

# **Modificaciones estructurales de suelos ferralíticos rojos bajo diferentes manejos**

***Juan Miguel Moreno Álvarez y Rosa Orellana Gallego***

***Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical  
“Alejandro de Humboldt” (INIFAT)***

***orellana@inifat.esihabana.cu***

## **RESUMEN**

La estructura es una de las propiedades más importantes del suelo. Desde hace mucho tiempo se le brinda esmerada atención a la influencia de la estructura sobre las propiedades físicas de los mismos. Comúnmente, la caracterización estructural de los suelos se ha realizado a nivel de agregados y horizontes. Las nuevas concepciones sobre esa temática están encaminadas a profundizar en el conocimiento de las características y propiedades del suelo en cada nivel jerárquico de organización estructural, para explicar las causas que influyen en su comportamiento agrícola. Sobre la base de indicadores previamente identificados para suelos Ferralíticos Rojos bajo diferentes condiciones de manejo, se evaluaron las modificaciones estructurales que dichas prácticas condicionan en los mismos. La experiencia se realizó en agroecosistemas diversos en la región de Santiago de las Vegas, a partir de muestras tomadas de la capa arable. El estado físico del suelo Ferralítico Rojo estudiado es diferente en cada condición; hay bajos tenores de materia orgánica, una baja estabilidad hídrica de los agregados estables en agua y reducciones de la penetración del agua a través del suelo bajo condiciones de manejo intensivo del agroecosistema. Se observó que la diversidad de especies a nivel de lote o unidad productiva influyó en el grado de conservación del suelo y por ende; del ecosistema.

## **INTRODUCCIÓN**

Comúnmente, la caracterización estructural de los suelos se ha realizado a nivel de agregados y horizonte. En materia de morfología de suelos, la estructura puede ser dividida en varios tipos, y cada uno de ellos es característico para determinados suelos, e incluso para cada horizonte genético. Según Zonn (1974) todas las variedades de estructura del suelo se dividen en dos grupos: microestructura con tamaños de agregados menores de 0,25mm, y macroestructura con agregados mayores de 0,25mm; en los estudios de descripción de perfiles, la macroestructura se clasifica atendiendo a su configuración geométrica que puede ser cúbica, prismática, laminar o algunas de sus variedades o sub – formas.

Sin embargo, Rozanov (1983) fue uno de los primeros en desarrollar la teoría sobre los niveles estructurales de organización de los objetos materiales, y señaló que al estudiar los niveles de organización estructural del suelo como componente natural es necesario examinar no cualquier interacción de los diferentes niveles, sino aquellas específicas para el cuerpo dado, es decir, las que estén condicionadas por los procesos y funciones específicas para el suelo, las cuales sirven de criterio de separación de los diferentes niveles de organización.

Esta concepción indujo a Voronin (1984, 1986) a fundamentar el criterio de que no hay suelos sin estructura: el suelo, como cualquier objeto, está representado por varios niveles de organización estructural, y el hecho de que en algunos de ellos no ocurra la separación en elementos estructurales no quiere decir que este ausente la estructura en el suelo como un todo; e introdujo una nueva definición de estructura del suelo, entendida como la construcción física del suelo a nivel de horizonte, condicionada por el tamaño, forma, correlación cuantitativa, carácter de interacción y distribución tanto de las partículas elementales como de los agregados que ellas componen.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar las modificaciones estructurales que sufren los suelos Ferralíticos Rojos bajo diferentes condiciones de manejo, a partir de los nuevos conceptos estructurales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se seleccionaron muestras de la capa arable (0-30 cm) de suelos Ferralíticos Rojos bajo diferentes agroecosistemas.

*Arboretum* del INIFAT (que tiene aproximadamente 100 años de edad).

Finca de árboles frutales y maderables de la Investigadora Laura Muñoz (de aproximadamente 50 años de edad).

Huerto casero urbano (de aproximadamente 6 años de explotación).

Finca estatal de cultivos varios, con predominio de cultivos de ciclo corto, preferentemente hortalizas y granos.

Todas las áreas están ubicadas en el poblado de Santiago de las Vegas del Municipio Boyeros, Provincia Ciudad de la Habana.

Los indicadores seleccionados para caracterizar la estructura de los suelos fueron los siguientes, conforme a Moreno (2002):

- Nivel iónico molecular: Materia orgánica
- Nivel de partículas elementales: grado de dispersión
- Nivel de agregados: agregados hidroestables y la curva de retención de humedad
- Nivel de horizonte: densidad del suelo
- Nivel de perfil: coeficiente de infiltración
- Nivel de paisaje: diversidad de especies. Se calcularon los índices de diversidad como Índice de diversidad de Shannon y Riqueza de especies según (Vega y col., 1998).

Para determinar los indicadores seleccionados se utilizaron los métodos químicos y físicos que se emplean en el Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura (Instituto de Suelos, 1985).

La valoración estadística se realizó conforme a Lerch (1977).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las modificaciones de los suelos Ferralíticos Rojos estudiados se presentan a continuación para cada nivel estructural, reflejado en los indicadores seleccionados:

- **Nivel iónico molecular:**

En la Tabla 1 se muestran los valores de materia orgánica para los diferentes suelos de estudio.

**Tabla 1. Comportamiento de la materia orgánica en los suelos estudiados.**

Sitio	Materia Orgánica (%)
Arboretum	5.96±0.31
Finca de frutales	9.18±0.91
Huerto casero urbano	4.31±0.22
Finca Estatal	2.24±0.049

Nótese altos tenores para el *Arboretum* y la Finca de Frutales. El elevado contenido de materia orgánica, bajo la acción transformadora de la rica biomasa microbiana existente en estas áreas, favorece las condiciones estructurales del suelo, lo que contribuye a garantizar la salud del ecosistema. En el caso del Huerto Casero Urbano, el contenido de materia orgánica es también elevado. La FAO ( ) clasifica a los suelos con valores mayores de 3 % como de fertilidad normal. El equilibrio biológico que se establece entre el suelo y los demás elementos del ecosistema condiciona un estado de salud ambiental aceptable, lo que fue también encontrado por Orellana et al (2001 a y b) en los huertos caseros rurales de las provincias de Pinar del Río, Cienfuegos y Guantánamo.

En la finca Estatal de Cultivos Varios, los bajos niveles de materia orgánica, sin lugar a dudas, están relacionados con el uso intensivo del suelo, al poco aporte de residuos por las raíces de los cultivos y a la rápida mineralización que sufre la

materia orgánica favorecida por la oxidación acelerada que caracteriza a estos suelos.

- **Nivel de partículas elementales.**

Los suelos bajo estudio son ligeramente arcillosos según su composición granulométrica, representada principalmente por la fracción < 0.002 mm (Tabla 2). Los valores de arcilla oscilan entre 32 y 45 %. Los tenores más bajos se hallan en el área forestal y en la Finca de Frutales, lo que está dado por la presencia de contenidos más altos de materia orgánica, la cual, puede hallarse en estado libre o combinada y formar partículas elementales de tallas mayores. El método de dispersión utilizado fue mucho más objetivo (Orellana y Col, 1992) que el que se emplea tradicionalmente, ya que no se eliminan partes componentes del suelo.

**Tabla 2. Comportamiento del coeficiente de dispersión de los suelos estudiados, a partir de los análisis de granulometría y microestructura.**

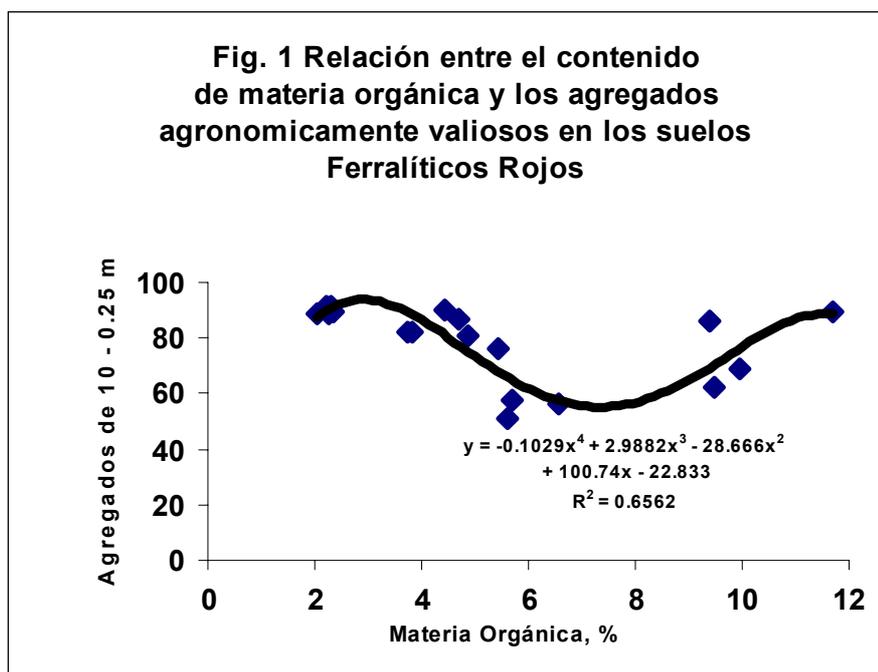
Sitio	Wh %	$\rho$ Mg/cm <sup>3</sup>	% de arcilla		Coficiente de dispersión, %
			Según análisis de		
			granulometría	microestructura	
<b>Arboretum</b>	13,90 ±0,09	2.57 ±0.01	36.86 ±3.90	4.0±0.8	10.85
<b>Finca de frutales</b>	13,45 ±0.13	2.60 ±0.02	32.48 ±1.41	3.67±0.84	11.29
<b>Huerto casero urbano</b>	11.32 ±0.19	2.72 ±0.17	36.96 ±1.36	4.44±0.37	12.01
<b>Finca Estatal</b>	8.71 ±0.24	2.82 ±0.01	44.61 ±1.56	15.63±0.71	35.03

Todos los suelos de estudio se caracterizan por presentar un alto porcentaje de partículas arcillosas formando microagregados (Tabla 2); el coeficiente de dispersión es relativamente bajo para el Arboretum, la Finca de Frutales y el Huerto casero urbano. La explicación hay que hallarla en la presencia de componentes como la materia orgánica, los óxidos de hierro y el carbonato de calcio, así como sus combinaciones con la arcilla (Delgado, 1987).

El valor más elevado del coeficiente de dispersión se encontró en la Finca Estatal de Cultivos Varios, con un 35.03%, lo que está condicionado por el bajo contenido de materia orgánica.

- **Nivel de agregados.**

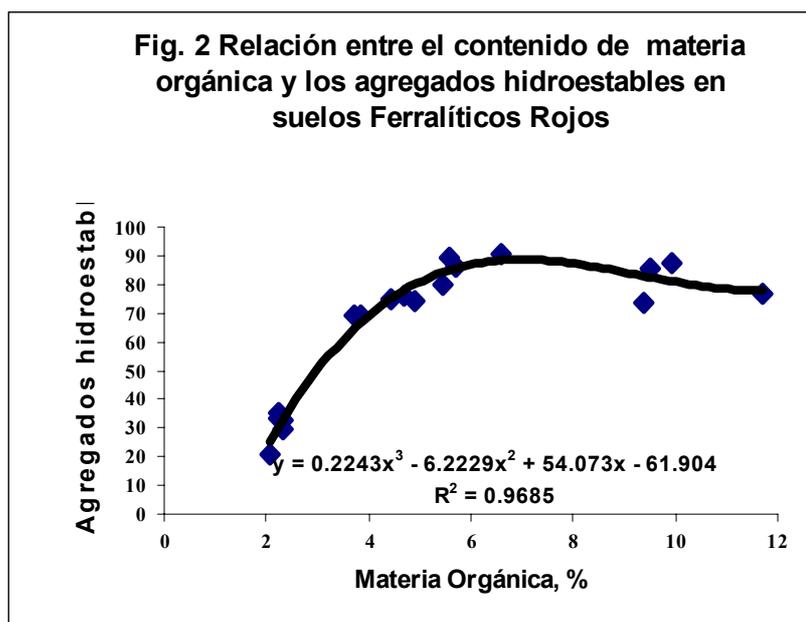
En la bibliografía tradicional de física de suelos es común la utilización de la variable «suma de los agregados agrónomicamente valiosos (10 – 0.25 mm)», sin embargo para el caso de los suelos estudiados bajo diferentes manejos se observó que ésta no se correlacionó físicamente con los cambios de los ecosistemas. Si bien hubo un buen ajuste con la materia orgánica (Fig. 1), contenidos menores de 4% no fueron los que influyeron en la formación de agregados considerados agrónomicamente valiosos, sino el efecto beneficioso de las labores de preparación del suelo a corto plazo. En los suelos arcillosos (mayores de 40% de arcilla) el tamaño de las partículas orgánicas es codimensional con las minerales y se distribuyen difusamente en la masa mineral (Orellana, 1991), por lo que se necesitan contenidos superiores para que tenga un efecto estructurador.



En un trabajo anterior (Moreno, 2002) no se consideró a esta variable como indicador edáfico.

Sin embargo, la variable «agregados hidroestables», reflejó que a medida que aumentan los contenidos de materia orgánica, se elevó la resistencia de los agregados > 0.25 mm a la acción destructora del agua (Figura 2). Wilson et al (2000) propuso a este indicador para evaluar y medir la calidad del suelo.

Frómata (2002) señaló una alta dependencia entre el coeficiente de estabilidad estructural de los suelos Ferralíticos Rojos y la materia orgánica; y particularmente con los agregados de 5 – 1 mm, los cuales han sido considerados los de mayor valor agronómico (Gounou, 1997).



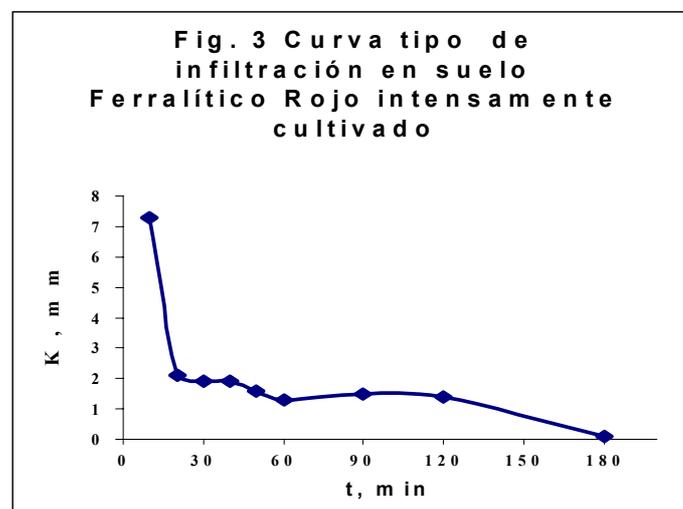
Se reafirma el papel de la materia orgánica en la estructura del suelo, lo que indica la necesidad de mantener niveles altos de este componente en los suelos sometidos a cultivos continuados.

- **Nivel de Perfil**

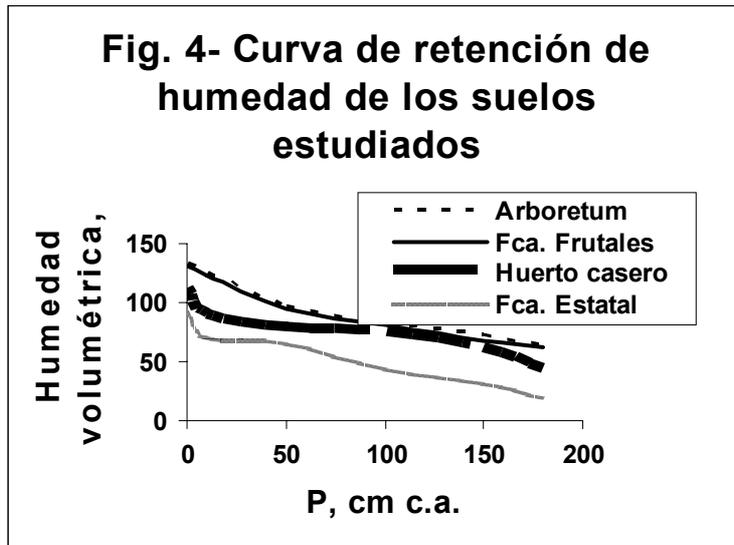
En los suelos de la Finca Estatal de Cultivos Varios la velocidad de infiltración en la primera hora es inferior a 30 mm/h (Figura 3.). Plá (1994) consideró a este indicador

como importante para evaluar y medir la calidad del suelo. En los suelos sin laboreo suele presentarse una capacidad de infiltración superior a los de manejo bajo labranza (Griffith et al, 1996) y como resultado se produce una menor pérdida del suelo debido a la erosión (Lal et al, 1989 y Marelli, 1989).

Orellana y Moreno (2001) establecieron un valor límite permisible para los suelos Ferralíticos Rojos no menor de 100 mm en la primera hora. Sin embargo, si se tiene en cuenta el grado de disminución del agua infiltrada en los suelos Ferralíticos Rojos intensamente cultivados, que denota una aguda degradación física, pudiera establecerse un nuevo límite cercano a los 50 mm/h durante la etapa transicional hacia la rehabilitación de estos suelos.



En la Figura 4 se observa la alta capacidad de retención de humedad que presentan los suelos del Arboretum, la Finca de Frutales y el huerto casero urbano, superiores a 110 % de humedad volumétrica en condiciones saturadas. Obsérvese en estas áreas valores de humedad por encima del 50 %, al aplicar tensiones de 180 cm de la columna de agua. En la Finca Estatal de Cultivos Varios se aprecian valores de 87 % de humedad volumétrica en condiciones de saturación, sin embargo a tensiones de 180 cm de la columna de agua se produjo una disminución hasta 20%. La disminución del contenido de materia orgánica provoca cambios estructurales y por tanto reduce la disponibilidad de agua por los cultivos, lo que trae consigo afectaciones en la disponibilidad de los mismos.



- **Nivel de Horizonte**

Los suelos del *Arboretum*, la Finca de Frutales y el huerto casero urbano, presentan una densidad de 1.00 – 1.10 Mg/m<sup>3</sup> (Tabla 3), considerada como óptima según Frometa (2000), no siendo así en la Finca Estatal de Cultivos Varios donde la densidad del suelo es limitante ya que se encuentran por encima de 1.25 Mg/m<sup>3</sup>. Frometa (2000) consideró que estos suelos, con valores de densidad igual o mayor a 1.25 Mg/m<sup>3</sup>, requieren de una rehabilitación. De acuerdo a las recomendaciones de ese autor, el suelo de la Finca de cultivos varios necesita de medidas extremas para contrarrestar fenómenos de compactación y erosión.

**Tabla 3. Comportamiento de la densidad en los suelos Estudiados.**

Sitio	Humedad natural (%)	Densidad del suelo (Mg/m <sup>3</sup> )
<b>Arboretum</b>	38.88±0.77	1.02±0.01
<b>Finca de frutales</b>	38.97±2.13	1.02±0.03
<b>Huerto casero urbano</b>	26.96±0.58	1.10±0.01
<b>Finca Estatal</b>	15.94±0.91	1.32±0.02

La densidad del suelo es tradicionalmente utilizada para medir y evaluar la calidad del mismo (Plá , 1994), aunque Horn (1988) consideró que esta propiedad no es un indicador tan efectivo de los cambios en la productividad de los suelos durante la compactación. Su alta dependencia de la humedad, a la cual se realiza la determinación, hace que no pueda ser tomada con una medida de comparación entre los diferentes sistemas (Moreno, 2002).

- **Nivel de paisaje**

Los resultados obtenidos reflejan una alta diversidad intra – e interespecífica de las plantas cultivadas en 3 de las áreas seleccionadas (Tabla. 4). Los valores más elevados se encuentran en el *Arboretum* y la Finca de Frutales con una riqueza media de especies de 28.8%, la cual influye sobre el edafón y su evolución, a través de los períodos de sombra y reposo del suelo, de los desechos muertos y las segregaciones de las raíces en la rizósfera (Elmer, 2000). Orellana et al (2001 a y b) obtuvieron resultados parecidos en huertos caseros de las provincias de Pinar del Río, Cienfuegos y Guantánamo y señalaron la influencia de la diversidad sobre la conservación del suelo y del ecosistema.

En el caso del huerto casero urbano el número de especies es menor, lo que aporta una riqueza del 10 %, valor límite al cual se mantiene un estado físico del suelo satisfactorio, lo que es esencial para mantener la diversidad de las plantas cultivadas y favorecer la calidad biológica del suelo.

**Tabla 4. Índices de diversidad para las zonas de estudio.**

Sitio	H'	d	R
Arboretum	3.46	0.11	39.39
Finca de Frutales	3.03	0.17	18.20
Huerto casero urbano	3.02	0.08	10.57
Finca Estatal de Cultivos Varios	-	-	-

*H'*: Índice de diversidad de Shannon – Weaver

*D*: Índice de diversidad de Berger – Parker

## ***R: Índice de riqueza de Margalef***

### **CONCLUSIONES**

1. El estado físico de los suelos Ferralíticos Rojos estudiados experimentan modificaciones en cada nivel de organización estructural del suelo bajo condiciones de manejo intensivo del agroecosistema.
2. La materia orgánica, la resistencia hídrica de los agregados y la velocidad de infiltración del agua en el suelo son los indicadores que más se afectan bajo condiciones de manejo intensivo de los suelos Ferralíticos Rojos.
3. La diversidad de especies a nivel de lote o unidad productiva tiene una marcada influencia sobre la conservación del suelo y del ecosistema.

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Delgado, R (1987): Estado energético del agua y su interrelación con las propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Ferralíticos Rojos de Cuba. Tesis presentada para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos, La Habana, Cuba, 100 pp.
2. Elmer, F (2000). Protección del suelo mediante el adecuado uso y manejo de este. Conferencia Internacional "Conservación y Utilización". Baracoa Guantánamo. Cuba. 55p
3. Frómeta, E.M (2000): Conferencia especializada "Las propiedades físicas de los suelos. UNAH, La Habana. 14pp.
4. Gounou, E (1997): Enfoque morfoedafológico en el estudio de la variabilidad de suelos Ferralíticos y subtipos asociados en un geoeosistema cársico de la Habana, Cuba. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, ISCAH. 103 pp.
5. Griffith, E et al (1996): Sustentabilidad de los sistemas de siembra directa. Rev Agron 20 (3): 285 – 299. Buenos Aires, Argentina.
6. Horn, R(1988): Compressibility of arable land. In . J. Drescher, R. Horn and M. De Boodt (Editors), Impact of water and External Forces on soil Structure. Catena, Supplement 11, Catena, Cremlingen Destedt, pp 53 – 71.

7. Instituto de Suelos, (1985): Metodologías para la caracterización química y física de los suelos. La Habana, Cuba 34 pp.
8. Lal, R et al (1989): Conservación de suelos por la erosión. Rev. Agron 20 (3): 36 pp. Buenos Aires, Argentina.
9. Marelli, I (1989): La erosión del suelo bajo distintos manejos. En: Rev. Agron 20 (3). 196 pp. Buenos aires, Argentina.
10. Moreno Alvarez, J.M. (2002): Modificaciones estructurales en suelos Ferralíticos bajo diferentes manejos. Tesis en opción al título académico de Maestro en Ciencias del Suelo. UNAH, La Habana, 76 pp.
11. Orellana Gallego, R. (1991): Estado físico de los Vertisoles de Cuba bajo diferentes condiciones de manejo. Resumen de la Tesis presentada en opción al grado de doctor en ciencias biológicas. Ed. Universidad de Moscú, 29 pp.
12. Orellana, R et al (2001 a): Contribución de los huertos caseros rurales a la conservación del recurso suelo. En: Resúmenes del II Congreso Iberoamericano de Química y Física Ambiental. Varadero, Cuba.50 pp.
13. Orellana, R et al (2001 b): La conservación del suelo, requisito fundamental para mantener la diversidad de plantas cultivadas. Revista de Agricultura Orgánica, 7(1): 21 – 23.
14. Orellana, R y Moreno, J.M (2001): Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación. En resúmenes del XV Congreso Latinoamericano y V cubano de la Ciencia del suelo. Varadero, Cuba. 189 pp.
15. Rosanov, B.G (1983): Morfología de suelos (en ruso). Ed Univ de Moscú, 320 pp.
16. Voronin, A.D (1984): Hidrofísica estructuro - funcional de los suelos (en ruso), Ed. Univ de Moscú, 204 pp.
17. Voronin, A.D (1986): Fundamentos de física de los suelos (en ruso), Moscú. Ed. Univ. Moscú, 244 pp.
18. Zonn (1974): La formación de suelo y los suelos de los trópicos y subtrópicos (en ruso). Univ Patricio Lumumba, M; 439 pp.