

RELACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA CON EL RELIEVE DEL TERRENO ¹

Anulfo Encina Rojas ²

Gerardo Moreno Sewin ³

María Gloria Parades ⁴

ABSTRACT

The hypothesis that relief of terrain affects organic matter content in soils was studied in the Experimental field of the Facultad de Ciencias Agrarias of the Universidad Nacional de Asunción, in its headquarters of San Lorenzo and in the branch of San Pedro de Ycuamandyju. The mentioned study was carried out on soils classified as Typic Haplustult y Mollic Endoauept in San Lorenzo and, Typic Haplustult and Vertic Albaquilt in San Pedro de Ycuamandyju, with slopes of 0, 1, 2 and 3% respectively. For each kind of soil, according to the different percentages of inclination four composite samples were obtained, which were analyzed using the Walkley-Black modified method to determine the Organic matter content. The statistical method used was regression and correlation. The results obtained indicate that soils of plain terrain had the highest content of organic matter, and those with slope had the lowest organic matter content. Among the terrains with slope, those with 2 percent had the lowest amount of organic matter, followed by those with 1 percent. Terrains within 3 percent of slope had a higher content of organic matter than soils with 1 and 2 percent of slope. The study demonstrated that there is a high correlation among the slope, the physiographic location of soils and their content of organic matter. Soils in plain terrain have higher content of organic matter than those in slope terrain.

RESUMEN

La hipótesis de que el relieve del terreno afecta el contenido de materia orgánica en el suelo fue estudiado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción en su sede Central de San Lorenzo así como en la sede de San Pedro. El mencionado estudio se realizó en suelos clasificados como Typic Haplustult y Mollic Endoauept para la sede de San Lorenzo y Typic Haplustult y Vertic Albaquilt para la Sede de San Pedro, con relieve del 0, 1, 2 y 3 %. Para cada suelo, en sus diferentes porcentajes de inclinación, fueron obtenidas cuatro muestras compuestas las cuales fueron analizadas utilizando el método de Walkley-Black modificado para la determinación del contenido de materia orgánica. El método de análisis estadístico empleado fue el de regresión y correlación, determinando la curva de mejor ajuste que describió la relación entre la variable en estudio y los diferentes niveles de pendiente del terreno. Los resultados obtenidos indican que los suelos de terreno plano fueron los que presentaron mayor contenido de materia orgánica y los terrenos con declive los de menor contenido de la misma. Entre los terrenos con pendientes se encontró que los suelos con inclinación del 2% fueron los que mostraron el más bajo contenido de materia orgánica y los suelos con 1% de pendiente mostraron el segundo contenido más bajo de materia orgánica. Sin embargo suelos con desnivel del 3% presentaron alto contenido de materia orgánica en comparación a los suelos con inclinación de 1 y 2 %. El estudio demostró que hay una alta correlación entre el porcentaje de pendiente, la ubicación fisiográfica que ocupa el suelo en el terreno y el contenido de materia orgánica. En donde los suelos con bajo porcentaje de inclinación presentan una mayor acumulación de materia orgánica en relación a suelos que ocupan posiciones fisiográficas más inclinadas.

KEY WORDS: Relief, Organic Matter, Surface Runoff.

PALABRAS CLAVES: Relieve, Materia Orgánica, Arrastre Superficial.

¹ Trabajo de Investigación realizado por el Departamento de Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

^{2,3} Ingenieros Agrónomos, M.Sc. Profesores del Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Casilla de Correos 1618, San Lorenzo - Paraguay. E-mail: bib-agr@sce.enc.una.py.

⁴ Licenciada, Profesora del Departamento de Economía Rural de la Facultad de ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Casilla de Correos 1618, San Lorenzo - Paraguay. E-mail: bib-agr@sce.enc.una.py.

INTRODUCCIÓN

El relieve local controla en gran medida el contenido y la distribución de materia orgánica en el suelo. La materia orgánica ejerce múltiples efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (DE MELLO y ARZOLLA, 1988; BRADY, 1990). Entre otros, actúa mejorando la unión de las partículas, favorece la aireación del suelo, aumenta la capacidad de retención de humedad, vuelve al suelo fértil proporcionando los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de la planta, etc. (BUOL y MACCRACKEN, 1986; HEATHMAN et al., 1995). Uno de los factores que presenta gran influencia en la acumulación de materia orgánica en los suelos es el relieve del terreno (FASSBENDER, 1987; BRADDFORD y FOSTER, 1996). A medida que la pendiente de los terrenos aumenta, se incrementa la remoción del componente orgánico del suelo (FOURNIER, 1975; GAVANDE, 1987; y HUDSON, 1995). El contenido de materia orgánica es menor en suelos que ocupan terrenos accidentados en comparación a aquellos que se encuentran en áreas llanas. Una de las causas de esto es la fuerza erosiva producida por el agua en terrenos con declives. En terrenos planos la fuerza erosiva es prácticamente nula, aumentando la misma a medida que el declive crece con su consecuente efecto erosivo (OEA, 1967; HILLEL, 1982; ELLSWORSTH et al., 1996). El horizonte superficial, horizonte de mayor acumulación de materia orgánica, puede desaparecer de la parte más inclinada del terreno por la acción de la salpicadura de las gotas de lluvia y por el transporte de agua de escurrimiento (HUANG, 1995; MORIN y VAN WINKEL, 1996; PANDI et al., 1995; RISLER et al., 1996). Se sabe que toda pendiente posee básicamente tres zonas bien demarcadas y ellas son: zona inicial de pendiente, es decir el punto donde se inician los procesos erosivos; zona media de pendiente, que es el punto de mayor erosión debido a la velocidad máxima que adquiere el raudal y la zona final de pendiente, que es la zona donde se depositan los materiales arrastrados desde las partes más altas (HUDSON, 1995). Aunque actualmente existen informaciones sobre el efecto de la pendiente sobre la cantidad de materia orgánica, muy pocos trabajos hablan del comportamiento del contenido de materia orgánica a determinados porcentajes de pendiente dentro de un terreno inclinado. Considerando esto, el presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la pendiente sobre el contenido de materia orgánica (MO) de los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en dos localidades diferentes. Dentro del predio de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA)

en la ciudad de San Lorenzo (SL) y dentro del predio de la Filial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción en el distrito de San Pedro del Ycuamandyjú, Departamento de San Pedro (SP) distante a unos 400 km de la ciudad de Asunción. Durante los trabajos de campo, 32 muestras compuestas de suelo fueron tomadas a lo largo de una transecta cuya longitud de pendiente para ambas áreas de estudio fue de aproximadamente 350 m. La orientación de la inclinación del terreno fue de Este - Oeste en la FCA-UNA, San Lorenzo y de Sur-Norte para la FCA-UNA, San Pedro. El porcentaje de pendiente para ambos terrenos tuvo la siguiente distribución, el punto más alto con tres por ciento de pendiente, la parte intermedia con dos por ciento, la parte más baja con una pendiente del uno por ciento y la zona de acumulación con un porcentaje de inclinación de cero. Para este trabajo y dentro del predio de FCA-UNA-SL, se utilizaron suelos clasificados por Autor¹ como Typic Haplustult y Mollic Endoaquept, sin embargo en la FCA-UNA-SP los suelos utilizados fueron clasificados por Autor² como Typic Haplustult y Vertic Albaquilt, según sistema de clasificación taxonómica de los Estados Unidos, Soil Taxonomy, 1994. Las muestras de suelos fueron tomadas de áreas cubiertas principalmente por gramíneas, pasto tipo "cabajú" (*Paspalum notatum*). Cada muestra compuesta se preparó mezclando de seis a ocho muestras simples, las que fueron obtenidas de un área aproximada de 5 m², extraídas a una profundidad de 30 cm. Entre 900 y 1000 gramos de suelo fueron tomados para cada muestra compuesta, las que representaron a los suelos cuyas pendientes variaban de 0, 1, 2 y 3 por ciento, correspondiendo cuatro muestras compuestas para cada porcentaje de pendiente. Una vez obtenidas las muestras, las mismas fueron remitidas al laboratorio donde fueron analizadas para determinar sus propiedades químicas y principalmente el contenido de materia orgánica, para lo cual fue utilizado el método de Walkley-Black modificado. El porcentaje de inclinación del terreno fue determinado con un clinómetro tipo Suunto.

Para el análisis estadístico se consideraron los resultados de las muestras compuestas a través del método del análisis de regresión y correlación, determinando la curva de mejor ajuste que describió la relación entre la variable en estudio, (materia orgánica) en función a diferentes niveles de pendiente del terreno. Además se calculó el coeficiente de

¹ Arnulfo Encina Rojas. Caracterización de los Suelos del Campus Universitario. En elaboración.

² Arnulfo Encina Rojas. Caracterización de los Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA. Sede San Pedro. En elaboración.

determinación que mide el grado de ajuste de los datos observados en la curva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la mayoría de los casos indican que existe una alta correlación entre el porcentaje de pendiente y la ubicación fisiográfica que ocupa el suelo en el terreno con el contenido de materia orgánica, los cuales concuerda con lo afirmado por Fassbender (1987) y Braddford y Foster (1996).

1 Terrenos planos

Los suelos que ocupan áreas con pendientes del 0 % fueron los que demostraron mayor acumulación de materia orgánica entre todos los suelos considerados en el presente estudio. El contenido de materia orgánica para los suelos con 0 % de pendiente estuvo entre 2,30 a 2,70 % en los suelos del predio de la FCA-UNA-SL y entre 1,25 y 1,55 % en el predio de la FCA-UNA-SP (Cuadro 1). Este mayor contenido de materia orgánica obedece principalmente a dos causas: primero, a la posición fisiográfica que está ocupando el suelo, el

cual está ubicado en una zona de depresión; y segundo, que esta zona depresiva aunque en su extensión tenga una pendiente muy ligera no sufre prácticamente el arrastre de sedimentos, más bien actúa como lugar de depósito de los materiales orgánicos y sedimentos minerales transportados por el flujo de agua desde las partes más altas. Los suelos que ocupan posiciones más altas experimentan una pérdida gradual de sedimentos orgánicos e inorgánicos, principalmente de las capas superiores, los que son depositados progresivamente en las zonas de depresión y/o de acumulación, aumentando así su contenido en materia orgánica, coincidiendo con lo publicado por OEA, (1967); HILLEL (1982) y ELLSWORSTH et al. (1996). Los suelos de la zona plana reciben y acumulan sedimentos minerales muy finos, como limo y arcilla, los que van formando capas de suelo menos permeables que favorecen la acumulación de materia orgánica como consecuencia de la reducción en el proceso de drenaje. Este contenido de materia orgánica, sin embargo, se ve drásticamente modificado en la medida que el suelo ocupa una posición fisiográfica diferente y muy especialmente cuando se tienen terrenos con mayor grado de inclinación.

Cuadro 1. Contenido de materia orgánica (MO) según porcentaje de pendiente para muestras de suelos obtenidos dentro del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA-San Lorenzo (SL) y de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA, Sede San Pedro (SP).

Pendiente %	Porcentaje de M.O en el suelo Muestras de San Lorenzo				Porcentaje de M.O en el suelo Muestras de San Pedro			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0	2,35	2,30	2,40	2,70	1,5	1,40	1,55	1,50
1	0,65	0,80	0,75	0,65	0,70	0,75	0,65	0,72
2	0,35	0,50	0,55	0,40	0,55	0,48	0,58	0,60
3	0,80	0,90	0,85	0,81	0,80	0,80	0,85	0,88

2 Terrenos con 1 por ciento de pendiente

Los suelos con pendiente del 1 % presentaron una disminución en el contenido de materia orgánica en comparación a los suelos de 0 % y 3 %, pero demostraron un mayor contenido en relación a suelos con 2 % de pendiente (Cuadro 1). El contenido de materia orgánica para estos suelos presentó valores entre 0,65 y 0,80 % para los localizados dentro de la FCA-UNA-SL y entre 0,65 y 0,75 % para los localizados en la FCA-UNA-SP. Este comportamiento se debe principalmente: primero, a la influencia que presenta sobre la fuerza de arrastre la pendiente del terreno, aunque relativamente suave, ya es importante para el desplazamiento del agua; y segundo, la longitud de la pendiente, que es máxima, considerando que la fuerza de arrastre tiene su inicio en el punto de máximo

desnivel, es decir en terrenos con pendiente del 3 %. Debido a que estos suelos ocupan la zona terminal de la pendiente, la fuerza de arrastre también es más fuerte que en las zonas cuyas pendientes son del 0 y 3 %, lo que hace que el arrastre de sedimentos orgánicos también sea alto. Sin embargo el contenido de materia orgánica en los suelos con 1 % de pendiente fue mayor en relación a los suelos con 2 % de pendiente. Esto es a consecuencia de que los mismos sufrieron una menor fuerza de arrastre en comparación a los suelos con 2 % de pendiente, suelos estos, localizados dentro de la zona de máximo arrastre, aumentando de esta manera y en forma considerable la reinocion de sedimentos orgánicos de las capas superiores del suelo.

3 Terrenos con 2 por ciento de pendiente

En suelos con pendiente del 2 % se observaron los más bajos contenidos de materia orgánica entre los diferentes niveles de pendientes considerados para este estudio. El contenido de materia orgánica estuvo entre 0,35 y 0,55 % para suelos de la FCA-UNA-SL y entre 0,48 y 0,60 % para los suelos de la FCA-UNA-SP. Esta considerable disminución del contenido de materia orgánica se debe principalmente al efecto del arrastre del componente orgánico. En esta posición fisiográfica, el terreno experimenta la máxima fuerza de arrastre o máxima erosión como consecuencia directa del porcentaje de inclinación del terreno, lo que permite que el agua recibida de las partes más altas adquiera la máxima energía de desplazamiento. Por cuyo motivo no solo hay muy poca oportunidad para el depósito de sedimentos orgánicos, sino que, más bien se produce un drástico arrastre o remoción del componente orgánico presente tanto en las capas superficiales y subsuperficiales de los suelos, haciendo que estos sean los más pobres en contenido de materia orgánica entre los considerados.

4 Terrenos con 3 por ciento de pendiente

Los suelos que ocupan una posición fisiográfica con inclinación del 3 por ciento presentaron mayor cantidad de materia orgánica en comparación a los otros suelos que están ocupando zonas de inclinación, es decir en relación a terrenos con 1 y 2 % de pendiente. El contenido de materia orgánica estuvo entre 0,80 y 0,90 % para suelos de la FCA-UNA-SL y entre 0,80 y 0,88 % para los suelos de la FCA-UNA-SP. Esta mayor concentración de materia orgánica, aunque el desnivel del terreno sea el más alto dentro del área de estudio, se debe a la relativa estabilidad del mismo, en el sentido de que, alrededor de estos suelos, no se tienen áreas o zonas más altas que pudieran ocasionar el aumento de la energía erosiva del agua. Como consecuencia de esto se produce una menor fuerza de arrastre, creándose así, mejores condiciones para una mayor acumulación de la materia orgánica en comparación a los otros suelos que están ocupando zonas de inclinación.

Los resultados estadísticos obtenidos fueron:

Cuadro 2. Contenido medio de materia orgánica (%) de las diez y seis muestras analizadas dentro del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA-San Lorenzo.

Pendiente %	Muestras				
	MO %	MO %	MO %	MO %	MO %
0	2,35	2,30	2,40	2,70	2,65
1	0,65	0,80	0,75	0,65	0,38
2	0,35	0,50	0,55	0,40	0,36
3	0,80	0,90	0,85	0,81	0,85

La Figura 1 representa la relación entre el contenido de materia orgánica y el porcentaje de pendiente en la localidad de San Lorenzo. Se observa que la tendencia es cuadrática con un elevado coeficiente de determinación. $Y = 5,87 - 3,99x + 0,69x^2$ y el coeficiente de determinación $R = 96\%$.

Cuadro 2. Contenido medio de materia orgánica (%) de las diez y seis muestras analizadas dentro del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA-San Pedro.

Pendiente %	Muestras				
	MO %	MO %	MO %	MO %	MO %
0	1,25	1,40	1,55	1,50	1,22
1	0,70	0,75	0,65	0,72	0,70
2	0,55	0,48	0,58	0,60	0,45
3	0,80	0,80	0,85	0,88	0,81

La Figura 2 representa la relación entre el contenido de materia orgánica y el porcentaje de pendiente en la localidad de San Pedro. Se observa que la tendencia es cuadrática con un elevado coeficiente de determinación. $Y = 2,27 - 1,25x + 0,69x^2$ y el coeficiente de determinación $R = 98\%$.

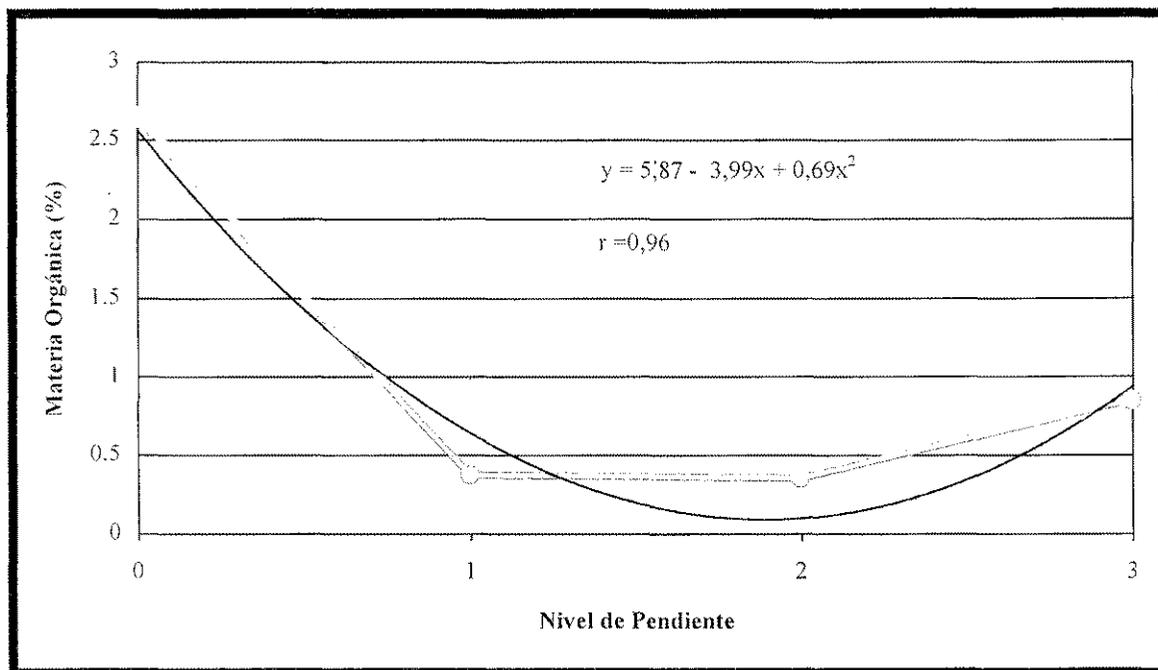


Figura 1. Relación de la materia orgánica del suelo y el nivel de pendiente (San Lorenzo).

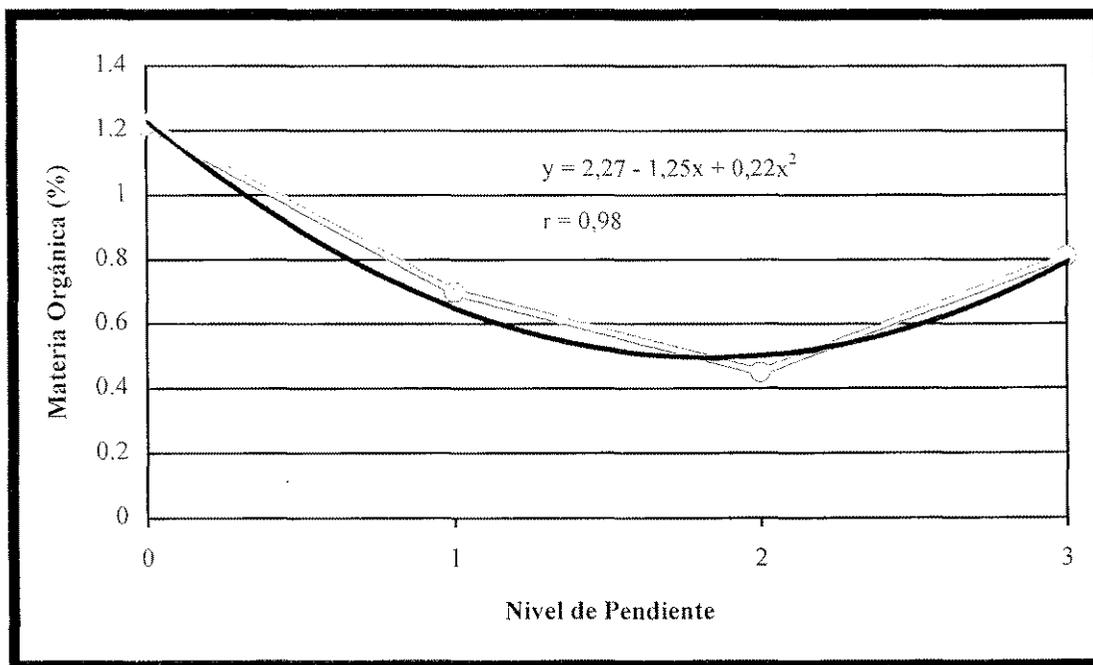


Figura 2. Relación de la materia orgánica (%) y el nivel de pendiente del suelo (San Pedro).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente experimento permiten concluir que:

1. Existe una correlación entre el porcentaje de pendiente, la posición fisiográfica que ocupa el suelo y el contenido de materia orgánica.
2. Suelos con muy bajo porcentaje de inclinación presentan una mayor acumulación de materia orgánica con relación a suelos que ocupan posiciones fisiográficas más inclinadas.

LITERATURA CITADA

- BRADDFORD, J.M; FOSTER, G. 1996. Interrill soil erosion and slope steepness factor. *J. Soil Science Society of America*. 60(3): 909.
- BRADY, N. 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 9ª. ed. Macmillian Publishing Company. p 621.
- BUDL, S.W; HOLE, F.D. y MACCRACKEN, R.J. 1985. *Genesis y Clasificación de suelos*. 3ra. Mexico: Reimpresion. p 404.
- ELLSWORTH, T. R.; SHOUSE, P. J.; SKAGGS, T. H. 1996. Solute Transport in Unsaturated Soil: Experimental Design, Parameter Estimation, and Model Discrimination. *J. Soil Science Society of America*. 60(2): 97.
- FASSBENDER, H. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2ª ed. San José - C R: IICA. p 398.
- FERNIER, F. 1975. *Conservación de Suelos*. Madrid: Mundi. España.
- FERRANDE, A. 1987. *Física de suelos*. 6ª reimpresión. Mexico: Limusa..
- HEATHMAN, G. C; AHUJA, L. R.; TUMLIN, D. J.; JOHNSEN, K. E.. 1995. Surface Aggregates and Macropore Effects on Chemical Transport in Soil under Rainfall. *J. Soil Science Society of America*. 59(4): 982.
- HILLEL, D. 1982. *Introduction to soil Physics*. San Diego, California: Academic Press Inc. p 364.
- HUANG, C. 1995. Empirical Analysis of Slope and Runoff For Sediment Delivery from Interrill Areas. *J. Soil Science Society of America*. 59(4): 975.
- HUDSON, N. 1995. *Soil Conservation*. 3ª ed. Iowa State University Press/Ames. p. 391.
- MELLO, F. DE; ARZOLLA, S. 1988. *Fertilidad de suelos*. Libreria Piracicaba, San Paulo, 3ª ed.
- MORIN J; VAN WINKEL, J. 1996. The Effect of Raindrop Impact and Sheet Erosion on Infiltration Rate and Crust Formation. *J. Soil Science Society of America*. 60(4): 1223.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1967. *La Erosión del Suelo por el Agua*. Italia. p. 207.
- PANDI, Z; ESWARN, H.; KIMBLE, J. 1995. Organic Carbon Content and Rate of Sequestration in Soils of Alabama. *J. Soil Science Society of America*. 59(6): 1684.
- RISLER, P.D; WRAITH, J. M.; GOBER, H.M. 1996. Solute Transport under Transient Flow Condition. *J. Soil Science Society of America*. 60(5): 1297.