agrícolas <sup>(6)</sup>.

En Cuba, numerosos trabajos de caracterización han abordado y cuantificado objetivamente la problemática de la degradación de los suelos. Entre estos trabajos se encuentra el estudio sobre la salinización secundaria <sup>(7)</sup>, la acidificación con alto contenido de aluminio intercambiable debido al cambio climático <sup>(8)</sup>, y más recientemente se han realizado trabajos donde se caracterizan procesos de erosión <sup>(9)</sup> y se describe el mecanismo de la degradación, a partir de cambios en las propiedades que se degradan y algunos resultados sobre para su mejoramiento <sup>(10)</sup>.

En la zona donde se encuentran ubicados los suelos estudiados, se realizaron trabajos de caracterización en la década de los años 80, cuando formaban parte de las áreas cañeras del Complejo Agroindustrial Manuel Martínez Prieto, con los que se demuestra como el monocultivo de esta gramínea influye negativamente sobre algunas de sus propiedades químicas y físicas <sup>(11,12)</sup>. Actualmente estos suelos pertenecientes a la Dirección de Flora y Fauna del municipio Boyeros, poseen una importancia vital para la producción ganadera en el territorio, ya que se pretende establecer el cultivo de plantas proteicas para la alimentación animal. Teniendo en cuenta lo señalado anteriormente, el presente trabajo tiene como objetivo describir las características morfológicas de los perfiles y caracterizar algunas de las propiedades químicas y físicas de los suelos en estudio.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El origen de este trabajo parte de estudios en las áreas ganaderas, pertenecientes a la Dirección de Flora y Fauna del municipio Boyeros. Se seleccionaron dos tipos de suelos, en los cuales se realizaron recorridos de campo tomando puntos con barrenas, para tener una clasificación preliminar. Una vez precisados los contornos por tipos de suelos, en estos se caracterizaron morfológicamente sus perfiles y se describieron según el Manual para la cartografía y descripción de perfiles de suelos <sup>(13)</sup> y clasificados posteriormente siguiendo los criterios de la Clasificación de los Suelos de Cuba <sup>(14)</sup> y la Base referencial mundial del recurso suelo <sup>(15)</sup>.

### **Muestreo agroquímico de los suelos**

En el muestreo agroquímico se delimitaron parcelas elementales por tipos de suelos, para el Gley la parcela contaba con un área de 16 ha, mientras que para el Fersialítico fue de 13 ha, en donde se tomaron con la ayuda de una barrena tipo holandesa 20 submuestras en cada parcela a una profundidad de 0-20 cm por la diagonal del campo en zigzag, para conformar una muestra compuesta por suelo, como se describe para el cultivo de los pastos <sup>(13)</sup>.

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Análisis Químico de Suelos del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y se les realizaron las siguientes determinaciones <sup>(16)</sup>:

- pH: potenciometría, relación suelo: agua 1:2,5

- Fósforo asimilable: extracción con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1 N con relación suelo solución igual a 1:25 m:v y determinación colorimétrica mediante el desarrollo del color azul del complejo molibdo fosfórico.
- cationes intercambiables: extracción con acetato de amonio  $1 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (K y Na)
- porcentaje de carbono: Walkley y Black
- las reservas de carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) se determinó mediante la fórmula:
- Reserva de carbono= Carbono (%) \* Densidad aparente ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) \* Profundidad (cm)

### **Análisis físico de los suelos**

Para el análisis de las propiedades físicas de los suelos, se tomaron cinco muestras al azar a una profundidad de 0-20 cm en cada una de las parcelas elementales, y se les determinó humedad natural e higroscópica, densidad del suelo, la densidad de la fase sólida y la estabilidad de los agregados y para las determinaciones de análisis mecánico y análisis granulométrico de los microagregados se utilizaron tres muestras.

Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas del INCA siguiendo las siguientes determinaciones (17):

- análisis mecánico, por el método de Bouyoucos con pirofosfato de sodio y hexametáfosfato de sodio
- análisis granulométrico de los microagregados del suelo por el método de Bouyoucos y el coeficiente de dispersión, por la división del porcentaje de arcilla de microagregados entre el porcentaje de arcilla del análisis mecánico multiplicado por cien
- determinación de la humedad natural y humedad higroscópica del suelo, mediante el método gravimétrico
- determinación de la densidad aparente, por el método de los cilindros cortantes de  $100 \text{ cm}^3$
- determinación de la densidad real, por el método del picnómetro en agua
- determinación de la porosidad total según la fórmula:
- Porosidad total=  $(1 - \text{Densidad aparente}/\text{Densidad real}) * 100$
- análisis de los agregados del suelo, por el método de N. I. Savvinov

## **Procesamiento estadístico**

Se determinó el coeficiente de variación y el intervalo de confianza de la media de las variables analizadas. Se utilizó el programa Statgraphics Centurion XV Versión 15.2.14.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Teniendo en cuenta la descripción morfológica de los perfiles, fueron clasificados dos tipos de suelos, uno como Gley Nodular Ferruginoso (GNF) y otro como Fersialítico Pardo Rojizo (FrsPR), los cuales representan el 38,28 % y 25,59 % respectivamente, de una superficie estudiada de 900 ha aproximadamente <sup>(18)</sup>.

### **Descripción del perfil de suelo Gley Nodular Ferruginoso**

El suelo GNF se localiza en un área depresional desde Murgas hacia el poblado de El Rincón, ubicado en la hoja cartográfica de Bejucal, a unos 50 (m.s.n.m.), en las coordenadas planas: N: 349,250 m; E: 352,500 m sistema Cuba Norte de la proyección Cónica Conforme de Lambert. La topografía del terreno es llano, con una pendiente menos de 2 %. Este suelo estuvo cultivado de caña de azúcar y actualmente con pasto, presentando un drenaje superficial e interno deficiente.

El proceso de formación que se manifiesta para este suelo es de gleyzación, con un horizonte de diagnóstico A ócrico y B nodular ferruginoso, con la presencia de propiedades gléyicas a partir de los 16 cm de profundidad. Debido a las características que posee se clasifican como Gley Nodular Ferruginoso agrogénico <sup>(14)</sup> y Gleysol dístrico <sup>(15)</sup>. Este suelo debido a que su formación es a partir de sedimentos enriquecidos con hierro y aluminio y por la influencia de las condiciones hidromórficas, se produce la formación de nódulos ferruginosos en casi todo el espesor del perfil <sup>(14)</sup>.

### **Descripción del perfil de suelo Fersialítico Pardo Rojizo**

El suelo FrsPR, este se localiza un km antes de llegar a Murgas, viniendo desde el Wajay, ubicado en la hoja cartográfica de Bejucal, a unos 75 (m.s.n.m.), en las coordenadas planas: N: 352,800 m; E: 351,550 m sistema Cuba Norte de la proyección Cónica Conforme de

Lambert. La topografía del terreno es ondulado, con una pendiente menos de 2 %. Este suelo estuvo cultivado con caña de azúcar y actualmente con pastos y cultivos varios, presentando un drenaje superficial bueno e interno regular.

El proceso de formación que predomina es de Fersialitización, por la presencia de un horizonte de diagnóstico principal fersialítico y normal órico, con características de diagnóstico de color rojo y carbonatado. Por tales características se clasifica como Fersialítico Pardo Rojizo erogénico <sup>(14)</sup> o Cambisol chromic <sup>(15)</sup>.

## Propiedades químicas

### Suelo Gley Nodular Ferruginoso

Al analizar la caracterización química del suelo GNF (Tabla 1), los resultados reflejaron que presentó un contenido medio de fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ) <sup>(13)</sup>, pH neutro, contenido medio de calcio ( $Ca^{2+}$ ), alto de magnesio ( $Mg^{2+}$ ), muy bajo de sodio ( $Na^+$ ), bajo en potasio intercambiable ( $K^+$ ), con una alta capacidad de intercambio de bases (CIB) <sup>(19)</sup> y un bajo porcentaje y reserva de carbono.

**Tabla 1.** Caracterización química del suelo GNF

Estadígrafos	pH	$P_2O_5$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$K^+$	CIB	C	RC
	( $H_2O$ )	( $mg\ 100\ g^{-1}$ )	(cmol <sub>c</sub> $kg^{-1}$ )				(%)	( $Mg\ ha^{-1}$ )	
Media	6,9	1,83	22,5	16	0,17	0,21	38,87	1,23	36,65
CV (%)	4,35	4,92	3,56	5,0	3,46	2,79	4,13	4,88	6,82
IC	±0,75	±0,22	±1,99	±1,99	±0,01	±0,01	±3,99	±0,15	±6,22

CIB: Capacidad de intercambio de bases, C: Carbono, RC: Reserva de carbono; CV: Coeficiente de Variación; IC: Intervalos de Confianza

Algunas de las características químicas de este suelo no coinciden con los de su tipo, los cuales generalmente presentan un contenido de materia orgánica alrededor del 3-4 % y el pH con tendencia a la acidez <sup>(20)</sup>. Este valor de pH cercano a 7, unido a su alta capacidad de intercambio de bases, puede deberse a la influencia de las formas del relieve, al recibir materiales transportados compuestos por una capa arcillosa de minerales del tipo 2:1, que presentan estas características <sup>(11)</sup>.

En estudios realizados en suelos Gley Nodular Ferruginoso distribuidos en diferentes zonas del país y bajo el cultivo de arroz y diferentes especies forrajeras <sup>(21-24)</sup>, se encontraron contenidos de materia orgánica y fósforo asimilable similares a los observados en el suelo

objeto de estudio; sin embargo, estos autores encontraron valores de pH que oscilaron desde ligeramente ácido a ácido, lo que pudiera estar dado por el propio proceso de gleyzación, ya que la reducción del hierro y la paulatina liberación de aluminio favorecen la acidez de estos suelos <sup>(18)</sup>.

### Suelo Fersialítico Pardo Rojizo

Con respecto a las características químicas del suelo FrsPR (Tabla 2), se evidencia que posee contenido de fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ) alto <sup>(13)</sup>, un pH alcalino, contenido alto de calcio ( $Ca^{2+}$ ) y magnesio ( $Mg^{2+}$ ), muy bajo en sodio ( $Na^+$ ), bajo potasio ( $K^+$ ), con una alta capacidad de intercambio de bases (CIB) <sup>(19)</sup> y bajo contenido y reserva de carbono.

**Tabla 2** Caracterización química del suelo FrsPR.

Estadígrafos	pH	$P_2O_5$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+$	$K^+$	CIB	C	RC
	( $H_2O$ )	( $mg\ 100\ g^{-1}$ )	(cmolc $kg^{-1}$ )			(%)	(%)	( $Mg\ ha^{-1}$ )	
Media	8,3	5,05	45,03	10,03	0,17	0,15	55,38	1,44	40,03
CV (%)	7,23	4,76	6,11	19,44	3,46	3,94	1,44	13,19	12,74
IC	$\pm 1,49$	$\pm 0,6$	$\pm 6,83$	$\pm 4,84$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 1,98$	$\pm 0,47$	$\pm 12,65$

CIB: capacidad de intercambio de bases, C: Carbono, RC: Reserva de carbono; CV: Coeficiente de Variación; IC: intervalos de confianza

Muchas de estas características se ajustan a los suelos de su tipo, los cuales presentan un predominio de calcio entre los cationes intercambiables, un pH ligeramente alcalino, excepto en el contenido de materia orgánica en los cuales están alrededor de 3-5 % <sup>(20)</sup>. Las propiedades químicas de este suelo se asemejan a las observadas en trabajos de caracterización realizados a suelos de este mismo tipo, con reacción ligeramente alcalina, estos valores pudieran deberse al alto contenido de bases cambiables, ya que estamos en presencia de un suelo que tiene predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1 del grupo de las Esmectitas <sup>(25,26)</sup>.

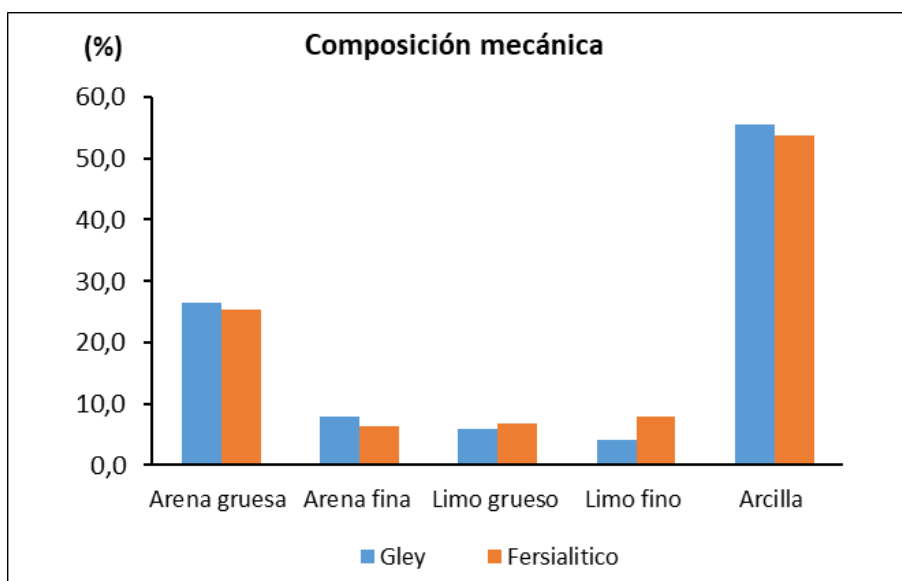
Con relación a los bajos contenidos de materia orgánica, porcentajes y reserva de carbono en ambos suelos estudiados, puede atribuirse al hecho que durante muchos años estuvieron bajo el cultivo continuado de la caña de azúcar como parte de las áreas de abastecimiento al Complejo Agroindustrial Manuel Martínez Prieto. En este sentido, en un experimento realizado durante varios años <sup>(27)</sup>, se demostró como el monocultivo de caña de azúcar propicia la degradación del suelo al disminuir los contenidos de carbono orgánico.

Además, los valores de estas variables en estos suelos se comportan muy parecidos a los alcanzados en estudios realizados en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados en condiciones degradadas por el cultivo continuado <sup>(10)</sup>.

## Caracterización de algunas propiedades físicas

### Composición mecánica

Según los resultados de la composición mecánica en los suelos GNF y FrsPR (Figura 1), se observó un predominio de la fracción de arcilla superior al 40 % para ambos suelos, por lo que se diagnostican como arcillosos <sup>(17)</sup>.

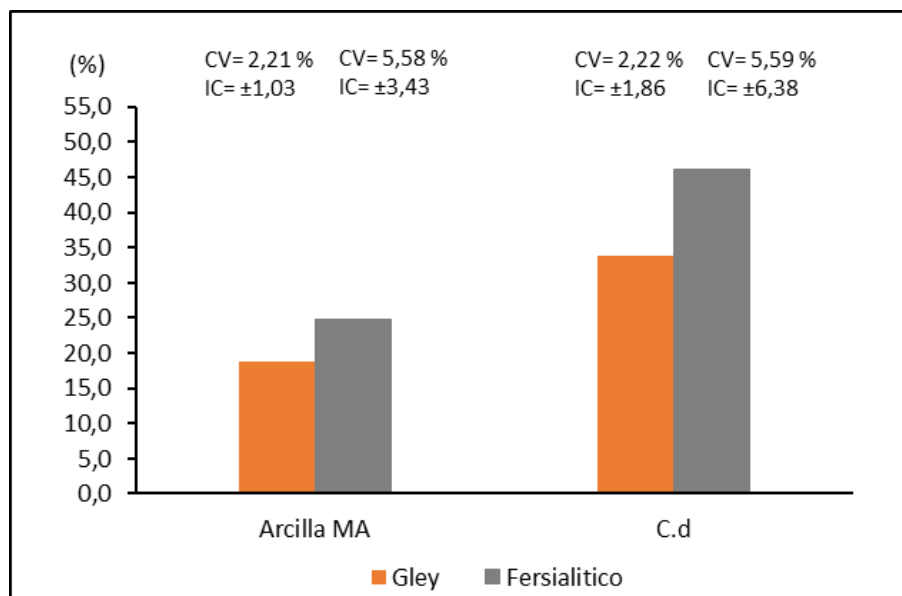


**Figura 1.** Composición mecánica, según los porcentajes de las fracciones

### Coefficiente de dispersión

En la Figura 2 se reflejan los valores del coeficiente de dispersión, lo cual resulta relativamente alto para cualquier tipo de suelo. Esto puede deberse a la actividad agrícola en el cual estuvieron sometidos, además para el caso del suelo GNF durante el proceso de hidromorfía, con períodos alternantes de humedad hace que se presente una estructura poco definida y para el suelo FrsPR, este comportamiento puede deberse al predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1, los cuales presentan una alta dispersión <sup>(28)</sup>.





CV: coeficiente de variación; IC: intervalos de confianza; Arcilla MA: arcilla en microagregados; C.d: coeficiente de dispersión de la arcilla

**Figura 2.** Porcentajes de arcilla de los microagregados y coeficiente de dispersión

En la Tabla 3 se presentan los resultados de algunas propiedades físicas del suelo GNF. En relación a los porcentajes de humedad natural e higroscópica, se observaron valores inferiores al 20 %, lo que seguramente está cerca o por debajo del Límite Inferior de la Humedad Productiva (LIHP) <sup>(29)</sup>, evidenciando la falta de humedad en el suelo, incluso para un adecuado desarrollo de los pastizales. Los resultados de la densidad del suelo y densidad de la fase sólida, para este suelo se evalúa como alta y el porcentaje de porosidad total se evalúa como media <sup>(30)</sup>, no satisfactoria para la capa arable <sup>(17)</sup>. En cambio, el índice de estabilidad de los agregados es alto.

**Tabla 3** Análisis de algunas propiedades físicas del suelo GNF

Estadísticos	Humedad natural	Humedad higroscópica	Densidad del suelo	Dfs	Porosidad total	Índice de estabilidad
	(%)		(Mg m <sup>3</sup> )		(%)	
Media	16,3	13,43	1,49	2,73	45	0,79
CV (%)	2,45	4,02	3,03	2,38	6,67	3,80
IC	±0,99	±1,34	±0,11	±0,16	±7,45	±0,07

CV: coeficiente de variación; IC: intervalos de confianza; Dfs: Densidad de la fase sólida

Con relación a las propiedades físicas del suelo FrsPR (Tabla 4), se observó un porcentaje de humedad superior al 20 % y un porcentaje de humedad higroscópica inferior al 10 %.

Con valores de densidad del suelo y densidad de la fase sólida, que se consideran como media <sup>(30)</sup>, estos niveles de densidad observados en ambos suelos pueden estar dados por el laboreo a que fueron sometidos. Varios autores demostraron como las labores agrícolas mecanizadas en el cultivo de la caña de azúcar influyen negativamente sobre una serie de propiedades físicas en los suelos, entre estas la compactación <sup>(31-33)</sup>.

La porosidad total para el suelo FrsPR se comporta como media, igualmente no satisfactoria para la capa arable.

Con un índice de estabilidad de los agregados alto, lo que pudiera deberse a la acción de las raíces de los pastos, cultivo que se estableció después de la caña de azúcar que influyó positivamente en la formación de agregados en los suelos, principalmente en los horizontes superficiales, a pesar de presentarse en el suelo GNF una estructura de bloques subangulares medianos y en el FrsPR una estructura prismática pequeña, las cuales manifiestan señales de degradación, ya que a esta profundidad cuando los suelos presentan un buen estado de conservación generalmente se presenta una estructura granular o de bloques subangulares pequeños.

**Tabla 4** Análisis de algunas propiedades físicas del suelo FrsPR

Estadígrafos	Humedad	Humedad	Densidad	Dfs	Porosidad	Índice de estabilidad
	natural	higroscópica	del suelo		total	
	(%)		(Mg m <sup>3</sup> )		(%)	
Media	24,9	9,85	1,39	2,59	47	0,85
CV (%)	1,81	0,56	3,25	1,36	6,38	6,51
IC	±1,12	±0,14	±0,11	±0,09	±7,45	±0,14

CV: coeficiente de variación; IC: intervalos de confianza; Dfs: Densidad de la fase sólida

## CONCLUSIONES

- Al describir las características morfológicas de los perfiles, se observó un suelo con propiedades gléyicas a menos de 50 cm de profundidad y la presencia de nódulos ferruginosos en todos sus horizontes, el cual se clasificó como Gley Nodular Ferruginoso y otro suelo con un horizonte fersialítico bien manifiesto, con colores rojos y amarillentos, el cual se clasificó como Fersialítico Pardo Rojizo.

- La caracterización de las propiedades químicas, demuestran que la capa superficial de estos suelos se encuentra afectados por antropogénesis, reflejado principalmente por los bajos contenidos de carbono orgánico, conjuntamente con la escasez de algunos nutrientes.
- El estado de las propiedades físicas estudiadas, manifiestan que ambos suelos presentan cierto grado de degradación, fundamentalmente reflejado por altos niveles de compactación y una estructura no adecuada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gardi C, Angelini M, Barceló S, Comerma J, Cruz C, Encina A, et al. Atlas de suelos de America Latina y el Caribe. Luxembourg: Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014.; 2014. 176 p.
2. Alcalde S. Impulso y difusión de la Ciencia del Suelo en el 2015. Año Internacional de los Suelos (AIS2015). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 2017;23:330-42.
3. Willians J, Reyes R. Procesos de compactación en un suelo vertisol bajo cuatro condiciones de manejo en la llanura de Coro, estado Falcón, Venezuela. Bioagro [Internet]. 2014;26(1):39–48. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612014000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612014000100005&script=sci_arttext)
4. Duval ME, Galantini JA, Martínez JM, López FM, Wall LG. Evaluación de la calidad física de los suelos de la región pampeana: efecto de las prácticas de manejo. Ciencias Agronómicas [Internet]. 2015;15:33-43. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/11587/CONICET\\_Digital\\_Nro.15033.pdf?sequence=1](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/11587/CONICET_Digital_Nro.15033.pdf?sequence=1)
5. Zurruta AA, Badii MH, Guillen A, Serrato OL, Garnica JA. Factores Causantes de Degradación Ambiental. Daena: International Journal of Good Conscience [Internet]. 2015;10(3):1–9. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf)
6. Mogollón J, Martínez A, Rivas W. Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. Suelos Ecuatoriales. 2014;44(1):22–28.
7. Ortega F. Las causas de la salinidad de los suelos de Cuba. Ciencias de la Agricultura [Internet]. 1986 [citado 20 de septiembre de 2017];(27):126-37. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=CENIDA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=058802

8. Martínez Y. Estudio sobre las transformaciones de las propiedades de los suelos en tres cuencas, situadas en las Alturas de Pizarra, del Occidente de Cuba [Tesis de Maestría en Ciencias del Suelo]. [Mayabeque, Cuba]: Universidad Agraria de la Habana; 2006. 113 p.
9. Febles J., Vega M. Buenos suelos en extinción: la degradación de los suelos ferralíticos rojos en el Occidente de Cuba. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba [Internet]. 2016;12. Disponible en: <http://www.revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/viewFile/233/233>
10. Hernández A, Morales M, Borges Y, Vargas D, Cabrera JA, Ascanio MO, et al. 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. Ediciones INCA. 2014;156.
11. Hernández A, Obregón A, Vantour A. Seudopodzolización y suelos Seudopodzolicos en Cuba. Academia de Ciencias de Cuba; 1986.
12. Hernández A, Morales M, Ascanio M, Morel F. Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2006. 193 p.
13. Vera L, Hernández A, Mesías F, Guzman A, Cedeño Á. Manual para la cartografía de suelos y la descripción de perfiles de suelos. 1.<sup>a</sup> ed. Manabí, Ecuador: Ediciones Abya-Yala; 2017. 75 p.
14. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
15. IUSS Working Group WRB,. Base referencial mundial del recurso suelo 2014 Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Roma: Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO; 2015. 218 p.
16. Paneque VM, Calaña JM, Calderón M, Borges Y, Hernández TC, Caruncho M. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2010. 160 p.
17. Luis J. Métodos para el análisis físico de los suelos. La Habana: Ediciones INCA; 2007. 54 p.

18. Bernal A, Hernández A, Mesa M, Rodríguez O, González PJ, Reyes R. Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015 [citado 7 de abril de 2017];36(2):30-40. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362015000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362015000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)
19. Paneque VM, Calaña JM. La fertilización de los cultivos. Aspectos teórico-prácticos para su recomendación. 2001.
20. Instituto de Suelos. Clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba; 1979. 28 p.
21. Crespo G, Ramírez JF, González PJ, Hernández I. Coinoculación de cepas de rizobios y del hongo micorrízico arbuscular en *Stylosanthes guianensis* vc. CIAT-184. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [Internet]. 2014 [citado 21 de septiembre de 2017];48(3):297-300. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1930/193032133016/>
22. Ramírez JF, Fernandez Y, González PJ, Salazar X, Iglesias JM, Olivera Y. Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*. *Pastos y Forrajes* [Internet]. 2015 [citado 21 de septiembre de 2017];38(4):393-402. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000400002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942015000400002&script=sci_arttext&tlng=pt)
23. Pérez León N de J, González Cepero MC, Castro Menduiña RI, Aguilar Portero M. Evaluación de cultivares de arroz en diferentes zonas de producción arroceras de Los Palacios, Pinar del Río, para su utilización en programas de mejoramiento. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2016 [citado 21 de septiembre de 2017];37(1):116-123. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362016000100016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000100016)
24. Ruiz M, Muñoz-Hernández Y, Dell Amico-Rodríguez JM, Simó-González J, Cabrera-Rodríguez JA. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones inundadas del suelo. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2016 [citado 21 de septiembre de 2017];37(4):67-75. doi:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31096.85761>
25. Romero A, Ruz R, González M. Evaluación de siete cultivares de soya (*Glycine max*) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, Las Tunas. *Pastos y Forrajes*. 2013;36(4):459-463.

26. Serrano-Montero DO, González-Paneque OS, de la Rosa-Andino AA, Aguilera-Corrales Y, Ramírez-Chávez RE. Estrategia de manejo y conservación del suelo en áreas de producción agrícola. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2017;7(1):41–48. doi:<http://dx.doi.org/>
27. Cabrera JA, Zuaznábar R. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2010 [citado 21 de septiembre de 2017];31(1):5-13. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100001)
28. Hernández A, Borges Y, Martínez M, Rodríguez J, Lorena F, Amaya M. Presencia de propiedades vérticas en los suelos fersialíticos de la antigua provincia La Habana. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2011 [citado 11 de julio de 2017];32(1):63–74. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362011000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000100006)
29. Hernández A, Ascanio M, Morales M, Bojórquez I, García N, García D. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo [Internet]. Primera edición. Nayarit: Univ. Autónoma de Nayarit; 2006 [citado 13 de marzo de 2017]. 255 p. Disponible en: <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LdIARhjVZN4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=El+suelo:+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n,+los+cambios+globales+y+su+manejo&ots=mTX64rUWix&sig=3GOLNL3-ouGLjbgc0bzDDjCiWd4>
30. Mesa A, Naranjo M, Cancio R, Martín A, Clemente B, Suárez O, et al. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica; 1984. 136 p.
31. Soares G, Menezes Z, Barboza R, Sobreira R, Silva F. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2014;38(1):135–146. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000100013>
32. Cherubin MR, Karlen DL, Franco AL, Tormena CA, Cerri CE, Davies CA, et al. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. *Geoderma*. 2016;267:156–168. doi:[10.1016/j.geoderma.2016.01.004](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.004)
33. Morejón Y, González R, García de la Figal AE, Vega E, Pérez JL. Influencia de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la compactación del suelo. *Revista Ingeniería Agrícola* [Internet]. 2016;6(1):33–38. Disponible en: <http://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/727/728>

