

# CAMBIOS GLOBALES DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS (NITISOLES RÓDICOS ÉUTRICOS) DE LA PROVINCIA LA HABANA

A. Hernández✉, F. Morell, M. O. Ascanio, Yenia Borges, Marisol Morales y Ania Yong

**ABSTRACT.** The present concepts of Global Soil Change (GSC) are exposed in this work, and applied to Rhodic Eutric Nitisols, represented in Havana province. Based on the study of 10 soil profiles (FRL), with different land uses (from soils under permanent grove of ficus, soils under fruit groves for 30 years, soils previously cultivated and now with grass, and soils under intensive culture for more than 30 years), changes appearing in the properties of this type of soil were determined, mainly its color, structure, amount of organic matter, dispersal factor, bulk density, total porosity and exchangeable cations. At the same time, one hypothesis is presented about the process that is happening in the last 15-20 years, with pH increase in these soils, in intensive culture areas of Havana province. By this hypothesis, it was determined that pH increase is due to soil functioning, its intensive culture with irrigation application and the climatic change that is happening in Cuba in the last 50 years, due mainly to the increase of 0.6°C in the mean annual temperature and 1.6°C in the daily minimum temperature.

*Key words:* nitisols, soil analysis, soil chemico-physical properties, climatic change, soil pH

**RESUMEN.** En el trabajo se exponen los conceptos actuales de cambios globales en los suelos (CGS) y se aplican a los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL), que se presentan en la provincia La Habana. Sobre la base del estudio de 10 perfiles de los suelos FRL en diferentes formas de uso de la tierra (desde suelos bajo arboleda permanente de ficus, suelos bajo frutales de 30 años o más, suelos cultivados y después con pastos, y suelos bajo cultivos intensivos de 30 años), se determinaron los cambios que ocurren en las propiedades de este tipo de suelo, principalmente por el color, la estructura, el contenido en materia orgánica, el factor de dispersión, la densidad aparente, la porosidad total y los cationes cambiables. Al mismo tiempo, se presenta una hipótesis sobre el proceso que está ocurriendo en los últimos 15-20 años, con el aumento de pH en estos suelos, en áreas de cultivo intensivo en la provincia La Habana. En esta hipótesis se determina que el aumento del pH es debido al funcionamiento del suelo, su cultivo intensivo con aplicación de riego y el cambio climático que viene ocurriendo en los últimos 50 años en Cuba, debido principalmente al aumento de 0.6°C en la temperatura media anual y de 1.6°C de la temperatura mínima diaria.

*Palabras clave:* nitosoles, análisis del suelo, propiedades físico-químicas del suelo, cambio climático, pH del suelo

## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes de los últimos tiempos en la Edafología lo constituye los cambios globales en los suelos (CGS), tanto a nivel internacional (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) como nacional (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Los CGS ocurren por alteraciones en las propiedades de los suelos, ya sea por el cambio climático, la concentración de gases de invernadero y/o la influencia del cambio de uso de la tierra (16).

Dr.C. A. Hernández, Investigador Titular; Ms.C. F. Morell, Investigador y Yenia Borges, Especialista del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas; Ms.C. Ania Yong, Investigadora del Departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700; Dr. M. O. Ascanio, Centro Virtual de Investigaciones Multidisciplinarias (CEVIM), Universidad Veracruzana, México; Ms.C. Marisol Morales, Investigadora Auxiliar del Instituto de Suelos (MINAGRI), antigua carretera de Vento km 8½ (autopista este-oeste), Capdevila, Boyeros, Apartado 8022.

✉ ahj@inca.edu.cu

Cuba es un territorio con suelos sometidos a la antropogénesis tropical, que constituye un ejemplo para las regiones tropicales. Dentro del país, la llanura roja de La Habana es una de las regiones con mayor influencia de la agricultura en las propiedades de los suelos, con más de cuatro siglos de explotación agrícola. Esta problemática fue destacada por Crawley en 1916 (17), cuando expuso que las tierras rojas de La Habana necesitaban de la aplicación de abonos y la implantación de un sistema de rotación de cosechas, debido a su pérdida de fertilidad, por la influencia del cultivo de tabaco, café y caña de azúcar durante muchos años.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como los problemas climáticos que están ocurriendo en Cuba (18), en este trabajo se plantea el objetivo de analizar las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) por el cambio de uso de la tierra, así como elaborar una hipótesis sobre las alteraciones del pH que están sucediendo en los suelos rojos de la provin-

cia Habana, en relación con el funcionamiento de dichos suelos y el cambio climático que está ocurriendo en Cuba. Estos resultados constituyen uno de los primeros aportes a la problemática de los cambios globales en los suelos Ferralíticos de La Habana. Al mismo tiempo, se propone analizar los principios teórico-prácticos de la clasificación genética de los suelos, teniendo en cuenta el grado de transformación de sus propiedades por la influencia antropogénica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se toman para el estudio 10 perfiles de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, en diferentes condiciones de manejo. Los perfiles estudiados en relación con el uso de la tierra se presentan a continuación:

- *Perfil 1.* tomado bajo plantación de mango (*Mangifera indica*) de más de 30 años
- *Perfil 2.* tomado bajo arboleda de ficus (*Ficus* sp.) permanente
- *Perfil 3.* tomado en área de pastos en los últimos cinco años y antes estuvo cultivado
- *Perfil 5.* tomado en área cultivada con flores en los últimos cuatro años
- *Perfil 6.* tomado bajo plantación de cítricos (*Citrus* sp.) de más de 30 años
- *Perfil 7.* tomado bajo plantación de aguacate (*Persea americana*) de más de 30 años
- *Perfil 8.* tomado en área de plantación de guayaba (*Psidium guajaba*) de 20 años
- *Perfiles 4, 9 y 10.* tomados en área de cultivo intensivo.

Estos perfiles fueron caracterizados en la región de San José de las Lajas. Su descripción se realizó por el Manual para la Cartografía Detallada y la Evaluación Integral de los Suelos (19). En relación con la clasificación de suelos, se utiliza la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (20), así como su correlación con el *World Reference Base* (21, 22, 23).

La caracterización de los perfiles se realizó mediante la determinación de sus características morfológicas y las propiedades físicas y químicas mediante los siguientes métodos analíticos: pH por potenciometría, composición mecánica por el método de Bouyoucos modificado, (usando pirofosfato para la eliminación de los microagregados y NaOH como dispersante), composición de microagregados por el método de Bouyoucos, (sin utilizar reactivos químicos), factor de dispersión por la división del porcentaje de arcilla de microagregados entre el porcentaje de arcilla del análisis mecánico multiplicado por 100, densidad aparente mediante el método de los cilindros en campo, densidad real por el método de los picnómetros, porosidad total por cálculo, cationes intercambiables por el método con acetato de amonio ( $\text{AcNH}_4$ ) y materia orgánica por Walkley y Black.

Todos los métodos analíticos expuestos anteriormente fueron realizados según el Manual de laboratorio para el análisis físico de los suelos (24) y por el Manual de

técnicas analíticas para análisis de suelo, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (25).

Además, se tomaron resultados de investigaciones sobre el régimen hídrico de estos suelos (26) y el estudio del comportamiento de las bases por métodos lisimétricos (27). También se presentan los datos del Instituto de Meteorología del CITMA sobre el cambio del clima en Cuba y sus causas (18).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

*Cambio de las características morfológicas de los suelos por el cambio del uso de la tierra.* Por las descripciones de los perfiles se observan semejanzas y diferencias en las características morfológicas de los suelos, que se relacionan con su pedogénesis y utilización.

En primer lugar, se destaca que para los perfiles es común el proceso de formación de ferralitización, dado por el color, la profundidad y el contenido en bases cambiables en el horizonte B, que aunque el pH es ligeramente ácido a neutro, caracteriza perfectamente el horizonte principal ferralítico (20), propio del proceso de ferralitización (28). Además, dentro de la formación de los suelos se diagnostica el proceso de lixiviación hacia el horizonte Bt, caracterizado por la textura, estructura y presencia abundante de sobreescurrecimientos arcillosos o cutanes (10, 12, 13, 15), criterio este complementado por la distribución de la arcilla en el perfil de los suelos, que diagnostica el horizonte normal argílico. Por estos elementos, los perfiles se pueden clasificar como del tipo Ferralítico Rojo Lixiviado, dentro del agrupamiento de suelos Ferralíticos (20), que se puede correlacionar con el suelo Nitisol ródico éutrico (21, 22, 23).

Las diferencias están dadas por el tipo de utilización de la tierra y la distribución de los horizontes así como su estructura y compactación.

El perfil 2 bajo plantación de ficus es  $\text{O-A}_{1h}\text{-A}_{12}\text{-B}_t\text{-C}$ , con un contenido de hojarasca y materia orgánica bruta muy descompuesta de 4-6 cm de espesor y horizonte  $\text{A}_{11}$  y  $\text{A}_{12}$  de color más oscuro y mayor espesor, con una estructura nuciforme-granular muy bien definida en superficie y consistencia friable.

Por su parte, los perfiles 1, 6, 7 y 8 bajo plantaciones de frutales, son perfiles  $\text{A}_{11}\text{-A}_{12}\text{-B}_{11t}\text{-B}_{12t}\text{-B}_2\text{-B}_3\text{-C}$  ó  $\text{A}_{11}\text{-B}_{1t}\text{-B}_{2t}\text{-B}_3\text{-C}$ , con ausencia del horizonte orgánico; el color del horizonte A es oscuro, con una estructura nuciforme-granular bien manifiesta, y de consistencia friable también, aunque no tiene el color oscuro, la estructura y el espesor del horizonte húmico acumulativo del perfil 2, bajo arboleda de ficus.

Los perfiles 3 y 5 son del tipo  $\text{A-B}_{11t}\text{-B}_{12t}\text{-B}_{21t}\text{-B}_{22t}\text{-B}_3\text{-C}$  ó  $\text{A}_1\text{-AB-B}_{1t}\text{-B}_{2t}\text{-B}_3\text{-C}$ , de color más rojo en superficie y más compacto en profundidad.

Finalmente, los perfiles tomados (4, 9, 10), con cerca de 30 años de cultivo intensivo, aunque son de color rojo y el perfil  $\text{A}_p\text{-B}_{1t}\text{-B}_{2t}\text{-B}_3\text{-C}$  ó  $\text{BA-B}_{1t}\text{-B}_{2t}\text{-B}_3\text{-C}$ , presentan en superficie una mezcla de estructura de bloques pris-

máticos con agregados más finos y un piso de arado muy duro en la parte superior del horizonte Bt.

Se puede concluir que hay cuatro variantes de suelos por sus características morfológicas: en la variante del perfil 2, bajo plantación de ficus, el suelo está más conservado, más oscuro y menos compacto, y a medida que aumenta la intensidad de su utilización en la agricultura, se va perdiendo el contenido de materia orgánica por mineralización y rotura del ciclo biológico de las sustancias, volviéndose el suelo de un color más rojo desde la superficie, perdiendo su estructura original nuciforme-granular y la consistencia friable, hasta llegar a tener un suelo degradado (variante 4, con los perfiles 4, 9 y 10), con manifestación de estructura de bloques subangulares y prismáticos en superficie y formación de piso de arado, por lo que deben cambiar también las propiedades físico-mecánicas y de fertilidad del suelo con el uso diferente de la tierra.

*Cambio en el análisis mecánico, de microagregados y del coeficiente de dispersión.* Por los resultados de la Tabla I, se observan los datos del análisis mecánico de siete de los perfiles estudiados, ya que a todos no se les hizo la caracterización completa de suelos. Para ellos, es común la textura arcillosa desde la superficie y el enriquecimiento en arcilla en la parte media-inferior del perfil, lo que diagnostica la presencia de un horizonte normal de diagnóstico, argílico, complementando la descripción morfológica de campo. Además, resulta significativo el contenido tan bajo en partículas arenosas y limosas, lo que indica un grado de intemperismo fuerte, propio de la ferralitización. Por el contenido en arcilla no se puede determinar ningún cambio, debido a la influencia antropogénica, ya que esta es una propiedad que cambia en cientos de años y solamente se puede detectar pérdida de arcilla por erosión en caso de suelos sometidos a este proceso, generalmente en relieve inestable.

**Tabla I. Resultados del análisis mecánico, la microestructura y el coeficiente de dispersión de los suelos**

Profundidad (cm)	Porcentaje del tamaño de las fracciones (mm)				<0.002	<0.002 mm en microagregados	Coeficiente de dispersión
	2.0-0.2	0.2-0.02	0.02-0.01	0.01-0.002			
Perfil 1 (frutales, mango)							
0-8	1.96	14.0	10.0	7.0	67.04	12.68	18.91
8-22	5.96	13.0	12.0	6.0	63.04	5.38	8.53
22-41	0.96	5.0	5.0	5.0	84.04	5.38	6.40
41-64	1.96	3.0	2.0	8.0	85.04	12.38	14.56
64-100	13.96	10.0	2.0	3.0	71.04	5.38	7.57
Perfil 2 (arboleda de ficus)							
6-16	5.96	12.0	7.0	13.0	62.04	8.15	13.14
16-32	5.96	9.0	13.0	8.0	64.04	7.38	11.52
32-47	1.96	10.0	6.0	11.0	71.04	10.38	11.61
47-65	1.96	4.0	2.0	6.0	86.04	10.38	12.06
65-100	2.96	4.0	7.0	10.0	76.04	7.38	9.71
Perfil 3 (cultivo después pastos)							
0-19	0.61	15.0	13.0	7.64	63.75	17.39	26.1
19-44	0.61	19.0	10.0	9.64	60.75	7.39	12.2
44-60	9.61	14.0	5.0	6.64	64.75	8.39	13.0
60-100	1.61	18.0	2.0	3.64	74.75	18.39	24.6
Perfil 4 (cultivo intensivo)							
0-12	4.24	6.0	13.0	10.0	66.76	35.76	53.57
12-22	2.24	5.0	4.0	7.0	81.76	16.76	20.50
22-37	2.24	4.0	9.0	8.0	76.76	14.76	19.23
37-50	2.24	5.0	4.0	7.0	81.76	14.76	18.05
50-62	5.24	5.0	4.0	5.0	80.76	5.76	7.13
Perfil 5 (hortalizas después flores)							
0-12	13.12	14.0	12.0	7.64	53.24	11.96	22.46
12-26	5.12	16.0	10.0	7.64	61.24	15.96	26.06
26-50	3.12	2.0	3.0	1.64	90.24	---	---
50-85	8.12	2.0	3.0	2.64	84.24	---	---
Perfil 8 (frutales, guayaba)							
0-12	19.0	10.0	8.0	4.0	59.0	9.16	15.52
12-28	7.0	11.0	5.0	3.0	74.0	11.16	15.50
28-50	10.0	10.0	7.0	2.0	71.0	9.16	12.90
50-70	10.0	4.0	4.0	5.0	77.0	11.16	14.49
Perfil 10 (cultivo intensivo)							
0-20	10.0	2.0	14.0	4.0	70.0	19.63	28.04
20-53	10.0	2.0	11.0	5.0	72.0	17.16	23.83
53-70	7.0	3.0	2.0	6.0	82.0	9.16	11.17
70-90	10.0	4.0	5.0	5.0	76.0	9.16	12.05

Un dato importante es la comparación del contenido en arcilla del análisis mecánico y microagregados, ya que estos últimos tienden a desintegrarse con la pérdida en el contenido en materia orgánica del suelo y por el uso intensivo en la agricultura. Esta comparación permite el cálculo del coeficiente de dispersión del suelo. Este último valor resulta importante en el diagnóstico de la influencia antropogénica en las propiedades de los suelos, ya que se observan diferentes valores desde un coeficiente de dispersión bajo (menos de 15-20) en los perfiles bajo arboleda de ficus o frutales hasta muy alto (alrededor de 50) en los perfiles bajo cultivo intensivo. Esto corrobora que el contenido de materia orgánica conjuntamente con el hierro forma microagregados estables en la parte superior del perfil, como parte de la formación natural del suelo y que estos tienden a descomponerse por la influencia antropogénica, cuando el suelo es sometido al cultivo intensivo.

Como conclusión, se puede decir que los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados bajo plantación de ficus o frutales, tienen un nivel de microagregación alto, con un coeficiente de dispersión muy bajo a bajo, y a medida que el suelo cambia por el uso, disminuyen el contenido en materia orgánica y la formación de microagregados; por tanto, aumenta el coeficiente de dispersión del suelo.

Este proceso lleva paralelamente a la destrucción de la estructura de la parte superior del perfil del suelo, que es nuciforme-granular bajo arboleda de ficus o frutales y se cambia a subangular, incluso con bloques prismáticos en ocasiones en superficie, debido a un proceso de degradación de la estructura, como bien ha sido descrito anteriormente (29).

Este proceso de degradación de la estructura en el horizonte húmico acumulativo de estos suelos ocurre en la forma siguiente: con el cultivo intensivo se degrada la estructura del suelo, se rompen los microagregados y aumenta el factor de dispersión. La arcilla dispersa rellena los poros del suelo y poco a poco se van formando bloques en forma de prismas de 10-20 cm de tamaño. Conjuntamente con esto se forma un piso de arado en la parte superior del horizonte Bt argílico; en estas condiciones, cuando se prepara el suelo para la siembra, entonces estos bloques con la aradura surgen a la superficie del suelo y se presenta una mezcla de material de agregados finos e incluso polvo, con bloques subangulares y prismáticos que son muy duros y compactos.

*Comportamiento del peso volumétrico, peso específico y la porosidad total.* Los valores que se obtuvieron para la densidad (peso volumétrico) en el campo (Tabla II) estuvieron acorde a la compactación descrita en la morfología de los perfiles. El perfil 2 bajo plantación de ficus, tiene valores de densidad menores de 1 Mg.m<sup>3</sup>, que se mantienen relativamente bajos hasta la profundidad de 47 cm. Para el caso del suelo bajo plantaciones de frutales, la densidad es baja también, aunque aumenta a partir de los 22 cm. Para estos perfiles, la densidad disminuye en profundidad por debajo de 80-100 cm desde la superficie, donde el suelo se hace más friable.

**Tabla II. Valores de la humedad, el peso volumétrico, el peso específico y la porosidad total de los suelos**

Profundidad (cm)	Humedad (%)	D.ap. Mg/m <sup>3</sup>	D.r. Mg/m <sup>3</sup>	Porosidad total (%)
Perfil 1 (frutales.mango)				
0-8	35.2	0.98	2.61	62.5
8-22	39.9	1.00	2.72	63.2
22-41	33.4	1.09	2.76	60.5
41-64	32.8	1.04	2.77	62.5
64-100	32.2	1.03	2.78	62.9
Perfil 2 (arboleda de ficus)				
6-16	37.8	0.90	2.61	65.5
16-32	30.0	1.05	2.76	62.0
32-47	27.6	1.03	2.78	62.9
47-65	24.2	1.05	2.77	62.1
65-100	26.9	1.03	2.74	62.4
Perfil 3 (cultivo después pastos)				
0-19	27.9	1.11	2.71	59.0
19-44	30.6	1.17	2.71	56.8
44-60	32.1	1.10	2.74	59.9
60-100	33.8	1.10	2.77	60.3
Perfil 4 (cultivo intensivo)				
0-12	33.3	0.89	2.80	68.2
12-22	34.5	1.01	2.80	63.9
22-37	33.5	1.17	2.76	57.6
37-50	37.4	1.13	2.78	59.4
50-62	42.8	1.06		
Perfil 5 (hortalizas después flores)				
0-12	32.7	1.11	2.80	60.4
12-26	34.0	1.15	2.80	58.9
26-50	34.3	1.12	2.76	59.4
50-85	34.3	1.15	2.78	58.6
Perfil 8 (frutales.guayaba)				
0-12	28.5	1.08	2.68	59.8
12-28	30.6	1.15	2.72	57.7
28-50	34.5		2.72	
Perfil 6 (frutales.cftricos)				
3-16	33.6	0.95	2.64	64.0
16-52	34.7	1.10	2.67	58.8
52-78	34.9	1.11	2.67	57.4
78-105	35.2	1.12	2.67	58.1
Perfil 9 (cultivo intensivo)				
0-16	26.4	1.10	2.61	58.0
16-50	29.9	1.15	2.66	57.0
50-69	30.2	1.17	2.68	56.0
69-100	33.4	1.14	2.77	58.9
Perfil 10 (cultivo intensivo)				
0-18	27.5	1.10	2.63	58.2
18-50	28.9	1.18	2.66	55.6
50-60	32.5	1.25	2.64	52.6
60-83	33.6	1.13	2.60	56.5
83-100	34.0	1.10	2.70	59.3

Un caso más diferenciado es el de los perfiles 3 y 5, que estuvieron bajo cultivo y después bajo pastos (perfil 3) y con hortalizas, con aplicaciones de cachaza y después flores (perfil 5). En este caso, los valores de densidad (peso volumétrico) que se obtuvieron fueron un poco más altos.

El caso más crítico se tiene en los perfiles estudiados bajo cultivo intensivo, en los cuales la densidad alcanza los valores más altos, llegando hasta 1.25 Mg.m<sup>3</sup> en el horizonte Bt con la formación de un piso de arado. Estos valores alcanzan el umbral de la densidad crítica para estos suelos, que se ha determinado y es de 1.25 Mg.m<sup>3</sup>. Estas diferencias pueden estar dadas por la antropogénesis intensiva en estos suelos, en los cuales no se han hecho labores de subsolación en los últimos 30 años.

El peso específico tiene un comportamiento similar en los perfiles, algo más alto este valor en superficie en el perfil 3. Los valores de la porosidad total, determinados por cálculo a partir de la densidad aparente y la densidad real, son significativos también, según el uso de la tierra, obteniéndose la siguiente secuencia: suelo bajo plantación de ficus>suelo bajo plantación de frutales de muchos años>suelo cultivado y después pastos>suelo bajo cultivo intensivo.

Los resultados obtenidos demuestran que por la utilización de los suelos FRL en la agricultura, se aumenta la compactación y disminuye su fertilidad, siendo los cambios más significativos en los primeros 30-40 cm del espesor superior del perfil del suelo. Resultados semejantes en relación con la compactación del suelo, aparecen en la Tabla III (30, 31).

**Tabla III. Cambios en algunas propiedades en el horizonte A de los suelos Ferralíticos Rojos (Ferralesoles ródicos-éutricos) de La Habana**

Cultivo	Años	Materia orgánica (%)	Densidad (Mg.m <sup>3</sup> )	Estabilidad de los agregados (%)			Evaluación
				Agua	Alcohol	Benceno	
Frutales	40	4.77	1.05	89.2	81.4	16.4	Muy estable
Caña de azúcar	17	3.07	1.12	72.4	36.6	2.2	Estable
Papa y hortalizas							
. La Renée	7	2.60	1.15	70.0	24.5	1.8	Medianamente estable
. ECV "19 de abril"	26	2.27	1.18	60.8	20.0	1.4	Inestable
. ECV "19 de abril"	38	1.40	1.20	40.6	14.0	1.0	Inestable

Finalmente, se debe subrayar que el perfil de suelo 2, bajo arboleda de ficus, representa la formación natural del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado bajo bosques naturales, que hoy en día se clasifica como húmico o humificado y que sirve como patrón para estudiar todos los cambios en tiempo y espacio que ocurren en este tipo de suelos, en condiciones tropicales, desde la etapa de la colonización española. Encontrar un paño de tierra en estas condiciones naturales en la llanura roja Habana-Matanzas, hoy en día es muy difícil; por esto se puede asumir que esta pequeña parcela, en las áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, constituye una reserva natural que aunque pequeña, resulta de gran importancia para el estudio de las transformaciones de las propiedades de este suelo en condiciones tropicales.

*Cambio de las propiedades físico-químicas por el diferente uso de la tierra.* Por los datos de la Tabla IV, se destaca en primer lugar la disminución en el contenido de materia orgánica en los perfiles estudiados, con un máximo en el suelo bajo arboleda de ficus (algo mayor de 9 %), que hoy en día es muy raro encontrar en estos

suelos, siguiendo en ese orden los perfiles con frutales y gramíneas intercaladas y los suelos bajo pastos que estuvieron inicialmente cultivados y, finalmente, los que han estado con cultivo intensivo, en los cuales la materia orgánica tiene un contenido menor de 2 %. Resultados similares son presentados en la Tabla III (31).

Para todos los perfiles el pH es cerca de neutro en superficie y por debajo de 40-50 cm es menor de 6. En cuanto al contenido de bases cambiables se refiere, los horizontes superficiales son más ricos en bases cambiables, siendo mucho más alto en el perfil bajo arboleda de ficus, por el aporte de calcio y magnesio de las hojas en el ciclo biológico de las sustancias. Partiendo de este perfil se encuentra una regularidad en el contenido de bases cambiables, siguiendo en cantidad los perfiles bajo frutales, siendo mucho más bajo en los perfiles de suelos cultivados intensamente.

El contenido tan alto de bases cambiables en el perfil bajo ficus, es debido al ciclo biológico de las sustancias que aporta una cantidad enorme de hojarasca, con la formación de un horizonte orgánico (O) en la parte superior del perfil, lo que lo diferencia de los anteriores. También se puede observar este reciclaje de nutrientes aunque en menor escala en los suelos bajo frutales con gramíneas intercaladas.

*Hipótesis sobre el aumento del pH en los suelos rojos de la provincia La Habana.* En los últimos 10 años se viene registrando un aumento del pH en las áreas de cultivos varios de los suelos Ferralíticos Rojos de la provincia La Habana, lo cual fue planteado por la DPSF en 1994. En el 2002 este problema fue ratificado en un consejo científico del Instituto de Suelos, en el cual se presentó un informe donde se registran estos aumentos de pH en los suelos, principalmente en las áreas bajo explotación agrícola (Tabla V) (32).

Como se puede observar este problema es serio, pues representa una contradicción con el proceso de ferralitización bajo el cual se formaron estos suelos y, además, influye en sus propiedades agroproductivas.

A partir de esta situación, se presenta en este trabajo una hipótesis que explica el aumento del pH en estos suelos, teniendo en cuenta su funcionamiento, la influencia antropogénica y el cambio climático que está ocurriendo en Cuba.

**Tabla IV. Contenido en materia orgánica y del pH (en agua) y cationes cambiabiles de los suelos**

Horizontes	Profundidad (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Materia orgánica (%)	Cationes cambiabiles (cmol.kg <sup>-1</sup> )				Suma
				Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	
Perfil 1 (frutales.mango)								
A11	0-8	6.99	3.55	19.7	2.8	0.5	0.5	23.5
A12	8-22	6.05	3.12	12.6	1.7	0.3	0.1	14.7
B11t	22-41	5.12	1.38	8.8	1.0	0.2	0.1	10.1
B12t	41-64	5.26	0.7	8.0	0.8	0.2	0.1	9.1
B2	64-100	5.34	0.5	7.3	0.7	0.2	0.1	8.3
Perfil 2 (arboleda de ficus)								
A1h	6-16	7.27	9.19	27.0	2.4	0.5	0.9	30.8
A12	16-32	7.16	2.71	13.7	1.0	0.2	0.5	15.4
B11t	32-47	6.41	2.34	12.6	0.9	0.2	0.3	14.0
B12t	47-65	5.54	1.38	11.0	0.8	0.2	0.2	12.2
B2t	65-100	5.70	1.07	10.2	0.8	0.2	0.2	11.4
Perfil 3 (cultivo después pastos)								
A1	0-19	7.34	3.67	16.3	2.1	0.2	0.9	19.5
B11	19-44	6.85	-	13.4	2.8	0.2	0.5	16.9
B12	44-60	6.72	2.00	9.5	1.5	0.2	0.3	11.5
B2t	60-100	5.77	1.12	8.3	1.0	0.2	0.2	9.7
Perfil 4 (cultivo intensivo)								
A1p	0-12	7.50	1.61	15.0	2.0	0,1	0,5	17,6
B11t	12-22	7.40	1.67	15.5	2.5	0,1	0,5	18,6
B12t	22-37	6.90	1.93	15.5	2.5	0,1	0,3	18,4
B21t	37-50	7.00	1.15	15.5	3.0	0,1	0,2	18,8
B22t	50-62	7.00	0.28	10.0	2.5	0,1	0,1	12,7
Perfil 5 (hortalizas después flores)								
A1	0-12	7.60	3.33	17.3	4.4	0,1	0,9	22,7
AB	12-26	7.50	2.35	17.0	3.0	0,1	0,1	20,2
B1t	26-50	7.00	0.54	10.0	4.0	0,1	0,1	14,2
B2t	50-85	7.10	0.60	8.6	5.0	0,1	0,2	13,9
B3	85-100	7.00	0.85	12.1	5.4	0,1	0,2	17,8
Perfil 8 (frutales.guayaba)								
A1	0-12	6.50	3.58	13.8	2.9	0.2	0.9	17.8
B1t	12-28	6.40	2.70	10.0	3.5	0.1	0.3	13.9
B2t	28-50	6.50	0.55	9.7	3.7	0.1	0.2	13.7
B3	50-70	6.60	0.45	9.0	4.2	0.1	0.6	13.9
Perfil 10 (cultivo intensivo)								
BA	0-20	6.90	1.51	8.6	3.8	0.1	1.3	13.8
B1t	42-53	6.90	1.17	8.8	4.1	0.1	0.7	13.7
B2t	53-70	5.50	0.45	7.5	2.2	0.1	0.3	10.1
B3	70-90	5.90	0.50	13.4	3.4	0.1	0.5	17.4

**Tabla V. Incremento del pH en suelos Ferralíticos Rojos de la provincia La Habana (32)**

Empresas	Porcentaje de las áreas según valores de pH			
	1980		1992-1994	
	< 6	> 7	< 6	> 7
M. Soneira	19.9	0.0	3.8	45.6
Artemisa	16.3	0.0	0.0	84.0
Alquízar	28.0	0.0	16.1	46.6
19 de abril	67.0	0.0	10.5	35.0
Guira	25.0	1.0	24.0	14.0

Para analizar el funcionamiento del suelo, se consideran en primer lugar los resultados investigativos sobre el régimen hídrico de estos (Tabla VI) (26) y el lavado y la eluviación inversa de los cationes llevado a cabo en estudios con lisímetros (Tabla VII) (27). Por estos datos, se concluye que el funcionamiento de estos suelos no es exactamente de lavado intenso, como ocurre en los Ferralíticos, sino que el proceso va a la sobresaturación de humedad en los horizontes inferiores, prácticamente sin pérdida de bases en el espesor superior del suelo, ya

que hay compensación entre lo que se lava en época de lluvia y lo que se eleva por capilaridad en época de seca. De esta forma, se demuestra que el funcionamiento de estos suelos es similar a los clasificados como Nitisoles en la clasificación de la FAO (33) y en el *World Reference Base* (23, 34).

**Tabla VI. Resultados del régimen hídrico en los suelos Ferralíticos Rojos**

Profundidad del suelo (cm)	Características del régimen hídrico (humedad)
0-40	Época seca: 70 % de los días entre LIHP y CC Época lluvia: 90 % de los días entre LIHP y CC
40-80	Época lluvia: 100 % de los días entre LIHP y CC Humedad época seca: 80-90 % días entre LIHP y CC
> 80	Todo el año entre LIHP y CC

**Tabla VII. Variación del complejo de cambio y saturación durante 1981-1983, en suelos Ferralíticos Rojos**

Profundidad (cm)	Inicio		Final	
	CCB (cmol/kg)	% saturación	CCB (cmol/kg)	% saturación
0-10	13.4	71.6	12.5	67.4
10-20	12.4	69.5	12.4	70.1
20-40	11.2	72.6	11.8	72.1
40-60	11.0	74.6	11.0	74.8

Por lo que hay que tener en cuenta el suelo como sistema y el ingreso que recibe en bases (calcio y magnesio principalmente) por la agricultura intensiva, sin coberturas o arropes y generalmente con riego, con aguas duras, como son las aguas subterráneas de la provincia La Habana. Por el funcionamiento de estos suelos, se conoce que no tienen una salida inmediata de las aguas, sino que la humedad en época de seca asciende a la superficie con un lavado inverso, retroalimentando el horizonte superficial en cationes como el calcio y magnesio; entonces, si se ha añadido mayor cantidad de agua con cationes, esto conlleva al aumento del contenido normal de estos elementos en la parte superior media del perfil y el consiguiente aumento del pH.

Esta problemática viene agudizándose en los últimos 15-20 años por los resultados del cambio climático que está ocurriendo en Cuba (Tabla VIII), principalmente por el aumento de la temperatura media anual y la mínima anual (18).

Se puede suponer entonces que en las áreas bajo producción agrícola intensiva, el pH está ascendiendo sistemáticamente, debido al funcionamiento del suelo, el cultivo intensivo y al cambio climático que está ocurriendo en Cuba en los últimos 50-60 años.

**Tabla VIII. Resultados del cambio climático en Cuba**

- •Hay evidencias de que el clima ha cambiado en los últimos 50 años
- •Aumento de la temperatura media en 0.6°C
- •Aumento de la temperatura mínima diaria en 1.6°C
- •Retraso en comenzar la época de lluvia en mayo de 20-25 días
- •Años de sequía extrema, con menos de 200-300 mm anuales en los últimos cinco años
- •Manifestación de 10-15 días de sequía consecutivos en la época de lluvia, sobre todo en agosto
- •Ocurrencia de eventos lluviosos de 3-4 días en la época de sequía, sobre todo en los meses de noviembre o diciembre

*La clasificación de suelos y los CGS en el ejemplo de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados.* Como se muestra en los resultados presentados, hay una buena diferencia en las propiedades de los suelos del tipo genético Ferralítico Rojo Lixiviado, según el uso a que han estado sometidos, combinado con el cambio climático hoy en día. Es por ello que los perfiles que están bajo cultivo intensivo de hace 30 años, prácticamente sin medidas de mejoramiento, excepto la aplicación de fertilizantes químicos y el riego, están afectados por el proceso de degradación; en este caso por la pérdida de su fertilidad y el surgimiento de la compactación del suelo hasta la creación de un piso de arado.

En general, las acciones antrópicas en los trópicos están dadas por el uso indebido del suelo con actividades como: deforestación, quema, aradura y laboreo en regiones con pendientes pronunciadas, y también la llamada agricultura intensiva con mecanización, altos insumos de agroquímicos, aplicación de riego sin tener en cuenta las condiciones edafológicas y de mejoramiento, etc. En trabajos anteriores (35, 36), se plantean y definen los diferentes procesos de degradación de suelos en los trópicos, entre los cuales se proponen: sabanización, erosión, salinización secundaria, empantanamiento, contaminación, compactación, destrucción agrotécnica y pérdida de fertilidad.

Desde el comienzo de la década de los años noventa se comenzó a tomar conciencia de la degradación del suelo inducida por el hombre, sobre todo por los resultados del proyecto GLASOD (37), donde se evidenció que la degradación del suelo en el período 1945-1990 había aumentado a nivel mundial en un 17 % y para Centroamérica y el Caribe, incluido México, el mayor valor fue de 24.8 %. Este problema fue planteado en la Cumbre de la Tierra, en 1992, en la Convención de Kyoto en 1997 y recientemente en Johannesburgo en el 2002.

En estos momentos, inclusive se trabaja intensamente en la clasificación de los suelos Antrópicos o Antrosoles, temática de actualidad que se encuentra en desarrollo. Así, se tiene que en la Escuela Ruso Soviética de Clasificación de Suelos se han introducido los principios de la "formación agrogénica de los suelos" (6), en la Nueva Versión de Clasificación de Suelos de Rusia, con la separación de tipos genéticos como Erosoles y Agrosoles (38). Igualmente, la Escuela Norteamericana de Clasificación de Suelos tiene en cuenta en la *Soil Taxonomy* el horizonte antrópico (39), e inclusive se trabaja duramente en esta línea en estos momentos, con el grupo de trabajo del ICOMANTH (40) y se pretende en un futuro abrir un

nuevo orden de Antrosoles o que se incluya el horizonte anthric para clasificar a nivel de suborden (41). Estos mismos principios se aplican también en la Clasificación de Suelos de China, pues gracias a los trabajos de más de 20 años del profesor Gong Zi Tong, se incluye el factor antrópico en la nueva versión de clasificación de suelos de este país (42).

Los resultados obtenidos hasta el momento, dan la posibilidad de pensar en enriquecer la llamada fórmula neodockuchaviana, establecida desde finales de la década de los años cincuenta bajo el siguiente principio:

Factores de formación de suelos, da lugar → Procesos de formación de suelos, que conlleva a → Formación natural de tipos de suelos.

Los aportes recientes de los estudios de la influencia antrópica en la formación de los suelos, permiten establecer que esta fórmula neodockuchaviana debe enriquecerse de la forma que aparece en la Figura 1.

Es decir, que se puede considerar que es necesario tener en cuenta la influencia antropogénica en la reformulación de la fórmula neodokuchaviana, ya que según el grado de alteración que han tenido los suelos por la antropogénesis, se pueden tener para cada tipo genético, tres variantes por esta vía: suelos normales o poco transformados, suelos parcialmente transformados y suelos muy transformados o degradados, cuando la influencia antropogénica conlleva a procesos de degradación intensa.

Esta consideración tiene una repercusión muy profunda en la clasificación de suelos, ya que se puede tener en cuenta que los poco transformados serían el subtipo típico, los parcialmente transformados pueden ser el subtipo agrogénico o agrícola y los degradados podrían ser considerados *Erosoles*, si la degradación es por erosión o *Agrosoles*, si es por cultivo intensivo.

Es bueno recordar que esta problemática, aunque en forma parcial, ya se abordó en Cuba desde los inicios de la elaboración y preparación de la Clasificación Genética de los Suelos Cubanos, cuando en su primera versión se planteó el subtipo erosionado para los suelos Amarillos Tropicales de Isla de Pinos (hoy en día Isla de la Juventud) (43, 44, 45, 46).

En estos momentos, en la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, se tiene el grupo

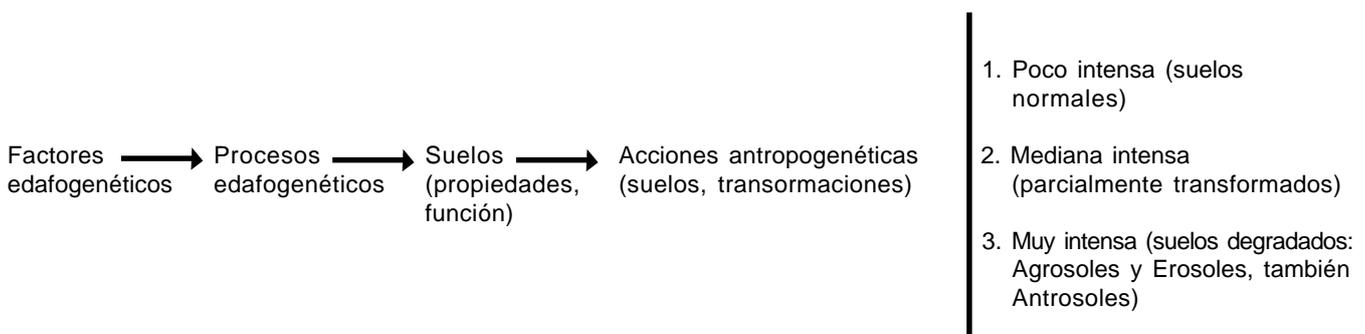
Antrosoles con tres tipos genéticos: **Hidromórfico Antrópico**, cuando son suelos degradados por la hidromorfía provocada por el hombre; **Salino Antrópico**, cuando son suelos degradados por la salinización secundaria y **Recultivado Antrópico**, cuando son suelos hechos por la acción del hombre, con rellenos de tierra, aplicaciones de capas de turba, etc. No obstante, con los resultados que se presentan en este trabajo, se puede suponer que este capítulo recién se inicia en Cuba.

Hay que recordar que Cuba es un territorio de fuerte influencia antropogénica en medio tropical y, en este sentido, se puede aportar muchísimo a esta problemática de la clasificación de suelos Antropogénicos o Antrosoles hoy en día, tanto a nivel nacional como internacional.

Es por ello que, se puede proponer que a los tipos de suelos anteriores se podrían agregar *Erosoles* y *Agrosoles*, si se buscan parámetros de degradación por la erosión o influencia de agricultura intensiva, respectivamente. El problema está en buscar los índices de diagnóstico de los horizontes, que caractericen a los procesos de degradación por la influencia antropogénica o a los suelos hechos por el hombre. En la Última Versión de Clasificación de Suelos de Cuba (20), se abrió esta problemática y es necesario su aplicación completa tanto en la docencia como en el servicio de suelos, para continuar profundizándola por su significación internacional actualmente.

*Los problemas de la investigación sobre el uso y manejo de los suelos y los CGS.* En Cuba, en las investigaciones en la rama agrícola se realizan estudios diferentes, ya sea en fitotecnia, aplicación de biofertilizantes, prueba de variedades, etc y en la mayoría de los casos se pone el nombre del suelo solamente, por ejemplo: "la investigación se llevó a cabo en suelo Ferralítico Rojo" otras veces en suelo Pardo o en Vertisol; y en algunos casos se ponen pocos datos analíticos de la profundidad de la capa de 0-20 cm del suelo en investigación.

Sin embargo, los resultados que se presentan demuestran que con los cambios globales en los suelos, principalmente por el diferente uso de la tierra, cambian las propiedades del suelo y, por tanto, en dependencia del estado de dichas propiedades, será la respuesta del suelo a un cultivo determinado que está bajo investigación, con tal o cuál medida que se aplica.



**Figura 1. Concepción nueva de la fórmula neodokuchaviana, incluidos los factores antrópicos en la formación del suelo**

Hay que tener en cuenta que en los 10 perfiles que se estudian, solamente el perfil 2, bajo arboleda de ficus, es clasificado en la versión actual como Ferralítico Rojo Lixiviado húmico, mientras que los otros, como Ferralítico Rojo Lixiviado típico, ya que en la versión actual de clasificación de suelos de Cuba, aún no se incluyen los parámetros de la influencia de la formación agrogénica en las propiedades del suelo.

Los resultados demuestran que es necesario que en todo caso se haga la descripción del perfil y su caracterización, ya que de esa forma se obtiene el estado actual de las propiedades del suelo y no se remite solamente a un nombre determinado. Esto debe tenerse en cuenta al menos en los proyectos de investigación y las tesis para alcanzar el título académico de Máster o el grado científico de Doctor en Ciencias.

## REFERENCIAS

1. Arnold, R.; Szabolcs, I. y Targulian, V. O. Global Soil Change. International Institute for Applied Systems Analysis. Luxemburg, Austria, 1990, 110 p.
2. Dudal, R.; Nachtergaele, F. O. y Purnell, M. F. The human factor of soil formation. *Newsletter WRB*, 2001, no. 1, p. 8.
3. Füleky, G. Time scaling in soil-environment-men system. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, 2005.
4. Ascanio, M. O. y Hernández, A. Los suelos de los agrosistemas cañeros de Veracruz y Oaxaca: Cambios Globales y Medio Ambiente. México:Editorial Veracruzana, 2005. 235 p.
5. Ascanio, M. O. y Hernández, A. Global change in the benchmark soils of the sugar-cane agroecosystems representative of Veracruz and Oaxaca States, México. En: International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, 2005. 25 p.
6. Tonkonogov, V. y Guerasimova, M. Agrogenic pedogenesis and soil evolution. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, 2005.
7. Kose, A. The time factor in understanding anthropogenic soil changes. International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, 2005.
8. Hernández, A. y Morales M. Cambios Globales en los Suelos : Un nuevo paradigma para la edafología y la agricultura en Cuba. Conferencia impartida en el Instituto de Suelos de Cuba, 2000. 28 p.
9. Hernández, A.; Morales, M. y Ascanio, M. O. Cambio Globales en los Suelos. XX Curso-Diplomado Internacional de Edafología. UNAM, México, 2002. 35 p.
10. Morell, F.; Borges, Y. y Hernández, A. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. En: Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (14:2004 nov. 9-12:La Habana).
11. Hernández, A. Función Ecológica de los Suelos: Caso de estudio en suelos Ferralíticos Rojos y Pardos de provincia Habana, Cuba. En: Conferencia Internacional de Agricultura Orgánica (5:2003:La Habana). 2003, p. 32.
12. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Borges, Y. y Planes, F. Some criteria about Global Soil Change in Cuba. En: International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México, p. 2005.
13. Hernández, A. y Morell, F. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agrosistemas: Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. En: Conferencia Encuentro Nacional de Papa. INCA (6:2005:La Habana), 2005.
14. Borges Y. y Hernández, A. Influencia de la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados en el ecosistema de la llanura roja de La Habana. En: Ecojoven, INCA, La Habana, 2003. p. 12.
15. Borges, Y. Cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por el cambio de uso de la tierra. [Tesis de Diploma]. UNAH, 2004. 87 p.
16. Ingram, J. The effects of Global Change on Soils. *Bulletin of the ISSS*, 1996, vol. 90, no. 2, p. 63-65.
17. Crawley, J. T. Las Tierras de Cuba. Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. La Habana. Editorial Rambla, Bouza 1916, 81 p.
18. Centelles, A.; Llanes, J. y Paz, L. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. República de Cuba. La Habana:Instituto de Meteorología (INSMET). CUBAENERGÍA. 2001. 169 p.
19. Hernández, A.; Paneque, J.; Pérez, J. M. y Fuentes, E. Manual para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. La Habana:Instituto de Suelos. 1995. 52 p.
20. Cuba. MINAGRI. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana:AGRINFOR. 1999, 64 p.
21. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Cabrera, A.; Morales, M.; Medina, M. y Rivero, L. Problemas actuales de clasificación de suelos: Énfasis en Cuba. México:Editorial Veracruzana. 2004. 221 p.
22. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M. y Cabrera, A. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una nueva herramienta para la investigación, docencia y producción agropecuaria. La Habana:Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 2005. 60 p.
23. Deckers, J.; Spaargaren, O. y Nachtergaele, F. Base referencial mundial del recurso suelo (WRB). Informes sobre recursos mundiales de suelos 84. IISC, ISRIC, FAO. 1998. 90 p.
24. Luis, A. J. y Martín, J. Manual de Laboratorio. Métodos para el análisis físico de los suelos. La Habana:Universidad Agraria de La Habana. 2003. 37 p.
25. Paneque, M. Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. La Habana:Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2002. 130 p.
26. Rivero, L. Estudio del régimen hídrico en suelos Ferralíticos Rojos. [Tesis de doctorado]; Instituto de Suelos, 1985.
27. Otero, L.; Ortega, F. y Rivero, L. Lavado de nutrientes en un suelo Ferralítico Rojo con caña de azúcar. *Ciencias Agrícolas*, 1986, vol. 27, p. 145-150.
28. Hernández, A.; Ascanio, M. O. y García, N. E. Los Procesos de Formación de Suelos. XX Curso-Diplomado Internacional de Edafología. UNAM, México. 2002.

29. Alfonso, C. A. y Monedero, M. Uso, manejo y conservación de los suelos. La Habana: ACTAF. 2004. 68 p.
30. Frómata, E. Determinación del efecto del cultivo continuado de la caña de azúcar sobre algunas características de un suelo Ferralítico. Informe de etapa. 1988. 26 p.
31. Alfonso, C. A. Datos sobre el cambio de la estabilidad de los agregados por el cultivo intensivo en suelos Ferralíticos Rojos de provincia Habana. 2002.
32. Cancio, R. Informe sobre el cambio de pH en los suelos de las Empresas de Cultivos Varios en provincia Habana. La Habana: Consejo Científico del Instituto de Suelos. 2002.
33. FAO. Soil Map of the World. Revised Legend, Reprint of World Soil Resources Report 60. ISRIC, Wageningen, 1989, 138 p.
34. Driessen, P.; Deckers, J.; Spaargaren, O. y Nachtergaele, F. Lecture Notes on the Major Soils of the World. World Soil Resources 94. Rome;FAO. 2001. 334 p.
35. Hernández, A.; Ascanio, O. y Morales, M. Procesos de degradación de suelos. En: Fundamentos de Geografía de Suelos. La Habana;INCA. 2005. 267 p.
36. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M.; Bojórquez, I. y García, N. E. Procesos de degradación de los suelos. En Fundamentos sobre la Formación del Suelo, Cambios Globales y su Manejo. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA, Cuba); México: Universidad Autónoma de Nayarit. 2005. 171 p.
37. Oldeman, R.; Van Egelen, V. W. y Pulles, J. R. The extent of human induced soil degradation. Wageningen: ISRIC. 1990.
38. Shishov, L. L.; Tonkonogov, V. D.; Lebedeva, I. I. y Guerasimova, M. I. Diagnóstico y Clasificación de Suelos de Rusia (en ruso). Moscú: Oikumena, 2004, 341 p.
39. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy. USDA, Ninth Edition, 2003, 332 p.
40. ICOMANTH (International Committee of Anthrosols). Anthropogenic Soils. Version 1.0 USDA, Natural Resources Conservation Service, 2002.
41. Galbraith, J. ICOMANTH Activities and Proposed Changes to Soil Taxonomy. Concerning Human-altered Soils. En: Int. Conference "Soil Classification 2004". (2:2004 aug. 3-5: Rusia), 2004.
42. Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy. Chinese Soil Taxonomy. Institute of Soil Science. Beijing-New York: Chinese Academy of Sciences. Science Press. 2001. 203 p.
43. Hernández, A.; Ascanio, O.; Pérez, J. M.; Chao Chi Kuo y Liu Sing Wen. Informe sobre el mapa genético de suelos de Cuba, a escala 1:250 000. Academia de Ciencias de Cuba, *Revista de Agricultura*, 1971, vol. 4, no. 1, p. 1-20.
44. Cuba. Instituto de Suelos. Mapa genético de los suelos de Cuba escala 1:250 000. Instituto de Geodesia y Cartografía, 19 hojas cartográficas a color, 1971.
45. Cuba. Instituto de Suelos. Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, 1973, 315 p.
46. Cuba. Instituto de Suelos. Estudio Edafológico de Isla de Pinos. Academia de Ciencias de Cuba, 1974, 122 p.

Recibido: 8 de septiembre de 2005

Aceptado: 4 de abril de 2006

# Cursos de Verano

Precio: 320 CUC

## *Producción y manejo de biofertilizantes en condiciones del trópico*

*Coordinador: Dr.C. Nicolás Medina Basso*

*Fecha: julio*

*Duración: 40 horas*

### **SOLICITAR INFORMACIÓN**

**Dr.C. Walfredo Torres de la Noval**  
**Dirección de Educación, Servicios Informativos**  
**y Relaciones Públicas**  
**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)**  
**Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,**  
**La Habana, Cuba. CP 32700**  
**Telef: (53) (47) 86-3773**  
**Fax: (53) (47) 86-3867**  
**E.mail: posgrado@inca.edu.cu**