

IMPACTOS DEL CAMBIO DE USO DE LA TIERRA EN LA MICROCUENCA MEMBRILLO, MANABÍ, ECUADOR

CHANGED IMPACTS OF LAND USE IN THE WATERSHED MEMBRILLO, MANABÍ, ECUADOR

Alberto Hernández Jiménez¹, Leonardo Vera Macías², Carlos Alfredo Naveda Basurto³, Fernando Wilfrido Véliz Mantuano³, Angel Monserrate Guzmán Cedeño², Marco Vivar Arrieta³, Teódulo Roberto Zambrano², Freddy Mesías Gallo² y Katty Ormanza Cedeño²

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, (INCA), MES, Cuba

²Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM), Ecuador

³Oficina Regional de la FAO en Manabí, Ecuador

Contacto: ahj@inca.edu.cu

RESUMEN

El cambio de uso de la tierra, sobre todo el cambio de tierras forestales a tierras cultivadas, es una de las prácticas que mayor impacto ha tenido en la degradación de los suelos en el mundo y que ha provocado, en gran parte, la emisión de CO₂ a la atmósfera. Por esto se hace necesario evaluar los cambios que han tenido las propiedades de los suelos por los diferentes ecosistemas, para de esta forma, tomar las medidas de mejoramiento y conservación de los suelos. En este trabajo, se estudia por primera vez, el cambio de algunas propiedades de los suelos de las partes medias y bajas de la microcuenca Membrillo (provincia de Manabí, Ecuador). Esta microcuenca presenta un relieve alomado, premontañoso, en la cual predominan bosques primarios y secundarios y plantaciones de cacao, pastizales y cultivos como el maíz en su parte baja. Los suelos son Feozems, Cambisoles y Fluvisoles y se presentan los resultados sobre cambios en sus características morfológicas (color, tipo de estructura, espesor de los horizontes A y B), las pérdidas de carbono orgánico y el cambio en la densidad aparente del suelo, provocado por el cambio de uso de la tierra.

Palabras clave: Uso de la tierra, degradación del suelo, propiedades del suelo

ABSTRACT

The change of land use, especially the changes from forest land to cultivated land, it is one of the practices that have had major impact on land degradation in the world and has contributed in large part of CO₂ to the atmosphere. It is necessary to evaluate the changes in properties of soils from different ecosystems, and taking measures to improve soil conservation. In this paper, it was studied for the first time, changes of some properties in soils in the middle and lower watershed areas of Membrillo (province of Manabí, Ecuador). This watershed has a ridged and rocky relief, with primary and secondary forest and cacao plantations, pastures and corn crops predominate in its lower part. Soils are feozem, Cambisol and Fluvisol and the results are presented on changes in their morphological characteristics (color, type of structure, thickness of horizons A and B), the losses of organic carbon and changes in soil density, are apparently caused by the change of land use .

Keywords: Land use, land degradation, soil properties

INTRODUCCIÓN

Está demostrado que con la actividad del hombre en la producción de alimentos, los suelos cambian en sus propiedades. De esta forma, Szabolcs (1990) muestra como con el surgimiento y desarrollo de la agricultura, se ha ido incrementando el cambio de las propiedades del suelo, tal es el caso del desarrollo del riego que ha incidido en la salinización secundaria del suelo a nivel mundial.

Estos cambios, muchas veces silenciosos, conllevan a que el suelo se degrade y pierda capacidad de producir alimentos (agroproduktividad), siendo más acentuado en las regiones onduladas y alomadas por el surgimiento del proceso de la erosión.

Con el surgimiento de la Revolución Verde en la agricultura, después de la Segunda Guerra Mundial, se incrementaron estos procesos de degradación de los suelos, lo cual fue discutido por Oldeman *et al.* (1990), que demuestra que en el mundo, los suelos han tenido una degradación de 17% en el período de 1945-1990, contra solamente un 6% en el período de 1900-1945. A partir de aquí surgen los conceptos de agricultura sostenible, agricultura orgánica, etc.

Estos cambios de las propiedades de los suelos vienen siendo estudiados con más detalle a partir de este momento, e incluso hoy día se incorpora como un elemento de clasificación de suelos, tanto en clasificaciones mundiales como nacionales.

Dudal (2005) propone la siguiente clasificación de los cambios antropogénicos del suelo ordenados por el grado de transformación:

- Transformación de la capa superficial del suelo;
- Cambio de algunos horizontes del suelo;
- Cambio del nivel taxonómico del suelo;
- Perturbación profunda del perfil;
- Formación del material parental antropogénico;
- Cambio total del paisaje.

Hernández *et al.*, (2011) plantea que la influencia agrícola en el cambio de las propiedades de los suelos debe ser considerado, hoy en día, como una de las causas principales de las transformaciones que ocurren en los suelos. Actualmente, los suelos transformados por el hombre se reconocen como taxones parti-

culares casi en todas las clasificaciones edáficas (Krasilnikov *et al.*, 2009). Para los suelos agrícolas, la clasificación se complica porque hay que considerar los indicadores de las propiedades que el suelo adquiere por formación agrogénica, y después su intensidad, ya que puede haber estadios intermedios. Estas ideas se aplican en sus versiones más elaboradas, en primer lugar la más completa, la clasificación de suelos de Rusia (Shishov *et al.*, 2002; Lebedeva, 2005) y también el WRB (IUSS Working Group WRB, 2008) y la de suelos de China (Gong Zitong *et al.*, 1999; CRG-CST, 2001).

No obstante, para los suelos agrícolas, la clasificación se complica porque hay que considerar los indicadores de las propiedades que el suelo adquiere por formación agrogénica, y después su intensidad, ya que puede haber estadios intermedios. Siguiendo esta línea de trabajo, Hernández *et al.*, (2010) plantea que estos cambios son más acentuados en las regiones tropicales, siendo la estructura del suelo una de las propiedades que más rápido cambian, muestran al mismo tiempo los cambios por la influencia del cultivo para suelos de tres ecosistemas tropicales, dos de México (en estados de Veracruz y Nayarit) y uno en Cuba (provincias de Artemisa y Mayabeque). Recientemente, Hernández *et al.*, (2013) presenta los indicadores de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados éutricos de Cuba (Nitisol ferrálico lítico éutrico), transformados por la influencia del cultivo continuado durante muchos años.

Estas ideas se aplican en las versiones más elaboradas de clasificación de suelos a nivel mundial, en primer lugar la más completa, la clasificación de suelos de Rusia (Shishov *et al.*, 2002; Lebedeva, 2005) y también el WRB (IUSS Working Group WRB, 2008) y la de suelos de China (Gong Zitong *et al.*, 1999; CRG-CST, 2001).

En un trabajo anterior (Hernández *et al.*, 2012) se presentaron por primera vez las características de los suelos (Feozem, Cambisol y Fluvisol) de las regiones medias y bajas de la microcuenca Membrillo, provincia de Manabí, Ecuador. El propósito del presente trabajo es mostrar cómo han cambiado algunas de las propiedades de los principales suelos por la acción del hombre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron diferentes sitios en la parroquia Membrillo, bajo diferentes formas de uso. De estos sitios se estudiaron 10 perfiles de suelos, con algunos muestreos de la capa de 0-20 cm en los alrededores de los perfiles.

La relación de perfiles estudiados y su uso es el siguiente:

- Suelos bajo bosques (primario y secundario): 2 perfiles (F-5 y F-8)
- Suelos bajo cacao: 4 perfiles (F-2, de 100 años; F-3, de 30 años; F-10 de 3 años y F-6 de un año).
- Suelos bajo pastizales: 2 perfiles (F-7, pasto saboya de más de 20 años; F-4, potrero natural actualmente, con sobrepastoreo).
- Suelos bajo cultivo de maíz: 2 perfiles (maíz de 45 días con mejoramiento y riego y maíz con 30 días).

La descripción de los perfiles se realizó por la Metodología para la Cartografía de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1995), que coincide en muchos aspectos con la Guía para la descripción de perfiles de la FAO (FAO, 2009). La clasificación de suelos utilizada para cada perfil es el World Reference Base (IUSS, workin group, WRB, 2008), y se aplica también la Taxonomía norteamericana de los suelos (Soil Survey Staff, 2010). En estas descripciones de los suelos, para determinar el color del suelo se empleó el Cuadro Munsell (2010).

Los análisis de suelos se hicieron en dos laboratorios de Suelos y Química Ambiental de la ESPAM MFL. Los análisis que se realizaron son los siguientes:

- Humedad por medio de la estufa, a 105°, hasta peso constante.
- Densidad de volumen por el método de los cilindros (de 100 cc) en el campo.
- Materia orgánica por el método de Walkley & Black.

El contenido del carbono se calcula dividiendo el contenido en materia orgánica entre 1.724 y sus reservas, multiplicando el porcentaje de carbono por la densidad de volumen y el espesor del horizonte. En este caso se determina para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm para que los valores sean comparables.

Las normas teóricas de riego se reali-

zan por medio empírico, deduciendo el Límite Superior de la Humedad Productiva (LSHP, antes vinculada con la Capacidad de Campo) por la humedad actual y el tipo de suelo, estableciendo como Límite Inferior de la Humedad Productiva un 75% del LSHP. Las normas se establecen para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por las condiciones naturales de formación de suelos, en la región bajo bosques primarios, es de suelos con fuerte acumulación de materia orgánica (humificación), que daría lugar a la formación de suelos Feozems (según la clasificación de suelos del World Reference Base, WRB) o de Molisoles (según la clasificación de la Taxonomía norteamericana de suelos) y en las partes formadas de sedimentos de Fluvisoles o Fluvents. Sin embargo, debido a la actividad antropogénica, parte de los suelos Feozems se han degradado y han dado lugar a Cambisoles, según la WRB de Inceptisoles por la Taxonomía norteamericana de suelos. Lo cual significa que hay tres tipos de suelos en los perfiles estudiados: Feozems, Cambisoles y Fluvisoles.

Estos perfiles se clasifican en la forma siguiente:

- Perfil F-1: Fluvisol mólico, vértico (éutrico, endoarcílico); Mollic Udifluent por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-2: Feozem lúvico, por la WRB; Typic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-3: Feozem lúvico (endoarcílico), por la WRB; Typic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-4: Cambisol háplico (éutrico, esquelético), por la WRB; Typic Haplanthrept
- Perfil F-5: Feozem vértico, lúvico (endoarcílico), por la WRB; Vertic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-6: Cambisol háplico (éutrico), por la WRB; Typic Haplanthrept

- Perfil F-7: Feozem gléyico, lúvico (ántrico, endoarcillico), por la WRB; Aquic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-8: Feozem háplico, por la WRB; Typic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-9: Fluvisol mólico (ántrico, éútrico esquelético), por WRB; Typic Udi-fluvent por la Taxonomía norteamericana
- Perfil F-10: Feozem lúvico (ántrico, endoarcillico), por la WRB; Typic Hapludoll, por la Taxonomía norteamericana.

Independientemente del tipo de suelo, hay modificaciones en sus propiedades por el cambio de uso del suelo. Estos cambios se manifiestan principalmente en aquellas propiedades que cambian en un tiempo, relativamente corto, como son sus características morfológicas (espesor del suelo, color, estructura), y en otras propiedades físicas y químicas (en la densidad aparente o densidad de volumen, en el pH y contenido en materia orgánica y las reservas de carbono del suelo. A continua-

ción se presentan resultados de estos cambios

Cambios en algunas características morfológicas del suelo

El cambio de las propiedades morfológicas de los suelos por el cultivo, está planteado en varias publicaciones. Según Dudal (2005) y Hernández *et al.*, (2013) resulta de los primeros cambios apreciables que ocurren en las propiedades del suelo por el cultivo intensivo; siendo más marcado en los relieves inestables (ondulado, alomado, montañoso), debido al proceso erosivo. Teniendo en cuenta lo anterior, el primer cambio que se aprecia en el presente estudio, es sobre las características morfológicas de los suelos, en este caso, el color, la estructura y el espesor de los horizontes A+B.

En el cuadro 1 se muestran algunas de las características morfológicas del suelo, en los diferentes perfiles de suelos agrupados por el uso actual.

Cuadro 1. Algunas características de los perfiles estudiados por el uso actual

Cultivo	Grupo de suelo	No. Perfil	Espesor Horiz. A en cm.	Color	Estructura
Bosque primario Bosque secundario	Feozems	F-5 F-8	70+ 94=84	Negro, pardo grisáceo muy oscuro, pardo muy oscuro	Granular y bloques subangulares que se desmenuzan en granular
Cacao de muchos años	Feozems	F-2 F-3	30+48= 39	Pardo muy oscuro, negro	Granular, bloques subangulares que pasan a granular
Cacao de pocos años	Feozem Cambisol	F-10 F-6	45+11= 28	Pardo muy oscuro	Bloques subangulares y bloques angulares
Pastizales con sobrepastoreo	Cambisol Feozem	F-4 F-7	5+45= 25	Pardo muy oscuro a pardo oscuro	Bloques angulares y bloques subangulares
Maíz	Fluvisoles	F-1 F-9	25+37= 31	Gris muy oscuro, pardo muy oscuro	Granular, poliédrica, bloques subangulares

El horizonte superior húmico acumulativo de cualquier suelo representa la parte más importante del perfil, ya que el gran porcentaje de las raíces de las plantas se desarrollan en esta parte y además, es el más rico por la biodiversidad que puede presentar. En los resultados que se muestran se puede observar que en suelos Feozems, bajo bloques el espesor del horizonte A , puede al-

canzar alrededor de 80 cm, que expresa por si solo la calidad de estos suelos, que si en algún momento se ponen bajo cultivo o pastizales, debe buscarse por todos los medios de mantener ese espesor al menos en 50 cm.

Para el caso de suelos Feozems bajo plantación de cacao de muchos años se aprecia que el espesor del horizonte A es menor, oscilando alrededor de los 40 cm.

Esto es debido a que estos suelos seguramente se utilizaron un tiempo en cultivos, disminuyendo este espesor y después se dedicaron al cacao. Esto muestra cómo el cultivo del cacao en el tiempo, logra estabilizar el suelo por el aporte de la hojarasca, como función antierosiva.

Para los suelos bajo cacao de muchos años (perfiles F-10 y F-6), se encontró que el espesor del horizonte A estaba reducido a 28 cm como promedio. Esto es debido a que estos suelos, en años anteriores, estuvieron cultivados con manifestación de procesos erosivos, mas fuerte en el perfil F-6 que llevó a transformarlo en Cambisol. En este caso, es muy apropiado su empleo bajo cacao, ya que en el tiempo puede lograr restablecer la profundidad del horizonte A, incluso a transformar el Cambisol en Feozem nuevamente.

En los suelos bajo pastizales, los dos perfiles mostraron degradación, el F-4 por erosión muy fuerte y el F-7 por sobrepastoreo. En ambos casos el espesor del suelo, como promedio, no sobrepasa los 25 cm. En estos suelos hay que lograr establecer medidas de conservación de suelos y sobre todo, evitar el sobrepastoreo específicamente, en el caso del perfil F-7 bajo pasto de saboya de 20 años.

En el caso de los suelos de las partes bajas Fluvisoles (perfiles F-1 y F-9), el cultivo continuado en ellos mantiene un promedio de 30 cm del horizonte A, que debe mantenerse sobre todo con las prácticas actuales de agricultura orgánica que comienzan a introducirse en la región.

Cambios en las reservas de carbono del suelo

Es una propiedad a la cual se viene prestando muchísima atención actualmente; ya que por una parte, un buen contenido en materia orgánica del suelo y por tanto en sus reservas de carbono, implica que el suelo tiene buena estructura, buen contenido en nutrientes y valores de densidad, porosidad y almacén de agua, muy adecuados para los cultivos; y por otra parte, tiene una importancia de actualidad en los problemas de captura y secuestro de carbono con relación al calentamiento global

de la atmósfera. En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en este estudio.

Cuadro 2. Contenido en las reservas de carbono de los suelos

Cultivo	No. Perfil	Reservas de C en Mg ha ⁻¹		
		0-20 (cm)	0-50 (cm)	0-100 (cm)
Bosque primario	F-5	56	128	247
Bosque secundario	F-8	68	134	231
Cacao de muchos años	F-2 (100)	56	108	nd
	F-3 (30)	60	122	197
Cacao de pocos años	F-10 (3)	55	117	nd
	F-6 (1)	41	92	nd
Pastizales con sobrepastoreo	F-4	37	nd	nd
	F-7	49	103	nd
Maíz (14 meses en unicultivo)	F-1	43	90	113
	F-9	42	nd	nd
Maíz (12 meses en unicultivo)				

nd: No determinado

Por estos resultados se constata de nuevo que los mejores contenidos en reservas de carbono se encuentran en los suelos bajo bosques, le siguen los de cacao de muchos años, de pocos años y los contenidos más bajos en los de pastizales con sobrepastoreo y bajo cultivos.

Estos resultados están dentro de los límites de pérdidas de carbono en los ecosistemas naturales planteados por Lal *et al.*, (2007), quienes aseguran que los suelos agrícolas han perdido entre el 30% y 75% de las reservas de carbono orgánico o 30 a 40 Mg C ha⁻¹. Otras investigaciones sobre las pérdidas de carbono en suelos cultivados contra suelos bajo bosques o pastos han sido obtenidos por Alvaro-Fuentes *et al.*, (2008); Da Costa *et al.*, 2009; Nunes Carvalho *et al.*, (2010); Silva Araujo *et al.*, (2010); Hernández *et al.*, (2013).

Lo anterior nos demuestra que los bosques representan el tipo de cobertura que mejor almacena carbono en el suelo y para esta región el cacao resulta muy adecuado. Sin embargo, los agricultores tienen que abastecerse de alimentos y deben cultivar, por esto es importante el manejo agroecológico de los suelos y no debe perderse de vista en un futuro buscar un tipo de enmienda orgánica que permita incrementar el contenido de carbono del suelo, mejorando al mismo tiempo sus propiedades físicas y químicas, con resultados además que conlleven al mejoramiento ambiental.

Cambios en la densidad de volumen de los suelos

La densidad de volumen, antiguamente denominada densidad aparente del suelo, es una propiedad que cambia rápidamente ya sea por el cultivo, la erosión o el sobrepastoreo y está muy relacionada con el contenido en materia orgánica y el de humedad del suelo. Por esto en suelos con horizonte mólico, con estructura granular - nuciforme y buen contenido en humedad, estos valores, por lo general, están entre 0.9 y 1.05 Mg m⁻³, indicando que el suelo tiene una consistencia friable.

Sin embargo en suelos con altos valores de densidad de volumen, el suelo está compacto, con valores mayores de 1.3 Mg m⁻³ y puede darse el caso que se alcanza valores tales que restrinja el desarrollo de las raíces impidiendo la penetración de los agregados: en este caso se llega a alcanzar la denominada “densidad crítica para los cultivos”, muy relacionada con el contenido en materia orgánica y el de humedad del suelo. Por esto en suelos con horizonte mólico, con estructura granular- nuciforme y buen contenido en humedad, estos valores por lo general están entre 0.9 y 1.05 Mg m⁻³, indicando que el suelo tiene una consistencia friable. Sin embargo, en suelos con altos valores de densidad de volumen, el suelo está compacto valores mayores de 1.3 Mg m⁻³ y puede darse el caso que se alcanza valores tales que restrinja el desarrollo de las raíces, impidiendo la penetración de los agregados: en este caso se llega a alcanzar la denominada “densidad crítica para los cultivos”.

En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos para esta característica en el horizonte A, por cada perfil de suelo.

Cuadro 3. Cambios en la densidad de volumen de los suelos

Cultivo	Grupo de suelos	No. Perfil	Dv(1) Mg m ⁻³
Bosque primario	Feozems	F-5	0.98
Bosque secundario		F-8	
Cacao de muchos años	Feozems	F-2 F-3	1.13
Cacao de pocos años	Feozems - Cambisol	F-10 F-6	1.16
Pastizales con sobrepastoreo	Cambisol Feozem	F-4 F-7	1.21
Maíz	Fluvisoles	F-1 F-9	1.23

(1) Promedio de varias muestras en la densidad de volumen

Por los resultados anteriores se observa que a medida que el suelo es utilizado en forma indebida aumenta los valores de la densidad de volumen. Se constata que los suelos de bosques tienen los valores más bajos, le sigue en ese orden los suelos bajo cacao de muchos años, de pocos años y resultan los valores más altos en los suelos degradados y bajo el cultivo de maíz.

La densidad de volumen en los suelos está estrechamente relacionada con el contenido de materia orgánica, formando parte de la micro y macroestructura del suelo. A medida que el suelo pierde contenido en materia orgánica por el cultivo continuado, ya sea por mineralización o por erosión o ambas cosas a la vez, se pierde la estructura inicial del suelo y aumenta la densidad de volumen del suelo. Este mecanismo está explicado por Hernández *et al.*, (2013) para suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados éutricos (Nitisoles ferralíticos lúxicos ródicos éutricos, según la clasificación del WRB de Cuba). Además, la transformación de la estructura del suelo y el aumento de la densidad de volumen por el cultivo continuado, ha sido reportado por varios autores (Pagliai *et al.*, 2004; Morell y Hernández, 2008; Da Costa *et al.*, 2009; Bergamin *et al.*, 2010; Silva Araujo *et al.*, 2010).

Las Normas teóricas de riego

Se puede apreciar como la Oficina Regional de la FAO - Ecuador está promoviendo el adecuado uso del riego en los cultivos agrícolas de la microcuenca Membrillo, por esto se ha realizado el cálculo estimado, de las normas teóricas de riego de los suelos estudiados (Cuadro 4).

Con la degradación del suelo, ya sea por la erosión, por sobrepastoreo o por el cultivo continuado, se disminuye el almacén de agua de un suelo, lo que trae como consecuencia que se tenga que aplicar más cantidad de agua (en m³ ha⁻¹), para mantener la humedad del suelo en los límites de la humedad productiva en aquellos suelos con los problemas anteriormente mencionados. En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en este acápite.

En Cuba Hernández *et al.*, (2013) reportan que para suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados éutricos (Nitisoles ferralíticos lúxicos éutricos) por el cultivo intensivo durante muchos años se pierde el 30%

de la capacidad del suelo para retener humedad.

Esto está relacionado con la degradación del suelo pro el cultivo, con pérdidas de las reservas de materia orgánica, degradación de la estructura, aumento de la densidad de volumen y disminución de la porosidad total y de aeración del suelo.

Cuadro 4. Normas teóricas de riego para los diferentes perfiles de suelos estudiados

Cultivo	Suelo	Nº Perfil	Normas teóricas de riego (m³ ha⁻¹)		
			0-20	0-50	0-100
Bosque primario	Feozems	F-5	169	463	1067
		F-8	161	483	1042
Bosque secundario					
Cacao de muchos años	Feozems	F-2 (100)	225	607	nd
		F-3 (30)	232	555	1186
Cacao de pocos años	Feozems	F-10	229	610	nd
	Cambisol	F-6 (1)	215	491	nd
Pastizales con sobrepastoreo	Cambisol	F-4	218	nd	nd
	Feozem	F-7	233	524	1094
Maíz (14 meses en unicultivo)	Fluvisoles	F-1	219	635	1233
Maíz (12 meses en unicultivo)		F-9	nd	nd	nd

Como puede apreciarse, en los resultados que se presentan en el cuadro 4, la menor cantidad de agua a aplicar sería en los suelos de bosques, que están bastante conservados, tanto para las profundidades de 0-20, 0-50 y 0-100 cm y las más altas en los suelos que han estado bajo cultivo, que presentan cierto nivel de degradación. En un futuro deben hacerse pruebas hidrofísicas para precisar los valores obtenidos en este trabajo.

CONCLUSIONES

Se estudia el cambio de algunas propiedades de los suelos por el uso de la tierra, constatándose qué prácticas como cultivo en áreas de pendiente y el sobrepasotreo, ha conllevado a la degradación del suelo.

Se observa en general que los suelos, en cuanto a su calidad, se pueden ordenar de la forma siguiente:

Suelos bajo bosques > suelos bajo cacao de muchos años > suelos bajo cacao de pocos años > suelos bajo cultivo > suelos con degradación.

El cultivo del cacao, manteniéndose durante muchos años, resulta beneficioso a las propiedades del suelo, logra establecer un contenido bueno de materia orgánica y por tanto de reservas de carbono y además mejora las propiedades físicas del suelo.

Se comprueba que en las áreas de cultivo se está llevando a cabo una política de aplicación de productos orgánicos y de riego, que resulta necesario para mejorar la calidad de los suelos y por tanto la calidad de vida de los agricultores.

LITERATURA CITADA

- Alvaro-Fuentes, A., J.L. Arrúe and M.W. López. 2008. Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: Temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions. *Geoderma*. Volume 145, issues 3-4, pp. 390-396.
- Bergamin, A.C; A.C. Tadeu Vitorino; J.C. Franchini; C.M. Alves de Souza; F.R. de Souza. 2010. Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 34(3) Viçosa May/June 2010.
- CRG-CST. 2001. *Chinese Soil Taxonomy*. Science Press. Beijing - New York. 203p.
- Da Costa, A; Mafra, Á.L. and Silva, F.R. 2009. Soil physical properties in crop-livestock management systems. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2009. 33(2): 235-244.
- Dudal, R. 2005. The sixth factor of soil formation. *Eurasian Soil Science* 38:60-65.
- FAO. 2009. *Guía para la descripción de suelos*. FAO. Cuarta edición. FAO, Roma. 89.
- Gong, Z; Zhang, G; Luo, G; 1999. Diversity of Anthrosols in China. *Pedosphere* . 9:193-204
- Hernández, A. J; Paneque, J.M; Pérez, E. Fuentes. 1995. *Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos*. Instituto de Suelos, Ministerio de Agricultura de Cuba. 45p.

- Hernández, A., J.I. Bojórquez Serrano, F. Morell Planes, A. Cabrera Rodríguez, Miguel O. Ascanio García, Juan Diego García Paredes, A. Madueño Molina y O. Nájera González. 2010. Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Publicado en formato digital por Universidad Autónoma de Nayarit, México. ISBN: 978-607-7668-27-9. 80 p.
- Hernández, A., J.I. Bojórquez., M.O. Ascanio., J.D. García., M. Morales y Y. Borges 2011. Cambios de la cobertura del suelo por influencia antropogénica: énfasis en las regiones tropicales. En: Pavel Krasilnikov, Francisco J. Jiménez, Teresa Reyna y Norma Eugenia García (eds.) Geografía de Suelos de México. Tomo I. Facultad de Ciencias UNAM, ISBN 978-607-02-2704-2. pp.119-131.
- Hernández, A., L. Vera., C.A. Naveda., F.W. Véliz y otros. 2012. Tipos de suelos y sus características de las partes medias y bajas de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. Revista ESPAMCIENCIA, 3(Noviembre):87-97.
- Hernández Jiménez, A; M. Morales Díaz, A. Cabrera Rodríguez, M.O. Ascanio García, Y. Borges Benítez, D. Vargas Blondino y A. Bernal Fundora. 2013. Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores, de "la llanura roja de la Habana". Cultivos Tropicales, 2013. 34(3):45-51.
- IUSS, Working Group, WRB. 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 103. FAO, 2008. 117p.
- Krasilnikov, P., Ibáñez, J.J., Arnold, R.W., Shoba, S. (Eds.). 2009. A handbook of soil terminology, correlation and classification. Earthscan, London–Sterling, VA, UK.
- Lal, R., R. Follet, B.A. Stewart, and J.M. Kimble. 2007. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. Soil Science.172(12): 943-956.
- Lebedeva, I.I., Tonkonogov, V.D., Gerasimova, M.I. 2005. Anthropogenic pedogenesis and the new classification system of Russian soils. Eurasian Soil Sci. 38: 1026-1031.
- Morell, F. y A. Hernández. 2008. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencia antrópica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. *Agronomía Tropical* 58(4): 335-343.
- Munsell. Munsell Soil – Color Charts with genuine Munsell color chips. Revised Year 2009. Production 2010.
- Nunes Carvalho, J.L; J.C. Avanzi; M.L. Naves Silva C.R. de Mello; C.E. Pellegrino Cerri. 2010. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 34(2). Vicosa, 2010.
- Oldeman, I.R., V.W. Van Egelen and J.R. Pulles (1990): The extent of human induced soil degradation. ISRIC. Wageningen. The Netherlands.
- Pagliai, M., N. Vignozzi and S. Pellegrini. 2010. La estructura del suelo y los efectos de las prácticas de manejo. *Soil & Tillage Research* 79: 131-143.
- Szabolcs, I. 1990. Anthropogenic effects on soils. In *Global Soil Change*. Eds. R.W. Arnold, I. Szabolcs and V.O. Targulian. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxemburg, Austria, 69-86.
- Silva Araújo, F; A.A. Cavalcante Salviano; L.F. Carvalho Leite; Z. Menezes de Souza; A.Ch. Mendes de Sousa. 2010. Physical quality of a yellow latossol under integrated crop-livestock system. *Rev. Bras. Ciênc.* 34(3) Vicosa 2010.
- Shishov, L.L, Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I., Gerasimova, M.I. 2002. Principles, structure and prospects of the new Russian soil classification system. En: Micheli, E., Nachtergaele, F.O., Jones, R.J.A., Montanarella, L. ESNB Research Report (7), Luxembourg, pp. 27-34.
- Soil Survey Staff. 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos. Versión en español. Oncena edición. USDA, 338 p.