



# Cambios en las propiedades físicas de un suelo Feozem flúvico cámbico por el uso agrícola

## Changes in physical properties of a fluvic cambic Feozem for agriculture use

 Alberto Hernández Jiménez<sup>1\*</sup>,  Dilmo José García Arteaga<sup>2</sup>,  Adriano Cabrera Rodríguez<sup>1</sup>,  
 Leonardo Ramón Vera Macías<sup>2</sup>,  Ángel Monserrate Guzmán Cedeño<sup>2</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 32 700

<sup>2</sup>Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPA MFL), Campus Politécnico El Limón, km 2,7, vía Calceta - Morro - El Limón, Sector La Pastora. Manabí, Ecuador.

**RESUMEN:** En este trabajo se estudian dos perfiles de suelo seleccionados del mapa de suelos 1:25 000 del ecosistema de llanura fluvial de la región Carrizal-Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Uno de los perfiles es un suelo Feozem flúvico y cámbico, conservado bajo condiciones de arboleda y el otro es un Cambisol flúvico, bajo cultivo de muchos años. Se estudia el cambio de las propiedades físicas del suelo conservado, con relación al del cultivo continuado, con impactos en la estructura del suelo, la densidad de volumen y el aumento del factor de dispersión. En el trabajo se demuestra el cambio de un suelo Feozem a Cambisol en esta región, por el cultivo continuado.

**Palabras clave:** World Reference Base, degradación del suelo, compactación.

**ABSTRACT:** In this paper are studied two soil profiles from the soil map in scale 1:25 000 of the fluvial plain region Carrizal-Chone, in Manabi province, Ecuador. One of profiles is a soil fluvic Feozem by tree vegetation and the other is a fluvic eutric Cambisol by long time cultivated condition. It is studied the changes of the physical soil properties by the anthropogenic conditions, with changes in the soil structure, volume density, and the increasing of the dispersion factor. In this paper is demonstrated the change from a Feozem soil to a Cambisol soil because the long time cultivated action

**Key words:** World Reference Base, soil degradation, organic carbon.

## INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo ha aumentado considerablemente, debido al cultivo intensivo con aplicación de técnicas como: quimización, mecanización y

riego. En el año 1990, se evidenció que la degradación del suelo en el mundo aumentó de 6 % en el período 1900-1945, hasta 17 % entre los años 1945-1990, como resultado de la industrialización y la Revolución Científico Técnica en la Agricultura (1).

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

Recibido: 07/10/2021

Aceptado: 05/02/2022

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

**Contribución de los autores. Conceptualización:** Alberto Hernández Jiménez. **Investigación:** Alberto Hernández Jiménez, Dilmo José García Arteaga, Juan Adriano Cabrera Rodríguez, Leonardo Ramón Vera Macías. **Metodología:** Alberto Hernández Jiménez, Juan Adriano Cabrera Rodríguez, Dilmo José García Arteaga **Supervisión:** Alberto Hernández Jiménez, Juan Adriano Cabrera Rodríguez, Ángel Monserrat Guzmán Cedeño. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Procesamiento de los datos:** Alberto Hernández Jiménez y Dilmo José García Arteaga.

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/>



Uno de los problemas más importantes en la degradación de los suelos, lo constituye el cultivo continuado con aplicación del riego, fertilizantes y mecanización, lo cual conlleva a las pérdidas de carbono orgánico del suelo (COS), el cambio de sus propiedades físicas como la destrucción de los microagregados y la estructura original del suelo, aumento del factor de dispersión y la compactación del suelo (2-4). En las regiones tropicales, la degradación del suelo ocurre de forma más intensa, debido a las condiciones climáticas de precipitación y temperatura (5).

En la provincia de Manabí, Ecuador, no se reportan resultados notables hasta el momento, sobre todo, en diferentes provincias. Por ejemplo, recientemente, se presentan resultados sobre el cambio de las propiedades del suelo según su uso, en la Parroquia Membrillo, provincia de Manabí (6).

Otros resultados obtenidos en los últimos años es el estudio de las características, las propiedades y la distribución de los suelos del sistema Carrizal Chone, en la provincia de Manabí, que tiene una superficie de 7233,7 ha (7). Esta llanura situada en la parte norte de la provincia, tiene como formación natural, suelos Feozem (que ocupa un territorio de 2107 ha) y Fluvisoles (con una superficie de 3787 ha), en condiciones naturales o conservadas y, en la mayoría de estos, se viene cultivando hace años, lo que trae como resultado que los suelos presentan deterioro por la antropogénesis, con cambio en sus propiedades, sobre todo, en el contenido de materia orgánica del suelo (8).

El objetivo de este trabajo es obtener resultados sobre el cambio de las propiedades físicas del suelo Feozem flúvico y cámbico, por el cultivo continuado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta el principio genético comparativo dokuchaviano, de comparar suelos lo más natural o conservado posible, con los cultivados, por ecosistemas, para poder diagnosticar los cambios de sus propiedades por la influencia antropogénica (9); se estudian las características de dos perfiles de suelo. Uno de ellos, Feozem flúvico y cámbico (perfil 1), que representa la formación natural del suelo, bajo una asociación de árboles de guaba machete (*Inga feuillei*) y café (*Coffea arabica*); el otro (perfil 2), era el mismo suelo, pero bajo cultivo intensivo durante 18 años. Las descripciones de ambos perfiles se hacen por el Manual para la cartografía de suelos y la descripción de perfiles de suelos (10).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM). Estos son: composición mecánica por el método de la pipeta, aplicando pirofosfato de sodio para eliminar la materia orgánica y romper los microagregados del suelo y el hidróxido de sodio como dispersante, la textura por el triángulo textural de la Soil Taxonomy (11). La composición de microagregados por el método de la pipeta, pero sin destruir los microagregados. Teniendo en cuenta la

composición de las partículas mecánicas con y sin eliminación de materia orgánica, se calcula el coeficiente de dispersión del suelo. La densidad de volumen se realiza en campo por el método de los cilindros, utilizando cilindros de 10 cc de volumen y la humedad, tomando muestras con pesafiltros y con calentamiento en estufa a 105 °C, hasta masa constante.

La clasificación de suelos que se utiliza en este trabajo es la referida en el World Reference Base (12). En las descripciones de los perfiles se utilizan los siguientes subindicadores para los horizontes (10): m: mullido; p: perturbado; camb: cámbico; s: de sand, quiere decir que el horizonte Cs es arenoso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio realizado comienza por las descripciones de dos perfiles seleccionados, uno cerca del otro, bajo diferentes coberturas. La descripción del perfil de suelo es uno de los pasos más importantes que debe enfrentar el edafólogo. Por una parte, es el primer contacto que tiene con los suelos que puedan existir en la región de estudio y, por otra, el perfil de suelo se manifiesta a través de su morfología, en la cual se presenta una serie de propiedades que son el resultado de la formación del suelo (génesis) y de la influencia antropogénica, si esta existe (13-15).

### Descripción de los perfiles de suelos estudiados

#### No. Perfil: 1

Fecha: 2 de agosto de 2018

Descrito por: Alberto Hernández, Dilmo J. García, Geoconda López, Leonardo Vera y Freddy Mesías

Clasificación del suelo:

Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010): Fluventic Haplustoll

WRB (IUSS Working Group World Reference Base, 2014): Feozem flúvico y cámbico.

Localización: Tomado en el Campus de la ESPAM, en suelo conservado bajo arboleda de Guaba machete (*Inga feuillei*) con café (*Coffea arabica*)

Altura (msnm): 25

Parroquia Calceta

Cantón: Bolívar

Provincia: Manabí

País: Ecuador

Factores de formación

Posición fisiográfica del lugar: Llano

Topografía del terreno circundante: Llano con formación de terrazas aluviales

Microrrelieve: No se observa

Pendiente donde se tomó el perfil: 2 %

Vegetación o uso de la tierra: Arboleda de guaba machete (*Inga feuillei*) con café (*Coffea arabica*)

Clima: Tropical subhúmedo

Precipitación anual: 1200 mm; Temperatura media anual: 25 °C

Material de origen: Sedimentos aluviales

Tiempo: Cuaternario reciente

Drenaje: Bien drenado

Descripción del perfil:

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Am	0-22	Color 10YR2/1, negro, franco arcilloso, estructura de bloques subangulares que se desmenuzan en granular y nuciforme, consistencia friable, fresco, con muchos poros, buena cantidad de raíces, sin reacción al HCl, transición algo notable.
B camb.	22-41	Color 10YR3/2, pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillo arenoso, estructura de bloques subangulares pequeños, friable, ligeramente húmedo, un poco menos poroso, con buena cantidad de raíces, sin reacción al HCl, transición notable
Cs	> 41	Color 10YR4/3, pardo, textura arenosa a franco arenosa, estructura de bloques angulares muy poco estables, friable a suelto, ligeramente húmedo, muy poroso, con pocas raíces, sin reacción al HCl.

El suelo está cubierto por capa de hojarasca. En la superficie hay capa delgada de 2-3 mm de materia orgánica en descomposición. Tanto por la estructura como por el color oscuro en superficie se diagnostica el horizonte A como mólico y el B como cámbico; además, tiene propiedades flúvicas, por el cambio textural por el perfil. Por estos diagnósticos el suelo se clasifica como Feozem flúvico y cámbico, según 12.

#### No. Perfil: 2

Fecha: 2 de agosto de 2018

Descrito por: Alberto Hernández, Dilmo J. García, Geoconda López, Leonardo Vera y Freddy Mesías

Clasificación del suelo:

Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010): Aquic Haplustept

WRB (IUSS Working Group World Reference Base, 2014): Cambisol flúvico

Localización: En el Área Convencional del Campus de la ESPAM.

Altura (msnm): 25

Parroquia. Calceta

Cantón: Bolívar

Provincia: Manabí

País: Ecuador

Factores de formación

Posición fisiográfica del lugar: Llano

Topografía del terreno circundante: Llano con formación de terrazas aluviales

Microrrelieve: Algo irregular por las araduras, con terrones medianos y grandes en superficie

Pendiente donde se tomó el perfil: Menos de 1 %

Vegetación o uso de la tierra: Cultivo continuado, terreno preparado para sembrar

Clima: Tropical subhúmedo

Precipitación anual: 1200 mm; Temperatura media anual: 25 °C

Material de origen: Sedimentos aluviales

Tiempo: Cuaternario reciente

Drenaje: Moderadamente drenado

Descripción del perfil:

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
IA <sub>11p</sub>	0-14	Color 10YR7/1, gris claro en la parte de afuera del bloque y 10YR2/2, pardo muy oscuro, en la parte interna, textura franco arcillosa, estructura bloques prismáticos de 5-10 cm, estables, consistencia compactado, fresco, medianamente poroso, con algunos poros gruesos, escasas raíces finas, sin reacción al HCl, transición notable.
IA <sub>12</sub>	14-22	Color 10YR2/1, negro, textura franco arcillosa, estructura de bloques subangulares de 3-5 cm que se desmenuza en granular y nuciforme, consistencia friable, ligeramente a medianamente húmedo, poroso, con poros gruesos y medianos, con escasas raíces gruesas, sin reacción al HCl, transición notable.
IBcamb	22-43	Color 10YR3/2, pardo grisáceo muy oscuro, textura franco, estructura poliédrica pequeña de 3-5 cm de largo, que se desmenuza en nuciforme, consistencia friable, medianamente húmedo, con mucha porosidad, con poros gruesos y medianos, con raíces escasas medianas, sin reacción al HCl, transición notable.
IICs <sub>1</sub>	43-67	Color 10YR4/3, pardo, textura franco arenoso, estructura bloques angulares de 5-7 cm muy poco estables, consistencia suelta, húmedo, poroso, con muy escasas raíces, sin reacción al HCl, transición poco notable.
IICs <sub>2</sub>	67-91	Color igual al horizonte anterior, 10YR4/3, pardo textura arena francosa, estructura bloques angulares de mayor tamaño muy poco estables, consistencia suelta, un poco más húmedo, poroso, con algunas raíces, sin reacción al HCl, transición notable.
IIIC	91-120	Color 10YR4/1, gris oscuro, franco a franco arcilloso, estructura de bloques subangulares de 5 cm, poco estables, consistencia friable, muy húmedo, poroso, sin raíces, sin reacción al HCl.

Este suelo tiene los siguientes diagnósticos: el horizonte A perdió sus propiedades buenas de mólico y no puede clasificarse como Feozem; además, presenta un horizonte B cámbico y cambio textural a partir de 43 cm que le confiere el diagnóstico de propiedades flúvicas, por lo que el Grupo Referencial de Suelo (GRS) es Cambisol.

## Cambios en algunas propiedades físicas del suelo

### Estructura y consistencia del suelo en el horizonte A

La estructura del suelo es una de las características más importantes para su diagnóstico. Una buena estructura es síntoma de un buen contenido en materia orgánica y actividad biológica del suelo (16). En el perfil 1, bajo vegetación de árboles y plantación de café, con un aporte anual de hojarasca al suelo, la estructura del horizonte A es del tipo granular y nuciforme; sin embargo, en el perfil 2, en este mismo horizonte es de bloques prismáticos. Esto es indicador que el perfil 2, bajo cultivo intensivo durante 18 años, ha perdido su estructura original (4). El cambio de la estructura natural del suelo por el cultivo continuado pudiera catalogarse como antropogénica, como bien plantean algunos autores (4,17).

Acorde a esta característica se manifiesta la consistencia de este horizonte, determinada en el campo (10). Mientras que, en el perfil 1, conservado, la consistencia es friable, en el perfil 2, antropizado, es compacta; es decir, la consistencia del suelo se empeora en el perfil 2, bajo cultivo continuado.

### Composición mecánica, de microagregados y factor de dispersión

En la Tabla 1 se muestran los datos de la composición mecánica de ambos perfiles, en los que se observa que hay un contenido relativamente alto en las fracciones limosas, pero en el Perfil 1, a partir de los 41 cm de profundidad, hay un cambio de textura muy marcado, con predominio de las fracciones arenosas. Este cambio textural en el perfil 2 ocurre a los 43 cm de profundidad. En ambos

casos, este cambio textural demuestra el carácter flúvico en ambos perfiles, según la clasificación de suelos (12).

Estos resultados demuestran que la textura del suelo por el cultivo continuado no cambia en un período relativamente corto (18), a no ser que el suelo esté sometido a procesos erosivos.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la composición mecánica en el análisis de microagregados, así se obtiene la cantidad de arcilla dispersa que no se encuentra en los microagregados. Con la relación entre el contenido en arcilla en el análisis mecánico y de microagregados se obtiene el factor de dispersión del suelo, ya que cuando hay mayor contenido en arcilla dispersa en el análisis de microagregados este factor es mayor y demuestra que no hay una buena estructura del suelo, como ocurre en los suelos Ferralíticos de Cuba (2).

En la Tabla 3 se muestran los valores del factor de dispersión de ambos perfiles. En primer lugar, se destaca un valor mucho más alto en el perfil 2, para la profundidad de 0-18 cm, que se corresponde con el diagnóstico de campo, que esta parte del suelo está degradado por el cultivo continuado. En este perfil 2, en la profundidad de 14-22 cm, disminuye el factor de dispersión, correspondiendo con la parte residual del antiguo horizonte mólico que no se ha degradado aún.

En los horizontes arenosos, en ambos perfiles, el contenido en arcilla es muy escaso, casi toda está dispersa, con altos valores de dispersión en ambos perfiles. El problema es que la fracción arenosa no captura carbono (19); por tanto, no hay una formación de estructura buena en estos horizontes, por lo que el poco contenido en arcilla está casi toda dispersa.

**Tabla 1.** Composición mecánica de las partículas (en %) y textura del suelo

Perfil de suelo	Horizonte	Profundidad (cm)	Arcilla	Limo	Arena	Textura
1	I <sub>Am</sub>	0-22	24,8	29,6	45,6	Loam
	IB camb.	22-41	26,4	50,4	23,2	Silty loam
	IIC <sub>s</sub>	> 41	5,6	8,8	85,6	Loamy sand
2	I <sub>A<sub>11</sub>P</sub>	0-14	33,6	56,0	10,4	Silty clay loam
	I <sub>A<sub>12</sub></sub>	14-22	32,0	49,6	18,4	Silty clay loam
	IBcamb	22-43	34,4	47,2	18,4	Silty clay loam
	IIC <sub>1s</sub>	43-67	8,0	24,0	68,0	Sandy loam
	IIC <sub>2s</sub>	67-91	8,0	30,4	60,8	Sandy loam
	IIIC <sub>g</sub>	91-120	17,6	57,6	24,8	Silty loam

**Tabla 2.** Composición de microagregados del suelo

No. Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Arcilla %	Limo %	Arena %
1	I <sub>Am</sub>	0-22	12,0	40,0	48,0
	IB camb.	22-41	11,2	58,4	30,4
	IIC <sub>s</sub>	> 41	2,4	9,6	88,0
2	I <sub>A<sub>11</sub>P</sub>	0-14	23,2	48,0	28,8
	I <sub>A<sub>12</sub></sub>	14-22	19,2	53,1	27,7
	IBcamb	22-43	27,2	55,2	17,6
	IIC <sub>1s</sub>	43-67	6,4	17,6	76,0
	IIC <sub>2s</sub>	67-91	8,8	21,6	69,6
	IIIC <sub>g</sub>	91-120	9,6	68,0	22,4

**Tabla 3.** Cálculo del Factor de Dispersión de los dos perfiles

No. Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	% Arcilla en microagregados	% Arcilla en composición mecánica	Factor de dispersión (k)
1	I <sub>Am</sub>	0-22	12,0	24,8	48,3
	IB camb.	22-41	11,2	26,4	42,4
	IIC <sub>s</sub>	> 41	4,4	5,6	78,5
2	IA <sub>11p</sub>	0-14	23,2	33,6	69,0
	IA <sub>12</sub>	14-22	15,8	32,0	49,4
	IBcámbico	22-43	19,2	34,4	55,8
	IIC <sub>1s</sub>	43-67	6,4	8,0	80,0
	IIC <sub>2s</sub>	67-91	6,8	8,0	85,0
	IIIC <sub>g</sub>	91-120	9,6	17,6	54,5

### Contenido en humedad y densidad de volumen

En la [Tabla 4](#), se muestran los datos de humedad de campo en los dos perfiles y los valores de la densidad de volumen.

En el perfil 1, es notable el contenido en humedad, muy bajo, del espesor 0-14 cm del perfil del suelo muy cultivado, correspondiendo con una densidad de volumen más alta, de 1,44 Mg m<sup>-3</sup>, debido a los bloques prismáticos que se forman en la superficie por la antropogénesis, con una consistencia compactada.

La formación de estos bloques tiene relación con el aumento de la arcilla dispersa, debido a la destrucción de los microagregados por la pérdida de carbono orgánico en el suelo, con el cultivo continuado; lo que en Cuba nombran como “evolución agrogénica del suelo” y se aplica en la Clasificación de Suelos de Cuba (20). En síntesis, el cultivo continuado del suelo con aplicación de fertilizantes y riego, conlleva al deterioro de sus propiedades físicas, como se ha demostrado en suelos de otros ecosistemas tropicales, como en Cuba (21,22), Amazonía brasileña (23) y en Campeche, México (24).

### CONCLUSIONES

En el suelo Feozem flúvico y cámbico, del ecosistema de la llanura Carrizal-Chone, provincia de Manabí, Ecuador, por el cultivo continuado se deterioran las propiedades físicas del suelo, principalmente, en el horizonte superior húmico acumulativo, en el cual se pierde la condición de horizonte mólico. Por la influencia antropogénica, el suelo original Feozem lúvico y cámbico pasa a ser Cambisol flúvico.

**Tabla 4.** Datos de Humedad y Densidad de Volumen en los dos perfiles estudiados

No. Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	W (%)	Dv (Mg m <sup>-3</sup> )
1	IA <sub>11p</sub>	0-14	13,0	1,44
	IA <sub>12</sub>	14-22	34,1	1,10
	IBcamb	22-43	38,0	1,11
	IIC <sub>1s</sub>	43-67	32,0	1,06
	IIC <sub>2s</sub>	67-91	30,0	1,08
	IIIC <sub>g</sub>	91-120	46,0	0,95
2	I <sub>Am</sub>	0-22	21,0	1,22
	IB camb.	22-41	25,0	1,18
	IIC <sub>s</sub>	> 41	22,0	1,15

Densidad de volumen (Dv), Humedad (W)

### RECOMENDACIONES

- Es necesario la producción de alimentos en este ecosistema, por lo que hace falta encaminar investigaciones para la aplicación de bioinsumos que mantengan o mejoren las propiedades de estos suelos, cuando se encuentran bajo cultivo.
- Se recomienda utilizar compost o humus de lombriz, para las enmiendas con bioinsumos del suelo degradado, o en producción.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Oldeman, I. R., Van Egelen, V. W. y Pulles, J. R. 1990: The extent of human induced soil degradation. ISRIC, Wageningen. The Netherlands.
2. Hernández, A., Morales, M., Cabrera, A., Ascanio, M.O., Vargas, D., Borges, Y., Funes Monzote, F., Bernal, A. y González, P.J. 2014. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de las provincias Mayabeque y Artemisa por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Editorial INCA, ISBN: 978-959-7023-67-8. Mayabeque, Cuba, 158p.
3. Hernández Jiménez, A., Vargas-Blandino, D., Bojórquez-Serrano, J. I., García-Paredes, J. D., Madueño-Molina, A., & Morales-Díaz, M. 2017. Carbon losses and soil property changes in ferralic Nitisols from Cuba under different coverages. *Scientia Agricola*, 74, 311-316. Recuperado a partir de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0162017000400311&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0162017000400311&nrm=iso).
4. Hernández, A., Morales, M., Carnero, G., Hernández, Y., Terán, Z., Grandio, D., Bojórquez, J.I., Bernal, A., García, J.D. y Terry, E. 2020: Nuevos Resultados sobre el cambio

- de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la "Llanura Roja de la Habana". Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas del Ministerio de Educación Superior de Cuba. Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7258-04-9, 159p.
5. Olivera D., Hernández A., Rodríguez M., Lizcano R., Calero, A. y Peña K. 2018: Effects of land-use change on Nitisols properties in a tropical climate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Vol. 71, Núm. 3 (2018).
  6. Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L., Naveda Basurto C.A., Véliz Montano, F.W., Guzmán Cedeño, A.M., Vivar Arrieta, M., Zambrano T.R., Mesías Gallo, F., Ormaza, K., León Aguilar, R.V. y López Alava, G.A. Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Revista Cultivos Tropicales*, 2017, ISSN 0258-5936. Vol. 38 No.1, pp. 50-56.
  7. Vera Macías, L.R., Mesías Gallo, F.W., Cedeño Sacón, A.F., Guzmán Cedeño, A.M., Hernández Jiménez, A. y Zambrano Pazmiño, D.E. 2017: Aportes al conocimiento edafológico para lograr la agricultura sostenible del sistema Carrizal-Chone. 1ra edición. Editorial Humus. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí, Ecuador. ISBN: 974-9942-773-04-3. 188p.
  8. Mesías Gallo, F.M., Hernández Jiménez, A., Vera Macías, L.R. Guzmán Cedeño, A.M., Cedeño Sacón, A.F. 2019: Contenido en las reservas de Carbono Orgánico en las llanuras del Sistema Carrizal-Chone, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales* 2019, Volumen 39, No. 4.
  9. Dobrovolskii, G.V. y Urusevskaya, M.S. 2006: Geografía de Suelos (en ruso). Editorial Nauka (Ciencia). ISBN: 5-211-05220-X; ISBN: 5-02-035763-4, 458p.
  10. Vera L., Hernández A., Mesías F., Guzmán A. y Cedeño F. 2017: Manual para la cartografía de suelos y la descripción de perfiles de suelos adaptado a las características de los suelos de la parte centro norte de Manabí). 1ra edición. Editorial Humus. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta, Manabí, Ecuador. ISBN: 978-9942-773-08-1. 76p.
  11. Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. Undécima Edición. Washington DC. Natural Resources Conservation Service. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 365 p.
  12. IUSS working group WRB, 2014: Base Referencial Mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. ISBN: 978-92-5-108369-7, 181p.
  13. Guerasimova M.I. and Khitrov N.B. 2016: Morphological soil description for classifying and interpreting their genesis. *Byulletin Pochvennogo Instituta imeni -V.V. Dokuchaeva*, Moscow. ISSN: 0156-1694. pp. 8-16.
  14. Rusakov A.V. and Sedov S.N. 2016: Morphological record of pedogenesis and landscape evolution in the upper Volga river basin. *Byulletin Pochvennogo Instituta imeni -V.V. Dokuchaeva*, Moscow. ISSN: 0156-1694. pp. 143-153.
  15. Socarrás Armenteros Y., Hernández Jiménez A., Terry Alfonso A., González Cañizares P.J., Sánchez Iznaga A.L. y Delgado Cabrera O. 2019: Cambios en las propiedades morfológicas de suelos Pardos Sialíticos sometidos a diferentes manejos agrícolas en Cuba. *IDESIA (Chile) Septiembre*, 2019. Volumen 37, N° 3. Páginas 47-53.
  16. Pozzi C., Rodrigue B.J., Zotarelli L., Broddeck, R.M. y Urquiaga, S. 2006: Cambios en las reservas de C en áreas de producción de granos. Evaluación del impacto del manejo de suelo (en portugués). En *Manejo Sistemas Agrícolas*, Bruno Alvés et al., EMBRAPA. ISBN: 85-87578-13-8, pp. 35-58.
  17. Rozanov B.G. 1983: Morfología del Suelo (en ruso). Editorial Universidad Estatal de Moscú, UDK 577.4. 320p.
  18. Varallyay G. 1980: Types of soil processes and changes. In *Global Soil Changes*. IIASA. Laxemburg, Austria, pp.41-62.
  19. Bojórquez Serrano, J.I. y Hernández Jiménez, A. 2017. El Carbono en los Suelos. Curso de Postgrado impartido en la Universidad de Nayarit, México.
  20. Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J.M., Bosch Infante, D. y Castro Speck, N. 2019: Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos. *Cultivos Tropicales*. Vol. 40. No.
  21. Bernal Fundora, A y Hernández Jiménez, A. 2017: Influencia de diferentes sistemas de uso del suelo sobre su estructura. *Cultivos Tropicales*, 2017, vol. 38, no. 4, pp. 50- 5. ISSN impreso: 0258-5936 ISSN digital: 1819-4087.
  22. Hernández-Jiménez, A., Vargas-Blandino, D., Bojórquez-Serrano, J.I., García-Paredes, J.D., Madueño-Molina, A. y Morales-Díaz, M. 2017: Carbon losses and soil property changes in ferralic Nitisols from Cuba under different coverages. *Scientia Agricola* v.74, n.4, p.259-348, 2017.
  23. Melo, V.F.; Orrutéa, A.G.; Motta, A.C.V.; Testoni, S.A. 2017. Land use and changes in soil morphology and physical chemical properties in Southern Amazon. *Rev Bras Cienc Solo*, 41: e0170034
  24. Medina-Méndez J, Volke-Haller VH, González-Ríos J, Galvis-Spínola A, Santiago-Cruz MJ, Cortés-Flores JI. Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en luvisoles del estado de Campeche. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios [Internet]*. 2006 [cited 2017 Mar 13];22(2):175-89. Available from: <http://148.236.18.64/era/index.php/rera/article/view/320>