

EFECTO DEL CULTIVO DE TRIGO SOBRE EL INGRESO DE AGUA AL SUELO BAJO SIEMBRA DIRECTA

M. G. Castiglioni¹, M. G. Wilson², A. Paz Gonzalez³, M. E. Mendive Alvarez¹,
C. Iurrtia⁴, J. Oszust², M. C. Sasal²

¹ Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Agronomía (UBA), Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina - e-mail: castigli@agro.uba.ar

² Grupo Recursos Naturales y Factores abióticos-INTA-EEA Paraná, Ruta 11, Km 12.5 (3100) Paraná-Entre Ríos, Argentina, E-mail: mwilson@parana.inta.gov.ar

³ Facultad de Ciencias UDC, Campus de A Zapateira s/n 15071 La Coruña, España, E-mail: tucho@udc.es

⁴ Instituto de Suelos INTA Castelar, Las Cabañas y De Los Reseros s/n (1712) Villa Udaondo Castelar/Hurlingham Bs As, Argentina

RESUMEN. En la Región Pampeana Argentina predominan los sistemas agrícolas bajo siembra directa, basados fundamentalmente en cultivos estivales. En consecuencia, gran proporción de la superficie se presenta en barbecho durante el invierno, quedando expuesta a procesos erosivos. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de coberturas contrastantes y de algunas propiedades físicas edáficas sobre la infiltración del suelo durante el ciclo de un cultivo de invierno (trigo) bajo siembra directa. Se realizaron simulaciones de lluvia (intensidad media=60 mm h⁻¹) sobre un Argiudol ácuico serie Tezanos Pinto con y sin cobertura en emergencia (invierno) y en floración (primavera) de un cultivo de trigo. Con dicha información se estimó la conductividad hidráulica saturada (Ks) y el coeficiente de escurrimiento (CE). A su vez en cada fecha se determinó: contenido de agua inicial (HI), densidad aparente (Dap), distribución de poros por tamaño, índice de calidad física edáfica y estabilidad estructural. No hubo diferencias entre momentos de muestreo en distribución de poros, estabilidad de agregados ni en el índice de calidad física del suelo. La densidad aparente fue inferior en floración (1.19 g cm⁻³) en relación al período de emergencia del cultivo (1.29 g cm⁻³). La alta variabilidad de Ks impidió diferenciar los tratamientos con y sin cobertura. Esta propiedad fue un 62 y 107% mayor en floración para el suelo cubierto (P < 0.08) y para el descubierto (P < 0.01), respectivamente. En igual fecha la CE fue un 229 y 191% mayor para suelo cubierto (P < 0.06) y para el descubierto (P < 0.01), respectivamente. En primavera el porcentaje de agregados menores a 2 mm, Dap y HI fueron menores. La magnitud de estas diferencias no podrían justificar plenamente los importantes cambios encontrados en CE y Ks. La actividad biológica, fundamentalmente la presencia de raíces vivas, facilitaría el movimiento de agua en el suelo.

ABSTRACT. In the Argentine Pampas predominates agricultural systems under no tillage basically based on summer crop sequences. In consequence, great proportion of the surface appears in fallow during the winter, remaining exposed to erosive processes. The aim of the work was to evaluate the effect of contrasting soil cover and some soil physical properties on the soil infiltration

during a winter crop cycle (wheat) in no tillage. Rain simulations (Media intensity precipitation = 60 mm h⁻¹) were carried out on a fine, illitic, thermic Aquic Argiudoll (US Soil Taxonomy) of the Tezanos Pinto Series (Luvic Phaeozem, WRB) with and without coverage in emergency (E) (winter) and anthesis wheat crop (spring). With this information saturated hydraulic conductivity (Ks) and surface runoff coefficient (RC) were estimated. In topsoil were determined: initial water content (IW), bulk density (BD), pore size distribution, soil quality physical indicator, and soil aggregate stability. There were no differences between date sampling in the pore size distribution, aggregate stability and soil physical quality indicator. BD was lower in flowering (1.19 g cm⁻³) in relation than the wheat emergency period (1.29 g cm⁻³). The high variability of Ks not allowed to differentiated treatments. In wheat anthesis period, Ks was greater 62 and 107%, for covered soil (P < 0.08) and without vegetation (P < 0.01), respectively. In turn in anthesis, RC was greater 229 and 191% for covered soil (P < 0.06) and without vegetation (P < 0.01), respectively. In spring percentage of aggregates smaller than 2 mm, BD and IW were minor. Nevertheless, the magnitude of these differences doesn't explains fully the big difference found for RC and Ks. The biological activity, i.e. the presence of live roots, would facilitate the movement of soil water.

1.- Introducción

En la Región Pampeana Argentina predominan los sistemas agrícolas bajo siembra directa basados en cultivos estivales, de los cuales el 60 % es soja. La proporción de cultivos invernales, particularmente trigo, es menor al 20% (SAGPyA, 2009). En consecuencia, gran proporción de la superficie destinada a la agricultura se presenta en barbecho durante el invierno, quedando el suelo expuesto a posibles procesos erosivos.

La intensidad de dichos procesos esta supeditada al grado de cobertura edáfica que impida la formación de sellos, que disminuyen la tasa de infiltración de agua y aumentan el volumen de escurrimiento. Otros parámetros que regulan la

pérdida de agua superficial por escorrentía son la cantidad de lluvia caída, su intensidad, la conductividad hidráulica del suelo, la rugosidad superficial, la capacidad de almacenamiento de agua edáfica y el contenido hídrico inicial (Laloy y Bielders 2008).

Basado en un extenso estudio, Wischmeier (1966) concluyó que la tasa de infiltración está más ligada a la condición superficial y manejo del suelo, que a sus propiedades intrínsecas. Bradford y Huang (1994), mencionan que la influencia de los rastrojos sobre la infiltración es más importante que la producida por el tratamiento realizado al suelo. De la Vega *et al.* (2004) encontraron que la tasa de infiltración básica de un Argiudol de la Pampa Ondulada estaba más regulada por el grado de cobertura que por el contenido inicial de agua edáfica y su densidad aparente. A su vez, Sasal *et al.* (2009) comprobaron que la cantidad de agua infiltrada en parcelas de escurrimiento estaba más asociada al tiempo de ocupación de los cultivos, que a sus propiedades físicas edáficas.

La siembra directa se ha impuesto en la Pradera Pampeana como sistema de implantación de cultivos, a partir de su mayor eficiencia en el control de los escurrimientos y la erosión, logrando un mejor aprovechamiento del agua pluvial para los cultivos y menores pérdidas de suelo. La cobertura del suelo lograda por este sistema de labranza es uno de los medios más efectivos para disipar la energía de impacto de la gota de lluvia. Su grado de eficiencia depende de muchos factores como por ejemplo del tipo de cultivo, su altura, la secuencia de especies, la densidad de plantas y la cantidad de rastrojos remanentes (Engel *et al.*, 2009), como también es dependiente de las propiedades del suelo estudiado (Zhang *et al.*, 1995). Sin embargo, la cobertura del suelo y las propiedades físicas edáficas, varían durante el ciclo de un cultivo, pudiendo ocasionar dichas modificaciones cambios en la capacidad de absorción de agua por parte del suelo.

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de coberturas contrastantes y de algunas propiedades físicas edáficas sobre la infiltración del suelo, durante el ciclo de un cultivo invernal (trigo) bajo siembra directa.

2.- Materiales y Métodos

Se realizaron simulaciones de lluvia en el área de pendiente de una microcuenca de 16 has ubicada en la EEA INTA Paraná (Entre Ríos). El gradiente en la misma es del 5%, mientras que la serie de suelos presente es Tezanos Pinto (Argiudol ácuico).

Se efectuaron tres repeticiones de simulaciones de lluvia en dos etapas distintas del crecimiento del cultivo de trigo: implantación y floración, comenzando con trigo emergido sobre rastrojo de maíz. Se empleó un simulador de lluvia (Iruetia, Mon 1994) que posee una parcela de 50 cm de lado, aplicando una intensidad de lluvia promedio de 60 mm h^{-1} durante aproximadamente una hora, Fig. 1 y 2. En cada una de estas etapas del cultivo se trabajó con dos condiciones de cobertura del suelo: 1) cobertura aportada

por el cultivo más el rastrojo remanente y 2) suelo descubierto. Esta última situación se incluyó para separar el efecto sobre la infiltración de cambios en las propiedades físicas del suelo respecto a su cobertura. Se tomaron lecturas de escurrimiento y lluvia caída en intervalos de 5 minutos, para posteriormente construir la curva de tasa de infiltración en función del tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo (Fig. 3). Con dicha información y a partir de la estabilización de la tasa de infiltración se estimó la conductividad hidráulica saturada (K_s). A su vez, se calculó el coeficiente de escurrimiento (CE) como el porcentaje de agua escurrida respecto al volumen de lluvia caída durante el transcurso de cada ensayo.



Fig 1. Acondicionamiento del simulador de lluvia a campo.



Fig 2. Momento de medición a campo donde se muestra el trabajo con dos simuladores de lluvia.

Del espesor de suelo de 0 a 5 cm y en las dos fechas de muestreo se determinó: contenido de agua inicial (HI),

densidad aparente (Dap) (Blake, Hartge 1986), volumen ocupado por poros mayores a 50 μm ($p>50$) y de 10 a 50 μm ($p10-50$) (Klute 1986) e índice de calidad física edáfica (S) (Dexter 2004). Del espesor 0 a 12 cm se midió la estabilidad estructural (De Leenheer, De Boodt 1958). Se determinó porcentaje de agregados mayores a 8 mm ($\text{Ag}>8$), porcentaje de agregados menores a 2 mm ($\text{Ag}<2$), diámetro medio ponderado de agregados entre 4.8 y 2 mm (DMPS), diámetro medio ponderado de agregados menores a 4.8 mm (DMPH) y cambio de diámetro medio entre estos dos últimos índices (CDMP).



Fig 3. Recolección de agua escurrida y sedimento de suelo luego de la simulación del efecto de la lluvia.

3.- Resultados y Discusión

3.1.- Propiedades físicas edáficas

En la Tabla 1 se presentan los datos de estabilidad estructural y distribución de agregados en las dos etapas del cultivo de trigo. Sólo el porcentaje de agregados menores a 2 mm ($\text{Ag}<2$) fue mayor ($P<0.05$) en el período de implantación del cultivo. Los restantes parámetros analizados no tuvieron modificaciones significativas durante el período del presente trabajo.

No hubo diferencias significativas en la calidad física del suelo, estimada a partir del índice S (Dexter 2004) (Tabla 2). Sin embargo este parámetro muestra una tendencia a un aumento en la calidad física del suelo en la medida que avanza el ciclo del cultivo de trigo. Los poros mayores a 50 μm (poros de conducción rápida del agua) también muestran un comportamiento similar, ya que presentan una tendencia a tener un mayor volumen hacia la primavera. También de acuerdo con estos resultados, la Dap muestra una significativa disminución en su valor ($P<0.05$) con el avance del ciclo del cultivo. De la misma manera el contenido hídrico edáfico inicial fue diferente ($P<0.05$) en las dos etapas del cultivo, tornándose el suelo más seco en la primavera. Esto se debió fundamentalmente a una disminución en el volumen de lluvias caídas en primavera respecto a lo normal para dicho período del año.

Por su parte, Rhoton *et al.* (2002) vieron que el parámetro simple que mejor explicó el escurrimiento obtenido en ensayos realizados en parcelas y microcuencas bajo labranza cero, fue la densidad aparente del suelo superficial.

Tabla 1. Resultados del tamizado seco y húmedo del suelo en dos etapas del ciclo del cultivo de trigo.

Etapas del cultivo	Ag>8 (%)	Ag<2 (%)	DMPS (mm)	DMPH (mm)	CDMP (mm)
Implantación	59.28 a	14.99 a	4.88 a	4.24 a	0.52 a
Floración	60.41 a	11.76 b	4.66 a	4.13 a	0.53 a

Tabla 2. Resultados de algunas propiedades físicas del suelo durante el ciclo del cultivo de trigo.

Etapas del cultivo	$p>50^1$	$p10-50^1$	S	Dap ²	HI ¹
Implantación	0.15 a	0.09 a	0.060 a	1.29 a	0.27 a
Floración	0.18 a	0.06 b	0.069 a	1.19 b	0.23 b

Unidades: ¹($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); ²(g cm^{-3}).

3.2.- Coeficiente de escurrimiento y conductividad hidráulica saturada

En la Tabla 3 se observa el coeficiente de escurrimiento y la Ks, estimados a partir de los ensayos de simulaciones de lluvia realizados en los dos períodos del ciclo del cultivo con dos estados de cobertura. Como se puede visualizar, el tratamiento cubierto siempre tuvo una cobertura total, si bien su composición se modificó en ambas fechas. En implantación estuvo dado principalmente por el rastrojo del cultivo anterior (maíz) y en floración por el trigo en pie más el remanente del rastrojo de maíz.

Los resultados de CE y Ks tuvieron alta variabilidad. Los coeficientes de variación fueron del 15 al 173 % para CE y del 25 al 105 % para Ks. Esto impidió diferenciar los tratamientos con y sin cobertura. Sin embargo, en ambas fechas se observa una tendencia a un mayor escurrimiento de agua en las parcelas descubiertas, aunque estas diferencias no fueron significativas.

Tabla 3. Valores medios de CE y Ks para dos condiciones de cobertura en las dos etapas de análisis

Etapas del cultivo	Cobertura (%)	CE (%)	Ks (mm h^{-1})
Implantación	100	46±24.3 a	17.7±18.5 a
	0	56±8.7 a	10.1±7.6 a
Floración	100	11±18.5 a	46.3±22 a
	0	14±19.9 a	31.1±8 a

Al realizar las comparaciones de estos parámetros entre fechas y para una misma condición de cobertura se observaron diferencias significativas. En floración la Ks fue 62 y 107% mayor que en emergencia para suelo cubierto ($P<0.08$) y para el descubierto ($P<0.01$), respectivamente. A su vez en floración la CE fue 229 y 191% mayor que en emergencia para suelo cubierto ($P<0.06$) y para el descubierto ($P<0.01$), respectivamente.

De acuerdo a lo observado en las Tablas 1 y 2 las propiedades físicas que tuvieron modificaciones significativas entre fechas de muestreo fueron: $\text{Ag}<2$, Dap y contenido de humedad edáfica inicial. En floración, estos parámetros fueron menores. El momento del ciclo de cultivo con un alto consumo de agua y de desarrollo radical en coincidencia con un período de precipitaciones escasas e inferiores a la media local para la primavera podrían explicar estas diferencias. Sin embargo, la magnitud de

estas diferencias (5% y 4% de contenido hídrico y porosidad total, respectivamente) no podrían justificar plenamente los importantes cambios encontrados en CE y Ks. Tampoco hubo diferencia en la estabilidad de agregados entre los momentos de muestreo. Bajo siembra directa y a corto plazo este parámetro físico resulta de menor peso relativo frente a otros en relación a la estimación de la tasa de infiltración del suelo (Mwendera y Feyen 1993; Castiglioni et al 2006). Rhoton et al.(2002) reportaron que el parámetro que mejor explicó el escurrimiento obtenido en ensayos realizados en parcelas y microcuencas bajo siembra directa, fue la densidad aparente del suelo superficial. Probablemente, la actividad biológica, fundamentalmente la presencia de raíces vivas que constituyen vías de flujo preferencial, y/o la presencia de grietas de desecación incrementaron el ingreso de agua al suelo.

4.- Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede expresar que la intensificación de la secuencia de cultivo regional con aumento de la superficie con trigo podría reducir pérdidas de agua por escurrimiento y mejorar la eficiencia en el uso del agua de sistemas agrícolas bajo siembra directa.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado con fondos correspondientes a los proyectos UBACyT G Programación 2010-2012, Nacional INTA PNECO 093012 y Regional INTA ERIOS02. Agradecemos la colaboración de Carlos Acosta.

5.- Bibliografía

- Blake, G. R. y Hartge, K. H. 1986. Bulk density. En A. Klute (ed.) Methods of soil analysis, Part 1. 2nd ed. *Agronomy* 9:363-375.
- Bradford, J. M. y Huang, C. . 1994. Interrill soil erosion as affected by tillage and residue cover. *Soil & Tillage Research* 31: 353-361.
- Castiglioni, M. G., Massobrio, M. J., Chagas, C. I., Santanatoglia, O. J. y Buján, A. 2006. Infiltración del agua bajo labranza cero del suelo en una microcuenca agrícola de Argentina. *Revista Terra* 24(3): 423-430.
- De la Vega, G., Castiglioni, M.G., Massobrio, M. J., Chagas, C. I., Santanatoglia, O. J. y Irurtia, C. 2004. Efectos de la cobertura y la humedad inicial en la infiltración de un Argiudol vértico bajo Siembra Directa. *Ciencia del Suelo* 22: 25 – 27.
- De Leennher, L. y De Boodt, M. . 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. Proseedings of the International Symposium of Soil Structure. Ghent, Bélgica. 290-300.
- Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality. Part I: Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120: 201 – 214.
- Engel, F. L, Bertol, I. Ritter, S. R. , Paz González, A., Paz-Ferreiro, J. y Vidal Vázquez, E. 2009. Soil erosion under simulated rainfall in relation to phenological stages of soybeans and tillage methods in Lages, SC, Brazil. *Soil & Tillage Research* 103:216-221.
- Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods. In A.Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd. Ed. *Agronomy* 9:635-662.
- Irurtia, C. B. y Mon, R. 1994. Microsimulador de lluvia para determinar infiltración a campo. Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar. *Publicación Técnica* 176.18 pp.
- Laloy, E. y Biielders, C. L. 2008. Plot scale continuous modelling of runoff in a maize cropping system with dynamic soil surface properties. *J Hydrol.* 349:455-469.
- Mwendera, E. J. y Feyen, J. 1993. Predicting tillage effects on infiltration.

- Soil Sciences* 155 (3): 229-235.
- Rhoton, F. E, Schipato M. J. y Lindbo, D. L. 2002. Runoff and soil loss from midwestern and south eastern US silt loam soils as affected by tillage practices and soil organic matter content. *Soil & Tillage Research.* 66: 1-11.
- Sasal, M.C., Castiglioni, M.G. y Wilson, M. G. 2010. Runoff from crop sequences under no-till on natural-rainfall erosion plots. *Soil & Tillage Research.* 108: 24-29.
- SAGPYA. 2009. Estimaciones agrícolas. Disponible online: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
- Snedecor , G. W. y Cochran, W. G. 1989. Statistical methods. 8th Edn (Iowa State University Press/AMES).
- Wischmeier, W. H. 1966. Surface runoff in relation to physical and management factors. In Proc. First Pan Am. Soil Conserv. Congress, 237-244. Sao Paulo, Brazil: O Congresso.
- Zhang, X. C, Nearing, M. A. y Risse, L. M. . 1995. Estimation of Green-Ampt conductivity parameters: Part I. Row Crops. *Transactions of the ASAE* 38(4): 1069-1077.