

Estimación de la estabilidad estructural de dos suelos al sur de Colombia con diferentes tipos de manejo

Estimation of the structural stability of two soils of the south of Colombia with different types of management

Jesús A. Castillo F.,¹ Jorge F. Navia E.,² Juan C. Menjivar F.³

^{1,2} Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, AA 1175. Pasto, Nariño, Colombia. ³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. AA. 237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. jcmenjivar@palmira.unal.edu.co

REC.: 03-10-07 ACEPT.: 14-12-07

RESUMEN

En el estudio que se realizó en dos localidades de la zona de ladera al norte del departamento del Cauca, Colombia, se utilizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos: 1. Parcelas descubiertas (referencia), 2. Rotación cultivos + abono orgánico (labranza); 3. Rotación a partir de pradera mejorada (labranza mínima + abono químico); 4. Rotación convencional (labranza + abono químico); 5. Rotación cultivos + leguminosas (labranza + abono químico); 6. Rotación a partir de pradera mejorada (labranza + abono químico). Los tratamientos se establecieron como parcelas de escorrentía durante ocho años y luego se sometieron sin vegetación a la exposición de las lluvias durante 10 meses y se compararon con las parcelas de referencia que habían estado cubiertas por pradera nativa durante 15 años. Para evaluar la estabilidad estructural se utilizó la prueba de turbidimetría y los resultados se presentaron como el área bajo la curva (ABC) para la variable dispersión (%), la cual fue más baja para los agregados tomados de la superficie de suelo virgen (Tratamiento 1) y de rotación de cultivos más labranza mínima (Tratamiento 3). Los tratamientos de rotación con adición de abono orgánico (gallinaza 3 t/ha) y coberturas de leguminosas presentaron valores más altos.

Palabras claves: Turbidimetría, rotación de cultivos, labranza mínima, dispersión de agregados, leguminosas, abono orgánico.

ABSTRACT

The study carried out in two localities in zones to the north of the department of the Cauca Colombia, random a design of blocks with six treatments was used: 1. bare plots (reference); 2. Rotation crops + organic fertilizer. (Farming); 3. Rotation from improved prairie. (Minimum till + chemical fertilizer); 4. Conventional rotation. (Chemical Farming + chemical fertilizer); 5. Rotation crops + legumes. (Chemical Farming + chemical fertilizer); 6. Rotation from improved prairie. (Chemical Farming + chemical fertilizer). These treatments established as run-off plots during eight years were exposed without vegetation to the impact of rains during 10 months, which were compared to the reference plots whose original to prairie was 15 years old. To evaluate the structural stability the test of turbidimetría was used. The results appeared like the area under the curve (AUC) for the dispersion variable (%), which was lower for the aggregates taken from the surface of virgin soils (Treatment 1) and rotation of crops plus minimum till (Treatment 3). The rotation treatment with addition of organic chicken manure (3 t/ha) and covers of legumes presented the higher values.

Key words: Turbidimetría, crops rotation, minimum till, aggregate dispersion, legumes, manure.

INTRODUCCIÓN

Los métodos para evaluar la estabilidad estructural de los suelos o resistencia de los agregados a los efectos del viento, el agua y la manipulación mecánica usan la diferencia en tamaño de los agregados antes y después de la aplicación de la energía mecánica. La destrucción de los agregados del suelo es el inicio del proceso erosivo y ha sido usado como índice de erodabilidad. La

evaluación de su estabilidad es muy útil para determinar el impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo; ésta en condiciones saturadas se puede medir en cortos periodos con muchas medidas para evaluar el impacto de nuevos sistemas de manejo (Pojasok y Kay, 1990); las medidas de estabilidad estructural han sido utilizadas por numerosos autores (Williams *et al.*, 1966; Reid y Goss, 1982; Moloque *et al.*, 1985). El crecimiento de

raíces de hierbas perennes y de alfalfa durante 42 días se asoció con el incremento en estabilidad de agregados, independiente de que el suelo estuviera fresco o seco al aire (Reid y Goss, 1981).

La prueba de turbidimetría con rápido prehumedecimiento reflejó mejor las diferencias entre parcelas con historia de cultivos que el procedimiento de tamizado en húmedo (Molope *et al.*, 1985), los resultados de las medidas en muestras de suelos con humedad de campo que utilizaron turbidimetría disminuyeron marcadamente cuando se incrementó el tiempo bajo cultivo (Haynes, 1993). Muchos estudios (Baldock y Kay, 1987; Molope *et al.*, 1985; Pojasok y Kay, 1990; Haynes, 1993) sugieren la turbidimetría como un método exigente y que resulta ser mejor para identificar diferencias en suelos sometidos durante años a manejo con diferentes cultivos, sus resultados muestran que las medidas de estabilidad aumentaron y fueron relativamente mayores para las muestras menos estables.

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la sensibilidad del método turbidimétrico en comparación con el tamizado en húmedo para medir los cambios en la estabilidad de los agregados después del uso continuo del suelo durante ocho años, esto permite examinar la asociación entre la degradación del suelo y el efecto residual de los sistemas de cultivos que involucran rotaciones y coberturas para desarrollar rizosferas variadas que favorezcan la estructuración de los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localización y caracterización de los suelos, lo mismo que la precipitación de los sitios estudiados se presenta en la Tabla 1. Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis tratamientos: 1. Parcelas descubiertas (referencia), 2. Rotación cultivos + abono orgánico (labranza); 3. Rotación a partir de pradera mejorada (labranza mínima + abono químico); 4. Rotación convencional (labranza + abono químico); 5. Rotación cultivos + leguminosas (labranza + abono químico); 6. Rotación a partir de pradera mejorada (labranza + abono químico). En cada periodo de cultivos se utilizó fertilización convencional para las leguminosas y maíz. Se aplicó cal dolomítica (54% CaCO₃ y 46% Mg CO₃) a razón de 500 kg/ha y se incorporó al suelo. Tres semanas después se aplicó fertilizante NPK (10% N, 20% P₂O₅, 20% K₂O) para el caso de Cassava. La dosis de abono orgánico fue de 3 t/ha de gallinaza.

Los tratamientos se establecieron como parcelas de escorrentía durante ocho años y luego se sometieron

Tabla 1. Caracterización de las dos localidades del estudio

Característica	Santander	Mondomo
Localización	3° 6' N, 76° 31' W	2° 53' N, 76° 35' W
Suelos	Formación Popayán. Zona aluvial Ácidos a muy ácidos Niveles bajos de fósforo disponible (1.5- 4 ppm P Bray II) <i>amorphous, isohyperthermic oxie dystropept;</i>	Formación Popayán. Zona de Colinas Ácidos a muy ácidos Niveles bajos de fósforo disponible (1.5- 4 ppm P Bray II) <i>Kaolinitic-amorphous, isohyperthermic oxie humitropept.</i>
Precipitación	1.600 mm/ año	2.400 mm-año

sin vegetación a la exposición de las lluvias durante 10 meses y se compararon con las parcelas de referencia que habían estado cubiertas por pradera nativa durante 15 años. Las evaluaciones de estabilidad se realizaron durante los dos últimos años (Tabla 2). Las muestras se tomaron cada dos meses en los primeros 0-2.5 cm de profundidad (zona de recepción del mayor impacto en el suelo) entre abril/96 y abril/98 (Castillo, 2004).

Tabla 2. Registro histórico de los tratamientos en Santander de Quilichao y Mondomo (departamento del Cauca). 1992-1998.

Tratamientos (Sistemas)	92-94	94-95	95	96	97	98
					A B A	
1. Parcelas descubiertas (referencia)				Remoción pradera		
2. Rotación cultivos + abono orgánico. 3 t /ha (L)	F	Y	M	Y	F	SD SD
3. Rotación a partir de pradera mejorada. (LM + AQ)	B + P	Y	M	Y	F	SD SD
4. Rotación convencional. (L + AQ)	Bb	Y	M	Y	F	SD SD
5. Rotación cultivos + leguminosas. (L + AQ)	Y+Ca	Y+Ca	M+Ch	Y+C	F	SD SD
6. Rotación a partir de pradera mejorada. (L + AQ)	B+P	Y	M	B+Cm	B+Cm	SD SD

SD = tratamientos bajo suelo desnudo.

B = *Brachiaria decumbens*; Bb = barbecho; Ca = *Centrosema acutifolium*

Cm = *Centrosema macrocarpum*; F = Frijol; P = *Pueraria phaseoloides*
M = Maíz; Y = Yuca; L = Labranza; LM = Labranza mínima; AQ = Abono químico

Para medir la dispersión del suelo se modificó el método descrito por Williams *et al.* (1966), prehumedeciendo lentamente las muestras con 30 ml de agua destilada y agitando a 70 rpm durante 10 minutos. Minutos después de la agitación (lectura inicial), con una pipeta automática se tomaron 10 ml de la suspensión para medir el porcentaje de transmisión de luz utilizando el espectrofotómetro Gilford Stasar (modelo 1220) a 630 nm. La concentración se determinó al comparar los resultados con una curva de calibración de concentración conocida que fue realizada con suelo y arcilla de los suelos estudiados. La lectura final se realizó dos horas después cuando se habían asentado las partículas de diámetro mayor de 2 μ .

Se realizó un ANOVA para determinar diferencias entre los tratamientos, pruebas de comparación de medias y como medida para la comparación estadística de los resultados específicos de la estabilidad entre los tratamientos se utilizó el Área Bajo la Curva de progreso (AUDPC de la sigla en inglés Área Under Degradation-Progress Curve) (Jeger y Viljanen-Rollinson, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Mondomo (Figura 1) la concentración de suelo en la suspensión para las lecturas inicial y final fue más baja en el testigo de referencia “suelo virgen” y en el tratamiento de rotación de cultivos más labranza mínima. Los tratamientos de rotación con adición de materia orgánica (gallinaza 3 t/ha) y coberturas con leguminosas presentaron los mayores valores de dispersión. Los resultados de estas medidas mostraron las tendencias de baja estabilidad en sistemas que incluyeron plantas de cobertura y materia orgánica.

En la localidad de Santander (Figura 2) el comportamiento fue similar, lo cual sugiere que la metodología fue sensible para detectar diferencias en términos del impacto sobre la estabilidad estructural. Los resultados también muestran las diferencias de separabilidad entre las dos localidades y fue mayor en Mondomo. Igualmente, se observa que las medidas de estabilidad para las dos escalas de unidades estructurales (1-2 y 2-4 mm) mostraron mayor dispersión para los agregados más finos y confirmaron que las unidades más pequeñas se dispersan porque absorben más la energía de las gotas de lluvia y los más gruesos son más coherentes y ofrecen una mayor resistencia a la separabilidad por agentes dispersantes como el agua (Bryan, 1968; Bruce-Okine y Lal, 1975; Castillo *et al.*, 1995).

El análisis de varianza combinado para la dispersión del suelo utilizando la prueba de turbidimetría

mostró que las interacciones época x localidad, época x tratamiento, localidad x tratamiento y época x localidad x tratamiento fueron altamente significativas ($p < 0.0001$).

Los resultados sugieren que la medición del suelo en suspensión determinado por turbidimetría puede constituir un método sencillo para evaluar la estabilidad de los terrones y el grado de acción de los agentes cementantes del suelo. También explican que la actividad biológica inducida por la adición de materia orgánica y el establecimiento de coberturas de leguminosa probablemente no logran afectar la estabilización de los agregados debido a que los ciclos de rotación implican periodos de preparación del suelo que genera rompimientos de raíces e hifas. El efecto además de reducido parece ser temporal.

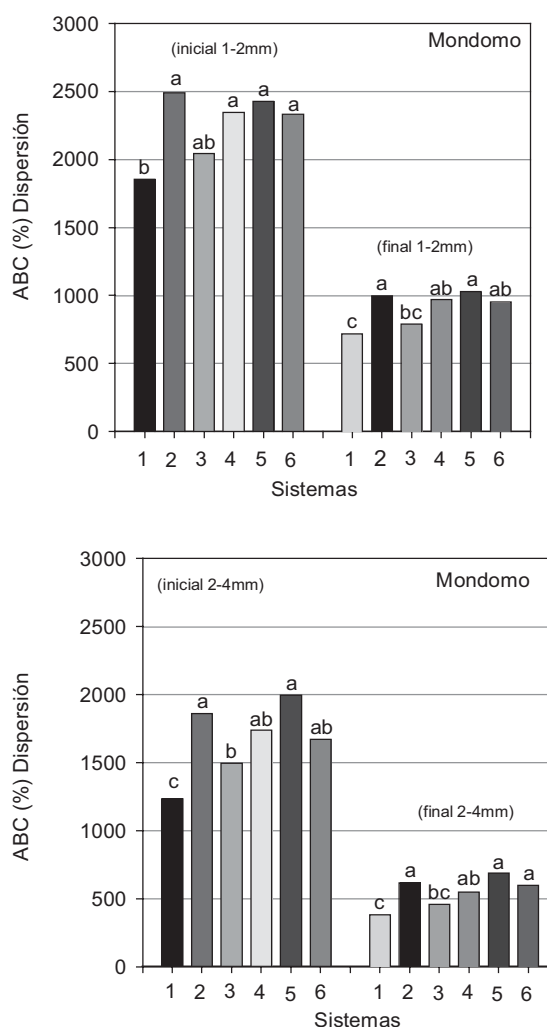


Figura 1. Área bajo la curva de progreso (ABCP) para el porcentaje de dispersión de suelo y arcilla en agregados de 1-2 y 2-4 mm de la superficie del suelo en sistemas de sucesión de cultivos y manejo en Mondomo (Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas).

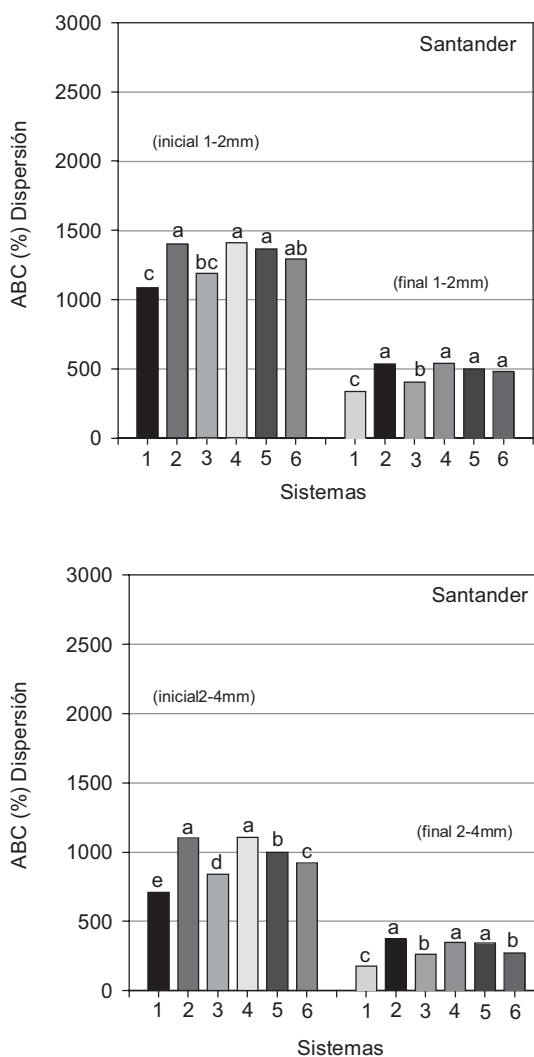


Figura 2. Área bajo la curva de progreso (ABCP) para el porcentaje de dispersión de suelo y arcilla en agregados de 1-2 y 2-4 mm de la superficie del suelo en sistemas de sucesión de cultivos y manejo en Santander (Medias con la misma letra no presentan diferencias significativas).

CONCLUSIONES

1. La actividad biológica inducida por adición de materia orgánica (gallinaza) y coberturas de leguminosas no afectaron la estabilización de los agregados en ocho años.
2. Los sistemas de rotación de cultivos con pradera mejorada y labranza mínima resultaron muy interesantes para la estabilidad

3. Los resultados sugieren que la metodología utilizada fue sensible para detectar diferencias entre suelos de estabilidad estructural variable.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a Karl Müller-Sämann; Edgar Amézquita C. Ph.D., físico de suelos (CIAT), que asistieron a la realización de esta investigación. El soporte financiero para este trabajo fue suministrado por el Ministerio Federal de Cooperación Técnica y Desarrollo (BMZE) ejecutado en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

BIBLIOGRAFÍA

1. Baldock, J.A.; Kay, B.D. 1987. Influence of cropping history and chemical treatments in the water-stable aggregation of a silt loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 67: 501-511.
2. Bruce-Okine, E.; Lal, R. 1975. Soil erodibility as determined by a raindrop technique. *Soil Sci.* 119:149-157.
3. Bryan, R.B. 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma* 2:5-26.
4. Castillo, J.A.; González M. A.; Müller-Sämann K.H. 1995. Determinación del índice de erodabilidad (K) en dos suelos del Departamento del Cauca, Colombia. *Suelos Ecuatoriales* 25: 81-85.
5. Castillo, J.A. 2004. Variación de la erodabilidad y aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en los Andes colombianos. Tesis Ph.D. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 165p.
6. Haynes, R.J. 1993. Effect of sample pretreatment on aggregate stability measured by wet sieving or turbidimetry on soils of different cropping history. *J. Soil Sci.* 44, 261-270.
7. Jeger M.J.; Viljanen-Rollinson, S.L.H. 2001. The use of area the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor Appl Genet.* 102: 32-40.
8. Molohe, M.B.; Page, E. R.; Grieve, I. C. 1985. A comparison of soil aggregate stability tests using soils with contrasting cultivation histories. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 319-337.
9. Pojasok, T.; Kay, B.D. 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist aggregates. *Can. J. Soil Sci.* 70, 33-42.
10. Reid, J. B.; Goss, M. J. 1981. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. *J. Soil Sci.* 32, 521-541.
11. Reid, J. B.; Goss, M. J. 1982. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. *J. Soil Sci.* 33: 47-53.
12. Williams, B.G.; Greenland, D. J.; Lindstrom, G.R.; Quirk, J. P. 1966. Techniques for the determination of the stability of soil aggregates. *Soil Sci.* 101: 157-163.