

TEMPERATURA Y CONTENIDO HIDRICO DEL SUELO EN SUPERFICIE DURANTE EL CULTIVO DE TRIGO BAJO DOS SISTEMAS DE LABRANZA

L A FERRERAS¹, J L COSTA², F O GARCIA²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Campo Experimental J.F. Villarino, C.C. N° 14. (2123) Zavalla, Santa Fe, Argentina.

² Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias - INTA Balcarce. C.C. N° 276. (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

SURFACE SOIL TEMPERATURE AND WATER CONTENT DURING WHEAT CROP UNDER TWO TILLAGE SYSTEMS

Soils under different tillage systems have a distinctive behavior as referred to water retention and thermal regimen and these factors may have influence on crop development. This experiment was carried out on two Petrocalcic Paleudolls in southern Buenos Aires province. Two tillage systems, direct drilling (SD) and conventional tillage (LC) were studied in a wheat crop (*Triticum aestivum*, L.). Soil temperature at a depth of 3-8 cm occurred at 9 am and the daily maximum, were measured at different crop growth stages. Simultaneously to temperature records, soil water content was gravimetrically determined. Conventional tillage showed lower records of temperature measured at 9 am with respect to SD for the first stages of wheat crop, while SD had the lower records for maximum temperatures. There was a direct relationship between global radiation and soil maximum temperature ($R^2 = 0.61$) being LC which presented the higher values ($P \leq 0.05$). For the 9 am records it was determined that at a lower temperature, differences between treatments were higher having LC the lowest values ($R^2 = 0.62$, $P \leq 0.05$). There was a higher water content in the topsoil in SD during the first stage of the crop. The smallest daily thermal amplitude in SD may be due to higher soil water content and to the presence of surface stubble.

Key words: tillage, soil temperature, soil water content, *Triticum aestivum* L., direct drilling, conventional tillage

INTRODUCCION

Las labranzas conservacionistas han surgido como alternativa para disminuir el número de labores utilizadas y proteger al suelo de los riesgos de degradación ante una permanente agriculturización. En la Región Pampeana Norte hay antecedentes del uso de la siembra directa que cuentan con 15 o más años de antigüedad (Chagas *et al.* 1994; Marelli 1994), mientras que en el SE de la provincia de Buenos Aires las experiencias son mucho más recientes (Echeverría *et al.* 1994). En todo sistema suelo-planta hay una serie de factores físicos (contenido de agua, proporción de oxígeno, temperatura del suelo y resistencia mecánica) que tienen una incidencia directa sobre el comportamiento del cultivo. Las propiedades físicas como la densidad aparente, el grado de desarrollo y estabilidad de los agregados, la porosidad total, el porcentaje de macroporos y la distribución de los poros y partículas según el tamaño, son las que van a

determinar o modificar a los parámetros mencionados anteriormente, por lo cual su incidencia es indirecta (Letey 1985).

Los diferentes sistemas de labranza pueden modificar algunas propiedades del suelo y el resultado final del empleo de estas prácticas está condicionado por factores climáticos y edáficos (Mahboubi *et al.* 1993).

El cultivo de trigo, al igual que otras especies anuales, presenta importantes fluctuaciones de los rendimientos entre años y sitios, dependiendo principalmente de la disponibilidad de agua y nutrientes. La cantidad de agua disponible para la planta es una de las variables fundamentales para la producción de materia seca o el rendimiento de los cultivos, en consecuencia su conservación es un factor importante (Unger 1990). La mayor acumulación de agua en el perfil de suelos bajo labranzas conservacionistas está estrechamente relacionada con la menor remoción y con la disminución de la

evaporación del agua almacenada desde la superficie por la presencia de material vegetal (Zhai *et al.* 1990) y a cambios en la distribución del tamaño de los poros con un incremento en el porcentaje de los de menor tamaño que contribuyen a retener más humedad (Hill *et al.* 1985; Dao 1993).

En experiencias realizadas sobre suelos con distintos sistemas de labranza, numerosos autores hallaron mayor retención de agua para la capa superficial en los sistemas conservacionistas (Hill *et al.* 1985; Dao 1993). Otros autores, si bien no encontraron significancia estadística, observaron una tendencia a acumular más agua en suelos con siembra directa o mínima labranza cuando se compararon con suelos laboreados convencionalmente (Chang, Lindwall 1989). La temperatura del suelo es otro factor importante dentro del ciclo de los cultivos, principalmente para la germinación ya que condiciona la duración del período siembra - emergencia y también para el período de postemergencia. Las labranzas alteran el régimen térmico del suelo en dos sentidos. Por un lado, porque se modifica la cobertura vegetal, con lo cual varía el coeficiente de reflexión que influye en la entrada y salida de energía calórica de la superficie del suelo. Por otro lado, porque las labranzas modifican entre otras propiedades físicas del suelo, la densidad aparente, la porosidad y en contenido de agua del mismo (Marelli, Arce 1996).

Como consecuencia del incremento en la humedad del suelo y de la presencia de residuos vegetales en superficie, se ha determinado en suelos sin laboreo menores fluctuaciones de temperatura en la capa superficial del suelo (Unger 1978, Cox *et al.* 1990).

El objetivo del trabajo fue evaluar durante el tercer año de iniciado el ensayo la incidencia de la siembra directa y labranza convencional sobre el contenido de agua y la temperatura del suelo en superficie, bajo el cultivo de trigo.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se llevó a cabo en un ensayo de sistemas de labranzas realizado en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce, localizada en el Partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires (37° 45' S; 58° 18' W),

durante el ciclo agrícola 1994/95.

Se trabajó sobre dos Argiudoles Petrocálculos de la serie Azul, familia fina illítica térmica; y de la serie Balcarce, familia fina mixta térmica con presencia de un horizonte petrocálico cuya profundidad varía entre los 80-120 cm, respectivamente (Cabria, Culot 1994). Ambas series de suelo presentan textura franca en superficie (% Arcilla: 24,9 – 25,8; % Limo: 36,6 – 41,0; % Arena: 34,1 – 37,6).

El clima se define como mesotermal-húmedo-subhúmedo (Burgos, Vidal 1951). Si bien no hay estación seca, el 80% de las precipitaciones corresponden al período primavera-estival.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). El sitio experimental tenía una historia agrícola muy prolongada con problemas de degradación estructural. En 1992 se inició el ensayo de labranzas con el cultivo de trigo; en 1993 se cultivó soja y en 1994 nuevamente trigo.

El control químico de malezas se realizó en el tratamiento SD en presembrado y en postemergencia se realizó en los dos tratamientos analizados. Las labores realizadas en LC fueron las siguientes: 02/06 Rastra de Discos; 09/06 Arado de Rejas; 13/07 Rastra de Discos y Rastra de Dientes; 15/07 Rastra de Dientes. Se sembró el 19/07 la variedad de trigo PROINTA Oasis a una densidad de 410 semillas m², empleando una sembradora Semeato, y simultáneamente se fertilizó con 150 kg ha⁻¹ de superfosfato triple de calcio.

El 16/08 se midió la cobertura de residuos por el método de intercepción de la vegetación de Canfield (1941), y los datos obtenidos corresponden al 0% para LC y 73% para SD. La densidad de plantas que se obtuvo en las parcelas bajo LC fue 347 pl m⁻² y 353 pl m⁻² en el tratamiento con SD. A partir de la fecha de siembra se instaló un geotermómetro por cada parcela a los 3-8 cm de profundidad. Se registraron las temperaturas diarias a las 9 hs y el valor máximo para cada día durante 3 semanas. A partir del 12/08/94 las lecturas se tomaron en forma semanal hasta la finalización del ciclo del cultivo (15/12/94). Las mediciones de humedad edáfica se realizaron en forma conjunta con las de temperatura del suelo. A los 3-8 cm de profundidad se midió el contenido de humedad por el método gravimétrico (Gardner 1986).

Los datos fueron analizados utilizando el Statistical Analysis Systems (SAS. Institute, Inc., 1985). El análisis de variancia se determinó utilizando el procedimiento General Linear Model (GLM). La separación de medias entre tratamientos

fue obtenida por el test de Least Significant Difference (LSD) (Steel, Torrie 1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

El cultivo de trigo tiene una temperatura mínima de germinación que fluctúa entre 3,5 y 5,5 °C, con variaciones que dependen de la variedad y de las condiciones ambientales y edáficas (Peterson 1965). Desde la instalación de los geotermómetros realizada a partir de la siembra LC tendió a presentar valores inferiores a SD para las mediciones de temperatura de suelo realizadas a las 9 hs. Se registraron para ambos tratamientos de labranza temperaturas inferiores al valor mínimo durante los primeros 9 días y entre los 14 - 16 días después de la siembra. A partir de la emergencia del cultivo (días 17 y 18 después de la siembra) las temperaturas en SD y LC fueron mayores al umbral de crecimiento, aumentando paulatinamente hasta el final del ciclo del cultivo, a excepción de los días 21 - 22, 30 - 37 situación en la cual la temperatura del suelo descendió a valores inferiores al umbral (Figura 1).

Para las mediciones de temperaturas máximas correspondientes al mismo período, la relación se invirtió, dando valores inferiores para el tratamiento SD. Esta tendencia se invirtió a partir de los 103 días después de la siembra, ya que los valores inferiores

correspondieron a LC. Esto coincide con lo informado por Radke *et al.* (1985) quienes encontraron que al final del ciclo del cultivo de trigo la temperatura máxima del suelo bajo SD fue más elevada (Figura 2). En el caso de este ensayo, el cultivo bajo SD tuvo menor desarrollo (Bergh *et al.* 1995), esta condición tuvo incidencia sobre la temperatura máxima del suelo al final del ciclo del cultivo, ya que la superficie bajo SD recibió mayor radiación. El límite máximo a partir del cual el crecimiento del cultivo de trigo se ve afectado oscila entre 32 y 35 °C (Peterson 1965). Desde la siembra a la cosecha, las temperaturas medidas en el ensayo no superaron dicho valor. Estudios realizados por Unger (1978) y Cox *et al.* (1990) también relacionan la temperatura de la superficie del suelo con la cobertura vegetal, resultando que cuando la cobertura es menor, la temperatura del suelo tiende a ser mayor, puesto que recibe en forma directa la radiación solar. Esta relación se observa en las determinaciones aquí discutidas para las temperaturas máximas.

En la Figura 3, se muestra la relación que existe entre la radiación global y la diferencia de temperaturas máximas entre los tratamientos SD y LC. De acuerdo con el análisis de regresión ($R^2 = 0,61$), a mayor radiación recibida corresponde mayor

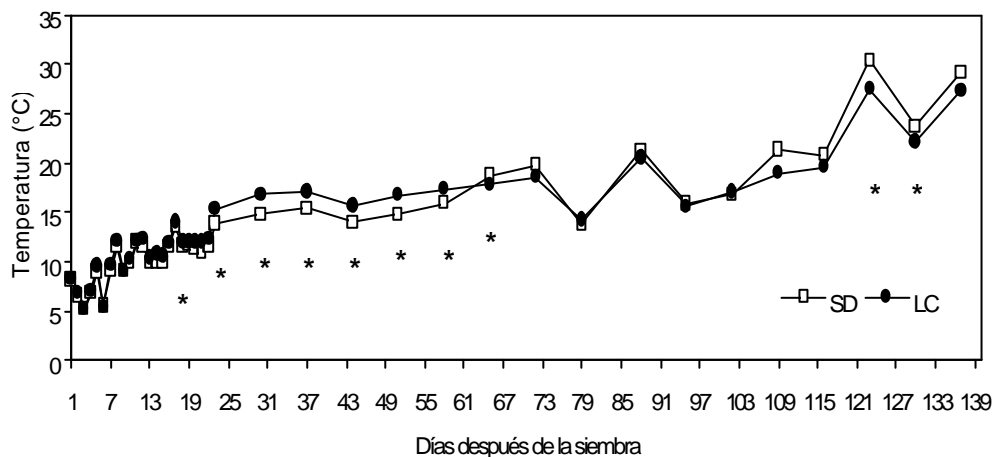


Figura 1. Temperatura del suelo a los 3-8 cm de profundidad medida a las 9 hs, para los tratamientos siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). (*) Indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

Figure 1. Soil temperature in the depth of 3-8 cm measured at 9.00 am. SD = no tillage, LC = conventional tillage. (*) significant differences between treatments ($P \leq 0.05$).

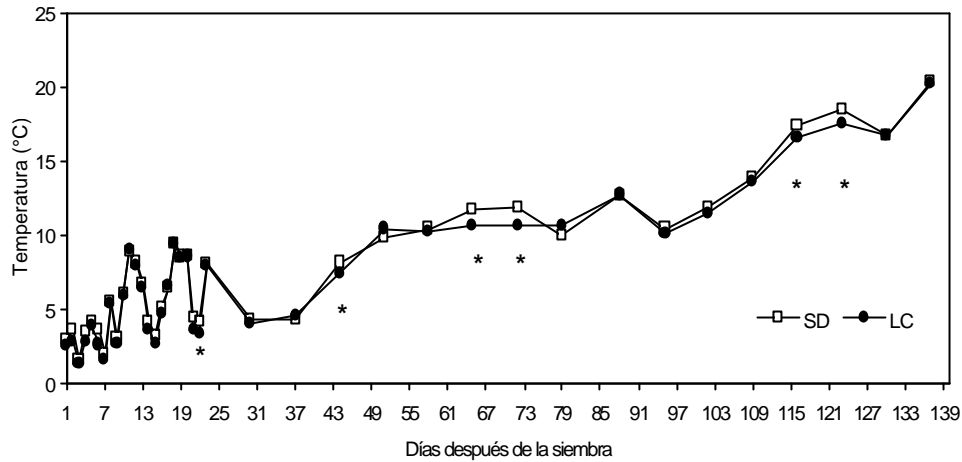


Figura 2. Temperatura máxima del suelo a los 3-8 cm de profundidad, para los tratamientos siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). (*) Indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

Figure 2. Soil maximum temperature in the depth of 3-8 cm. SD = no tillage, LC = conventional tillage. (*) significant differences between treatments ($P \leq 0,05$).

diferencia de temperatura entre los tratamientos, siendo LC el tratamiento que presentó los valores superiores. La radiación recibida por el suelo bajo SD en las primeras etapas del cultivo fue menor que la recibida en LC. Esto puede atribuirse al efecto que produce la cobertura de residuos, fundamentalmente al principio del ciclo del cultivo. Las mediciones de cobertura de residuos se realizaron el 16/08, resultando 0% para LC y

73% en SD. Cuando el cultivo incrementó suficientemente su área foliar, ya no tuvo tanto efecto el rastrojo en superficie.

Las máximas diferencias entre sistemas de labranza, con respecto a la temperatura medida a las 9 hs, se dieron cuando las temperaturas fueron más bajas. En la Figura 4, se muestra la relación entre el promedio de temperatura a las 9 hs de los dos tratamientos y la diferencia que hubo entre

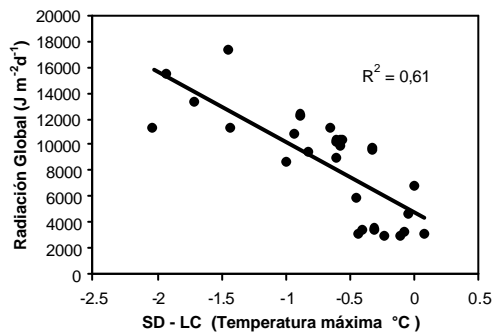


Figura 3. Relación entre la radiación global y la diferencia entre las temperaturas máximas de suelo a los 3-8 cm de profundidad, para los tratamientos siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Figure 3. Relationship between global radiation and SD - LC maximum soil temperature differences in the depth of 3-8 cm. SD = no tillage, LC = conventional tillage.

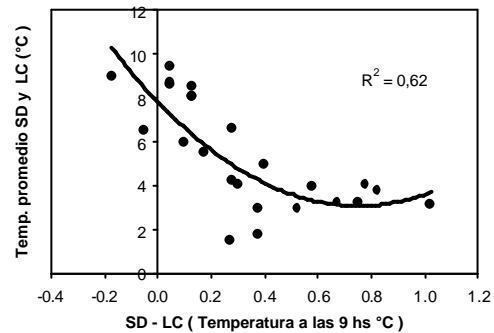


Figura 4. Relación entre la temperatura media y las diferencias de temperatura a los 3-8 cm de profundidad medida a las 9 hs, para los tratamientos siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Figure 4. Relationship between average temperature and SD - LC maximum soil temperature differences in the depth of 3-8 cm, measured at 9.00 am. SD = no tillage, LC = conventional tillage

ambos tratamientos. El coeficiente de regresión $R^2 = 0,62$ muestra la relación entre ambas variables, en este caso las temperaturas más bajas correspondieron a LC. Los datos coinciden con los obtenidos por Panigatti *et al.* (1983). Cuando la temperatura del aire descendió, el suelo sin cobertura vegetal experimentó los valores más bajos, debido a la ausencia de restos vegetales que amortiguaban los cambios de temperatura. A medida que se avanzó en la estación de crecimiento, cuando las temperaturas fueron mayores, las diferencias entre tratamientos decrecieron ya que las condiciones de temperatura no fueron tan extremas.

En general, se puede decir que hasta que el cultivo no cubrió completamente la superficie sembrada, las temperaturas máximas del suelo fueron mayores en LC y ésta diferencia se incrementó cuando la radiación global fue mayor. En cambio, las temperaturas del suelo correspondientes a las 9 hs fueron menores para LC y ésta diferencia se acentuó cuando la temperatura del aire fue menor.

Menor amplitud térmica de los suelos bajo SD fue documentada por Unger (1978) y Kirkegaard *et al.* (1994), quienes atribuyen la regulación de la temperatura del suelo al mayor contenido de humedad y a la presencia

de residuos vegetales.

El crecimiento de las plantas y por lo tanto el rendimiento de los cultivos depende, entre otros factores, de los aspectos relacionados con la conservación del agua. Las pérdidas de agua del suelo pueden ocurrir por evaporación desde la superficie, escurrimiento superficial, transpiración por el crecimiento de las plantas, o percolación a zonas más profundas. En las primeras etapas del cultivo la principal pérdida de agua se produce por evaporación, puesto que el mismo aún no cubre el suelo (Blevins *et al.* 1971). Un mayor contenido de agua en superficie puede estar relacionado a la presencia de residuos vegetales y a la menor remoción del suelo que ocurre en SD, disminuyendo las pérdidas de agua por evaporación en esta etapa del cultivo (Zhai *et al.* 1990; Chagas *et al.* 1994).

En la Figura 5 se muestran los datos correspondientes al contenido de humedad del suelo al momento de realizar las mediciones de temperatura. El tratamiento SD presentó a los 3-8 cm de profundidad mayor contenido de agua que LC en los primeros estadios del cultivo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Dao (1993) y Chagas *et al.* (1994).

En la misma experiencia se realizaron, a partir de los 15 cm de

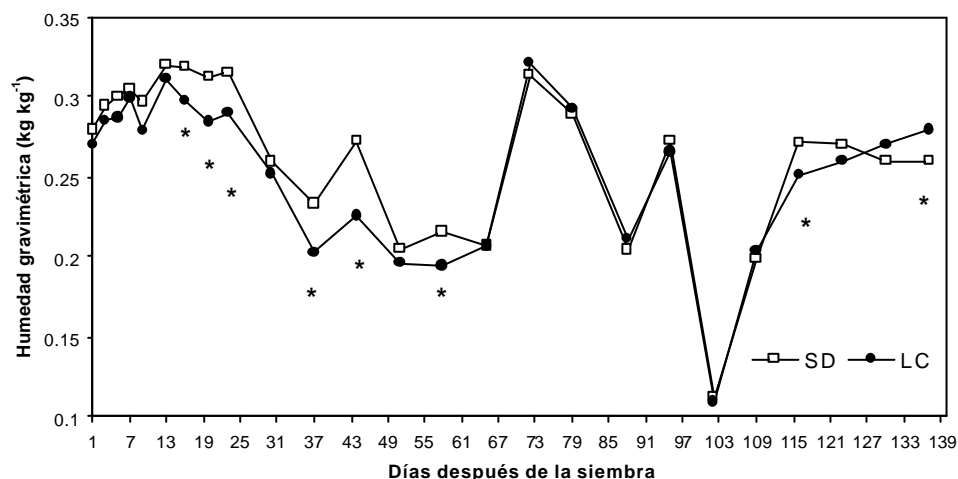


Figura 5. Contenido de humedad gravimétrica a los 3-8 cm de profundidad correspondiente al momento de realizar la medición de temperatura del suelo, para los tratamientos siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). (*) Indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

Figure 5. Soil water content in the depth of 3-8 cm recorded simultaneously with soil temperature measurements. SD = no tillage, LC = conventional tillage. (*) significant differences between treatments ($P < 0.05$).

profundidad, mediciones de humedad con sonda de neutrones desde la emergencia a la cosecha del cultivo. El tratamiento SD presentó un mayor contenido de agua en los primeros 40 cm de profundidad desde la emergencia a encañazón. (Ferreras 1996). Los mayores contenidos hídricos del suelo bajo SD pueden atribuirse a un menor consumo de agua por parte del cultivo, o a una retención de agua superior por parte del suelo debido al tipo y tamaño de poros (Blevins *et al.* 1971; Hill *et al.* 1985; Dao 1993).

En la etapa de emergencia a macollaje, SD presentó un menor consumo de agua en comparación con LC. Esto pudo deberse a una reducción en la evaporación del agua dada por la cobertura vegetal y a una menor transpiración del cultivo como consecuencia de la diferencia en el crecimiento vegetativo del mismo (Bergh *et al.* 1995). Además, SD presentó menor porcentaje de poros con diámetro superior a 20 μm ($P \leq 0,05$), propiedad que pudo contribuir a una mayor retención de agua para este tratamiento (Ferreras 1996). Estos dos aspectos, consumo de agua y distribución del tamaño de poros, deberían tenerse en cuenta al analizar el contenido de agua del suelo.

Estos resultados coinciden con información donde se indica que hay un mayor contenido de agua en la capa arable en sistemas como la SD o labranza reducida, en comparación con suelos laboreados en forma convencional; en algunos casos muestran diferencias significativas y en otros solo tendencias (Hill *et al.* 1985; Chang, Lindwall 1989; Dao 1993; Chagas *et al.* 1994).

Bergh *et al.* (1995) realizaron mediciones del crecimiento vegetativo del cultivo sobre este mismo ensayo, estos autores hallaron un menor crecimiento y rendimiento bajo SD en comparación con LC.

CONCLUSIONES

SD presentó mayor contenido de agua en superficie, sobre lo cual parecen haber incidido distintos factores. Por un lado, la cobertura vegetal y la no realización de labranzas pueden haber disminuido las pérdidas por evaporación. También parece haber influido el menor consumo por parte de las plantas, probablemente como consecuencia

del menor desarrollo y por último, el predominio de poros de menor tamaño.

Las fluctuaciones de temperatura del suelo fueron menores en SD. La presencia de residuos en superficie y la mayor proporción de agua contribuyeron a la regulación de la temperatura edáfica.

REFERENCIAS

- Bergh RG, FO García, JL Ferrari, RH Rizzalli. 1995. Fate of nitrogen under no-tillage and conventional tillage systems in the Southern "Pampas" of Argentina. *Agronomy Abstracts. ASA-CSSA-SSSA. Annual Meeting. Madison, USA.*
- Blevins RL, Doyle Cook, SH Phillips, RE Phillips. 1971. Influence of no-tillage on soil moisture. *Agron. J.* 63:593-596.
- Burgos JJ, A Vidal. 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva Clasificación de Thornthwaite. *Meteoros I* (1): 3-32.
- Cabria FN., JPH. Culot. 1994. Selección y utilización de características edáficas para discriminar series de Argiudoles en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo.* 12:41-55.
- Canfield R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. of Forestry.* 39:388-394.
- Chagas CI, HJ Marelli, OJ Santanatoglia. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol típico bajo tres sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo.* 12:11-16.
- Chang C, CW Lindwall. 1989. Effect of long-term minimum tillage practices on some physical properties of a Chernozemic clay loam. *Can. J. Soil Sci.* 69:443-449.
- Cox WJ, RW Zobel, HM van Es, DJ Otis. 1990. Tillage effects on some soil physical and corn physiological characteristics. *Agron. J.* 82:806-812.
- Dao H. 1993. Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1586-1595.
- Echeverría H, G Studdert, J Elverdin, H Sarlangue. 1994. Siembra directa de trigo en el Sudeste Bonaerense. *ProAs. Visión Rural.* 11:33-38.
- Ferreras LA. 1996. Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo. Tesis M. Sc. Area Suelos. Escuela para Graduados Facultad de Agronomía (UBA). 64 pp.
- Gardner WH. 1986. Water content. En A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis, Part 1.* 2nd ed. *Agronomy.* 9:493-544.
- Hill RL, R Horton, RM Cruse. 1985. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution of two Mollisols. *Soil Sci. Soc. Am.*

- J. 49:1264-1270.
- Kirkegaard JA, JF Angus, PA Gardner, W Müller. 1994. Reduced growth and yield of wheat with conservation cropping. I Field studies in the first year of the cropping phase. *Austr. J. Agric. Res.* 45:511-528.
- Letey J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.* 1:277-294..
- Mahboubi AA, R Lal, NR Faussey. 1993. Twenty-Eight years of tillage effects on two soils in Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:506-512.
- Marelli H. 1994. La Siembra Directa en la Argentina. Proyecto de Investigación Estratégica Cultivos sin Labranza. Hoja Informativa N° 273. INTA EEA Marcos Juárez. 11p.
- Marelli H, J Arce. 1996. La Labranza Conservacionista. Informe N° 32. INTA EEA Marcos Juárez. 8p.
- Panigatti JL, MC Perez, M Mussetti. 1983. Evolución de la temperatura del suelo. Influencia de la cobertura. *Public. Misc. N°15.* INTA EEA, Rafaela. 35p.
- Peterson RF. 1965. Wheat. Botany, Cultivation and Utilization. *World Crops Books.* N. Polunin (ed.) 422p.
- Radke JK, AR Dexter, OJ Devine. 1985. Tillage effects on soil temperature, soil water, and wheat growth in South Australia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1542-1547.
- SAS Institute, Inc. 1985. SAS User's guide. Statistics Version. 5th ed. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Steel RGD, JH Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. Multiple comparisons. Second Edition. 172-191.
- Unger PW. 1978. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth. *Agron. J.* 70:858-864.
- Unger PW. 1990. Conservation tillage systems. *Adv. Soil Sci.* 13:27-68.
- Zhai R, RG Kachanoski, RP Voroney. 1990. Tillage effects on the spatial and temporal variation of soil water. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:186-192.