

Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA

Effect of chemical and organic fertilizers on the aggregation of a soil grown with *Musa acuminata* AA

William Andrés Cardona ^{1*}, Martha Marina Bolaños Benavides¹ y William Chavarriaga Montoya ²

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Colombia. ² Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Manizales, Caldas, Colombia. *Autor para correspondencia: williamandrescardona@gmail.com

Rec.: 19.07.2014 Acep.: 13.09.2014

Resumen

La estabilidad de agregados se define como la persistencia de sus partículas, frente a fuerzas destructivas (factores climáticos o acción antropogénica). El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de la fertilización sobre la estabilidad estructural de un suelo cultivado con bananito (*Musa acuminata* AA). Esta investigación se realizó en las fincas Manila y Asobaicotol (Icononzo, Tolima); empleándose un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y ocho tratamientos; que incluían compost, micorrizas, fertilizantes minerales, fertilizante 17-6-18-2 (60 y 100g) y un testigo absoluto (sin fertilización). Estos suelos presentaron agregación media (agregados >0,55mm) con valores de 38,8%, porcentaje de agregados extremos entre 40 - 50% y una estabilidad de agregados del 80%; clasificándolos como suelos muy estables. Las muestras de suelo que recibieron fertilización completa, compost + micorrizas y 60g de 17-6-18-2; presentaron estabilidad estructural clase 3. Los valores más altos de DPM (Diámetro Ponderado Medio) se obtuvieron con uso de solo compost y mezclado con micorrizas; en contraste, suelos que recibieron fertilizantes minerales y químicos presentaron mala estructuración (DPM <0.5mm). Mediante el uso del DGM (Diámetro Geométrico Medio) se observan valores más uniformes que con el DPM. Finalmente, bajo todos los tratamientos, agregados con diámetro >0,75mm no superaron el 50% y por el contrario, las muestras de suelo presentaron entre 20 - 30% de agregados con diámetro <0,25mm. Los resultados obtenidos, permiten evidenciar el efecto positivo de la aplicación de compost y micorrizas sobre la agregación del suelo bajo estudio.

Palabras clave: Compost, micorrizas, agregados, materia orgánica del suelo, bases intercambiables.

Abstract

Aggregate stability is defined as the persistence of its particles, against destructive forces (climatic factors and anthropogenic activity). The aim of this research was to analyze the effect of fertilization on the structural stability of a soil grown with baby banana (*Musa acuminata* AA). This research was carried out in Manila and Asobaicotol farms (Icononzo, Tolima Department, Colombia); a randomized complete block design with four replications and eight treatments were performed; including compost, mycorrhiza, mineral fertilizers, fertilizer 17-6-18-2 (60 to 100g) and an absolute control (without fertilization). These soils performed medium aggregation (aggregated > 0.55mm) with values about 38.8%, percentage of aggregates extremes, among 40 - 50% and an aggregate stability about 80%; which allows classifying as very stable soils. The soil samples that received complete fertilization, compost + mycorrhiza and 60g of fertilizer 17-6-18-2; presented structural stability, class 3. MWD (Medium Weighted Diameter) higher values were obtained using only compost and mixed with mycorrhiza; in contrast, soils receiving mineral and chemicals fertilizers, showed poor structuring (MWD < 0.5mm). Using the GMD (Geometrical Medium Diameter) more uniform values are observed than with the MWD. Finally, under all treatments, aggregates with diameter > 0.75 mm did not exceed 50% and conversely, soil samples showed 20 - 30% of aggregates with diameter < 0.25 mm. The results obtained allow show the positive effect of the application of compost and mycorrhiza on soil aggregation under study.

Keywords: Compost, mycorrhiza, aggregates, soil organic matter, exchangeable bases.

Introducción

Se entiende por agregado del suelo, a un grupo o conjunto de partículas donde las fuerzas de unión entre sí superan a las existentes entre éste y otros grupos adyacentes y por estructura, al arreglo u ordenamiento espacial de los agregados, la floculación y la cementación (Six, Bossuyt, Degryze, & Deneff, 2004). La estabilidad de agregados (EA) es definida como su persistencia frente a fuerzas destructivas, sean éstos factores climáticos, antropogénicos u otros (Kay & Angers, 2000).

Los hongos micorrícicos y saprófitos son los microorganismos del suelo más importantes que intervienen en la formación y estabilización de agregados; las raíces de plantas micorrizadas pueden romper los agregados existentes, pero también logran estabilizar los agregados que rodean, a través de sus exudados en asociación con la actividad microbiana (Six *et al.*, 2004).

Dado que los sistemas de manejo de los cultivos en general, tienen fuerte influencia sobre las características estructurales del suelo, la EA se considera como un indicador clave para evaluar su calidad. La estabilidad de agregados del suelo está altamente correlacionada con el contenido de MOS (materia orgánica del suelo), pero la adición de residuos de cosecha y estiércol no son suficientes para restaurar su calidad física (Alagöz & Yilmaz, 2009). La fertilización química proporciona nutrientes fácilmente disponibles para el crecimiento de plantas, sin embargo, no contribuye a mejorar la condición física del suelo. Dado que los sistemas de manejo del suelo influyen en su física y fertilidad, es importante determinar el efecto en el tiempo, de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la estabilidad estructural de un suelo cultivado con bananito (*Musa acuminata* AA); debido a la importancia de tener una adecuada estabilidad estructural para el desarrollo radical óptimo de la especie.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en los predios de las fincas Manila y Asobaicotol localizadas geográficamente con las siguientes coordenadas: 4°11'04"N, 70°27'20"O pertenecientes al municipio de Icononozo, Departamento del Tolima, Colombia. Allí se establecieron las plantas de bananito, previo análisis del suelo y posterior a la preparación del terreno. Los suelos de estas fincas presentaron un pH extremadamente ácido (valores entre 4,7 - 4,9), toxicidad de aluminio (superior a 1 cmol/Kg) y bajo contenido de bases intercambiables. Los análisis químicos iniciales de suelo de los lotes experimentales Asobaicotol y Manila, mostraron valores de fósforo, muy bajos (4,9 y 3,8 mg/Kg) y de 0,19 y 0,23 cmol/Kg de

potasio, respectivamente. Esta especie presenta los siguientes requerimientos nutricionales en kilogramos por hectárea: N = 45, P₂O₅ = 65, K₂O = 135. En esta zona cafetera, es conveniente formular adecuados planes de fertilización integrada, basados en los requerimientos nutricionales de la especie; ya que son suelos que se caracterizan por tener una topografía quebrada, pH ácido, toxicidad de aluminio, y alta retención fosfórica por ser de origen volcánico.

Se empleó un diseño de bloques compuesto al azar, con ocho tratamientos (incluyendo el testigo absoluto) y cuatro bloques; tres bloques en el lote Manila; y un bloque en el lote Asobaicotol, donde cada tratamiento tenía 9 plantas como unidad de muestreo. Se utilizaron los siguientes tratamientos de fertilización:

T1. Fertilización completa

La fertilización completa estaba conformada por la fertilización mineral, fertilización con compost y micorrizas. Donde la fertilización mineral se realizó con base en la demanda nutricional del cultivo, según lo reportado por Belalcázar (1992) y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Utilizando 600g/hueco de cal dolomita, para incrementar pH y la concentración del magnesio (0.46cmol/Kg). Los análisis químicos iniciales, mostraron bajos valores de fósforo, por esta razón, fue necesario incluir la aplicación de 333g de Fosforita Huila/hueco. El potasio se encontraba entre 0,19 - 0,23cmol/Kg, haciendo indispensable la, incorporación de 200g de sulfato de potasio. En la fertilización con compost, se empleó 1kg/planta de abono orgánico y como biofertilizante se emplearon 100g de micorrizas/planta. Adicionalmente también se hicieron aplicaciones con quelatos de cobre, zinc y manganeso y Bórax.

T2. Compost

Para este tratamiento se aplicó 1kg/planta de compost proveniente de gallinaza, melaza, fruta de bananito y raquis. El compost fue elaborado siguiendo la metodología de Luna y Bolaños (2007). El análisis químico del material orgánico una vez terminado el proceso de compostaje, arrojó la siguiente composición: 1.1% N; 1.4% P₂O₅; 2.4-3.0% K₂O; 35 meq/100 CIC; 26-30% MO; 8.2-8.4 pH.

T3. Compost con fertilización mineral.

Fertilización completa sin micorrizas

T4. Compost con micorriza

Se empleó compost y micorrizas (1kg y 100g por planta) respectivamente.

T5. Fertilización mineral con micorriza

Fertilización completa sin compost

T6. Manejo productor Valle

Los productores del Departamento del Valle del Cauca, Colombia realizan la fertilización sin basarse en análisis de suelo, generalmente utilizan 60g de 17 - 6 - 18- 2.

T7. Manejo productor Tolima

Productores de Icononzo, fertilizan con 600g/hueco de cal dolomita y 100g de 17 - 6 - 18- 2.

T8. Testigo

Sin fertilización. En todos los tratamientos (a excepción del testigo absoluto), se empleó alguna fuente de nutrientes (compost o fertilizantes minerales) necesarios para la nutrición del cultivo; por esta razón no se contempló utilizar un tratamiento que solo tuviera micorrizas.

Los muestreos de suelo se realizaron teniendo en cuenta el tratamiento aplicado y su respectivo bloque, antes del establecimiento del experimento y consecuentemente, a los 18 meses después de siembra. Para determinar el estado de agregación del suelo, se tomaron muestras disturbadas de 1Kg de suelo en todos los tratamientos. La distribución del tamaño de agregados se determinó por tamizado en húmedo o Yoder (Jaramillo, 2002). Se ensamblaron juego de tamices de 4 - 2 - 1 - 0.5 - 0.25 y <0.25mm de tamaño de abertura.

Para calcular los índices de estabilidad estructural del suelo, como diámetro ponderado medio (DPM), diámetro geométrico medio (DGM), índice de estructura (IE), suma de agregados extremos (AE) y/o contenido de agregados finos (AF); se utilizaron las fórmulas de Jaramillo (2002). Los datos obtenidos (tamaño de agregados) se procesaron con software Statgraphics Centurion mediante ANAVA y prueba Tukey 5% ($p < 0.05$). Para el análisis de los índices, se tuvieron en cuenta, los valores de referencia reportados por Jaramillo (2002).

Resultados y discusión

Con respecto al tamaño de agregados, se encuentran diferencias significativas relacionadas directamente con el peso retenido en cada tamiz. En la tabla 1, se puede observar que el mayor porcentaje de peso, lo presentan agregados con diámetro inferior a 0,25mm. Según Malagón y Montenegro (1990), estos suelos presentan un estado de agregación medio (es decir, cuando el porcentaje de las partículas son superiores a 0.55mm y se encuentra entre el 35 y 80%. En este caso, se tiene un porcentaje acumulado del 38.8%).

Tabla 1. Peso retenido en cada tamiz

Tamaño (mm)	Media LS
4	8,77a*
0,25	13,80b
2	16,21b
0,5	17,02b
1	17,17b
< 0,25	27,04c

*: Tratamientos con la misma letra no representan diferencias significativas. Tukey (5%).

El determinar la estructura del suelo, es especialmente útil cuando se quieren comparar y evaluar diferentes prácticas de manejo en su efecto sobre el suelo o cuando se desea conocer el grado de deterioro físico del suelo que han producido dichas prácticas al ser utilizadas durante períodos de tiempo relativamente largos (Jaramillo, 2002).

Tabla 2. Índices para caracterizar la estabilidad estructural

Tratamiento	EA (%)	IE (%)	AF [$< 0,5$ mm] (%)	AE [> 2 mm + $< 0,25$ mm] (%)	DPM (mm)	DGM (mm)
Completa	79,23	81,78	20,77	55,01	0,55	0,86
Compost	80,70	131,35	19,30	43,23	0,67	0,90
Mineral + Compost	82,75	124,25	17,25	44,59	0,46	0,81
Compost + Micorrizas	79,09	93,15	20,91	51,77	0,65	0,91
Mineral + Micorrizas	80,89	100,10	19,11	49,97	0,49	0,85
Manejo Valle	79,16	84,08	20,84	54,32	0,56	0,87
Manejo Tolima	83,67	110,37	16,33	47,54	0,38	0,77
Testigo	80,23	98,38	19,77	50,41	0,55	0,77

EA: Estabilidad de Agregados; IE: Índice Estructural; AF: Agregados Finos; AE: Agregados Extremos; DPM: Diámetro Ponderado Medio; DGM: Diámetro Geométrico Medio.

Como se puede observar en la tabla 2, los suelos que recibieron diferentes tratamientos de fertilización presentaron un porcentaje de agregados extremos entre 40% - 50%, encontrándose igual proporción entre agregados extremos y las demás clases de agregados. Estos suelos presentaron agregados finos ($< 0,5$ mm) entre 16,33% y 20,91%; valores que se pueden considerar bajos y que según (Safar, González y Cappelli, 2011) estas características hacen que sean menos susceptibles a la erosión. Con base en el porcentaje de agregados $< 0,5$ mm (AF) clasificado por Malagón y Montenegro, (1990) citados por Safar *et al.* (2011), suelos que recibieron fertilización completa, compost + micorrizas y 60g de 17 - 6 - 18 - 2; presentaron una estabilidad estructu-

ral alta, clase 3 (20,1% – 30 %); en contraste los suelos que recibieron los demás tratamientos de fertilización presentaron una estabilidad media, clase 2 (10,1% – 20%). Los agregados menores a 0,25mm no contribuyen a la aireación del suelo por lo que su contenido debe ser bajo (como en estos suelos) para que haya un buen suministro de oxígeno a las raíces. Los agregados extremos (AE) se utilizan para conocer posibles problemas en la estructura y la agregación del suelo, debido a que si el contenido de agregados mayores a 2mm es muy alto, alrededor de 80% o más, se puede estar en presencia de un suelo cementado y si el contenido de agregados finos es muy alto, como se mencionó anteriormente se puede estar en presencia de un suelo susceptible a la erosión (Jaramillo, 2002).

La estabilidad de agregados (EA) en estos suelos, independientemente del tratamiento de fertilización estuvo alrededor del 80%, considerando suelos muy estables; permitiendo deducir una alta resistencia a la erosión por golpe de agua o lluvias (Meza & Geissert, 2006). Según (Sandoval-Estrada, Celis-Hidalgo, Stolpe-Lau, & Capulín-Grande, 2010) cuando el índice de agregación (DPM), determinado por el método de Yoder, es inferior a 0,5mm, se puede estar en presencia de un suelo con mala estructuración y aunque independientemente del tratamiento de fertilización empleado, estos suelos presentaron un DPM muy bajo, es de resaltar que los valores más altos (> 0,5mm) se obtuvieron con el uso de solo compost y en mezcla con micorrizas. La agregación del suelo puede ser expresada por el DPM, DGM y la estabilidad de agregados (Castro Filho, Lourenço, de F. Guimarães e Fonseca, 2002). El diámetro geométrico promedio caracteriza mejor el diámetro dominante en los agregados del suelo que el DPM; cuando la distribución de agregados estables al agua no es simétrica, como ocurre en estos suelos (Safar *et al.*, 2011). Por esta razón, algunos autores recomiendan usar la media geométrica del diámetro de agregados estables (DGM) (Castro Filho *et al.*, 2002). Con el uso del DGM se pueden observar valores más uniformes (tabla 2) y que nuevamente muestran el efecto positivo del uso de compost y micorrizas, en contraste con el testigo y uso de fertilizantes químicos donde se obtuvieron las medias más bajas. De igual forma el Índice de Estabilidad Estructural (IE) de estos suelos, fue mayor con el uso de compost (tabla 2). Las muestras de suelo que no recibieron ningún tratamiento de fertilización presentaron valores en agregación y estabilidad estructural comparables con los demás suelos que recibieron algún tipo de fertilización, debido a que las raíces de las plantas de bananito por medio de sus exudados, unen, empaquetan y separan las partículas. El uso de fertilizantes químicos a menudo mejora la estructura del

suelo en comparación con suelos no fertilizados (Munkholm, SchjOnning, Deboasz, Jensen & Christensen, 2002). Como se puede observar en la tabla 2, el efecto positivo del fertilizante 17 – 6 – 18 – 2 no es muy contrastante con el efecto de los demás tratamientos de fertilización, presentando valores de estabilidad estructural muy similares a los del testigo absoluto; sin embargo es importante resaltar que con la dosis más alta de este fertilizante (100g) se obtuvo el DPM más bajo; en contraste con lo encontrado por Subbian, Lal, Akala, (2000) el uso de fertilizantes químicos aumentó la agregación y el DPM; lo cual estuvo estrechamente relacionado con el incremento del Carbono Orgánico del suelo (COS).

Otro resultado obtenido es la curva de adición porcentual entre diámetro promedio del rango correspondiente vs contenido de agregados acumulado, en porcentaje, en ese tamaño (figura 1). En esta gráfica se puede establecer, por interpolación, el diámetro que le corresponde al 50% de los agregados acumulados en la prueba, valor que se conoce como diámetro medio estimado (DME).

En la figura 1, se aprecia la distribución de agregados bajo diferentes tratamientos de fertilización; nótese que, bajo todos los tratamientos, agregados con diámetro mayor a 0,75mm (tamaños grandes) no superan el 50% y, en cambio, tienen entre 20 – 30% de agregados con diámetro menor a 0,25mm, que son poco deseables ya que no contribuyen a la aireación del suelo.

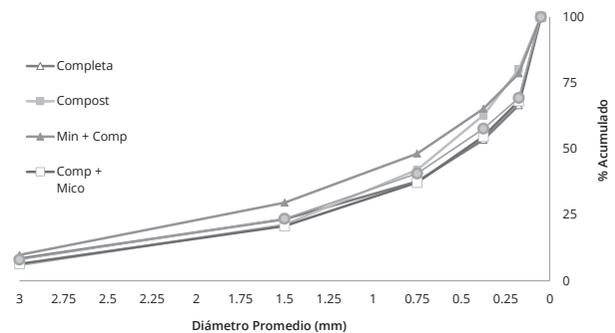


Figura 1. Distribución acumulativa de los tamaños de agregados, con y sin compost

En este orden de ideas, se puede inferir que los Porcentajes altos de agregados menores de 0.5mm, aumentan gradualmente la susceptibilidad a la erosión del suelo; como se puede observar en la figura 1, existen entre un 40 – 50% de agregados con diámetro inferior a 0.5mm. Por esta razón, las prácticas de manejo de este suelo, deben estar enfocadas a evitar su pérdida por erosión, mediante la implementación de coberturas vegetales, aplicaciones semestrales de compost y uso de biofertilizantes. De igual forma, cuando el contenido de agregados mayores a 2

mm era muy alto, alrededor del 80% o más, se puede afirmar con propiedad que se encuentra en un escenario de suelo cementado. Adicionalmente, se deduce que los tamaños de agregados más deseables son aquellos que están alrededor de los 3mm de diámetro.

Conclusiones

Los suelos que recibieron fertilizantes minerales y químicos, presentaron una estructuración deficiente. En contraste, se expone el efecto positivo que tiene el uso del compost o asociado sinérgicamente con micorrizas sobre la estructura del suelo, particularmente en suelos que estuvieron expuestos a aplicaciones orgánicas, lo cual resultó en un DPM significativamente más alto. La adición de materia orgánica por medio del compost elaborado con los residuos del sistema agrícola (cultivo de bananito) y la incorporación de micorrizas al suelo, permitieron mejorar las propiedades físicas del suelo consideradas en este estudio.

Los suelos bajo estudio presentaron valores bajos de agregados finos e igual proporción de agregados extremos y demás tamaños de agregados. El uso de fertilizante 17 – 6 – 18 – 2 en dosis de 60g presentó valores de estabilidad estructural muy similares a los obtenidos con la aplicación de enmiendas orgánicas. Sin embargo, cuando la dosis se incrementa a 100g, se presenta una drástica disminución en el DPM.

Referencias

- Alagöz, Z.; y Yilmaz, E. (2009). Effects of different sources of organic matter on soil aggregate formation and stability: A laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Soil & Tillage Research*, 103, 419–424.
- Belalcázar, S.L. (1992). *El Cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico. Manual de asistencia técnica* No. 50. Quindío, Colombia. Ferva Ltda.
- Castro Filho, C., Lourenço, A., de F. Guimarães, M., & Fonseca, I.C.B. (2002). Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. *Soil and Tillage Research*, 65(1), 45-51. [http://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00275-6](http://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00275-6)
- Malagón Castro, D., & Montenegro González, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá, Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del suelo*. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Kay, B.D.; y Angers, D.A. (2000). *Soil structure*. In: M. Sumner (ed.) *Handbook of soil science*. (pp. 229-276). Boca Ratón, FL. CRC Press.
- Luna, L.A., & Bolaños, M.M. (2007). *Producción de abonos orgánicos de buena calidad*. Palmira, Colombia. Produmedios.
- Meza, E.; y Geissert, D. (2006). Estabilidad de estructura en andisoles de uso forestal y cultivados. *TERRA Latinoamericana*, 24, 163-170.
- Munkholm, L. J., SchjOnning, P., Deboz, K., Jensen, H. E., & Christensen, B. T. (2002). Aggregate strength and mechanical behaviour of a sandy loam soil under long-term fertilization treatments. *European Journal of Soil Science*, 53(1), 129-137. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00424.x>
- Safar, S., González, H., & Cappelli, N. L. (2011). Efecto de los arados rotativos sobre algunas propiedades físicas de un suelo franco arcilloso. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 32-44
- Sandoval-Estrada, M., Celis-Hidalgo, J., Stolpe-Lau, N., & Capulín-Grande, J. (2010). Efecto de enmiendas con lodos urbanos y de salmonicultura en la estructura de un Entisol y un Alfisol en Chile. *Agrociencia*, 44(5), 503-515
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Deneff, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7-31. <http://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>
- Subbian, P.; Lal, R.; y Akala, V. (2000). Long-term effects of cropping systems and fertilizers on soil physical properties. *Journal of Sustainable Agriculture*, 16(2), 89-100. http://doi.org/10.1300/J064v16n02_08