

PRODUCCIÓN HORTÍCOLA: EVOLUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EDÁFICO DE UN ARGUDOL TÍPICO CON AGREGADO DE ENMIENDAS

MIRTA G. GONZÁLEZ; MARTA E. CONTI; GISELA B. MORENO y ESTEBAN FERRERO HOLTZ

Recibido: 12/10/11

Aceptado: 05/12/11

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar la evolución de la materia orgánica edáfica, en su cantidad y relación de carbono activo y estabilizado (carbono de humus), como consecuencia de la aplicación de enmiendas orgánicas, en un Argudol típico en producción hortícola. Se trabajó durante dos cosechas, acelga y puerro, con 6 tratamientos de agregado de enmiendas, lombricompost, harina de hueso; en distintas combinaciones e incorporadas sólo al comienzo del primer cultivo. Los resultados muestran que el carbono fácilmente oxidable se mantuvo constante en los primeros meses, disminuyendo después de la segunda cosecha en todas las situaciones, sin mostrar diferencias entre los tratamientos de cada muestreo. En el carbono particulado (COP), carbono activo, se encontró un aumento significativo en los tratamientos con lombricompost, en concordancia con la cantidad agregada. La relación AH/AF (Ácido húmico-Ácido fúlvico), dio valores mayores a 1,5 indicando una humificación moderada en todos los tratamientos, pero en las parcelas con agregados de lombricompost, los valores subieron a 2, determinando una mayor proporción y estabilización del carbono humificado.

Palabras clave. Abonos orgánicos - ácidos húmicos - ácidos fúlvicos - carbono orgánico particulado.

HORTICULTURAL PRODUCTION: SOIL ORGANIC CARBON EVOLUTION OF A TYPICAL ARGUDOLL UNDER AMENDMENTS ADDED

SUMMARY

The aim of this research was to study the evolution of the edaphic organic matter in its quantity and its relationship with active and stabilized carbon, (humus carbon) as a result of organic amendments application, in a Typical Argudoll in horticultural production.

Two harvests, of chard and leek, were done with six treatments: control and different doses and combinations of vermicompost and bone meal; added only at the beginning of the first crop season. Results show that the easily oxidable carbon was kept constant during the first months and diminished after the second harvest in all the situations. No differences were shown among the treatments. The particulate organic carbon (COP), active carbon, presented a significant higher values in the treatments with lombricompost in accordance with the quantity added.

The relationship AH/AF, (humic acid/fulvic acid) showed values above 1.5 meaning a moderate humification in all the cases, but in the treatments with added lombricompost, values rose to 2. Showing a higher proportion and stabilization of humified carbon.

Key words. Organic amendments, humic acid, fulvic acid, particulate carbon.

INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de satisfacer la demanda mundial de alimentos de origen natural y mantener un ecosistema sustentable es que los sistemas de produc-

ción orgánica crecen año a año a nivel mundial. La investigación científica debe acompañar esta reorientación productiva y generar conocimientos que favorezcan y mejoren su utilización.

Cátedra de Edafología. Depto. Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Agronomía. UBA. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina. E-mail: mggonzal@agro.uba.ar

Después de una serie de escándalos sobre alimentos (mal de la vaca loca, aftosa, toxicidad química), el uso de aquellos producidos convencionalmente, originaron una creciente desconfianza, originando consecuentemente aumento del consumo de alimentos orgánicos (Eguillor, 2002). La fertilización casi exclusivamente química, ha provocado un enorme empobrecimiento de los suelos en materia orgánica, quedando afectada su fertilidad y en casos extremos presentando niveles de nutrientes fitotóxicos, por un lado y por otro lado presentando riesgo de contaminación del agua (Ribó Herrero, 2004). Como consecuencia, se observa que en los últimos años se ha incrementado la demanda de productos alimenticios de origen orgánico, principalmente en los países más desarrollados.

Se trata de evitar el uso de los productos de síntesis química y otros de efecto tóxico real o potencial para la salud humana mediante el manejo racional de los recursos naturales. Este manejo produce alimentos sanos, así como el mantenimiento de la fertilidad de los suelos y la diversidad biológica (Grassa *et al.*, 2010).

En respuesta a la creciente demanda de alimentos de origen orgánico, su producción crece año a año, tanto en la Argentina como en el mundo. Según un informe del SENASA, la superficie de estos productos en el país alcanzó durante el año 2010 más de 2,9 millones de hectáreas, de las cuales más de 234 mil hectáreas correspondieron a superficie destinada a producción vegetal que se distribuyen entre la producción de cereales y oleaginosas orgánicos (68%), seguida por los cultivos industriales orgánicos (20%), las frutas (8%) y las hortalizas y legumbres orgánicas (4%), (SENASA, 2011).

El uso intensivo del suelo en cultivos hortícolas trae como consecuencia un enorme empobrecimiento de materia orgánica, quedando afectados su fertilidad y el rendimiento del cultivo. El manejo tradicional de las explotaciones hortícolas implica el uso de fertilizantes químicos que en algunos casos presentan niveles fitotóxicos importantes, ocasionando un riesgo de contaminación ambiental (Tejada *et al.*, 2008). Se cuenta con evidencias científicas de los beneficios que provee el uso de abonos orgánicos por el aumento del rendimiento y calidad del producto obtenido, resultando de vital importancia en cualquier sistema productivo (Courtney y Mullen, 2008;

Romaniuk *et al.*, 2010; Comese *et al.*, 2009). Sin embargo, existen pocos antecedentes de investigación de los beneficios del uso de abonos orgánicos de producciones hortícolas, en las propiedades del suelo y el secuestro de carbono.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la evolución y transformación de las sustancias orgánicas edáficas, en sus formas de carbono activas: carbono orgánico particulado, carbono fácilmente oxidable y formas estabilizadas: relación entre ácidos húmicos y fúlvicos, como consecuencia de la aplicación de enmiendas orgánicas, en un Argiudol típico dedicado a la producción orgánica hortícola y la posibilidad del uso de estas variables como indicadoras de calidad para suelos de huerta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en un suelo Argiudol típico de la huerta orgánica experimental de la Facultad de Agronomía UBA (34°38' S - 58°28' W). Con una historia, de más de 15 años de producción orgánica y recientes predecesores de cultivos como maíz, brócoli y arveja.

Las principales características físicas y químicas del horizonte superficial de (0-20 cm) Densidad aparente: 0,85 g cm⁻³, pH: 6,9 (suelo:agua 1:2,5), CE: 0,67 dS m⁻¹ (Extracto de saturación), MO: 49 g kg⁻¹, CIC: 20 cmol kg⁻¹, Pextr. 66,5 mg kg⁻¹, NT: 2,3 g kg⁻¹.

La única aplicación de las enmiendas se realizó en mayo de 2008, previa a la plantación de un cultivo de acelga. El seguimiento fue realizado en tres períodos de tiempo: a) aplicación de las enmiendas (mayo 08) Testigo, b) posterior al cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) (noviembre 08) y c) posterior a la cosecha de puerro (*Allium porrum* L.) segundo cultivo (diciembre 09).

Fueron asignados 6 tratamientos (Testigo sin cultivo, CL1, CL2, HH1, HH2, CL+HH2) con 3 repeticiones cada una en forma aleatoria sobre 18 parcelas (cada una de 0,8 m x 1,5 m), en bloques completamente aleatorizados donde se sembró acelga (*Beta vulgaris* var: Cicla L. cv. Bressane), con una densidad equivalente a 5 plantas/m² primer cultivo y el puerro, (*Allium porrum* L.) como segundo cultivo, con una densidad equivalente de 5 plantas/m². En ambos cultivos se aplicó riego para suplementar el agua de lluvia.

Los tratamientos:

- Lombricompost (mezcla). Dosis simple: 1 kg/m² (CL1)
- Lombricompost (mezcla). Dosis doble: 2 kg/m² (CL2)
- Harina de hueso. Dosis simple: 0,050 kg/m² (HH 1)

- Harina de hueso. Dosis triple: 0,150 kg/m² (HH 2)
- Lombricompost (mezcla) dosis doble + Harina hueso dosis triple (CL+HH 2)

Testigo, sin cultivo (T)

El lombricompost estaba compuesto por pellets fecales (fecals pill) de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), mezclado en proporción uno a uno con compost elaborado con material seco y verde de restos huerta. La harina de hueso es un producto comercial derivado de huesos de ganado, usados tradicionalmente en horticultura (Cuadro 1).

En cada fecha estudiada se tomaron por cada tratamiento 6 muestras simples (2 por cada microparcela) de (0-20 cm de profundidad), de aproximadamente 500 g de peso, sobre las que se realizaron las siguientes determinaciones:

Carbono orgánico fácilmente oxidable (Cox): utilizando el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982).

Carbono orgánico particulado (COP): realizando la técnica desarrollada por Cambardella y Elliott (Cambardella y Elliott, 1992).

Ácidos Húmicos y Fúlvicos (Richter *et al.*, 1979)

Sobre los resultados obtenidos se llevó a cabo un análisis de correlación y de varianza (ANOVA). Las medias fueron comparadas mediante la prueba LSD de Fisher con un nivel de significación $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El seguimiento de la evolución de las variables realizada en tres períodos correlativos: may-08 testigo pre-aplicación de las enmiendas, nov-08 posterior al cultivo de acelga y dic-09 posterior al puerro, segundo cultivo. Los resultados se presentan en las Figuras 1, 2 y 3.

En la Figura 1 se puede observar que el Cox presenta sólo una ligera disminución entre las mediciones realizadas antes de la siembra y después de la cosecha de acelga, no manifestando diferencias significativas entre ellas en todos los tratamientos incluidos el testigo. En el tercer período (dic-09) posterior a la cosecha del puerro, fue encontrada una disminución

CUADRO 1. Composición química de las enmiendas utilizadas.

Enmienda	pH	CE dS/m	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Ca %	MO %	P mg kg ⁻¹	C/N
Compost	7,3	0,7	70	3,5	2	14,5	11,2	20
Lombricompost	7,2	3,7	100	7,5	2	20,2	7,2	13
Harina de hueso	7,9	5	60	30	22,5	-	11	2

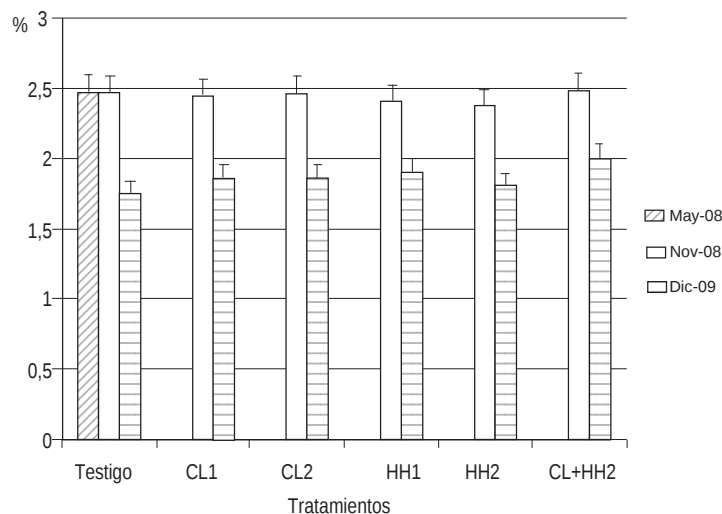


FIGURA 1. Evolución del carbono oxidable. Diferentes letras muestran diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$).

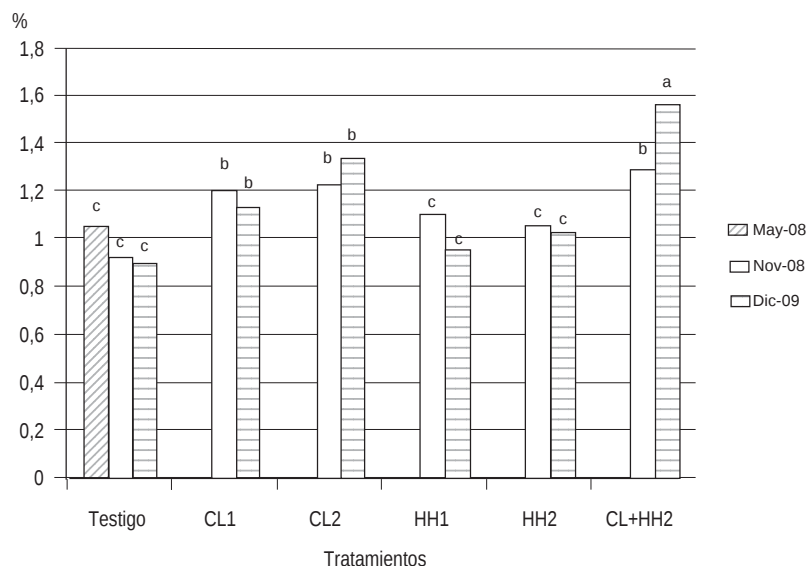


FIGURA 2. Evolución del carbono orgánico particulado (COP). Diferentes letras muestran diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$).

significativa de los tenores de Cox, presentando los menores valores en los tratamientos testigo y HH2. Datos similares fueron encontrados por Lieffell *et al.*, 2001; J.A. Galantini y L. Suñer, 2008; Romaniuk *et al.*, 2010, señalando que el mantenimiento del Cox del suelo ocurre inmediatamente después de la aplicación de enmiendas, presumiblemente por la acelerada absorción de los sitios no ocupados de la matriz mineral del suelo, pero con consecuente disminución posterior en el tiempo. Se evidencia que el Cox no permanece en forma estable si no existe renovación del agregado de compost, como se muestra en el tercer período de esta experiencia.

En la Figura 2 se observa la evolución del COP, en todos los períodos. En el segundo período (nov-08) las parcelas con agregados de HH1, HH2, se mantuvieron sin cambios en relación al primer período, mientras que CL1, CL2 y CL+HH2 presentaron un aumento significativo, producto del agregado del lombricompost. En el tercer período (dic-09), las parcelas con agregados de lombricompost mostraron una tendencia a sostener el aumento logrado en el período anterior que en CL + HH2 resultó significativo, mientras que las parcelas HH1, HH2 y el testigo se mantuvo sin cambios. El COP representa la fracción de carbono orgánico de mayor dinámica «*turn-over*», muy rela-

cionado a la actividad biológica y a la fertilidad del suelo (Cambardella y Elliot, 1992; J.A. Galantini y L. Suñer, 2008; Comese *et al.*, 2009; Neves *et al.*, 2009). En nuestra investigación, la evolución del COP está relacionado al agregado inicial de lombricompost, habiendo alcanzado aumentos de hasta 28% y 48% para los tratamientos de CL2 y CL+HH2, respectivamente, en relación al testigo. El mismo comportamiento fue encontrado por Ferreras *et al.*, 2006, en parcelas con aplicaciones del agregado de 20 Mg ha⁻¹ de lombricompost en un suelo de una larga trayectoria en producción hortícola convencional. El COP es mucho más sensible a los cambios producidos por el agregado de enmiendas orgánicas como consecuencia del propio contenido de carbono orgánico particulado de la enmienda agregada. Romaniuk *et al.*, 2010 argumentaron que en los materiales compostados, el C se encuentra hasta en un 85% como COP, permitiendo incrementar estas formas de carbono en los suelos.

La evolución del índice AH/AF (relación Ácido húmico-Ácido fúlvico) muestra en la Figura 3 que responde a la valoración del estado de la calidad y el tipo de humificación del suelo. Orlov y Grishina (Orlov, 1995) elaboraron este índice para diagnosticar el grado de humificación presente en los suelos. Los valores se ajustan a los suelos que poseen formas car-

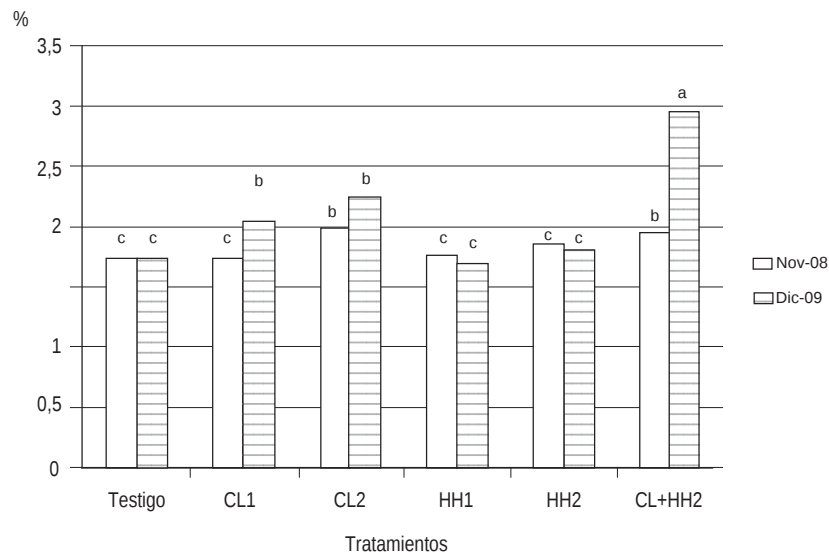


FIGURA 3. Evolución de la relación AH/AF. Diferentes letras muestran diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$).

bonadas netamente húmicas. La relación AH/AF mayor a 2 es indicadora de alta humificación o de «*humatos*»; entre 1-2 de humificación moderada o de «*humatos-fulvatos*», entre 1-0,5 de baja humificación o de «*fulvatos-humatos*» y menor a 0,5 muy bajo o de «*fulvatos*». En nuestro caso, todos los tratamientos se encontraron entre el 20 y el 30% de Ac. húmicos respecto al total de Cox, con relaciones AH/AF mayores a 1,5 que los ubica en la categoría de humificación moderada o de *humatos-fulvatos*, en todos los casos. En el tratamiento CL2 y sobre todo en CL+HH2, la brecha entre AH y AF creció notablemente debido al considerable aumento de AH y a la disminución relativa de AF llevando la relación AH/AF a valores superiores a 2; indicadora de alta humificación, que está en concordancia con un aumento de sustentabilidad de los sistemas de cultivo intensivos (Gómez *et al.*, 2001; González *et al.*, 2010).

Del experimento se puede deducir que los tratamientos con compost conducen a un incremento de las fracciones más estables de la materia orgánica, estimulando el proceso de humificación hasta sus formas de mayor estabilidad físico-química. De acuerdo a nuestra experiencia la relación AH/AF, asociado a la estabilidad biológica del carbono humificado, podría ser usado como un índice de calidad de suelos hortícolas.

CONCLUSIONES

El impacto de la aplicación de enmiendas orgánicas, fundamentalmente aquéllas con agregado de lombricompost, está relacionado a la calidad de la humificación del suelo e incremento de las formas activas del carbono, más que a la cantidad total de la materia orgánica edáfica. A pesar, que la cantidad total de carbono orgánico disminuye en el tiempo, en las parcelas con agregado de lombricompost, se encontró un aumento en el grado de humificación de las fracciones carbonadas, relación AH/AF, de manera concomitantemente con la cantidad agregada.

De esta investigación surge que si bien el agregado de lombricompost en parcelas dedicadas a horticultura aumenta el grado de humificación, la combinación de éste con harina de huesos, logra mejorar significativamente la estabilización de la materia orgánica edáfica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Proyecto UBACYT 049.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMBARDELLA, C.A. and E.T. ELLIOTT. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- COMESE, R. ; M.G. GONZÁLEZ y M.E. CONTI. 2009. Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de *Beta vulgaris* var. Cicla(L.) por el uso de enmiendas orgánicas. *Rev. Ciencia del Suelo* 27(2): 271-275. Versión impresa ISSN 1850-2067
- COURTNEY, R.G. and G.J.MULLEN. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Biores. Technol.* 99: 2913-2918.
- EGUILLOR, R. PILAR. 2002. Mercado de los productor organicos. *Temporada Agricola* N° 18, pp 75-85.
- Ferreras, L.; E. Gómez and S. Toresani. 2006. Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. *Biores. Technol.* 97: 1484-1489.
- GALANTINI, J.A. y L. SUÑER. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* [online]. vol.25, n.1 ISSN 1668-298X.
- GONZÁLEZ, M.G.; E. GÓMEZ; R. COMESE; M. QUESADA and M.E. CONTI. 2010. Influence of organic amendment on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. *Bioresearch Technol.* Doi 10.1016/J. biotech 2010.06.095
- GÓMEZ, E.; L. FERRERAS; S. TORESANI; A. AUSILIO and V. BISARO. 2001. Changes in some soil properties in a Vertic Argiudoll under short term conservation tillage. *Soil Till. Res.* 61: 179-186.
- GRASA, O.; M. MATEOS y G. GHEZÁN. 2010. Evolución de la producción orgánica argentina en la última década. http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/econo/Evolucion_de_la_Produccion.pdf
- LEIFELD, J.; S. SIEBERT; R.K. OGEL and I.K. NAPNER. 2001. Stabilization of composted organic mater after application to a humus-free sahdei minning soil. *J. Envir. Qual.* 30: 612-607.
- NELSON, D.W. and L.E. SOMMERS. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page A.L. Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, 539-579.
- NEVES, C.M.N.; M.L. NAVES SILVA; N. CURI; R.L. GRISI MACEDO; F.M. DE SOUZA MOREIRA; A. FONSECA D'ANDRÉA. 2009. Indicadores biológicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia Print version* ISSN 1413-7054 vol.33 No.1 <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000100015>
- ORLOV, D.S. 1995. Humic Substances of Soils and General Theory of Humification. Balkema-Rotterdam-Brookfield (eds.). Hypotheses Regarding the Structure and identification of Humic Substances, 216-280.
- RIBÓ HERRERO, M. 2004. Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agrosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico. Tesis Doctoral. <http://hdl.handle.net/10803/9501>
- RICHTER, M.; I. MIZUNO y H. SVARTZ. 1979. Un método rápido y preciso para la determinación de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas en el suelo. *Rev. Investigaciones Agropecuarias. INTA. Serie 3, Clima y Suelo.* Vol. XIV, N° 2: 25-36.
- ROMANIUK, R.; L. GIUFFRE y R. ROMERO. 2010. Efecto del agregado de vermicompost sobre propiedades física, químicas y biológicas de un Hapludol típico de la Pampa Deprimida. *Rev. de la Facultad de Agronomía U.B.A* 30(1-2): 85-93.
- SENASA. 2011. Situación de la producción orgánica en la Argentina durante el año 2010. 39 pp.
- TEJADA, M.; J.L. GONZÁLEZ; A.M. GARCÍA-MARTÍNEZ and J. PARRADO. 2008. Application of a green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: effects on soil properties. *Biores. Technol.* 99: 4949-4957.