

EFFECTO DE LA COBERTURA DE PAJA EN SUELOS HORTÍCOLAS

BONEL, B. A.¹; FIRPO, I. T.²; ROTONDO, R.²;

FERRATTO, J. A.² & LONGO, A.²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar las modificaciones en algunas propiedades de un suelo del Cinturón Hortícola de Rosario luego de tres años de mantenimiento de cobertura con paja. Se compararon parcelas sin cobertura (SC) y con cobertura (CC) de paja dispuestas en un diseño de bloques completos aleatorizados. Los datos se analizaron aplicando la prueba t – Student. El Carbono orgánico y la estabilidad de agregados se modificaron a partir del primer año de aplicación de la cobertura en los 10 cm superficiales, siendo los valores mayores en CC. En esta situación se comprobó la estratificación del Carbono y el aumento de estabilidad de agregados como consecuencia de un aumento en la resistencia al hinchamiento y dispersión. A pesar que la porosidad total fue mayor en CC, la macro y microporosidad no fueron significativamente diferentes entre SC y CC, y tampoco se hallaron diferencias significativas en los valores de Conductividad Hidráulica Saturada.

Palabras clave: cobertura, suelos hortícolas, carbono orgánico, estabilidad de agregados, porosidad.

SUMMARY

Straw mulch effect on horticultural soil properties.

The objective of this study was to evaluate soil properties modifications in Rosario's Horticultural Belt after three years of straw mulch cover. Plots with (CC) and without (SC) straw mulch cover were compared in a completed randomized block design. The results were analyzed by t-Student test. Organic carbon and aggregate stability were modified from the first year of the cover addition in the 10 superficial cm, being bigger the values for CC. In this situation it was proved the stratification of Carbon and the increasing of aggregate stability due to a greater swelling and dispersion soil resistant. Although total porosity was bigger in CC, the macro and microporosity wasn't significantly different between SC and CC, and nor does it were found significantly differences in Hydraulic Conductivity.

Key words: mulch, horticultural soil, organic carbon, aggregate stability, porosity.

1.- Cátedra de Manejo de Tierras. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Parque Villarino. C. C. 14. (2125) Zavalla, provincia de Santa Fe. Email: bonel@arnet.com.ar

2.- Cátedra de Sistemas de Producción Hortícola. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR).

Manuscrito recibido el 3 de marzo de 2003 y aceptado para su publicación el 15 de noviembre de 2004.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción hortícola de la región pampeana se han caracterizado por la extracción continua de nutrientes del suelo, la disminución del contenido de materia orgánica y la degradación de la estructura superficial (Premuzic *et al.*, 1998). La adición de materia orgánica -en forma de compost, estiércol, restos de cultivos superficiales o subsuperficiales- mejora las propiedades del suelo a través de un aumento de la estabilidad de agregados, disminución de la densidad aparente, distribución de poros por tamaño más adecuada y aumento de la capacidad de retención de agua (Loveland & Webb, 2003). La estructura más favorable y el efecto protector de la cobertura son factores clave para proteger al suelo contra la fuerza erosiva del agua (Mahboubi & Lal 1998; Tebrügge & Düring, 1999). En estas condiciones aumenta la infiltración debido a una reducción del encostramiento y aumenta la cantidad de precipitaciones aprovechables. Por otra parte la cobertura promueve una disminución de la evaporación y una mejora en las condiciones de humedad logrando, en consecuencia, un uso más eficiente del agua (Coolman & Hoyt, 1993). Armstrong Brown (2000), analizando varias localidades del sur de Inglaterra encontró que el manejo orgánico presenta mayores valores de materia orgánica y estabilidad de agregados, entre otras propiedades, que el manejo convencional de sistemas hortícolas. Más específicamente, en el sureste de los Estados Unidos, sobre un cultivo de tomate con cobertura viva se hallaron mayores valores de carbono orgánico total con respecto a la situación sin cobertura (Herrero *et al.*, 2001). El aporte anual de carbono por parte de las hortalizas es bajo, por lo que es imprescindible la adición de fuentes carbonadas adicionales para lograr un aumento

y/o mantenimiento de los valores de carbono en el suelo. En sistemas intensivos de producción hortícola como los de la región pampeana húmeda la adición e incorporación de enmiendas orgánicas ha originado un comportamiento físico, químico y biológico edáfico semejante al de los suelos ricos en materia orgánica (Sasal *et al.*, 2000). Los efectos del empleo de la cobertura muerta sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo son acumulativas a lo largo de los años, mientras que sobre el desarrollo de las plantas los efectos pueden ser inmediatos ya que aumenta la disponibilidad de nutrientes (Souza, 1998). El aumento de la cobertura y de la materia orgánica produce un agroecosistema controlado por mecanismos biológicos que modifican el ambiente del suelo y aumenta la reserva y flujo de nutrientes (Coolman & Hoyt, 1993). Por otra parte también existen experiencias donde no se encontraron diferencias en los valores de las propiedades analizadas en presencia de una cobertura orgánica (Edwards *et al.*, 2000), inclusive se menciona que los efectos de la reducción de las labranzas pueden ser negativos (Guerif *et al.*, 2001). Específicamente, sobre un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de ciclo estival, la cobertura de paja produjo una importante disminución de la temperatura del suelo que permitió lograr un mayor rendimiento y calidad comercial del cultivo (Firpo *et al.*, 1999), mientras que la producción otoñal no presentó diferencias (Rotondo *et al.*, 2000).

La hipótesis de este trabajo fue que la cobertura con paja mejora las condiciones físicas y químicas de un suelo hortícola favoreciendo los procesos necesarios para el desarrollo de los cultivos. Siendo el objetivo de este ensayo evaluar las modificaciones en el contenido de carbono orgánico, estabilidad de la estructura, porosidad y conductividad hidráulica de un suelo del Cinturón

Hortícola de Rosario, provincia de Santa Fe (República Argentina), luego de tres años de mantenimiento de la cobertura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Módulo Demostrativo de Nuevas Tecnologías Hortícolas, Rosario, provincia de Santa Fe (33° 01' lat S y 60° 39' long O), en un Argiudol vértico Serie Roldán. El clima es subhúmedo – húmedo mesotermal, con escasa o nula deficiencia de agua. El relieve tiene una pendiente de 0.15 % y las principales características del horizonte A11 (0 a 15 cm) son las siguientes: arcilla 23,7 %, limo 74,1 %, arena 2,2 %, Carbono Orgánico 1,9 %, Nitrógeno Total 0,223 %, relación C/N 9 y pH en agua (1:2,5) 5,9. El sitio ha sido dedicado a la producción hortícola durante 80 años y sometido a un manejo convencional con riego por surcos, con incorporación de algunas enmiendas orgánicas como barrido domiciliario y cama de pollo. El agua empleada tiene limitaciones para riego (S4C4, Handbook 60), con un pH de 8,3, una conductividad eléctrica de 1,2 mmhos . cm⁻¹ y un valor de RAS (relación de absorción de sodio) de 9,5. Los cultivos se realizaron durante tres años al aire libre y con riego por goteo. El experimento se inició en mayo de 2000 con el trasplante de lechuga (*Lactuca sativa* L.). A este cultivo le siguió uno de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) y tres de lechuga. Entre los años 2001 y 2002 se realizaron tres ciclos de lechuga, mientras que en el período comprendido entre los años 2002 y 2003 se realizaron dos ciclos de lechuga y uno de maíz (*Zea mays* L.) entre estos dos. Los tratamientos comparados fueron con cobertura (CC) y sin cobertura (SC). Para generar la cobertura se utilizaron fardos de trigo (*Triticum aestivum* L.) el primer año y fardos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) el

segundo año, a razón de 2 kg m⁻² por año (en promedio), distribuidos manualmente sobre los lomos y pasillos. El terreno de las parcelas SC se trabajó en forma convencional luego de cada cultivo con disco, rotocultivador y alomado. En las parcelas CC se trabajó el terreno en forma convencional sólo el primer cultivo y se mantuvo siempre cubierto reponiendo la paja cuando comenzaba a degradarse, dependiendo de la época del año y composición del fardo. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la superficie de cada parcela fue de 25 m².

En el mes de mayo de los años 2001, 2002 y 2003 se realizó un muestreo de suelo abarcando un espesor superficial (0 a 3 cm) y otro espesor subsuperficial (3 a 10 cm) para determinar el Carbono Orgánico Total (CO) (Nelson & Sommers, 1982) y estabilidad al agua (EA) de agregados de 2 mm con los pretratamientos agua (EAag) y alcohol (EAol) (Henin *et al.*, 1972). Todas las determinaciones de laboratorio se realizaron por duplicado. En los años 2002 y 2003 se tomaron tres muestras al azar en el espesor de suelo considerado superficial con cilindros de 30 mm de longitud y 50 mm de diámetro para calcular la porosidad total (PT) y por tamaños (DTP), según el método de desorción de agua (Danielson & Sutherland, 1986). Para ello las muestras fueron saturadas con agua destilada bajo vacío por 48 horas y luego fueron sometidas a diferentes succiones en mesa de tensión con placa porosa de yeso, por 24 horas. Las presiones se ejercieron con columnas de agua de 0,10, 0,50, 1 y 1,5 m correspondiendo a succiones entre 1 kPa y 15 kPa. La relación entre la succión ejercida y el tamaño de poros surge de la ecuación (1). La densidad aparente (δ_{ap}), humedad volumétrica (θ_v) a cada tensión y la porosidad total (PT) se calculan de acuerdo a las fórmulas (2), (3) y (4) propuestas por

Danielson & Sutherland (1986):

$$\rho gh = 2\gamma \cos \alpha / r \quad (1)$$

$$\theta_p = 1 / (\theta_w + 1 / \delta_{\text{real}}) \quad (2)$$

$$\theta_v = \theta_w \times \delta_{\text{ap}} \quad (3)$$

$$PT = 1 - (\delta_{\text{ap}} / \delta_{\text{real}}) \quad (4)$$

Donde: ρgh = succión, γ = tensión superficial del agua, α = ángulo de contacto entre el agua y el sólido, r = radio equivalente del poro cilíndrico, θ_w = humedad gravimétrica al punto de equilibrio n° 1 (saturación), δ_{real} = densidad de partícula (2,65 g cc⁻¹).

El porcentaje de microporos (diámetro menor a 20 μm) equivale a la θ_v a 15 kPa, el porcentaje de mesoporos (diámetro entre 60 μm y 20 μm) surge de restar el valor de θ_v a 15 kPa al valor de θ_v a 5 kPa y el porcentaje de macroporos (diámetro mayor a 60 μm) surge de restar el valor de θ_v a 5 kPa al valor de porosidad total. En el muestreo del último año se calculó la Conductividad Hidráulica Saturada (K_s), con permeámetro de disco en cada parcela experimental, promediando dos repeticiones en cada caso. La K_s , en unidades de longitud y tiempo, es equivalente al flujo estacionario calculado a partir de las mediciones de infiltración

acumulada (Ia) en la etapa final del proceso. Es la pendiente lineal de la Ia graficada en función del tiempo (Gil, 1999).

Todos los datos obtenidos se analizaron estadísticamente aplicando la prueba t – Student ($p < 0,05$).

RESULTADOS

El contenido de CO fue significativamente ($p < 0,05$) mayor en CC respecto a SC el primer año de análisis, tanto en el espesor superficial como en el subsuperficial. Estas diferencias se mantuvieron en los dos años posteriores de medición (Cuadro 1). El análisis entre profundidades permite advertir una tendencia a la estratificación en el tratamiento CC, siendo las diferencias significativas entre espesores ($p < 0,05$) durante los tres años de estudio. Por el contrario, en el tratamiento SC las diferencias entre espesores no fueron significativas (Cuadro 1), demostrando la homogeneidad en la distribución de carbono en los 10 cm de suelo analizados.

Por otra parte, el tratamiento CC presentó mayor EA ($p < 0,05$) en superficie a partir del segundo año de adición de paja

Cuadro 1. Contenidos de Carbono Orgánico Total del espesor superficial y subsuperficial de suelo correspondiente a las parcelas con cobertura (CC) y sin cobertura (SC) de paja.

	2001		2002		2003	
	0–3 cm	3–10 cm	0–3 cm	3–10 cm	0–3 cm	3–10 cm
CC	1,65 ^{aA}	1,29 ^{aB}	1,55 ^{aA}	1,12 ^{aB}	1,65 ^{aA}	1,17 ^{aB}
SC	1,02 ^{bA}	1,04 ^{bA}	0,96 ^{bA}	0,97 ^{bA}	1,00 ^{bA}	0,99 ^{bA}

^{a y b} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro de una misma columna.

^{A y B} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre espesores dentro de un tratamiento para cada año.

y en profundidad en el tercer año, considerando el pretratamiento agua. Con el pretratamiento alcohol las diferencias ($p < 0,05$) se evidenciaron desde el primer año en profundidad y desde el segundo año en superficie (Cuadro 2). La determinación del porcentaje de agregados estables al agua con pretratamientos agua y alcohol, permite atribuir la pérdida de estabilidad a dos efectos: el de hinchamiento y dispersión (H

y D), medido por el porcentaje de EAol, y el de estallido (E), medido por la diferencia entre porcentaje de EAol y el porcentaje de EAag, ya que este último estima las pérdidas por hinchamiento, dispersión y estallido. En superficie la desagregación disminuye a través de los años en forma significativa ($p < 0,05$) en CC (Fig. 1), principalmente por un aumento en la resistencia a la pérdida de estructura por hinchamiento y dispersión,

Cuadro 2. Estabilidad al agua de agregados de 2 mm, pretratamiento agua (EAag) y alcohol (EAol) de las parcelas con cobertura de paja (CC) y sin cobertura (SC).

	2001		2002		2003	
	0-3 cm	3-10 cm	0-3 cm	3-10 cm	0-3 cm	3-10 cm
EAag						
CC	11,55 ^{aA}	7,02 ^{aA}	12,7 ^{aA}	10,3 ^{aB}	24,7 ^{aA}	13,4 ^{aB}
SC	9,15 ^{aA}	5,22 ^{aB}	9,0 ^{bA}	8,3 ^{aB}	10,75 ^{bA}	9,66 ^{bA}
EAol						
CC	19,65 ^{aA}	17,65 ^{aA}	39,3 ^{aB}	42,5 ^{aA}	59,33 ^{aA}	49,82 ^{aB}
SC	19,45 ^{aA}	11,50 ^{bB}	28,5 ^{bB}	33,1 ^{bA}	29,83 ^{bA}	31,57 ^{bA}

^{a y b} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro de una misma columna.

^{A y B} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre espesores dentro de un tratamiento para cada año.

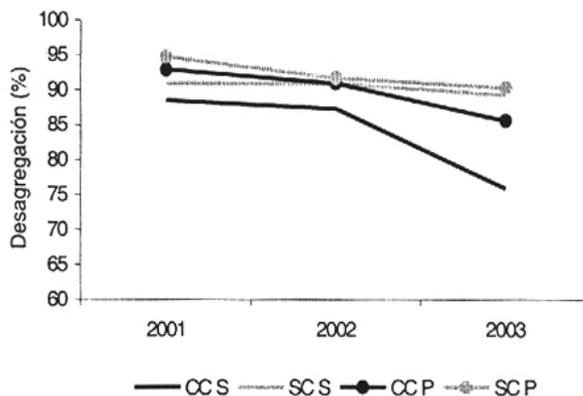


Fig. 1. Evolución en el tiempo (años) de la estabilidad de agregados en la situación con cobertura (CC) y sin cobertura (SC) de paja, correspondiente al espesor superficial (S) y subsuperficial (P) de suelo.

mientras que las pérdidas relativas al estallido aumentan a través del tiempo (Cuadro 3). En SC la tendencia es similar aunque entre el segundo y tercer año no hay diferencias significativas. En profundidad la discriminación entre causas de desagregación es semejante a lo que se describe en superficie y las diferencias entre el segundo y tercer año no son significativas ($p < 0,05$) para CC y SC (Cuadro 3).

Las diferencias entre tratamientos en el volumen de poros mayores a $60 \mu\text{m}$ (macroporosidad) y menores de $20 \mu\text{m}$ (microporosidad) no fueron significativas ($p < 0,05$) en el año 2002 ni en el año 2003, mientras que la mesoporosidad fue mayor ($p < 0,05$) en SC (Cuadro 4) y la Porosidad Total fue mayor en CC ($p < 0,05$). Las condiciones de humedad de muestreo fueron diferentes

en forma significativa ($p < 0,05$) en los dos años analizados, pudiendo afectar en cierta forma los resultados, en particular los relativos al año 2002 ya que en el año 2003 las diferencias absolutas en el contenido de humedad no se consideran importantes desde el punto de vista del muestreo de las propiedades físicas de suelo. Este último año se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de densidad aparente (Cuadro 4).

Luego de tres años de cobertura con mulch de paja no se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de K_s , correspondiendo a valores de $4,008 \text{ cm h}^{-1}$ para CC y $4,079 \text{ cm h}^{-1}$ para SC.

Cuadro 3. Porcentaje (%) de pérdida de agregación debida a hinchamiento y dispersión (H y D), pérdida debida a estallido (E) y pérdida total de estabilidad de agregados, correspondiente a los espesores superficial y subsuperficial de los suelos de las parcelas con cobertura (CC) y sin cobertura (SC) de paja.

		0–3 cm		3–10 cm	
		CC	SC	CC	SC
2001	HyD	80,35 ^{aA}	80,55 ^{aA}	82,34 ^{bA}	88,50 ^{aA}
	E	8,1 ^{bC}	10,30 ^{aB}	10,60 ^{aB}	6,27 ^{bB}
	Total	88,45	90,85	92,94	94,77
2002	HyD	60,70 ^{bB}	71,55 ^{aB}	57,45 ^{bB}	66,88 ^{aB}
	E	26,6 ^{aB}	19,42 ^{bA}	33,50 ^{aA}	24,82 ^{bA}
	Total	87,30	90,97	90,95	91,70
2003	HyD	40,67 ^{bC}	70,17 ^{aB}	50,18 ^{bB}	68,73 ^{aB}
	E	35,18 ^{aA}	19,08 ^{bA}	35,40 ^{aA}	21,62 ^{bA}
	Total	75,85	89,25	85,58	90,35

^{a y b} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos dentro de una misma profundidad.

^{A y B} indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre años para cada tratamiento y variable de estudio.

DISCUSIÓN

El efecto del tratamiento CC sobre los valores de CO del suelo, considerando desde la superficie hasta los 10 cm de profundidad, fue inmediato puesto que las diferencias se manifestaron a partir del primer año de aplicar la cobertura de paja. Los mayores valores de CO hallados en CC se mantuvieron en los dos años posteriores de medición. La acumulación de Carbono a partir de la adición de paja es función de la masa de carbono añadido cada año, tal como lo señala Sasal *et al* (2000). La estratificación de CO hallada en el tratamiento CC coincide con la estratificación del Carbono que ocurre en sistemas agrícolas extensivos donde los residuos permanecen en superficie (Doran, 1980; Chagas *et al.*, 1995; Salinas García *et al.*, 1997; Díaz Zorita, 1999). La estratificación del CO se debe principalmente a la cobertura de residuos remanentes cerca de la superficie del suelo, este material es un factor clave

para la mejora de la estabilidad estructural (Te-brügge & Düring, 1999) y protección del suelo contra la acción desagregante del agua. Según De Orellana & Pilatti (1994) los contenidos de CO deberían ser superiores a 1,9 % para propiciar una adecuada estabilidad de agregados en Molisoles del sur de Santa Fe, situación que en este trabajo no logra alcanzarse en los tres años de aplicación de la cobertura de paja. No obstante el CO está por encima del punto crítico inferior (1,2 %) que delata el estado peligroso de degradación física (De Orellana & Pilatti, 1994), en el estrato superficial del tratamiento CC los tres años analizados.

La mejora en los valores de EA se puede atribuir al aumento de los contenidos de Carbono Orgánico debido, principalmente, a la fracción “activa” o “fresca” de la Materia Orgánica que está representada por una alta concentración de mono y polisacáridos, raíces e hifas. La ausencia de remoción del suelo es otro factor que contribuye al aumen-

Cuadro 4. Caracterización del espacio poroso del espesor superficial de las parcelas con cobertura de paja (CC) y sin cobertura (SC), años 2002 y 2003.

	2002		2003	
	CC	SC	CC	SC
Dap (g cc ⁻¹)	1.17 ^a	1.27 ^a	1.19 ^b	1.23 ^a
PT (%)	56 ^a	52 ^b	55 ^a	53 ^b
Macroporos (%)	18 ^a	12 ^a	12 ^a	9 ^a
Mesoporos (%)	4 ^b	6 ^a	4 ^b	5 ^a
Microporos (%)	34 ^a	34 ^a	38 ^a	39 ^a
Humedad (%) en el momento de muestreo	25 ^a	11 ^b	28 ^a	24 ^b

^ay^b indican diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro de cada año y variable.

to de la EA ya que en sistemas donde el laboreo es mínimo se favorece la formación de macroagregados estables (250 – 2500 μm), en los cuales el Carbono es estabilizado y secuestrado por un tiempo prolongado (Six *et al.*, 2000). La determinación de la EA permite poner en evidencia la influencia de la cohesión propia de cada muestra, ya que al suprimir el efecto de estallido actúan solo los efectos de cohesión que resulten de un hinchamiento relativamente más o menos importante del complejo arcillo-húmico, originando un mayor o menor porcentaje de agregados estables (Henin *et al.*, 1972). La mayor EA medida en los dos espesores de suelo en todos los años analizados a través del pretratamiento alcohol refleja la importancia de la disposición de la materia orgánica como agente de unión entre las superficie de las partículas, principalmente dentro de los agregados. Como este efecto es de corto plazo (Loveland & Webb, 2003), es importante mantener la adición de residuos orgánicos como la paja a lo largo del año de manera de favorecer la formación de macroagregados estables. En el primer año de evaluación de este trabajo se halló mayor proporción de agregados entre 2000 y 3000 μm en CC (50 %) respecto a SC (25 %) en el espesor superficial, siendo las diferencias significativas ($p < 0,05$) (Firpo *et al.*, 2001).

Por otra parte, la adición de la cobertura de paja no produjo, luego de tres años de aplicación, una mejora evidente en el sistema de poros, tanto en volumen de macroporos como en el grado de interconexión dentro de los agregados, de manera que se favorezca un desalojo paulatino del aire y la consecuente disminución de pérdidas de agregación por estallido.

A pesar de que en este trabajo las diferencias entre tratamientos en el volumen poros no fueron significativas, la tendencia

fue que el tratamiento CC presente mayor volumen de macroporos que SC ($p < 0,08$); por otra parte la magnitud de las diferencias estuvo comprendida dentro del rango de valores hallados por Sasal *et al.*, (2000). Estos autores al igual que Kemper (1993) atribuyen el aumento de macroporosidad a la actividad de las raíces y de la fauna de suelo estimulada por la presencia de residuos en superficie. Los bioporos son altamente resistentes debido principalmente a su forma cilíndrica, por lo que se podría atribuir la tendencia a una mayor EA a este tipo de porosidad. De todas formas en algunos suelos no se genera una alta población de mesofauna, ya que algunas condiciones - como las capas compactadas - que restringen el crecimiento de las raíces también afectan la actividad de la mesofauna. En estos casos, donde no se producen bioporos, la tasa de infiltración puede ser menor o igual que la de suelos labrados (Kemper 1993), tal como ocurrió en este trabajo donde no se hallaron diferencias en la K_s . A pesar de que las mediciones de Conductividad Hidráulica *in situ* mediante infiltrómetros de disco a tensión han sido definidas como útiles para caracterizar prácticas de manejo y estructura de suelo (Ankeny *et al.*, 1991), en este caso, la K_s no resultó una variable sensible para comparar tratamientos. Por otra parte, en los suelos de la Pampa Ondulada la formación de macroagregados está determinada genéticamente debido al alto porcentaje de limo presente en el perfil (Taboada & Micucci, 2002). Estos fundamentos pueden explicar, en parte, la falta de efecto del tratamiento de cobertura sobre la macroporosidad y conducción de agua en los primeros centímetros de suelo.

Los residuos orgánicos, en este trabajo, produjeron mejoras en los contenidos de materia orgánica y estabilidad de agregados, evidenciando una relación entre ambos,

coincidiendo con Albiach *et al.*, (2001) quien halló correlaciones altas, positivas y significativas en suelos hortícolas de España, y con Sasal *et al.* (2000) en suelos hortícolas de Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBIACH, R.; R. CANET; F. POMARES & F. INGELMO.** 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to horticultural soil. *Bioresurces Technology*. 76: 125 - 129.
- ANKENY, M. D.; T. C. KASPAR & R. HORTON.** 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:467-470.
- ARMSTRONG BROWN, S. M.; H. F. COOK & H. C. LEE.** 2000. Topsoil characteristics from a paired farm survey of organic versus conventional farming in southern England. *Biological Agriculture and Horticulture*. 18: 37 - 54.
- CHAGAS, C. I.; O. J. SANTANATOGLIA; M. G. CASTIGLIONI.** 1995. Tillage and cropping effects on selected properties of an Argiudoll in Argentina. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26: 643 - 655.
- COOLMAN, R. M. & G. D. HOYT.** 1993. The effects of reduced tillage on the soil environment. *HortTechnology*. 3 (2): 143 - 145.
- DANIELSON, R. E. & P. L. SUTHERLAND.** 1986. Porosity. En: A. Klute (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph N° 9 (2nd Edition).* ASA and SSSA. Madison, WI. Pp 443 - 461.
- DE ORELLANA, J. A. & M. A. PILATTI.** 1994. La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo*. 12: 75-80.
- DÍAZ ZORITA, M.** 1999. Efectos de seis años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo*. 17 (1): 31 - 36.
- DORAN, J. K.** 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 765 - 771.
- EDWARDS, L.; J. R. BURNEY; G. RICHTER & A. H. MAC RAE.** 2000. Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 81: 217 - 222.
- FIRPO, I. T.; R. ROTONDO & J. A. FERRATTO.** 1999. Acolchado del suelo con paja, su efecto sobre la productividad en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), de ciclo estival. *Actas XXII Congreso Argentino de Horticultura*, en CD.
- FIRPO, I. T.; B. A. BONEL; R. ROTONDO & J. A. FERRATTO.** 2001. Efecto de la cobertura con paja sobre propiedades de suelo en sistemas de producción hortícola. *Actas XXIV Congreso Argentino de Horticultura. Horticultura Argentina*. 20 (48): 19.
- GIL, R.C.** 1999. Permeámetro de disco. Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar. 8 pp.
- GUÉRIFF, J.; G. RICHARD; C. DÜRR; J. M. MACHET; S. RECOUS & J. ROGERESTRADE.** 2001. A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seeding establishment. *Soil & Tillage Research*. 61: 13 - 32.
- HENIN, S.; R. GRASS & G. MONNIER.** 1972. *El Perfil Cultural*. Ediciones Mundi. Prensa, Madrid. 342 pp.
- HERRERO, E. V.; J. P. MITCHELL; W. THOMAS LANINI; S. R. TEMPLE; E. M. MIYAO; R. D. MORSE & E. CAMPILIA.** 2001. Soil properties change in no-till tomato production. *California Agriculture*. 55 (1): 30 - 34.
- KEMPER, W. D.** 1993. Effects of soil properties on precipitation use efficiency. *Irrigation*

- Science. 14: 65 - 73.
- LOVELAND, P. & J. WEBB.** 2003. Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil and Tillage Research*. 70 (1): 1 - 18.
- MAHBOUBI, A. A. & R. LAL.** 1998. Long-term tillage effects on change in structural properties of two soils in central Ohio. *Soil and Tillage Research*. 45: 107 - 118.
- NELSON, D. W. & L. E. SOMMERS.** 1982. Total carbon. Organic carbon and organic matter. In: A. L. Page *et al* (eds). *Methods of soil analysis*. Part 2, 2nd Ed. Agronomy 9, 539 - 577.
- PREMUZIC, Z.; S. REGIDOR & A. IORO.** 1998. Variaciones en los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y vitamina C en función de la cosecha en un cultivo de repollo (*Brassica oleracea*, var, capitata) desarrollado sobre lombricompost, puro o en mezcla con fertilizante mineral. En: Actas XXI Congreso Argentino de Horticultura, 6-9 octubre, San Pedro.
- ROTONDO, R.; I. T. FIRPO; J. A. FERRATTO; B. M. DÍAZ & L. VIGNAROLO.** 2000. Efecto del acolchado de suelo con paja y mantas flotantes sobre la productividad de lechuga (*Lactuca sativa L.*) Actas del XXIII Congreso Argentino, X Congreso Latinoamericano y III Congreso Iberoamericano de Horticultura. Horticultura Argentina, en CD.
- SALINAS-GARCÍA, J. R.; F. M. HONS & J. E. MATOCHA.** 1997. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 152 - 159.
- SASAL, C.; A. ANDRIULO; J. ULLÉ; F. ABRE-GO & M. BUENO.** 2000. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas. *Ciencia del Suelo*. 18 (2): 95-104.
- SIX, J.; E. T. ELLIOT & K. PAUSTIAN.** 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*. 32 (14): 2099 - 2103.
- SOUZA, J.** 1998. Agricultura orgánica. Tecnologías para la producción de alimentos saludables. Vol. I. 1998. Vitória, ES: EMCAPA. 176 pp.
- TABOADA, M. A. & F. G. MICUCCI.** 2002. Fertilidad física de los suelos. Facultad de Agronomía (Ed.). 79 pp.
- TEBRUGGE, F. & R. A. DÜRING.** 1999. Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*. 53 (1): 15 - 28.