

HORTICULTURA

Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas

R. Rotondo¹; I.T. Firpo¹; L. Ferreras²; S. Toresani³; S. Fernández² y E. Gómez³

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. CC 14 (S2125ZAA). ¹Sistemas de Cultivos Intensivos. rrotondo@unr.edu.ar; firpoit@fibertel.com.ar ²Edafología. lferrera@unr.edu.ar; efernan@unr.edu.ar ³Microbiología Agrícola. storesan@unr.edu.ar; egomez@unr.edu.ar

Recibido: 28/05/08

Aceptado: 11/05/09

Resumen

Rotondo, R.; Firpo, I.T.; Ferreras, L.; Toresani, S.; Fernández, S. y Gómez, E. 2009. Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas. *Horticultura Argentina* 28(66): 18-25

El Cinturón Hortícola de Rosario presenta degradación del suelo y disminución de la productividad de los cultivos. Este trabajo evaluó el efecto de diferentes enmiendas orgánicas y fertilizante sobre propiedades edáficas y productividad en brócoli y lechuga. El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR, Zavalla, Santa Fe. En 2001-2002 se incorporó lombricompost de residuos domiciliarios; lombricompost de estiércol de conejo y caballo; cama de pollo en dosis de 1 y 2 kg·m⁻² base seca; durante 2003-2005 en dosis de 2 kg·m⁻² en combinación con urea (46 % N) y un testigo. En suelo se evaluó carbono orgánico, conductividad hidráulica a flujo saturado, pH, conductividad eléctrica, estabilidad estructural; en brócoli rendi-

miento, peso medio de pella y diámetro de pella; en lechuga rendimiento y peso medio de planta. Con la incorporación de enmiendas a la dosis mayor se incrementó el carbono orgánico, la estabilidad de agregados y la conductividad hidráulica, hubo diferencias para rendimiento y peso medio en brócoli. En lechuga hubo diferencias para la mayor dosis en la primera etapa. La cama de pollo en la segunda etapa, mostró diferencias en rendimiento y peso medio en los dos primeros ciclos de lechuga y en los dos de brócoli. Las parcelas fertilizadas presentaron diferencias para rendimiento y peso medio en ambos cultivos en 2004 y 2005. El efecto de las enmiendas sobre la productividad fue mayor durante los primeros años mientras que la fertilización influyó en los últimos. Las enmiendas orgánicas mejoraron significativamente las condiciones del suelo. La fertilización nitrogenada incrementó la productividad en lechuga y brócoli.

Palabras clave adicionales: lombricompost, cama de pollo, urea, lechuga, brócoli.

Abstract

Rotondo, R.; Firpo, I.T.; Ferreras, L.; Toresani, S.; Fernández, S. and Gómez, E. 2009. Soil properties and horticultural crop productivity as influenced by amendment and fertilizer application. *Horticultura Argentina* 28(66): 18-25

Rosario Horticultural Belt exhibits soil degradation and a decline in crop productivity. A trial was conducted in Facultad de Ciencias Agrarias UNR, Zavalla, Santa Fe, to assess the effect of different organic amendments and N-fertilizer on soil properties and productivity of broccoli and lettuce. In 2001-2002, vermicompost of household waste; vermicompost of rabbit and horse manure; chicken manure were incorporated at doses of 1 and 2 kg·m⁻² dry basis, and at a dose of 2 kg·m⁻² in combination with urea (46 % N) during 2003-2005, and a control was performed. Organic carbon, saturated flow hydraulic conductivity, pH, electrical conductivity, and structural stability were evaluated in soil. Broccoli yield, inflorescence average weight, inflorescence diameter, and

lettuce yield and average weight of plant were measured. Soil organic carbon, aggregate stability and electrical conductivity increased, and there were significant differences in broccoli yield and average weight, as a result of amendment addition at the highest dose. In lettuce, differences were found for the highest dose in the first phase of the experience. Chicken manure showed differences in yield and average weight in the first two cycles for lettuce and in the two cycles for broccoli in the second phase. The fertilized plots showed differences in yield and average weight for both crops, in 2004 and 2005. The effect of the amendments on the productivity was higher during the first years, while fertilization influenced in the last years of the experiment. The organic amendments significantly improved soil conditions. The nitrogen fertilization increased productivity in both lettuce and broccoli.

Additional keywords: vermicompost, chicken manure, urea, lettuce, broccoli.

1. Introducción

Los cultivos de lechuga y brócoli son de gran importancia en la producción del Cinturón hortícola de Rosario (Ferratto *et al.*, 2006). En esta zona,

se presenta una problemática generalizada de degradación del suelo, como consecuencia de aplicar tecnologías de producción no apropiadas y del uso intensivo del recurso. Las manifestaciones resultantes sobre el suelo son pérdida de estructura, com-

Tabla 1. Composición de las enmiendas incorporadas al suelo. LRD: Lombricompuesto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuesto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo.

Enmienda	CO (%)	N (%)	Cz (%)	H (%)	pH	CE (dS·m ⁻¹)	MHA (UFC·g ⁻¹)
LRD	25,5	1,41	54	51,8	6,88	1,9	3,7·10 ⁷
LCC	18,8	1,51	66	41,2	6,82	0,42	5,6·10 ⁷
CP	42,8	1,34	23	11,3	8,10	6,8	2,5·10 ⁹

CO: carbono orgánico; N: nitrógeno total; Cz: cenizas; H: humedad; CE: conductividad eléctrica; MHA: microflora heterótrofa aerobia.

pactación, disminución del contenido de materia orgánica; afectando los flujos de agua, aire, nutrientes y consecuentemente el rendimiento de los cultivos (Doran *et al.*, 1996; Golchin *et al.*, 1995; Ferreras *et al.*, 2006).

El uso de enmiendas orgánicas es una práctica alternativa a la horticultura tradicional, que mejora la condición física y química del suelo, actuando como fuente de carbono y otros nutrientes (Albiach *et al.*, 2000; Parr & Hornick, 1993; Tejada & González, 2003). A su vez estimula y diversifica la biota edáfica creando así un medio adecuado para el crecimiento de las plantas (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000; Shiralipour *et al.*, 1992). Estudios previos mostraron un incremento en la materia orgánica y el potencial funcional microbiano, luego de la aplicación anual de compost de distinto origen en un período de dos años (Ferreras *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2006).

En sistemas intensivos, la adición de materia orgánica, mediante compost o abonos verdes, es imprescindible para el mantenimiento de la reserva de carbono y nitrógeno del suelo (Clark *et al.*, 1999). No obstante, la respuesta a la incorporación de enmiendas orgánicas es variable y depende del cultivo, tipo de suelo, factores climáticos, prácticas de manejo y de las características del material utilizado (Albiach *et al.*, 2001; Parr & Hornick, 1993).

Tabla 2. Carbono orgánico total en el suelo (CO) en el período 2001/02. LRD: Lombricompuesto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuesto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; D1: 1 kg·m⁻²; D2: 2 kg·m⁻².

Enmienda	CO (%)			
	2001		2002	
	D1	D2	D1	D2
LRD	1,67 ab	1,86 a	1,83 ab	1,93 a
LCC	1,66 ab	1,88 a	1,87 a	2,03 a
CP	1,72 a	1,72 ab	1,77 b	1,83 ab
T	1,52 b	1,54 b	1,46 c	1,49 b

Letras diferentes dentro de cada columna en cada año, indican diferencias al 1 %.

Los modelos productivos predominantes en el Cinturón Hortícola de Rosario, con manejo tradicional incluyen la utilización de fertilizantes químicos, los cuales proveen nutrientes de aprovechamiento inmediato, especialmente en cultivos de ciclo corto (Carpenters-Boggs *et al.*, 2000). La selección de la dosis y aplicación del fertilizante depende de las características del cultivo, del suelo, el rendimiento esperado y los costos del fertilizante. En consecuencia, los sistemas de producción hortícola constituyen un destino potencial de aplicación de enmiendas y fertilizantes para expresar su mayor rendimiento.

Los objetivos fueron:

- Evaluar tres enmiendas orgánicas, en dos dosis, sobre la productividad de los cultivos de brócoli y lechuga.
- Evaluar el efecto de las enmiendas en la dosis de mejor comportamiento, en combinación con fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y parámetros de producción en cultivos de brócoli y lechuga.

2. Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Módulo Hortícola de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, ubicado en la localidad de Zavalla, provincia de Santa Fe (33° 01' S; 60° 53' O). El sitio donde se llevó a cabo la experiencia fue dedicado a la producción hortícola durante más de 20 años, con un manejo tradicional de laboreo excesivo. El suelo Argiudol vértico serie Roldán, presenta la siguiente composición mineral en el horizonte Ap: arcilla 237 g·kg⁻¹, limo 741 g·kg⁻¹ y arena 22 g·kg⁻¹. Previo a la implantación del ensayo se realizó un análisis de fertilidad química con los siguientes resultados: Nitratos 63 ppm y Fósforo asimilable 50 ppm. Se evaluaron tres ciclos de cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) cultivar Pináculo y cuatro ciclos de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivar Brisa.

Los tratamientos probados fueron: lombricompuesto de residuos domiciliarios LRD (70 % de materia seca); lombricompuesto de estiércol de conejo y caballo LCC (63 %); cama de cáscara de arroz con estiércol de pollo CP (72 %) (Tabla 1) (Ferreras *et al.*, 2006), y un testigo (T) al cual no se incorporó enmiendas. En una primera etapa del trabajo (años 2001 y 2002) se realizó una incorporación de enmiendas en dosis de 1 y 2 kg·m⁻² base seca (2001). El diseño fue en bloques al azar con arreglo en

parcelas divididas, con las dosis en la parcela mayor y las enmiendas en la menor, con tres repeticiones.

En virtud de los resultados obtenidos, se decidió continuar con la incorporación de las enmiendas citadas en dosis de 2 kg·m⁻² base seca y combinarla con la aplicación de fertilizante nitrogenado urea (46 % N), durante los años 2003 a 2005. La fertilización varió en función de la disponibilidad del nutriente en el suelo (análisis previo al trasplante) y los requeri-

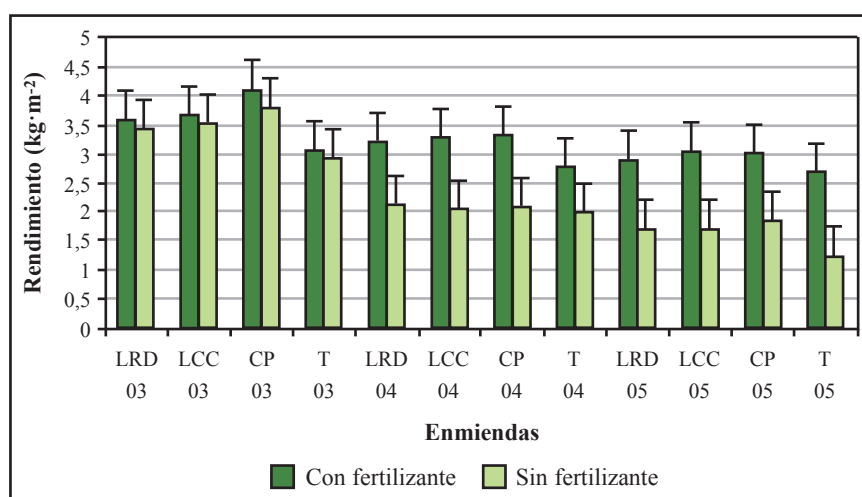


Figura 1. Rendimiento en lechuga (kg·m⁻²), en cosecha 2003, 2004 y 2005. LRD: Lombricompuesto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuesto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; en parcelas con y sin fertilizante.

mientos del cultivo. Las dosis resultantes fueron de 200 kg N·ha⁻¹ para brócoli y 120 kg N·ha⁻¹ para lechuga, en promedio para los tres años. Para el cultivo de brócoli se fraccionó la aplicación en tres veces y para lechuga en dos. En todos los casos se mantuvo un testigo sin fertilizar (SF). En esta etapa la incorporación de enmiendas se realizó sólo en 2003. El diseño fue en bloques al azar, con arreglo factorial en parcelas divididas, donde la parcela mayor

Tabla 3. Rendimiento y peso medio de pella en brócoli; rendimiento y peso medio de planta en lechuga. LRD: Lombricompuesto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuesto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; D1: 1 kg·m⁻²; D2: 2 kg·m⁻².

		Brócoli				
		LRD	LCC	CP	T	Entre dosis
Rendimiento (kg·m ⁻²)	D1	0,912	0,905	1,034	0,800	0,910 b
	D2	1,207	1,060	1,043	0,980	1,079 a
	Entre enmiendas	1,060 a	0,983 a	1,046 a	0,900 b	
Peso medio de pella (g)	D1	292,1	289,6	327,6	256,2	291,4 b
	D2	386,4	339,3	342,2	314,0	345,5 a
	Entre enmiendas	339,2 a	314,5 a	334,9 a	285,1 b	
		Lechuga				
		LRD	LCC	CP	T	Entre dosis
Rendimiento (kg·m ⁻²)	D1	1,208	1,267	1,471	1,238	1,296 b
	D2	1,790	2,256	2,294	1,394	1,933 a
	Entre enmiendas	1,499 a	1,761 a	1,882 a	1,316 a	
Peso medio de pella (g)	D1	105,7	110,6	129,0	108,7	113,5 b
	D2	156,3	195,3	200,3	122,0	168,5 a
	Entre enmiendas	131,0 a	152,9 a	164,6 a	115,3 a	

Letras diferentes entre enmiendas y dosis indican diferencias al 1 %.

Tabla 4. Carbono orgánico total en el suelo (CO) en el período 2004/05. LRD: Lombricompuerto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuerto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; F: Fertilizado; NF: No fertilizado.

Enmienda	CO (%)			
	2004		2005	
	F	NF	F	NF
LRD	2,01 ab	1,99 a	1,95 a	1,86 a
LCC	2,23 a	1,96 a	2,08 a	1,75 b
CP	1,99 ab	1,98 a	1,87 b	1,80 ab
T	1,48 b	1,51 b	1,49 c	1,50 c

Letras diferentes dentro de cada columna en cada año, indican diferencias al 1 %.

correspondía al fertilizante y la parcela menor a las diferentes enmiendas, con tres repeticiones.

Las enmiendas se distribuyeron en forma manual y se incorporaron con arado rotativo y el riego fue por goteo. Cada parcela medía 2,8 m de ancho y 4 m de largo, sistematizada en cuatro lomos.

El trasplante de brócoli se realizó el 26/06/01, 17/05/04 y 24/06/05, sobre lomos a 0,70 m y 0,40 m entre plantas y las cosechas correspondientes se hicieron el 24/09/01, 30/08/04 y 23/09/05. En lechuga el trasplante fue el 14/11/02, 24/11/03, 15/11/04 y 8/11/05, sobre lomos a 0,70 m y 0,30 m entre plantas, a doble hilera y la cosecha el 26/12/02, 30/12/03, 28/12/04 y 21/12/05.

Para evaluar las propiedades edáficas se extrajeron del horizonte superficial muestras compuestas de suelo y se determinó:

- Carbono orgánico ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (CO): el carbono orgánico del suelo fue determinado por oxidación de la materia orgánica por el método de combustión húmeda (Nelson & Sommers, 1982).

- Conductividad hidráulica a flujo saturado ($\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$) (K_s), mediante infiltrómetro a disco de tensión (Gil, 1999). Se trabajó con dos tensiones (-60 mm y -30 mm) en el mismo sitio de medición en intervalos de una hora. Se estimó la K_s utilizando las ecuaciones que modelan el movimiento tridimensional del agua.

- pH: en agua (1:2,5), por el método potenciométrico.

- Conductividad eléctrica

(CE), por conductometría. Relación suelo:agua (1:2,5).

- Estabilidad estructural, por el método de Hénin *et al.* (1972). Se evaluó el porcentaje de agregados mayores de 0,2 mm estables al agua (Ea) y etanol (Ee).

Las variables de producción medidas fueron: rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (RB); peso medio de pella (g) (PMB); diámetro de pella (cm) (DP), en brócoli y rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (RL); peso medio de planta (g) (PML), en lechuga.

Se evaluaron 20 plantas en lechuga y 10 en brócoli de los dos surcos centrales de cada parcela. Las variables se analizaron a través de un ANDEVA y prueba de Duncan para comparación de medias (SAS, 1990).

3. Resultados y discusión

3.1 Aplicación de enmiendas orgánicas, en dos dosis

En las parcelas con una aplicación de enmiendas orgánicas se observó incremento en el contenido de CO en el suelo, alcanzando valores más altos con LRD y LCC, en la doble dosis (Tabla 2).

Con respecto a las variables productivas, en el cultivo de brócoli, las parcelas con incorporación de enmiendas mostraron sólo diferencias respecto al testigo ($P < 0,01$) (Tabla 3).

Entre dosis se observaron diferencias para RB y PMB ($P < 0,01$), presentando los mayores valores la dosis de $2\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

En lechuga no hubo diferencias entre las enmiendas; pero sí se manifestaron diferencias entre dosis

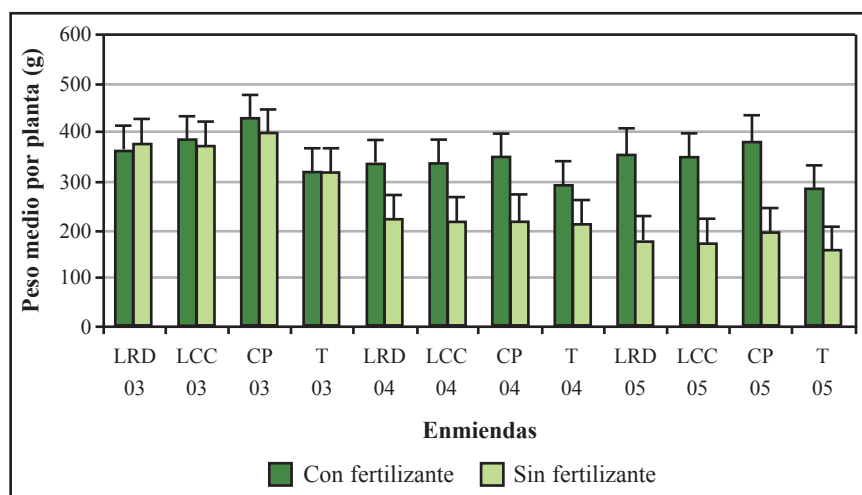


Figura 2. Peso medio por planta de lechuga (g), en cosecha 2003, 2004 y 2005. LRD: Lombricompuerto de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompuerto de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; en parcelas con y sin fertilizante.

para RL y PML ($P < 0,01$), siendo mayor la dosis doble (Tabla 3). Estos resultados son coincidentes con los de otros autores (López-Mosquera *et al.*, 2003) en cuanto a una mayor respuesta con dosis crecientes de estiércol de pollo fermentado con cama, que suele ser de un material vegetal, es un fertilizante orgánico de alto contenido de nutrientes, especialmente nitrógeno.

En ambos cultivos no se observaron interacciones entre enmiendas y dosis incorporadas.

Los residuos orgánicos encuentran uno de sus mejores usos en el abonado de los cultivos hortícolas intensivos. En los de ciclo más largo como brócoli pueden tener más efecto que en los de ciclo corto como lechuga, posiblemente, porque la mayor parte de los nutrientes en los residuos están presentes en combinaciones orgánicas que no son directamente aprovechables por las plantas. Por otro lado, debido a la resistencia a la descomposición de algunas fracciones orgánicas del material, las cuales contribuyen a la formación del humus o materia orgánica más estable de suelo, sólo una parte de los nutrientes presentes en el producto original queda

finalmente a disposición de las plantas (Aso & Bustos, 1991).

3.2 Aplicación de las enmiendas orgánicas, 2 kg·m⁻² base seca, en combinación con fertilizante nitrogenado

Dentro de las variables edáficas evaluadas, el contenido de CO y la Ks en el suelo se incrementaron, alcanzando valores más altos con LRD y LCC, manifestando una disminución en el último año (Tablas 4 y 5). Cabe destacar que la CP en su composición tiene mayor porcentaje de carbono orgánico con respecto a las otras enmiendas (Tabla 1), pe-

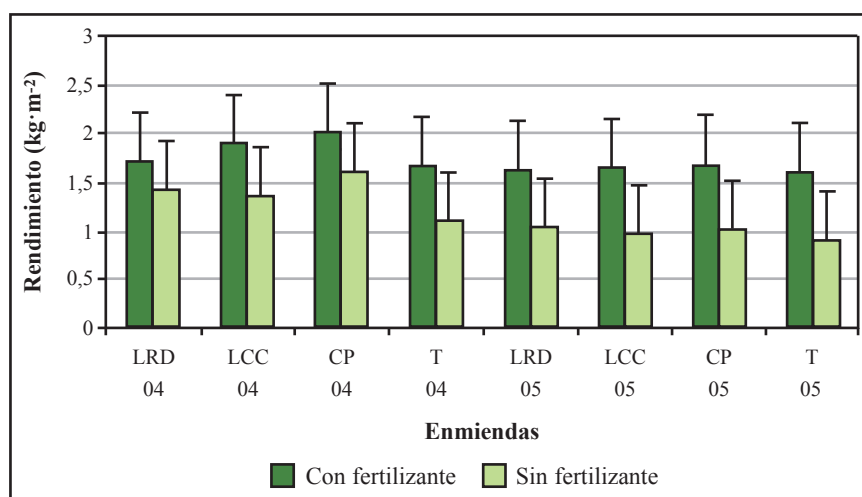


Figura 3. Rendimiento (kg·m⁻²), en brócoli. LRD: Lombricompost de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompost de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; en parcelas con y sin fertilizante.

Tabla 5. Conductividad hidráulica (Ks) y estabilidad de agregados al agua (Ea) y al etanol (Ee), en el período 2003/04 y 2004/05. LRD: Lombricompost de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompost de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; F: Fertilizado; NF: No fertilizado.

		LRD	LCC	CP	T
Ks (cm·h⁻¹) 03/04	Fertilizado	2,96 a	2,76 a	1,24 b	0,82 c
	No fertilizado	1,84 b	2,60 a	1,19 c	0,73 d
Ks (cm·h⁻¹) 05/06	Fertilizado	3,17 a	3,82 a	3,44 a	1,44 b
	No fertilizado	3,25 a	3,59 a	2,88 a	1,24 b
Ea (%) 03/04	Fertilizado	10,5 b	14,1 a	14,6 a	4,35 c
	No fertilizado	9,2 b	13,2 a	13,25 a	3,5 c
Ea (%) 05/06	Fertilizado	11,1 a	13,89 a	14,9 a	3,7 b
	No fertilizado	9,2 b	10,75 ab	13,1 a	3,3 c
Ee (%) 03/04	Fertilizado	50,2 a	52,3 a	55,65 a	32,2 b
	No fertilizado	47,4 a	47,9 a	49,8 a	28,45 b
Ee (%) 05/06	Fertilizado	48,61 a	52,74 a	54,12 a	29,79 b
	No fertilizado	43,60 a	49,3 a	48,3 a	24,80 b

Letras diferentes entre filas indican diferencias al 1 %.

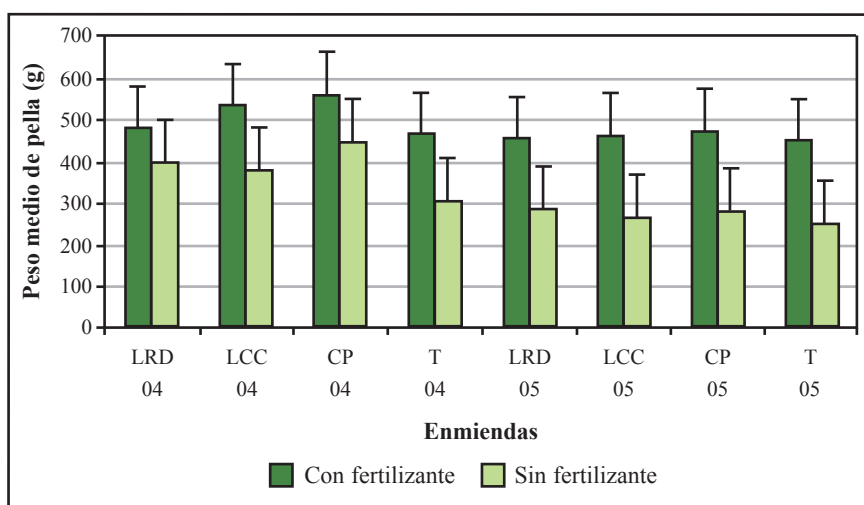


Figura 4. Peso medio de pella (g), en brócoli. LRD: Lombricompostado de residuos domiciliarios; LCC: Lombricompostado de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; en parcelas con y sin fertilizante.

ro como es un material fácilmente degradable, ofrece una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta y microorganismos. El LRD y LCC son materiales compostados con menor relación C/N, son más resistentes a la degradación microbiana, forman parte del complejo arcillo-húmico, quedan protegidos del ataque microbiano y, en consecuencia, mejoran las condiciones físicas del suelo.

Las variables pH y CE no manifestaron diferencias entre enmiendas. Los valores de pH variaron entre 7,38 y 7,66 y la CE entre 0,60 y 0,77 dS·m⁻¹. En cuanto a la estabilidad de agregados, se observó un marcado incremento de la Ea y Ee (Tabla 5). El hecho de incorporar material orgánico al suelo a través de las enmiendas produce una mejor estructuración del suelo. La estabilidad al agua evalúa la presencia de macroporos y la estabilidad al etanol evalúa la cohesión interna de los agregados. En los casos en que se incorporaran enmiendas orgánicas al suelo se mejoran las propiedades físicas debido a una mejor distribución de poros con un incremento de los macroporos y su continuidad; y, por otro lado, se favorece la unión de partículas minerales y orgánicas, incrementando de este modo la estabilidad de los agregados. Esto favorece la penetración de las raíces y el flujo de gases y agua en el suelo (Ferreras *et al.*, 2006; Tejada & González, 2003). Por el contrario, las parcelas que no recibieron enmienda, manifestaron una menor proporción de agregados estables a los tratamientos con agua y etanol.

En todas las variables edáficas no se observaron diferencias estadísticas entre parcelas fertilizadas y no

fertilizadas; como tampoco se observó interacción entre enmiendas y fertilizante.

Los resultados de las variables productivas se muestran en los gráficos 1 al 5. Del análisis factorial surge que entre las enmiendas incorporadas en el año 2003, se hallaron diferencias para RL y PML ($P < 0,01$), con los mayores valores para CP. En 2004 las mismas se diferenciaron sólo con respecto al testigo ($P < 0,01$) y en 2005 no se presentaron diferencias.

Cabe destacar que la CP es una enmienda ampliamente

utilizada para mejorar la productividad en cultivos hortícolas como lechuga, cebolla, tomate, espinaca (López-Mosquera *et al.*, 2003) y además que es un material de buena disponibilidad en la zona y de bajo costo.

Las parcelas con fertilizante presentaron diferencias para RL y PML en los años 2004 ($P < 0,01$) y 2005 ($P < 0,01$) (Figuras 1 y 2). En coincidencia con otros autores los resultados obtenidos se deberían a la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Premuzic *et al.*, 2000). Es importante considerar que el nitrógeno debe estar bien provisto en cantidad y oportunidad como para asegurar un óptimo estado fisiológico de los cultivos durante los períodos críticos, momentos en los cuales se define el rendimiento de los cultivos (Echeverría & Sainz Rozas, 2006).

En especies de ciclo corto como lechuga tuvo más importancia el efecto de las enmiendas durante los primeros años, mientras que al final del período evaluado, al no realizarse otra aplicación de enmienda, la fertilización influyó notoriamente.

En el cultivo de brócoli el RB y PMB mostraron diferencias entre enmiendas en los dos ciclos evaluados ($P < 0,01$ y $P < 0,05$), destacándose la CP (Figuras 3 y 4). La aplicación de ésta produjo un DP superior sólo en 2004 ($P < 0,01$) ya que al año siguiente fue disminuyendo el efecto de las enmiendas (Figura 5). Las parcelas con aplicación de fertilizante nitrogenado mostraron diferencias en 2004 y 2005 ($P < 0,01$) para RB y PMB (Figuras 3 y 4). Para el DP difirieron las parcelas fertilizadas sólo en el último ciclo de cultivo ($P < 0,05$) (Figura 5). Esta especie

presentó un comportamiento similar al cultivo de lechuga.

En ambos cultivos no se observaron interacciones entre enmiendas incorporadas y fertilizante.

La aplicación de fertilizantes para suplir las necesidades de cualquier especie vegetal, bajo ciertas condiciones ambientales, está regida por los niveles de los elementos nutritivos disponibles en el suelo y los requerimientos del cultivo (Prause & Ferrero, 1992). Los nitrogenados, usados de una manera racional, aumentan la producción de los cultivos,

mejoran la calidad de los suelos y reducen las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización (Añez & Espinoza, 2003). Es importante considerar también la complementación de fertilizantes químicos de rápida disponibilidad para las plantas con enmiendas orgánicas que se aplican normalmente para producir efectos favorables sobre las propiedades físicas del suelo y las variables productivas.

Una mejora significativa y sostenida de la condición fisicoquímica del suelo se obtiene al cabo de aplicaciones continuas de enmiendas orgánicas en períodos no menores a cinco años (Albiach *et al.*, 2000; Albiach *et al.*, 2001). Por otra parte, con referencia a la adición de enmiendas orgánicas en la producción de cultivos hortícolas, algunos trabajos sugieren que períodos cortos de tiempo no son suficientes para observar respuestas en los rendimientos (Ullé, 1998), y que se requieren aplicaciones continuas para mantenerlos (Ullé *et al.*, 2004). Se sugiere realizar incorporaciones periódicas de enmiendas para mantener el efecto de los mismos sobre la productividad de los cultivos evaluados.

Ante la realidad de que elevadas dosis de fertilizantes minerales causan graves daños al ambiente y de que los abonos orgánicos en cantidades normales no contienen los nutrientes suficientes para la obtención de cosechas rentables, tal vez la mejor opción sea ir combinando gradualmente el uso de químicos inorgánicos con abonos orgánicos hasta lograr un equilibrio (Añez & Espinoza, 2003).

4. Conclusiones

- La dosis de 2 kg·m⁻² fue la de mejor comporta-

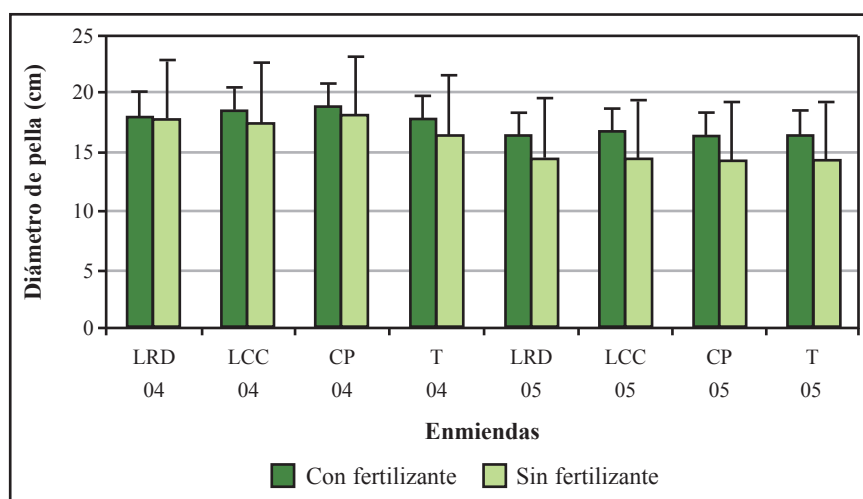


Figura 5. Diámetro de pella (cm), en brócoli. LRD: Lombricomposteo de residuos domiciliarios; LCC: Lombricomposteo de estiércol de conejo y caballo; CP: Cama de pollo; T: Testigo; en parcelas con y sin fertilizante.

miento en los parámetros productivos medidos, para las enmiendas incorporadas.

- En las condiciones de manejo planteadas, el efecto de las enmiendas sobre la productividad fue mayor durante los primeros años mientras que la fertilización influyó notoriamente en los últimos.

- Las enmiendas orgánicas mejoraron significativamente las condiciones del suelo en cuanto a carbono orgánico, estabilidad estructural y conductividad hidráulica.

- La fertilización nitrogenada incrementó la productividad en lechuga de ciclo estival y en brócoli, mientras que no hubo efecto en las propiedades edáficas.

- Las enmiendas orgánicas y la fertilización nitrogenada, en las condiciones evaluadas, constituyen una alternativa válida para mejorar los parámetros productivos y edáficos.

5. Agradecimientos

A la Ing. Agr. (MSc.) Beatriz Bonel, por su valiosa colaboración.

6. Bibliografía

- Albiach, R.; Canet, R.; Pomares, F. & Ingelmo, F. 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Biores. Technol.* 75: 43-48.
- Albiach, R.; Canet, R.; Pomares, F. & Ingelmo, F. 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different

- amendment to a horticultural soil. *Biores. Technol.* 76: 125-129.
- Añez, B. & Espinoza, W. 2003. Respuestas de la lechuga y el repollo a la fertilización química y orgánica. *Revista Forest Venezuela* 47: 73-82.
- Aso, P.A. & Bustos, V.N. 1991. Uso de residuos orgánicos estiércol y cachaza como abonos. *Avance Agroindustrial*. 12 (44): 23-25.
- Carpenter-Boggs, L.; Kennedy, A.C. & Reganold, J.P. 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1651-1659.
- Clark, M.S.; Horwath, W.R.; Shennan, C.; Scow, K.M.; Lantni, W.T. & Ferris, H. 1999. Nitrogen, weeds and water as yield-limiting factors in conventional, low-input, and organic tomato systems. *Agric. Ecosys. & Environ.* 73: 257-270.
- Doran, J.W.; Sarrantonio, M. & Liebig, M.A. 1996. Soil health and sustainability, *Adv. Agron.* 56: 1-54.
- Echeverría, H.E. & Sainz Rozas, H. 2006. En Echeverría, H.E. y García, F.O. (eds.). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 69-97.
- Ferratto J.A.; Mondino M.C.; Longo A.D. & Grasso R.O. 2006. Diagnóstico Agronómico. *Publicación Miscelánea N°38*. INTA, pp 40.
- Ferreras, L.; Gómez, E.; Toresani, S.; Firpo, I.T. & Rotondo, R. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in horticultural soil. *Biores. Technol.* 97: 635-640.
- Gil, R. 1999. *Infiltrómetro de disco*. Instituto de suelos. CIRN INTA Castelar. Argentina.
- Gómez, E.; Ferreras, L. & Toresani, S. 2006. Soil bacterial functional diversity as influenced by organic amendment application. *Biores. Technol.* 97: 1484-1489.
- Golchin, A.; Clarke, P.; Oades, J.M. & Skjemstad J.O. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Austr. J. Soil Res.* 33: 975-993.
- Hénin, S.; Gras, R. & Monnier, G. 1972. *El Perfil Cultural. El Estado Físico del Suelo y sus Consecuencias Agronómicas*, Mundi Prensa, Madrid (1972).
- López-Mosquera, M.E.; Carballo, M.E.; Cabaleiro, F.; Carral, E.; Lema, M.J.; López-Fabal, A. & Sainz, M.J. 2003. Valorización agronómica de estiércol de pollo deshidratado y granulado en el cultivo de lechuga (tipo trocadero) bajo invernadero. *Actas de Horticultura N° 39*. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas Pontevedra.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, in: Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, pp. 539-577.
- Parr, J.F. & Hornick, S.B. 1993. Utilization of municipal wastes. En: F.Blaine Metting Jr. (Ed.) *Soil Microb. Ecol.* p. 545-559.
- Prause, J. & Ferrero, A. 1992. Bases para la fertilización de cultivos. *Cátedra de Cultivos I-FCA- UNNE*. pp. 25.
- Premuzic, Z.; Brichta, J.P.; Gárate, A. & Bonilla, I. 2000. Incidencia de la fertilización nitrogenada en la producción y contenidos de nitrógeno y nitratos en la lechuga variedad mantecosa. *Actas de XXIII Congreso Argentino de Horticultura*. p 85.
- SAS Institute, 1990. *SAS/STAT User's Guide, Statistics Version, sixth ed.* SAS Institute, Cary, NC.
- Shiralipour, A.; Mc Connel, W. & Smith, W.H. 1992. Physical and chemical properties of soil as affected by municipal solid waste compost application. *Biomass Bioenergy* 3: 195-211.
- Tejada, M. & Gonzalez, J.L. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions, *Eur. J. Agron.* 19: 357-368.
- Ullé, J.A. 1998. Evaluación de hortalizas de hojas en sistemas de trasplante con incorporación de enmienda orgánica. *Actas XXI Congreso Argentino de Horticultura*, p 127.
- Ullé, J.A.; Fernández, F. & Rendina, A. 2004. Evaluación analítica del vermicompost de estiércoles y residuos de cereales y su efecto como fertilizante orgánico en el cultivo de lechuga mantecosa. *SOB. Horticultura Brasileira*. 22, p 434.