

DEGRADACIÓN DE LAS PROPIEDADES AGROBIOLÓGICAS DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS POR LA INFLUENCIA ANTRÓPICA Y SU RESPUESTA AGROPRODUCTIVA AL MEJORAMIENTO

DEGRADATION OF PROPERTIES AGROBIOLOGICAL OF RED GROUNDS FERRALÍTICOS LEACHED BY THE ANTHROPIC INFLUENCE AND ITS ANSWER AGROPRODUCTIVA TO THE IMPROVEMENT

Fernando Morell Planes** y Alberto Hernández Jiménez*

* Investigadores. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera De Tapaste km 3^{1/2}. San José de las Lajas, Provincia Habana. Cuba. Email: fmorell@inca.edu.cu; ahj@inca.edu.cu.

RESUMEN

En el trabajo se exponen los principales resultados de la caracterización agrobiológica de los suelos, que se aplican a los Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol Ródico Eútrico, NR), presentes en la Provincia Habana. Sobre la base del estudio de 3 perfiles de los suelos NR en diferentes formas de uso de la tierra (desde suelos bajo arboleda permanente de *Ficus* sp., suelos bajo frutales de 30 años o más, hasta suelos bajo cultivos intensivos de más de 30 años), se determinaron los cambios que ocurren en las propiedades de este tipo de suelo, principalmente por el color, estructura, contenido en materia orgánica, factor de dispersión, densidad aparente, así como una caracterización biológica de los mismos, determinando aspectos como microbiota total, conteo de esporas endémicas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), conteo de micelio, peso del endófito, densidad visual, porcentaje de infección y determinación de glomalina. Se demostró la estrecha relación entre el estado de conservación del suelo en cada caso con el estado estructural de los mismos, así como la diversidad biológica presente en los suelos, notándose mayores valores en todos los aspectos evaluados en los suelos más conservados, disminuyendo progresivamente hacia los suelos más degradados producto de la influencia antrópica.

Palabras Clave: Acrisoles; biología de suelos; impacto ambiental; manejo de suelos.

SUMMARY

A physical and biological characterization was carried out on three soil profiles characteristics of Lixivated Red Ferralitic soils (Rhodi Eutric Nitisols) which had been under different tillage and managements practices (permanent ficus groves, fruits plantations older than 30-year-old, and intensived cultivated soils for more than 30 years). In each soil, there were evaluated some physical (color, soil structure, soil organic mater content, dispersion soil factor, and soil bulk density), and biological determinations (total microbiota, number of endemic AMF spores, mycelial number, endophytic weight, visual density, infection percentage, and glomalin content). A close relationship between the soil degradation level with soil structure and edaphic biodiversity was observed; the highest values were recorded on the most preserved soils, but them progressively decreased with decreases in the soil degradation, as a result of an anthropic influence.

Key Words: Acrisols; soil biology; environmental impact; soil management.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado, se viene prestando gran atención al problema de la degradación de los suelos en el mundo y sobre todo en las regiones tropicales debido a que los procesos ocurren en forma más enérgica como resultado del clima, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y el subdesarrollo.

En efecto, la solución de los principales problemas que afectan a los suelos agrícolas de Cuba, debe ser vista con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos (Gerdermann y Nicolson, 1963). Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción, depende, fundamentalmente, del mantenimiento de la productividad de los suelos a través del desarrollo, la restauración y mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, regulada en gran medida por la capacidad de reciclaje de los recursos orgánicos y las actividades de los microorganismos, que deben ser favorecidas por las acciones de manejo que se realicen (Hernández *et al.*, 2005).

Los microorganismos constituyen un factor importante en el proceso de formación de suelo; participan en la transformación de compuestos orgánicos y minerales, e influyen en el contenido y movilidad de los macro y microelementos, así como en su balance y asimilación por las plantas. Teniendo en cuenta el papel multifacético que ellos juegan en el suelo, numerosos investigadores en todas las regiones del mundo, han desarrollado estos estudios, con el fin de conocer la dirección e intensidad de los procesos edáficos regidos por las biocenosis microbianas (Martínez *et al.*, 1982, 1983 a y b).

Son numerosos los trabajos realizados por la mayoría de los investigadores con el objetivo de mejorar, o incrementar los rendimientos de los cultivos incluyendo aportes de diversas fuentes de abonos orgánicos e implementación de diferentes tipos de biofertilizantes, con diversos usos, respectivamente. No obstante, hasta el presente en Cuba, existen muy pocos resultados que diagnostiquen con precisión los índices de la degradación de las propiedades de los suelos, tanto química – física y biológicas, resultado de la acción antrópica, así como la respuestas de estos índices a la aplicación de diferentes enmiendas mejoradoras.

Teniendo en cuenta la problemática expuesta se plantean los siguientes objetivos: Caracterizar algunos índices de

degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, en función de la influencia antropogénica. Contribuir al establecimiento de índices de diagnóstico de la formación agrogénica en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, que sirvan para el perfeccionamiento de la clasificación y cartografía de los suelos de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo se toman como base los resultados obtenidos de la caracterización de los parámetros físicos, químicos y físico – químicos de los suelos en estudio, ubicados en la región de San José de las Lajas, Provincia, Habana, con relación a la influencia antrópica en los mismos.

Se seleccionaron tres perfiles de suelo Nitisol Ródico Éutrico (NR) localizados en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Perfil 1. Tomado bajo plantación de mango, *Mangifera indica*, terreno el cual lleva plantado por más de 30 años.

Perfil 2. Tomado bajo arboleda de ficus (*Ficus* sp.).

Perfil 3. Tomado en área de cultivo intensivo, en la finca experimental “Las Papas”, la cual lleva desempeñándose por más de 30 años como unidad de producción.

La descripción de los perfiles se realizó por el Manual Metodológico para la Cartografía Detallada y la Evaluación Integral de los Suelos de Hernández *et al.* (1995). La clasificación de los suelos se realizó por la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), aplicando al mismo tiempo la clasificación por el World Reference Base (Deckers *et al.*, 1998) y la clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003).

Para determinar el estado actual de los suelos en estudio teniendo en cuenta sus propiedades, se analizaron y caracterizaron los siguientes parámetros:

Caracterización morfológica

Tipos de horizontes genéticos, tipos de horizontes y características de diagnóstico, transición entre los horizontes, color por Tabla Munsell (Munsell Soil Color Charts, 2000), tipo de estructura, consistencia, humedad, porosidad, inclusiones naturales, inclusiones artificiales.

Caracterización física y química

- pH (H₂O) y pH (KCl), textura, microestructura, humedad, factor de dispersión, densidad aparente, densidad real, porosidad total, bases intercambiables, materia orgánica (MO), nitrógeno total.

Los métodos analíticos fueron los siguientes:

- 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 por ciento de arcilla de microagregados entre el por ciento de arcilla del análisis mecánico multiplicado por 100.

Densidad aparente en campo a través de la fórmula siguiente:

$$D = \frac{Ph - 100}{100 + \% W}$$

Donde: D= densidad aparente

Ph = peso del cilindro con la tierra en húmedo

%W= por ciento de humedad

- Densidad real por el método de los picnómetros
- Porosidad total por cálculo a través de la fórmula:

$$Pt = \left(\frac{1 - D}{Pe} \right) \times 100$$

Donde: Pt= porosidad total

D= densidad aparente

Pe= densidad real o peso específico

- Cationes intercambiables por el método con AcNH₄
- MO por Walkley y Black
- Nitrógeno total por el método colorimétrico con reactivo NESSLER

Todos los métodos analíticos expuestos anteriormente fueron realizados según Métodos para Prácticas de Edafología (Kaurichev y Mershin, 1984), el Manual de Laboratorio para el Análisis Físico de los Suelos (Luis y Martín, 2003) y por el Manual de Técnicas Analíticas

para análisis de suelo, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque *et al.*, 2002).

Se determinaron los siguientes indicadores biológicos

1. Conteo de bacterias, hongos y actinomicetos, se realizó por el método de disolución-suspensión de suelo, con siembras superficiales en cápsulas Petri, mediante el empleo de los siguientes medios de cultivo: Rosa bengala (Hongos). Rojo congo (*Azospirillum* sp.), King B. (*Pseudomonas* sp.). YMA (*Rhizobium* sp.), SYP (Levaduras) y CAA (Actinomicetos)
2. Se determinó porcentaje de colonización micorrízica o frecuencia de Colonización (% Col.) mediante la Técnica de Tinción por Phillips y Hayman (1975) y se evaluó por el método de los Interceptos "Grin line Intercept" (Giovanetti y Mosse 1980).
3. Densidad Visual (% DV) y la Masa del Endófito (EA), parámetros que mide la intensidad de la colonización por Herrera *et al.* (1995). Así como se contó el número de esporas en cada suelo después del muestreo utilizando el sistema del tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo por Gerdemann y Nicolson (1963). La glomalina (total y fácilmente extraíble), por Wrigth y Upandhyaya (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos referentes a los resultados de los análisis de las caracterizaciones químicas y físicas aparecen a continuación:

Cambio en el análisis mecánico, de microagregados y del coeficiente de dispersión

En el Cuadro 1 aparecen los resultados del análisis de textura y microagregados, donde un dato importante es la comparación del contenido en arcilla del análisis mecánico y de microagregados, ya que estos últimos tienden a desintegrarse con la pérdida en el contenido en MO del suelo por el uso intensivo en la agricultura. Esta comparación permite el cálculo del coeficiente de dispersión del suelo. Este último valor es importante y 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 suelos bajo cultivo intensivo (Morell *et al.*, 2004; Hernández y Morell, 2006).

CUADRO 1. Análisis mecánico y de microestructura de los perfiles de los suelos (NR) estudiados.

Prof., cm.	%tamaño de las fracciones en mm					Coef. de dispersión	<0,002 mm en microag.
	2,0-0,2	0,2-0,02	0,02-0,01	0,01-0,002	<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)							
0-16	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 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

Esto corrobora que el contenido de MO 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.

Comportamiento del peso volumétrico, peso específico y la porosidad total

Los resultados presentes en el Cuadro 2, el perfil 2 bajo plantación de ficus, tiene valores de densidad menores de 1 Mg/m³ y se mantiene relativamente bajo este valor 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.

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/m³ 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 que es de 1,25 Mg/m³ para el cultivo de la caña de azúcar (Roldós, 1986).

Cambio del contenido de materia orgánica, pH y bases intercambiables por la influencia antrópica

Por los datos del Cuadro 3, se destaca en primer lugar la disminución en el contenido en MO en los perfiles cultivados. Hay un máximo en el suelo bajo arboleda de ficus (algo mayor de 9%, perfil 2), que hoy día es muy raro encontrar en estos suelos, siguiendo en ese orden el perfil de suelo con frutales (perfil 1) y finalmente el suelo que ha estado bajo cultivo intensivo (perfil 3), en el cual la MO tiene un contenido menor de 2%.

CUADRO 2. Determinación de la densidad aparente, densidad real y porosidad total de los perfiles de suelos (NR) en estudio.

Prof. (cm)	Humedad (%)	D. Aparente Mg/m ³	D. Real Mg/m ³	Poros 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)				
0-16	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 intensivo)				
0-12		1,10	2,63	58,2
12-22		1,18	2,66	55,6
22-37		1,25	2,64	52,6
37-50		1,13	2,60	56,5
50-62		1,10	2,70	59,3

Caracterización biológica de los suelos en estudio

Microbiota total

Las poblaciones presentes en este tipo de suelo, se observan en el Cuadro 4, donde se aprecia con mayor incidencia a las Bacterias totales, Pseudomonas y Levaduras, en el orden de 10^6 , siguiéndoles en orden decreciente, los hongos filamentosos (10^3), y *Azospirillum*, *Rhizobium* y Actinomicetos (10^2).

No se pudo apreciar un patrón definido de comportamiento en la distribución microbiana de acuerdo al grado de degradación del suelo, aunque si se puede afirmar que existió una tendencia a la disminución, a medida que el suelo fue cambiando en su grado de deterioro, observándose de forma general los mayores valores poblacionales en los suelos, más conservados desde el punto de vista de su manejo (P2 y P1).

Extracción de esporas de los suelos en estudio

En los Cuadros 5, 6, y 7 se presentan los valores de esporas por tipos de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) encontrados en cada uno de los perfiles de suelo estudiados. En este caso no sólo se aprecia una tendencia a la disminución en las cantidades totales de esporas a medida que el perfil de suelo es más degradado ($P2 > P1 > P3$), sino también se vio afectada la abundancia de especie.

En el perfil con mayor grado de conservación (P2), se observó la presencia de tres tipos de Glomus, Acaulopora y Sclerocystis, esta última ausente en los dos restantes perfiles. Otro aspecto interesante encontrado fue la diferencia en la viabilidad de especies en cada uno de los sitios analizados. En el caso del suelo más conservado, no se aprecian esporas necrosadas, sin embargo, en los otros dos perfiles, éstas constituyen más del 60% de la población de Glomales cuantificada.

Conteo de micelio

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del conteo de micelios totales de HMA en cada uno de los suelos estudiados. Para esta variable se encontraron resultados muy similares a los hallados anteriormente en relación con la cantidad de esporas por tipo de hongos presentes en los suelos, es decir la concentración de micelio externo arbuscular en un mismo tipo de suelo, pero con niveles de degradación diferentes, también sufre variaciones con relación a las condiciones químicas - físicas y biológicas en donde se desarrolla.

Colonización Micorrízica

Al analizar la colonización micorrízica, así como la intensidad de la misma y la masa del endófito arbuscular (Cuadro 9), se pone de manifiesto un comportamiento similar al encontrado para las variables anteriormente evaluadas. En este caso los mayores valores micorrízicos aparecen en los suelos más conservados, a medida que estos se degradan. También disminuyen marcadamente sus contenidos fúngicos en el interior radical.

Este resultado se aprecia con mayor claridad en los contenidos de densidad visual y peso de endófito, variables que expresan no sólo la presencia del simbiote, sino la intensidad de la colonización. Se pudo constatar que en el suelo más conservado aparece una fuerte presencia fúngica y un elevado peso de endófito, el cual va disminuyendo a medida que se va degradando el suelo

por el efecto antropogénico, lo cual es un indicativo de la pérdida de la actividad micorrízica natural de estos suelos.

Extracción de glomalina

Los resultados del análisis de la glomalina, glicoproteína soluble específica de los HMA formadores (Cuadro 10), la cual está estrechamente relacionada, conjuntamente con el micelio fúngico y las raíces de las plantas, y la formación de agregados, con la conjunta mejora de la estructura en los suelos (Olivé *et al.*, 1994; Rillig *et al.*, 2002; Purin *et al.*, 2007; Rocier *et al.*, 2008). Aquí también se refleja una fuerte tendencia a la disminución a medida que los perfiles de suelos analizados estaban menos conservados, resultado que corrobora lo anteriormente expuesto.

En esta variable se pudo constatar elevadas concentraciones en el suelo natural (P2) y una sensible disminución hacia el suelo más degradado (P3), es decir, en condiciones agrícolas de cultivo intensivo, lo cual está muy relacionado, no sólo con las poblaciones de HMA, sino también con la actividad micorrízica encontrada en estas condiciones, que ha sido baja para todas las variables analizadas.

Otros autores quienes plantean que la agregación es un proceso complejo que incluye sustancias cementantes producidas por hongos, plantas y bacterias, las bacterias producen polisacáridos que evitan la desecación de las partículas y con ello amortiguan los ciclos de seca y humedad que disminuyen la agregación del suelo, todo lo cual se encuentra en estrecha relación con el estado de conservación en que se encuentre dicho suelo (Domingo *et al.*, 1994 y Wright *et al.*, 2007).

CUADRO 3. Determinación del contenido en materia orgánica y características físico-química de los perfiles de los suelos (NR) estudiados.

Horiz.	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	Cationes cambiabiles (c mol. kg ⁻¹)					
				Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Suma	
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	0-16	7,27	9,19	27,0	2,4	0,5	0,9	30,8	
AB1	6-32	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 intensivo)									
BA	0-12	6,90	1,51	8,6	3,8	0,1	1,3	13,8	
B1	12-22	6,90	1,17	8,8	4,1	0,1	0,7	13,7	
Bt2	22-37	5,50	0,45	7,5	2,2	0,1	0,3	10,1	
B3	37-50	5,90	0,50	13,4	3,4	0,1	0,5	17,4	

CUADRO 4. Microbiota total endémica presente en los suelos en estudio. P1, medianamente conservado (Arboleda de mango) P2, conservado (Arboleda de ficus), y P3, suelo agrícola (Cultivo intensivo).

Medios	Suelos empleados		
	P1	P2	P3
Microbiota total	3,2*10 ⁶	3,8*10 ⁶	3,6*10 ⁶
Rosa bengala (Hongos)	6,9*10 ³	6,2*10 ³	5,8*10 ³
Rojo Congo (Azospirillum)	4,2*10 ²	3,5*10 ²	3,0*10 ²
K.B. (<i>Pseudomona</i>)	5,2*10 ⁶	2,9*10 ⁶	2,8*10 ⁶
YMA (<i>Rhizobium</i>)	2,1*10 ²	2,9*10 ²	1,5*10 ²
SYP (Levaduras)	2,8*10 ⁶	2,9*10 ⁶	3,1*10 ⁶
CAA (Actinomicetos)	3,9*10 ²	2*10 ²	2,5*10 ²

CUADRO 5. Conteo de esporas del perfil bajo arboleda de mango (P1)

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	113	61	87
Glomus sp4	47	44	45,5
Acaulospora sp 2	1	0	0,5
Gigaspora sp1	0	2	1
Total	161	107	134

R1 y R2: Réplicas utilizadas

CUADRO 6. Conteo de esporas del perfil bajo arboleda de ficus (P2)

Individuo	R1	R2	x
Glomus sp1 (hialino)	8	5	6,5
Sclerocystis sp1	7	15	11
Glomus sp2 (amarillo)	25	20	22,5
Acaulospora sp1	18	40	29
Glomus sp3 (Modicella like)	90	90	90
Total	148	170	159

CUADRO 7. Conteo de esporas del perfil bajo cultivo intensivo (P3).

Individuo	R1	R2	x
Esporas necrosadas	87	53	70
Glomus sp5	26	19	22,5
Acaulospora sp3	24	16	20
Gigaspora sp 2	8	2	5
Total	145	90	117,5

R1 y R2: Réplicas utilizadas

CUADRO 8. Conteo de micelios totales de HMA de los suelos estudiados.

Perfil	media	FC(0,000745)
P1	47,75	0,03557375
P2	45,75	0,03408375
P3	18,5	0,0137825

CUADRO 9. Resultado de la tinción de raíces efectuada a plantas presentes en los suelos en estudio.

Muestras	% Inf.	D. V	P.End.
P1	66	7,3725	18,01839
P1	75	8,255	20,17522
P2	95	19,525	282,4877
P2	98	25,46	368,3552
P3	14	0,965	2,75411
P3	18	0,88	2,51152

% Inf.: Porcentaje de Infección
D.V.: Densidad visual
P. End. : Peso del endófito

CUADRO 10. Extracción de glomalina presente en los suelos en estudio.

Muestras	Glomalina total (mcg ml ⁻¹)	Glomalina fácilmente extraíble (mcg ml ⁻¹)
P2	8 739	6 054
P2	8 492	3 198
P2	8 796	7 597
P2	8 206	7 368
Media	8,55	6 054
P1	7 508	1 999
P1	7 387	1 865
P1	6 226	2 303
P1	7 254	2 284
Media	7,09	2,11
P3	2 265	1 256
P3	2 913	2 475
P3	3 351	3 160

Se puede concluir que a medida que va siendo más intensa la acción antrópica, mayor serán las pérdidas en la estructura de los suelos, hasta un punto que conlleva a la degradación de los mismos, así como la pérdida en sus contenidos en MO, nutrimentos para las plantas y población microbiana en general. Quedando, en cuanto al estado de conservación de los suelos la siguiente secuencia: Suelo bajo arboleda de ficus > Suelo bajo arboleda de frutales > Suelo bajo cultivo intensivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Deckers, J., O. Spaargaren y F. Nachtergaele. 1998. Base referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos 84. IISC, ISRIC, FAO. 90 p.
- Domingo, F., J. Olivé y C. Hooker, 1994. Watson. Efecto de diferentes hongos micorrízicos sobre la agregación y estabilidad del suelo. **In:** I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida. Av. Rovira Roure 177, 25198 Lérida.
- Febles J. 1999. Estrategias agroecológicas para la conservación de suelos. Conferencia del Programa de cursos de Maestría. UNAH. Habana. 143 p.
- Gerdermann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Espores of Mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Tras. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. *New Phytologist*, 84:489-500.
- Hernández, A., M. O. Ascanio, Y. Borges and F. Morell. 2005. Some criteria about Global Soil Change in Cuba. **In:** International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología, UNAM, México.
- Hernández, A., M. O. Ascanio, M. Morales, F. Morell y Y. Borges. 2006. Cambios globales en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol Ródicos, Eutricos) de la llanura roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*. 24(2):41-55.
- Hernández, A., J.M. Pérez, D. Bosch y L. Rivero. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGRINFOR, La Habana, 64 p.
- Herrera, R. A., E. Furrázola, A. R. Valdes, Y. Torres, R. L. Ferrer y F. Fernández 1995. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas VA en un bosque tropical. Biodiversidad en Iberoamérica: Ecosistemas, evolución y procesos sociales (Eds. Maximina Monasterio). Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo. Subprograma XII, diversidad biológica, Mérida.
- Kaurichev, F. y A. P. Mershin. 1984. Prácticas de Edafología. Editorial Mir. Moscú. 2 079 p.
- Luis, A. J. y J. Martín. 2003. Manual de Laboratorio. Métodos para el Análisis Químico y Físico de los Suelos. Universidad Agraria de la Habana. Facultad de Agronomía. Departamento de Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Departamento de Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. San José de las Lajas. 37 p.
- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Alemán. 1982. Características biológicas de los principales suelos de Cuba II. Actividad de la invertasa y la ureasa. *Revista "Ciencias de la Agricultura"* N° 11:67-76.

- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Chan. 1983a. Características biológicas de los principales suelos de Cuba I. Microbiota total. Revista "Ciencias de la Agricultura" N° 9:91-102.
- Martínez, A. C., G. Mauri y I. Chan. 1983b. Características biológicas de los principales suelos de Cuba III. Hongos y actinomicetos. Revista "Ciencias de la Agricultura" N° 15:59-65.
- Morell, F., Y. Borges y A. Hernández. 2004. Influencia del cambio de uso de la tierra en algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. **In:** XIV Congreso Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, 9-12 de Noviembre. 130 p.
- Olivé, J., C. Hooker y R. Watson. 1994. Efecto de diferentes higos micorrízicos sobre la agregación y estabilidad del suelo. **In:** I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- Paneque, V. M. 2002. Manual de técnicas analíticas para el análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 130 p.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1975. Improved procedures for cleaning root and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infections. *Transfer. Britanic: Micology Society* 55:159-211.
- Purin, S. and M. C. Rillig. 2007. The arbuscular mycorrhizal fungal protein glomalin: Limitations, progress, and a new hypothesis for its function. *Pedobiologia* 51:123-130.
- Soil Survey Staff Soil Taxonomy. 2003. USDA, Second Edition, 890 p.
- Rosier, C. L. 2008. Intraradical protein and glomalin as a tool for quantifying arbuscular mycorrhizal root colonization. *Pedobiologia*, doi:10.1016/j.pedobi.2008.02.002.
- Rillig, M. C. and P. D. Steinberg. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification?. *Soil Biology & Biochemistry* 34 2002:1 371–1 374.
- Roldós, J. E. 1986. Algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar en Cuba. Resumen de tesis de doctor. La Habana. INICA. 32 p.
- Wright, S., K. Nichols, L. Jawson, L. McKenna and A. Almendras. 2001. Glomalin-manageable soil glue. *Soil Science Society Of America Special Publication Book*. Disponible en <http://www.nps.usda.gov/publication/htm/07/8/02>
- Wright, F. F. and A. Upandhyaya. 1999. Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza* 8:(28):3-285.
- Wright, S. F., V. S. Green, M. A. Cavigelli. 2007. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. *Soil & Tillage Research* 94:546-549.