



Efecto de la adición de materia orgánica en el suelo para la producción hortícola

Dagoberto Castro R.; Juan Carlos Montoya V.;*
Luz Stella Ospina D. y Alejandra María Zuluaga M. **

Resumen

*Las enmiendas al suelo agrícola con materia orgánica en forma de compost contribuyen a mejorar su fertilidad y sus propiedades físico-químicas. Se evaluó el efecto de compost de seis fuentes diferentes aplicados al suelo sobre la producción en los cultivos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en rotación con zanahoria (*Daucus carota*). Las fuentes de compost fueron: una de procesos tecnificados de compostaje de residuos vegetales aportado por la Universidad Javeriana, llamado Bioagrícola del Llano; otro producto comercial de gallinaza compostada; dos de procesos convencionales que utilizan los agricultores en la región; uno donde se utilizan biosólidos, y un testigo al que no se le incorporó materia orgánica. Los resultados obtenidos indican que cuando se sembró brócoli, el ensayo donde se utilizó el compost procedente de Bioagrícola del Llano obtuvo la mayor producción, de 19,6 t/ha; cuando se sembró en un segundo ciclo de rotación con el cultivo de zanahoria y se utilizó el compost de Bioagrícola del Llano y el producto comercial con gallinaza, se lograron también las mayores productividades, de 15 t/ha. Estos resultados indican que el uso de un compost estabilizado ejerce un efecto positivo en la productividad de los cultivos.*

Palabras clave: *compost, materia orgánica, brócoli, zanahoria.*

* Unidad de Biotecnología, Universidad Católica de Oriente. Carrera 46 N° 40B-50, Rionegro (Antioquia), Colombia. Contacto: dcastro@uco.edu.co; jmontoya@uco.edu.co

** Estudiantes pasantía. Programa de agronomía y zootecnia.

Abstract

*Organic matter addition in the form of compost helps to improve soil fertility and physico-chemical properties. Six sources of compost were analyzed in the production of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) in rotation with carrot (*Daucus carota*). Compost sources were: one from technified composting processes based on vegetable left overs, which was provided by Universidad Javeriana from Bioagrícola del Llano, and another commercial product based on composted chicken manure; other two composts produced through conventional methods by local farmers; a bio-solid-based compost; and a control product with no organic matter incorporated. Results obtained when growing broccoli show the largest production using Bioagrícola del Llano's compost — 19,6 t/h; in the second rotation cycle, growing carrots, Bioagrícola del Llano's and the commercial chicken manure mix were used, with yield increasing to 15 t/ha. These results suggest stabilized compost affects crop yields positively.*

Key words: compost, organic matter, broccoli, carrot crops.

Introducción

El suelo es un recurso viviente, dinámico y no renovable, cuyo adecuado funcionamiento es vital para la producción de alimentos, y para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global (Doran, 2002). Las prácticas de manejo convencionales como el uso de fertilizantes, el arado, las prácticas de manejo de los cultivos y el empleo de pesticidas han tenido influencia sobre la calidad del agua y de la atmósfera, ya que han generado cambios en la capacidad del suelo para producir y consumir gases como CO₂, óxido nitroso y metano (Doran y Zeiss, 2000). Este tipo de manejo ha contribuido a la pérdida de la materia orgánica del suelo, reduciendo su fertilidad, la capacidad de retención del agua y la estabilidad estructural, con incrementos en la erosión y el CO₂ atmosférico (Roldán *et al.*, 2003).

En suelos cultivables, la adición de materia orgánica se utiliza para mejorar la fertilidad mediante el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y las propiedades del suelo, tales como la agregación (Pagliai *et al.*, 2004), la capacidad de infiltración y retención de agua (Stamatiadis *et al.*, 1999; Montecinos, 1997), y el efecto residual de herbicidas y productos fitosanitarios (Moorman *et al.*, 2001).

Entre las enmiendas orgánicas se encuentra el compost, que es una mezcla de diferentes materiales, entre los que se cuentan materia orgánica de distinto origen, microorganismos y elementos minerales propios del suelo. Es un producto del proceso biooxidativo, que se logra en un proceso de conversión de materia orgánica heterogénea sólida en partículas finas homogéneas generadoras de humus (Brodie *et al.*, 1994). El compost se confecciona procurando seguir las leyes naturales de descomposición de la materia orgánica que recibe un suelo, si bien las condiciones en las que ocurre la descomposición pueden controlarse para optimizar este proceso: se necesitan temperaturas de 30 a 55°C y humedad del 40 a 60%. Por la misma razón, se intenta que las pilas de compostaje contengan los materiales adecuados como: mezclas de restos vegetales con un poco de tierra arcillosa y muy poca cal; como fuente de nitrógeno animal se añade estiércol de aves, equinos, porcinos o vacunos (Seifert, 1988).

En el presente trabajo se propone evaluar qué efecto tiene la adición de enmiendas compostadas al suelo, con diferentes fuentes de materia orgánica, en los rendimientos en cultivos de brócoli en rotación con zanahoria en un suelo de la zona de vida bosque húmedo montano bajo.

Materiales y métodos

Localización. Los ensayos sobre el efecto de las diferentes clases de materia orgánica en condiciones de campo se realizaron en la finca Santa María, ubicada en el municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia, la cual está localizada sobre una altura de 2.420 msnm, tiene una temperatura media de 17° C y precipitación promedio de 1.500 mm (zona de vida: bosque húmedo montano bajo) (Espinal, 1977).

Tipos de compostajes evaluados. Se seleccionaron tres tipos de abonos orgánicos preparados convencionalmente por los productores de hortalizas, un abono comercial compuesto principalmente por gallinaza y un compost técnicamente elaborado (Bioagrícola del Llano), el cual fue suministrado por la Universidad Pontificia Javeriana, de la ciudad de Bogotá. A continuación se presentan las principales características de cada tipo de abono:

- a) *Finca Agropaisa.* La materia orgánica procede de los residuos de cosecha y se deposita en un hueco, de forma continua, hasta que se rellena completamente; no hay control sobre temperatura, humedad y composición.
- b) *Finca El Recuerdo.* La producción de compost se realiza amontonando tierra, a la que se le añaden gallinaza, residuos de cosecha, residuos de cocina y estiércoles de vacunos; luego se tapan con un plástico y se dejan en descomposición hasta que solo se ve tierra.
- c) *Finca Bilachuaga.* En esta finca se incorporan lodos o biosólidos de la planta San Fernando de las Empresas Públicas de Medellín, y se les adicionan suelo y residuos vegetales.
- d) *Abono comercial.* Se trata de un producto preparado a partir de gallinazas como fuente de materia orgánica.
- e) *Compost Bioagrícola del Llano.* Es un compost producido en la ciudad de Villavicencio, siguiendo todas las normas técnicas de calidad en la producción de compost.

f) *Testigo.* No se incorporó materia orgánica.

Con el propósito de conocer la calidad de los compostajes utilizados se realizó un análisis físico-químico de cada uno de ellos.

Establecimiento de cultivos. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones y se establecieron parcelas de 108 metros cuadrados, que se trataron con los cinco tipos de materia orgánica utilizada y el testigo. En el primer ciclo de siembra se estableció el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Posteriormente, se realizó un segundo ciclo con rotación de cultivos en el que se sembró zanahoria (*Daucus carota*), aplicando los mismos materiales orgánicos. Este sistema de rotación es el que utiliza la mayoría de agricultores de la zona. La cantidad de material orgánico aplicado en cada ensayo correspondió a la dosis usada en la zona, de 2.000 k/ha. Las variables evaluadas correspondieron a los rendimientos de las plantas (expresados en kilogramos por hectárea) y a los contenidos de elementos en el suelo durante el primer ciclo de cultivo.

Resultados

Características de materiales orgánicos. La caracterización química de los compostajes evaluados (tabla 1) mostró que en general todos se encontraron en el rango de pH aceptado por la norma técnica colombiana, establecido entre 5 y 8 (NTC- 5167, 2004). El pH más bajo se registró en el compost precedente de la finca El Recuerdo; esta situación puede estar asociada a los materiales de origen de este compost, fundamentalmente de estiércoles.

La capacidad de intercambio catiónico es un indicador de fertilidad de los suelos y de los abonos orgánicos, que a su vez está asociado al intercambio de iones con carga positiva de gran importancia para la nutrición de las plantas, como calcio, magnesio, potasio, amonio, hidrógeno, etc. Este indicador se mide en meq/100g,

y según la NTC-5167 debe ser mayor de 30. Solo los compostajes correspondientes al abono comercial y a Bioagrícola del Llano mantuvieron estos valores.

Para los valores de nitrógeno total, fósforo y potasio asimilable, la NTC-5167 pide registrarlos solo si son mayores de 1%. El abono comercial y el compost de Bioabonos (Bioagrícola del Llano) mostraron niveles superiores de nitrógeno en este valor. Los contenidos de fósforo y de potasio fueron los mayores en estos dos productos, lo cual indica un mejor balance de macronutrientes. Esto se debe ante todo al control de variables como temperatura, humedad y tamaño de partículas, y fundamentalmente a una adecuada relación de C/N de los materiales de origen y a las dimensiones de las pilas. La relación carbono/nitrógeno (C/N) es una de las principales características de la calidad de

los abonos orgánicos, proporciona una estimación directa de las fracciones biológicamente degradables en el compost, y por lo tanto tiene influencia en su velocidad de descomposición, en la fijación y mineralización del nitrógeno del suelo y en las propiedades físicas y químicas de los mismos. La NTC-5167 pide que sea menor de 25; en este caso todos los abonos orgánicos analizados presentan relaciones C/N por debajo de este valor, así es que todos cumplen este requisito y por ende se consideran maduros. Para el carbono orgánico oxidable, la NTC-5167 recomienda que el porcentaje de carbono orgánico sea mayor de 15%. Sólo el abono comercial y el compost de Bioagrícola lograron valores superiores a lo requerido por la norma. Todos los compostajes desarrollados por los productores se encuentran por debajo de este índice (véase tabla 1).

Tabla 1. Caracterización química de cinco fuentes de materia orgánica

Parámetros	Finca Agropaisa	Finca El Recuerdo	Finca Bilachuaga	Abono comercial	Bioagrícola del Llano
pH	6,4	5,7	6,5	7	6,5
CIC. meq/100 g	20,9	26,4	25	30	32
Nitrógeno %	0,49	0,27	0,50	1,2	2-3
Fósforo P ₂ O ₅ %	0,15	0,04	0,25	1	1
Potasio K ₂ O %	0,18	0,05	0,05	1,0	0,5
Carbono orgánico %	6,22	4,68	4,55	15	16
Relación C/N	12,7	17,3	9,1	10	5,3
Cenizas %	44,16	50,54	45,9	40	35
Humedad máx. %	39	33	38	20	25
Calcio %	0,58	0,44	0,4	0,8	0,8
Magnesio %	0,2	0,07	0,3	0,6	0,5
Fuentes	Residuos vegetales	Residuos vegetales	Biosólidos, residuos vegetales	Gallinaza, equinaza, cascarilla de arroz	Residuos vegetales

Fuente: Laboratorio de suelos Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Efecto de las enmiendas orgánicas en el cultivo de brócoli (B. oleracea var. italica). En la tabla 2 se muestran los resultados relacionados con el contenido de materia orgánica (MO), fósforo y potasio; al inicio y al final del cultivo de brócoli con relación a los demás tratamientos; le siguió en orden de importancia el empleo de biosólidos y el material de la finca El Recuerdo.

Teniendo en cuenta que el rendimiento promedio para el cultivo de brócoli en Colombia se encuentra entre 12 y 14 ton/ha, los resultados muestran que los ensayos realizados con los materiales orgánicos de Bioagrícola del Llano, Biosólidos y la finca El Recuerdo estuvieron por encima del promedio. A su vez, la finca Agropaisa y el abono “comercial” produjeron rendimientos en el rango promedio, mientras que el testigo estuvo por debajo del rango inferior de la producción media nacional.

En la tabla 2 se muestran los resultados relacionados con la presencia de algunos elementos. Teniendo en cuenta que contenidos de MO

mayores al 10% son altos, se observa cómo en todos los casos fueron superiores al 20%. Esto se explica por las propiedades del suelo de la región, como son los andisoles, donde la formación de complejos órgano-minerales protegen la materia orgánica de la descomposición.

Al contrario, el fósforo mostró en todos los tratamientos una alta disponibilidad al comienzo; sin embargo, después de la cosecha del brócoli se apreció un descenso drástico. La razón es que la mayoría de las crucíferas son capaces de utilizar las reservas minerales del suelo mejor que la mayor parte de las plantas y acumular importantes cantidades de ellos en sus partes aéreas, principalmente fósforo (Puchades, 2001). En el caso del potasio, en general los materiales orgánicos mostraron altos niveles de disponibilidad al inicio de los ensayos; después de la cosecha del brócoli se presentó un alto consumo, lo cual pone de manifiesto la importancia de este elemento en el metabolismo de esta planta.

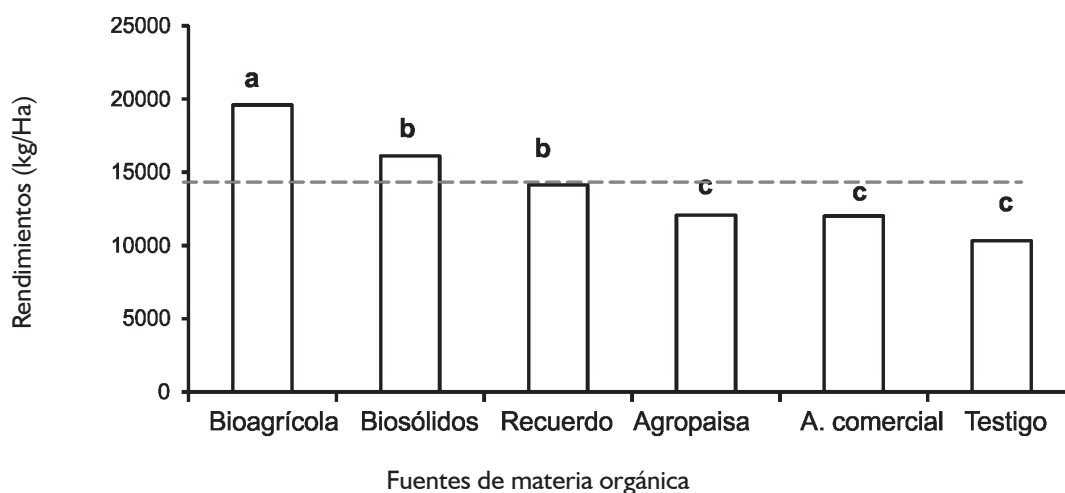


Figura 1. Producción de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) con el empleo de materia orgánica de diferentes procedencias (primer ciclo). La línea punteada indica los rendimientos promedio en Colombia. Los tratamientos con letras diferentes presentaron significación para $p < 0,05$ por el test de Duncan.

Tabla 2. Contenidos de algunos elementos en las muestras de materiales orgánicos al inicio del cultivo y después de la cosecha del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)

Tratamiento	M.O. (%)		P (ppm)		K (meq/100g)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Testigo	23,4	25,9	98	57	0,35	0,30
Agropaisa	20,5	23,2	105	41	0,93	0,26
Finca El Recuerdo	23,5	25,6	109	49	0,82	0,21
Biosólidos (Bilachuaga)	22,4	31,3	104	59	0,49	0,22
Abono comercial	25,2	28	139	63	3,30	1,10
Bioagrícola	25,8	27,2	144	42	5,87	0,18

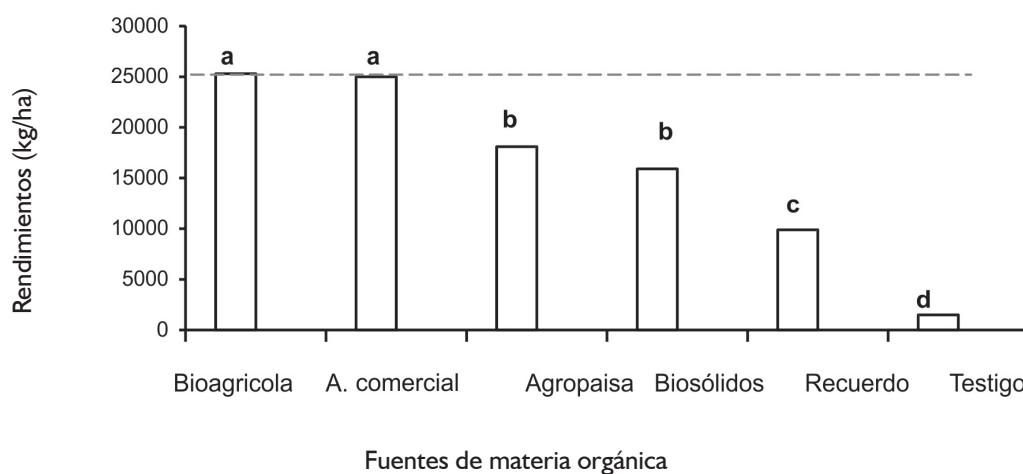


Figura 2. Producción de zanahoria (*Daucus carota*) con el empleo de materia orgánica de diferentes procedencias (segundo ciclo). La línea punteada indica los rendimientos promedios de zanahoria en Colombia. Los tratamientos con letras diferentes presentaron significación para $p < 0,05$ por el test de Duncan.

Los resultados de la figura 2 muestran que los sustratos procedentes de Bioagrícola y Nitrafos presentaron los mejores resultados en rendimiento, según el promedio nacional (25 a 30 ton/ha); esto se puede explicar por el proceso seguido que garantiza un contenido de nutrientes estable.

En el caso del biosólido o de los compostajes preparados por los productores, se puede argumentar que son inestables, y por lo tanto estas formas pueden lavarse más fácilmente con el agua. Un compost estabilizado tiene la condición de liberar los nutrientes lentamente, de tal manera que se minimizan las pérdidas.

De acuerdo con los anteriores resultados, es importante entender que no todas las enmiendas orgánicas se comportan de igual manera en términos de liberación. La relación C/N y el tipo de fracción (lábil, recalcitrante, etc.) influyen en la velocidad de liberación. Los materiales medianamente compostados pueden aportar mayor cantidad de nitrato en el corto plazo, pero carecen de muchos de los beneficios que en el largo plazo aporta el compost (Brenes, 2003), y en general son fácilmente mineralizables; por lo tanto su contribución final a la materia orgánica estable del suelo puede ser escasa, y no pueden considerarse estrictamente un fertilizante con valor orgánico, sino más bien un fertilizante mineral (Boixadera y Teira, 2001).

Conclusiones

Se puede concluir que los materiales técnicamente compostados producen mayores beneficios al suelo, lo que genera un mayor rendimiento en los cultivos y mantiene una adecuada fertilidad en el mismo. Para el caso del ensayo con brócoli, las materias orgánicas utilizadas con mayores rendimientos fueron Bioagrícola del Llano seguida por Biosólidos; y para el caso de la zanahoria las mejores materias orgánicas utilizadas con mayores rendimientos fueron el abono comercial, seguido por Bioagrícola del Llano.

La no incorporación de materia orgánica al suelo o la incorporación de materiales orgánicos mal compostados no generan un rendimiento representativo y no ayudan a mantener los niveles de nutrientes en el suelo, especialmente de nitrógeno y potasio. Por otro lado, el ensayo con menor rendimiento, tanto para el brócoli como para la zanahoria, fue el testigo, al cual no se le incorporó ninguna clase de materia orgánica. Esto muestra la importancia de incorporar alguna fuente de materia orgánica en el suelo para mejorar sus características físico-químicas y microbiológicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Coordinador de la Investigación de la Federación de Universidades Católicas —FIUC— por la cofinanciación al presente proyecto, al Dr. Miquel Gassiot, al Institut Químic de Sarrià de la Universitat Ramon Llull (Barcelona, España), al Grupo de Biotecnología Ambiental e Industrial de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, así como a los productores de las fincas Santa María, El Recuerdo, Agropaisa y Bilachuaga, y a Bioagrícola del Llano.

Referencias bibliográficas

- Boixadera, J. y Teira, M.R. (eds.) (2001). *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*, Barcelona: Ediciones de la Universitat de Lleida.
- Brodie, H. Gouln, F. y Carr, L. (1994). What makes a good compost. *Bio Cycle Journal of Waste Recycling*, 35 (7), 66-68.
- Doran, J. W. (2002). Soil Health and Global Sustainability Translating Science into Practice. *Agriculture Ecosystems Environment*, 88, 119-127.
- Doran, J. W. y Zeiss, M. R. (2000). Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11.
- Espinal, S. (1977). *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (ed.) Bogotá: Editor.
- Montecinos, C. (1997). Manejo de la fertilidad del suelo. *Producción de alimentos orgánicos*. Chillan: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Quillamapu, 7-9.
- Moorman, T. B.; Cowan, J. K.; Arthur, E. L. and Coats, J. R. (2001). Organic amendments to enhance herbicide biodegradation in contaminated soils. *Biol. Fertil. Soils*, 33, 541-545.
- NTC- Norma técnica colombiana 5167 (2004). Productos para la industria agrícola.

Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación —Icontec— (ed.).

Pagliai, M.; Vignozzi, N. y Pellegrini, S. (2004). Soil structure and the effect of management practices. *Soil Till. Res.*, 79,131-143.

Puchades, J. (2001). Empleo de cubiertas vegetales en cítricos, Valencia, España. Disponible en: <http://www.docum.com/huerta/cubiertasencitricos.htm> [Consultado: 10 de junio de 2009].

Roldán A.; Caravaca, F.; Hernández, M. T.; García, C.; Sánchez-Brito; Velásquez, C. y Tiscareño, M. (2003). No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research*, 1786, 1-9.

Seifert, A. (1988). *Agricultura sin venenos, o el nuevo arte de hacer compost*. Barcelona: Oasis.

Stamatiadis, S.; Werner, M. and Buchanan, M. (1999). Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito Country, California). *Appl. Soil Ecol.*, 12, 217-225.