

## PROPUESTA DE INDICADORES PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS LIXIVIADOS DE LA PROVINCIA LA HABANA

Marisol Morales Díaz<sup>1</sup>, Alberto Hernández Jiménez<sup>2</sup>, Fernando Morell Planes<sup>2</sup>, Francy Marentes Anaya<sup>2</sup> y Yenia Borges Benítez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT)*

<sup>2</sup>*Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA. MES, Cuba*  
[mmorales@inifat.co.cu](mailto:mmorales@inifat.co.cu)

### RESUMEN

Los suelos Ferralíticos representan el potencial agroproductivo más importante para la producción de alimentos en la provincia La Habana, ocupando una superficie de 195 000 ha. Dentro de este Grupo de suelos, los Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL) representan un 38% del total. Durante un período de 8 años se realizaron investigaciones, con el objetivo de determinar los cambios de las propiedades de este tipo de suelo, producto de un manejo agrícola inadecuado. Se estudiaron 20 perfiles de suelos en diferentes agroecosistemas representativos. Estos perfiles fueron caracterizados mediante los métodos convencionales, se analizaron las principales propiedades físicas y químicas de los suelos. Los resultados permitieron proponer los principales indicadores para diagnosticar el grado de degradación del suelo, en relación con su formación natural y antropogénica. Los principales indicadores propuestos son los síntomas morfológicos, el contenido en materia orgánica, la densidad aparente, el coeficiente de dispersión y la porosidad total. Como conclusión, se separan cinco estadios para este tipo de suelo: 1. Ferralítico Rojo Lixiviado virgen (FRL humificado), 2. Ferralítico Rojo Lixiviado conservado (FRL típico), 3. Ferralítico Rojo Lixiviado poco degradado, 4. Ferralítico Rojo Lixiviado medianamente degradado y 5. Ferralítico Rojo Lixiviado degradado (Agrozión). La propuesta aporta nuevos conocimientos para la clasificación, cartografía y manejo de los suelos estudiados.

**Palabras claves:** Suelos, indicadores, degradación

### ABSTRACT

Grounds Ferralíticos they represent potential more important agroproductivo for the production of foods in the provinces Havana, occupying 195 000ha. Inside this Group of soils, the Ferralíticos Rojos Lixiviados (FRL) represent 38 % of the total. Investigations, for the sake of determining the changes of the suchlike properties of soils, an agricultural inadequate handling's product came true during a period of 8 years. They studied 20 profiles of soils in different representative agroecosistemas. These profiles were characterized by means of the

conventional methods; they examined the principal physical and chemical properties of the soils. The results allowed proposing the principal indicators to diagnose the degree of degradation of the soil, relating to their natural and anthropogenic formation. The principal proposed indicators are the morphologic symptoms, the contents in organic matter, the apparent density, the coefficient of dispersion and the total porosity. Conclusion, five states for this type separate from soil: 1. Virgin Ferralítico Rojo Lixiviado (FRL humificado), 2. Preserved Ferralítico Rojo Lixiviado (typical FRL), 3. Ferralítico Rojo Lixiviado little degraded, 4. Ferralítico Rojo Lixiviado fairly degraded and 5. Degraded Ferralítico Rojo Lixiviado (Agrozi3n). The proposal contributes new knowledge for the classification, cartography and handling of the studied soils.

**Key words:** Grounds, indicators, degradation

## INTRODUCCI3N

La degradaci3n del suelo es el principal factor que atenta contra la sostenibilidad de la utilizaci3n agr3cola de las tierras, lo que conlleva a problemas crecientes con la producci3n de los alimentos para satisfacer las necesidades de la poblaci3n mundial, especialmente en pa3ses en desarrollo (Pla 2001). Muchos de estos fen3menos en la actualidad son debidos a cambios r3pidos en el uso de las tierras y un manejo agr3cola inadecuado.

En Cuba en los suelos Ferral3ticos se ha observado un incremento de este proceso, los cuales han estado durante m3s de un siglo dedicado a la producci3n agr3cola. En la actual clasificaci3n este agrupamiento se divide en tres tipos de suelos que son: Ferral3tico Rojo, Ferral3tico Rojo Lixiviado y Ferral3tico Amarillento Lixiviado (Hern3ndez *et al.*, 1999) y representan el potencial agroproductivo m3s importante para la producci3n de alimentos de provincia Habana. Los Ferral3ticos Rojos Lixiviados (FRL) ocupan un 38% del total y se ha reportado degradaci3n tanto en las propiedades f3sicas, qu3micas como biol3gicas (Morales *et al.*, 2003 y 2008; Moreno *et al.*, 2002; Morales y Hern3ndez, 2006; Morrell *et al.*, 2007 y Orellana *et al.*, 2001, 2007 y 2008).

Por lo que se hace necesario alertar sobre esta problem3tica y conocer sobre los indicadores que m3s influyen para evaluar y controlar los cambios que se producen en las propiedades de estos suelos, lo cual representa un reto actual. Teniendo en cuenta los resultados anteriores y con el objetivo de evaluar la degradaci3n de este tipo de suelo se proponen algunos indicadores que constituye el objetivo del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 20 perfiles de suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, en diferentes agroecosistemas localizados en la provincia Habana y se realizan las siguientes determinaciones:

Análisis	Método
Composición mecánica	Bouyoucos modificado, con empleo de pirofosfato de sodio
Composición de microagregados	Bouyoucos, sin utilizar reactivos químicos
Materia orgánica (MO)	Walkley y Black
pH	Potenciometría
Densidad aparente (Da)	cilindros en el campo
Cationes intercambiables	Shatschabel

Los métodos analíticos expuestos anteriormente se analizaron según el Manual de laboratorio para el análisis físico de los suelos y de técnicas analíticas (Paneque, 2002).

Los resultados fueron evaluados y se determinaron las correlaciones entre los contenidos de materia orgánica y los coeficientes de dispersión así como con la densidad aparente, la evaluación estadística se realizó mediante el paquete estadístico SPSS 11.5 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los últimos años se ha visto que entre los índices más importantes a considerar para evaluar la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados están: morfología del perfil, el coeficiente de dispersión, la densidad aparente, contenido de materia orgánica y la actividad biológica y micorrízica (Borges, 2004; Hernández *et al.*, 2006<sup>b</sup>; Rodríguez *et al.*, 2007; Orellana *et al.*, 2007 y Morales *et al.* 2008). Hasta el momento se ha reportado una relación muy estrecha entre las variaciones de estos indicadores relacionadas con diferentes manejos indebidos y el empeoramiento de las propiedades de estos suelos.

A continuación se muestran los resultados donde se observan contenidos elevados de materia orgánica, baja densidad aparente y coeficiente de dispersión entre 10-15, estos indicadores le confieren al suelo buena estructura, excelentes propiedades y un lecho adecuado para la siembra (Tabla 1).

A medida que se intensifican las labores producto de la actividad antrópica y sin evaluar el proceso que esta ocurriendo trae consigo un cambio en las propiedades que se manifiesta a través de un deterioro del agroecosistema. Sobre la base de los resultados se hacen diferentes propuestas de los principales indicadores para diagnosticar el grado de degradación del suelo, en relación con su formación natural y antropogénica.

**Tabla 1. Algunos indicadores de las propiedades de los suelos estudiados en diferentes ecosistemas**

<b>Ferralítico Rojo Lixiviado virgen (FRL humificado)</b>				
<b>Lugar</b>	<b>Vegetación o uso del suelo</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Densidad aparente (Mg. dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Coefficiente de dispersión</b>
INCA	Arboleda de Picus	9,19	0,90	13,1
<b>Ferralítico Rojo Lixiviado conservado (FRL típico)</b>				
Finca Ganadera	Pastos	5,10	0,98	12,9
FG	Pastos	6,32	0,96	13,3
<b>Ferralítico Rojo Lixiviado poco degradado</b>				
INCA	Arboleda de mango de 35 años	3,55	0,98	18,9
Las Papas	Arboleda de cítricos de 30 años	4,07	0,95	16,8
INCA	Arboleda de guayaba de más de 15 años	3,58	1,08	15,5
Finca Ganadera (FG)	Pastos	3,75	1,05	17,6
Finca Bárcena	Arboleda de leucaena de 15 años	3,49	1,10	17,8
Finca Bárcena	Arboleda del Batey de 25 años	4,17	1,05	16,2
Finca Lagía	Arboleda del Batey	4,95	1,10	16,0
Finca Orney	Arboleda del Batey	4,54	1,04	15,7
INCA	Matorral de muchos años	4,33	0,97	19,1
<b>Ferralítico Rojo Lixiviado medianamente degradado y (Agrozión)</b>				
Finca El Mulato	Cultivo permanente	2,50	1,10	38,8
Finca El Mulato	CP	2,50	1,15	34,2
Finca Bárcena	CP	1,40	1,12	30,8
Finca Bárcena	CP	2,40	1,20	27,2
Finca Bárcena	CP	3,19	1,18	24,2
Finca Lagía	CP	2,88	1,10	22,2
Finca Orney	CP	3,23	1,13	23,4
Finca Ovidio	CP	1,06	1,14	26,8

Mediante estos resultados se confirma una hipótesis sobre el mecanismo de degradación de estos suelos, las variaciones que se producen en los diferentes parámetros analizados con respecto al cambio de uso del suelo y el manejo.

Por otra parte los resultados de la composición mecánica evidencian que son suelos muy arcillosos con diferenciación textural, lixiviados y además por los datos del factor de dispersión

(mayor de 30) que se muestra en la tabla anterior se demostró el carácter de poca estructuración del suelo en la parte superior del perfil (Tabla 2). Los perfiles estudiados en San José de las Lajas (Finca el Mulato) están poco estructurados en superficie, con bloques angulares y subangulares en el horizonte A; mientras que el de Batabanó (Finca Bárcenas) también está poco estructurado en superficie, pero con formación de estructura enlosada.

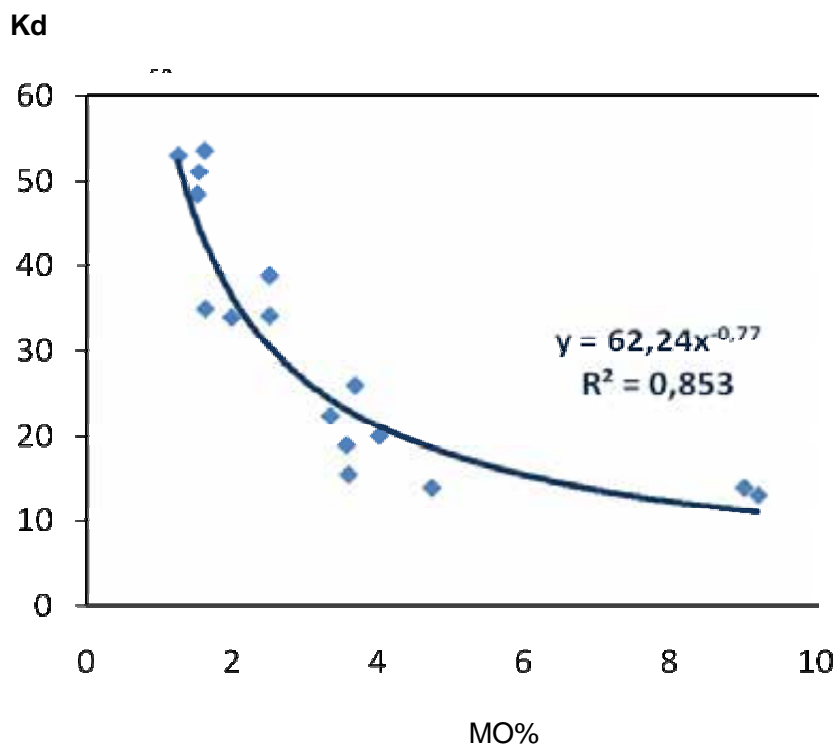
La formación de microagregados y agregados estables en estos suelos cambia con el uso intensivo del suelo, que conlleva a las pérdidas de materia orgánica por oxidación y por tanto a la destrucción de los microagregados del suelo. Según (Agafonov, 1981) en suelos Ferralíticos Rojos con alto factor de dispersión y bajo contenido en materia orgánica, la arcilla dispersa sigue dos caminos; uno es que se mueve lateralmente por la escorrentía o por el agua del riego, coincidiendo con el lavado frontal de la arcilla en estos suelos expuesto anteriormente por (Zonn, 1968) y el otro es que se lava verticalmente provocando la lixiviación del suelo. Ambos coinciden en que los suelos Ferralíticos Rojos de Cuba de una forma u otra están lixiviados.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, no son dos los caminos que sigue la arcilla dispersa, sino tres ya que además de los dos primeros, debe considerarse que esta arcilla que migra hacia la parte superior del horizonte B puede llenar los poros de los agregados de bloques subangulares en este horizonte, llegando a formar bloques de mayor tamaño y muy densos, hasta conformar verdaderos pisos de arado. Por lo que en estos suelos cuando están degradados pueden aparecer agregados de bloques grandes, muchas veces prismáticos, en superficie en lugar de una estructura granular-nuciforme que aparece en suelos Ferralíticos conservados con un buen contenido en materia orgánica.

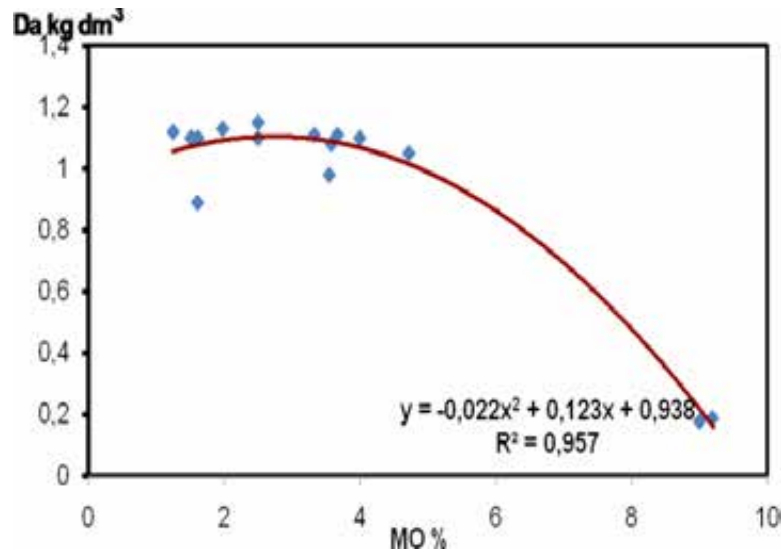
**Tabla 2. Composición mecánica de algunos de los suelos estudiados**

Hor.	Prof., cm.	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo grueso %	Limo fino %	Arcilla %	Arcilla microag. %
A <sub>1p</sub>	0 – 8	22,6	1,0	4,0	2,0	70,4	27,3
BA	8 – 26	27,5	2,5	2,1	1,9	66,0	27,3
B <sub>1t</sub>	26 – 45	8,6	1,0	2,0	2,0	86,4	-
B <sub>2t</sub>	45 – 90	2,1	0,9	3,0	2,0	86,4	-
Ap	0 – 12	15,4	4,1	2,1	6,0	68,4	23,3
B <sub>1t</sub>	12 – 22	13,6	2,0	0,7	3,3	80,4	-
B <sub>2cn</sub>	22 – 47	21,6	2,0	2,0	4,0	70,4	27,3
B <sub>3cn</sub>	47 – 90	17,5	2,1	2,0	2,0	76,4	-
IA	0 – 13	16,0	2,0	6,0	2,0	74,0	30,0
B	13 – 31	14,0	1,0	3,0	2,0	80,0	30,0
C	31 – 37	16,6	1,4	6,0	2,0	74,0	40,0
IIIC <sub>1g</sub>	37 – 54	6,0	1,0	1,0	4,0	88,0	-
C <sub>2g</sub>	54 – 80	4,0	4,0	2,0	2,0	88,0	-
A <sub>11</sub>	0 – 7	2,0	3,0	10,0	7,0	78,0	24,0
A <sub>12</sub>	7 – 22	4,0	4,0	8,0	2,0	80,0	25,0
B <sub>1t</sub>	30 – 55	4,5	2,0	2,5	2,0	89,0	32,0
B <sub>2t</sub>	55 - 80	5,0	2,3	2,7	4,0	86,0	23,0

En las figuras 1 y 2 también se confirma la hipótesis planteada sobre el mecanismo de degradación de las propiedades de este suelo cuando ocurren cambios en su uso, a medida que disminuye el contenido de materia orgánica se incrementa el coeficiente de dispersión y en el caso de la densidad aparente se observa un alto valor de correlación dado por la disminución de la materia orgánica y el aumento de la densidad aparente.



**Fig 1. Relación del coeficiente de dispersión con el contenido de Materia Orgánica en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados.**



**Fig 2. Relación de la densidad aparente y el contenido de Materia Orgánica en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados.**

Los datos anteriores demuestran que en estas fincas bajo suelos Ferralítico Rojo Lixiviado medianamente degradado y (Agrozi3n) con los 3ndices que se muestran es necesario la aplicaci3n de abonos org3nicos, no solamente como fuente de nutrientes, sino adem3s para mejorar el estado estructural del suelo y evitar la formaci3n de pisos de aradura que conllevan al empeoramiento en general de las propiedades del suelo.

Otro aspecto de suma importancia es la dosificaci3n de la materia org3nica, diferencial las cantidades a aplicar seg3n el grado de degradaci3n del suelo. Desde el punto de vista de la clasificaci3n siguiendo los principios que la rigen, se sugiere incorporar los subtipos conservado (t3pico), poco degradado, medianamente degradado al agrupamiento actual de Ferral3ticos y el degradado debe pasar a otro grupo de suelos denominados Agrozi3n y el tipo Agrozi3n Ferral3tico Rojo Lixiviado.

Tambi3n es importante aplicar estos resultados en la cartograf3a de suelos escala 1: 10000 que est3 ejecutando el servicio de suelos en provincia Habana, que brindar3 mayor informaci3n para el manejo de suelos actualmente.

## CONCLUSIONES

Los resultados permitieron proponer los principales indicadores para evaluar el grado de degradación del suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, en relación con su formación natural y antropogénica.

Los indicadores evaluados para los diferentes estadios son los síntomas morfológicos, el contenido en materia orgánica, la densidad aparente y el coeficiente de dispersión.

Se sugiere incorporar los subtipos conservado (típico), poco degradado, medianamente degradado al agrupamiento actual de Ferralíticos y el degradado debe pasar a otro grupo de suelos denominados Agrozión y el tipo Agrozión Ferralítico Rojo Lixiviado.

## REFERENCIAS

- Agafonov, O.A. (1981): Propiedades físicas de los principales tipos de suelos de Cuba, en relación con su génesis y uso agrícola (en ruso). Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones Agroquímicas. VAXHNIL, Leningrado, 290p.
- Borges, Yenia (2004): Cambio de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por el cambio de uso de la tierra. Tesis de Universidad para Ingeniero Agrónomo, UNAH, La Habana, 87p.
- Hernández, A., M.O. Ascanio, F. Morell y Yenia Borges. (2005): Some criteria about Global Soil Change in Cuba. En: International Conference of Global Soil Change. Instituto de Geología. México.
- Hernández, A., F. Morell, Marisol Morales, Yenia Borges y O. Ascanio (2006 a): Cambios globales en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) de Cuba. Cultivos Tropicales 27(2):41-50.
- Hernández, A., O. Ascanio, Marisol Morales, J.I. Bojórquez, Norma E. García y J.D. García. (2006b): El suelo: Fundamentos sobre su formación, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad de Nayarit, México. ISBN: 968-833-072., 255p.
- Mata, R. (2006): El suelo es el primer factor para la sostenibilidad de los Agroecosistemas. Revista Aportes, No. 132, pp. 13-17.
- Morales Marisol; A. Hernández y A. Vantour (2003): Los Cambios Globales y su influencia en el contenido de materia orgánica en los suelos de Cuba. Agricultura Orgánica (2): 15-17.
- Morales Marisol y A. Hernández (2006): Reservas del Carbono en suelos de diferentes ecosistemas de Cuba. En: Congreso Científico del INCA (15: nov 7-10, La Habana). Memorias. CD-ROM. INCA. ISBN 859-7023-36-9.



- Morell, F., A. Hernández, F. Fernández y Yuselín Toledo (2007): Caracterización agrobiológica de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el manejo agrícola. *Cultivos Tropicales* 27(4):13-18.
- Moreno J.M. (2002): Modificaciones estructurales de suelos Ferralítico Rojos bajo diferentes manejo. Tesis de Maestría en Ciencias del Suelo. UNAH, La Habana, 62p.
- Orellana Rosa; J.M. Moreno; J.M. Febles y Marina Vega (2007): Propuesta de Indicadores edáficos para medir la sostenibilidad de suelos Ferralíticos Rojos de la Provincia Habana, Cuba. I Seminario de Cooperación y Desarrollo en Espacios rurales iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores. En: [www.indirural.ual.es](http://www.indirural.ual.es).
- Orellana Gallego, R. y Moreno Álvarez, J.M. (2001): "Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación", *Memorias XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo, Centro de Convenciones Plaza América, Varadero, Cuba, 11-16 Noviembre*.
- Pla, I. (2001): Evaluación de impactos ambientales derivados de la degradación de suelos de suelos y su relación con cambios climáticos. Conferencia impartida en la UNAH (Grupo de Agrofísica).
- Rodríguez Gamiño; Ma. de L.; J. López Blanco y G. Vela Correa (2007): Materia orgánica como indicador de calidad de suelos en Milpa Alta centro de México. Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México, pp. 1357-1359.
- Tittonell, P. y S. López (2007): La materia orgánica como indicador edáfico de sustentabilidad: ¿Cómo determinar umbrales críticos? Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México, pp. 1349-1352.
- Zonn, S.V. (1968): Particularidades de la formación del suelo y principales tipos de suelos de Cuba (en ruso). En el libro "Génesis y geografía de suelos en países extranjeros por geógrafos soviéticos". Editorial Nauka, Moscú, pp. 53-153.