

# CIENCIA DEL SUELO

Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

Volumen 19 Número 1

Junio de 2001

**Efecto de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre características físicas y químicas en Udoles del sudeste bonaerense** (Continuous cropping under conventional tillage effects on physical and chemical properties of Udolls in the south east of Buenos Aires province)

FN Cabria, JPh Culot..... 1

**Evaluación de algunas propiedades físicas de suelos luego de la introducción de labranzas verticales en un suelo bajo siembra directa** (Soil physical properties after vertical tillage on a no-tillage cultivated soil)

E Elissondo, JLCosta, E Suero, LP Fabrizzi, F Garcia..... 11

**Texture, density and hydraulic conductivity of some soils in San Luis province, Argentina**

JM Kirby, R Kingham, M Cortes ..... 20

**Poblaciones microbianas y contenido de carbono y nitrógeno del suelo en sistemas de siembra directa y labranza convencional** (Microbial populations and soil carbon and nitrogen content in no-till and conventional tillage)

L Crespo, LI Picone, YE Andreoli, FO Garcia ..... 30

**Evolución otoño invernal del nitrógeno mineral en un Natracuol Tipico bajo festucas con diferente hábito de crecimiento** (Evolution of ammonium and nitrate from late autumn to early spring on a Typic Natracuol implanted with tall fescues of different pattern of growth)

MR De Prado, HE Echeverría, FA Lattanzi, NF San Martín ..... 39

**Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz** (Cropping systems and maize nitrogen nutrition)

GF Domínguez, GA Studdert, HE Echeverría, FH Andrade ..... 47

**Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadio de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional** (Nitrogen recovery efficiency for fertilizations at six-leaf stage of maize irrigated under no-tillage and conventional tillage).

HE Echeverría, HR Sainz Rozas ..... 57

**Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera** (Prediction of wheat (*Triticum aestivum* L) grain protein content through flag leaf greenness index)

HE Echeverría, GA Studdert ..... 67

## NOTAS

**Nuevo método para determinar la densidad aparente de sólidos porosos. Aplicación a muestras de suelo** (A new method for measuring the bulk density of porous materials and its application to soil samples)

GO Sarli, RR Filgueira, D Gimenez ..... 75

**Diferenciación de rizobios nativos que nodulan cuatro leguminosas forrajeras en Tucumán, Argentina** (Differentiation of native rhizobia that nodulate four forage legumes in Tucumán, Argentina)

RO Pedraza, CS Roncedo, SC De Bellone, CH Bellone, HE Perez ..... 79

**Cuantificación y caracterización de *Sinorhizobium meliloti* en el sudeste bonaerense** (Quantification and characterization of *Sinorhizobium meliloti* in the southeast of Buenos Aires province)

CC Castellari, AM Quadrelli, NS González, FS Laich ..... 82

ISSN 0326-3169

# CIENCIA DEL SUELO

Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS)

## Comité Editor

**Director:** Daniel E. Buschiazzo

**Coeditores:** Alberto R. Quiroga, Alfredo A. Bono y Graciela G. Hevia

**Asesor:** Roberto Alvarez

Dirección: Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, Argentina, TE o Fax: +54 2954 433092/3/4, Correo Electrónico: buschiazzo@agro.unlpam.edu.ar ó EEA INTA Anguil, CC 11, 6326 Anguil, Argentina, TE o Fax + 54 2954 495057, Correo Electrónico: sueang@inta.gov.ar Página web: [www.suelos.org.ar](http://www.suelos.org.ar)

Ciencia del Suelo es una revista científica de aparición semestral que publica resultados de investigaciones de suelos. Acepta artículos originales sobre desarrollos y ajustes de metodologías para evaluar propiedades edáficas físicas, químicas y biológicas, estudios de génesis y clasificación de suelos, de fertilidad y fertilización de cultivos extensivos e intensivos y de manejo de suelos bajo secano o riego, incluyendo los sistemas forestales naturales y artificiales. También son bienvenidos los estudios de contaminación y recuperación de suelos y aquellos relacionados con sostenibilidad.

## Costos de Publicación

Por derechos de publicación se abonan u\$s 150 por los TRABAJOS y u\$s 100 por las NOTAS.

## Separatas

Opcionalmente los autores pueden requerir cien separatas de sus artículos a un costo adicional de u\$s 50.

## Pagos de Suscripciones y Costos de Publicación

Con cheque o giro postal a nombre de Graciela G. Hevia, Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300, 6300 Santa Rosa, Argentina.

# CIENCIA DEL SUELO

Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

Volumen 19 Número 1

Junio de 2001

## Comisión Directiva de la AACS

**Presidente:** G Moscatelli, **Vicepresidente:** H Del Campo, **Secretaria:** RM Di Giacomo, **Prosecretaria:** L Marbán, **Secretario de Actas:** C Chagas, **Tesorera:** S Pazos, **Protesorero:** C Vollert, **Vocales Titulares:** J C Salazar, V Nakama, R Alvarez, F García, **Vocales Suplentes:** J L Panigatti, DE Buschiazzo, A Lüters, A Sallies, **Revisores de Cuentas:** R Lavado, A Buján.

## Comité Editor

**Director:** DE Buschiazzo (INTA Anguil y Facultad de Agronomía, UNLPam)  
**Editores Asociados:** AR Quiroga ((INTA Anguil y Facultad de Agronomía, UNLPam)  
AA Bono (INTA Anguil)  
GG Hevia (Facultad de Agronomía, UNLPam)  
**Asesor:** R Alvarez (Facultad de Agronomía, UBA)

**Editorial:** Facultad de Agronomía, UNLPam, cc 300, 6300 Santa Rosa, Argentina.  
TE +54 2954 433092/3/4. Email: buschiazzo@agro.unlpam.edu.ar ó sueang@inta.gov.ar

## Participaron como consultores en este número:

MA Taboada (UBA), M Arias Estevez (Vigo, España), R Alvarez (UBA), J Lemcoff (UBA), N Peinemann (UNS), M Sagardoy (UNS), M Gómez (UNS), OS Santanatoglia (UBA), JL Arrúe (CSIC Zaragoza, España), A Lázari (UNS), MM Ron (UNS), N González (UNMdP), C Monger (New Mexico St. Univ., EEUU), P Unger (USDA, EEUU), C Puricelli (INTA), C Pecorari (INTA), T Loewy (INTA), JL Panigatti (INTA), J Dardanelli (INTA), D Prieto (INTA), S Ratto (UBA), H Echeverría (INTA), A Pidello (UNR), E Viglizzo (INTA), M Conti (UBA), H Tiessen (Saskatchewan, Canada).

**CIENCIA DEL SUELO** consta de un volumen anual de dos números. Precio de suscripción U\$S 40. Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723. Registro de la Propiedad Intelectual N° 99.728.

Esta revista es indexada en: Soil and Fertilizers, Chemical Abstract Services, Geo Abstract, Ulrich International Catalog, M+K Medien+Kommunikation GMBH y ha sido categorizada 1 por LATINDEX.

## EFFECTO DE LA AGRICULTURA CONTINUA BAJO LABRANZA CONVENCIONAL SOBRE CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS EN UDOLES DEL SUDESTE BONAERENSE

FN CABRIA, JPh CULOT

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. CC 276. (7620) Argentina.

Recibido 7 de junio de 2000, aceptado 9 de mayo de 2001

### CONTINUOUS CROPPING UNDER CONVENTIONAL TILLAGE EFFECTS ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF UDOLLS INTO SOUTH EAST OF BUENOS AIRES PROVINCE

Changes in soil structure occur when different management systems are applied. We hypothesized that in the soil series studied, long-term conventional tillage effect on some physical and chemical soil properties are related to aggregate size, architecture and arrangement. The objectives of this work were: (i) quantify the effect of continuous cropping under conventional tillage on bulk density, particle density, porosity, organic matter, geometric mean diameter of clay fraction, electrical conductivity, iron, and silicon in the A and Bt horizons of three soil series, and (ii) to discuss why aggregate hierarchical level of organization in the A horizons permits to justify the state of the characteristics evaluated as well as helpful to understand the water flux behavior. Management systems were continuous cropping under conventional tillage and non-grazed pastures. Crops included were spring wheat (*Triticum aestivum* L.), soybean [*Glycine max* (L.) Merr.], sunflower (*Helianthus annuus* L.), and corn (*Zea mays* L.). The results showed that 17 year of continuous cropping under conventional tillage modified the physical and chemical soil properties evaluated. Especially in the A horizons bulk density, geometric mean diameter of clay fraction, iron and particle density were increased. On the other hand, silicon, organic matter, porosity and electrical conductivity decreased. The mechanisms responsible of soil organic matter stabilization permitted to relate organic matter, iron and silicon contents in the management systems evaluated. In the A horizons, the conceptual framework that contributed to justify the state of physical and chemical properties analyzed was also helpful to relate them with water flux behavior.

**Key words:** Conventional tillage, Soil properties, Aggregate hierarchy, Flux of water.

### INTRODUCCION

Los residuos vegetales y los productos de su descomposición se transforman física y químicamente, a posteriori se asocian estrechamente con partículas minerales bajo la forma de agregados estables (Angers, Chenu 1998). En un suelo en particular, la exacta naturaleza y estabilidad de la estructura de los agregados, depende de la relativa cantidad y fuerza de varios tipos de asociaciones órgano-minerales y agentes cementantes que funcionan como estabilizadores en cada nivel jerárquico de la organización. (Jastrow, Miller 1998). En suelos donde la materia orgánica es el principal agente estabilizador, el estudio de la formación y estabilización de los agregados ha sido considerablemente influenciado por los conceptos vertidos por Tisdall y Oades (1982). Según estos autores, en Molisoles y Alfisoles la estabilidad en agua de los macroagregados,

>250  $\mu\text{m}$ , es provista por agentes cementantes o sustancias adhesivas lábiles de origen orgánico; en los microagregados, <250  $\mu\text{m}$ , se vinculó con la presencia de agentes cementantes perdurables. Los macro y microagregados se distinguen por el tamaño y la susceptibilidad que poseen al humedecimiento súbito (Edwards, Bremner 1967; Tisdall, Oades 1982). La estabilidad de los macroagregados es generalmente controlada por las prácticas de manejo u otras perturbaciones, pues alteran el crecimiento de las raíces, hifas de hongos u organismos rizosféricos (Tisdall, Oades 1982). Quizás el tipo de raíces, sus densidades y arquitectura, puedan influenciar la distribución del tamaño de los agregados (Miller, Jastrow 1990). La ruptura de los agregados de gran tamaño producto de la cantidad, frecuencia e intensidad de las labores, expone a la descomposición materia orgánica

relativamente lábil pero previamente protegida, resultando variadas combinaciones de elementos orgánicos con diferentes tasas de ingreso y reciclado (Jastrow, Miller 1998). En suelos donde la jerarquía de agregados está presente, la disminución en el contenido de agentes cementantes de origen orgánico contribuye con la pérdida de estabilidad de los macroagregados, facilita la ruptura de éstos por humedecimiento súbito e incrementa más el contenido de microagregados que el de partículas primarias (Tisdall, Oades 1982). Sobre la base de estas y otras observaciones, Oades, Waters (1991) justificaron la pérdida de estabilidad en los macroagregados de suelos labrados, lo cual sucede inicialmente a tasas elevadas para luego disminuir progresivamente. En Udoles del sector serrano de la Tandilia, esta dinámica en la estabilidad estructural de los agregados fue descrita por Suero y Garay (1978). Una consecuencia del incremento de agregados pequeños debido a la ruptura de los macroagregados, sería el aumento de la densidad aparente de los suelos. Esto se debería a la mayor masa de suelo por unidad de volumen y también, a la diferente densidad aparente que poseen los macro y microagregados. Con respecto a esto último, Dexter (1988) publicó que si existe jerarquía en la estructura de los agregados, debido al mayor contacto entre las partículas los más pequeños poseen poros de menor tamaño y mayor densidad aparente. Además, el modelo de empaquetamiento que adquieren los agregados de escaso tamaño puede modificar la porosidad total y la frecuencia de tamaños de poros (Lu *et al.* 1995), pudiéndose esperar diferencias en el modo con que el agua es infiltrada en los suelos. Contrariamente a lo que sucede con los macroagregados, los microagregados no son alterados por el humedecimiento súbito, ni tampoco por disturbios mecánicos incluyendo las labores de labranza (Tisdall, Oades 1982). La estabilidad de estos agregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo son sorbidos a la materia orgánica particulada, residuos microbianos y otros coloides orgánicos y compuestos de origen microbiano (Jastrow, Miller 1998). La adsorción en una variedad de asociaciones organo-minerales ocurre mediante puentes de

cationes polivalentes, uniones puente hidrógeno, fuerzas de van der Waals e interacciones con óxidos hidratados y aluminosilicatos (Beckwith, Reeve 1964; Edwards, Bremner 1967; Oades 1984; Schwertmann, 1985).

Bajo este marco conceptual y considerando que la porosidad total del suelo puede concebirse como el espacio complementario entre el arreglo u ordenamiento de partículas sueltas y agregados de distintos tamaños, formas y estabilidad, los objetivos de este trabajo fueron: (i) cuantificar en los horizontes A y Bt de tres series de suelos, el efecto de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre la densidad aparente, densidad real, porosidad total, materia orgánica, diámetro geométrico promedio de las arcillas, conductividad eléctrica, óxidos de hierro libre y sílice, y (ii) fundamentar porqué en los horizontes A y Bt de los suelos estudiados bajo los sistemas de manejo comparados, el nivel de organización de la estructura de los agregados en los horizontes superficiales permite justificar y relacionar el estado de las características cuantificadas; y contribuye a comprender el comportamiento del flujo de agua en los horizontes superficiales.

## MATERIALES Y METODOS

Para alcanzar los objetivos fue necesario, en los suelos y usos comparados, cuantificar propiedades físicas y químicas y caracterizar el comportamiento del flujo de agua. La caracterización de este último se efectuó utilizando los parámetros sorptividad (S) y conductividad hidráulica saturada (ks). S y ks fueron cuantificados utilizando la metodología propuesta por Ali y Swartzendruber (1994). Estos valores y el efecto a largo plazo que les causó la agricultura continua bajo labranza convencional, fueron publicados por Cabria y Culot (1999 y 2000). Los datos publicados y los de este trabajo se obtuvieron a partir de las mismas muestras de suelos. Estas muestras representaron horizontes A y Bt de tres series de suelos comprendidas en parcelas experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Balcarce. Las series participantes constituyen una catena en el dominio edáfico 2a (SAGyP – INTA 1989). El paisaje del sector, lomadas y pendientes adosadas a las sierras de Tandilia, posee inclinaciones que decrecen al alejarse de las áreas más elevadas. Los suelos profundos, serie Mar del Plata, se encuentran en sectores cóncavos entre lomas, los moderadamente profundos, serie Azul, en pendientes y senos entre

lomas y los someros, serie El Cruce, en la parte alta de las lomas. Según la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1999), la serie Mar del Plata es un Argiudol Típico franco-fino, mixto, térmico. Las series Azul y El Cruce son Paleudoles Petrocálcicos, situándose el límite superior del horizonte cementado a una profundidad que varía entre los 70 y 100 cm y 50 y 70 cm respectivamente. La serie Azul distingue una familia fina, illítica, térmica y El Cruce, una fina, mixta, térmica. Cada una de las series de suelos estuvo bajo dos tipos de utilización de tierras, agricultura continua bajo labranza convencional y pasturas cultivadas. La expresión agricultura continua bajo labranza convencional, se utilizó para identificar sitios donde se realizó un ensayo de rotaciones de cultivos durante 17 años consecutivos. Los cultivos fueron soja, maíz, trigo y girasol. Para roturar y preparar la cama de siembra se utilizó arado de reja en combinación con rastra de dientes. Durante los barbechos, la superficie de los suelos se mantuvo libre de malezas con circular y rastra de dientes. El período de barbecho nunca fue menor a tres meses. El término pasturas cultivadas se utilizó para identificar sitios en los cuales, al menos durante 17 años consecutivos pasturas polifíticas no fueron disturbadas mecánicamente ni pastoreadas. La masa vegetal fue periódicamente podada a 5 o 7 cm de altura con motosegadoras. En el estudio participaron 24 perfiles, cuatro para cada una de las combinaciones entre las series de suelos y los tipos de utilización de tierras especificados. En cada sitio de muestreo se verificaron las series mediante sus características discriminantes (Cabria, Culot 1994). El muestreo realizado se planeó respetando los supuestos de un diseño completamente aleatorizado y se definió un modelo lineal constituido por los factores suelo, horizonte, uso y sus interacciones. Sobre la base de los valores originales y sus transformaciones logarítmicas, el ajuste del modelo se realizó utilizando análisis de varianza ( $P < 0,05$ ). Posteriormente se evaluaron las medias utilizando análisis de comparaciones múltiple de Tukey ( $P < 0,05$ ). Los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas se evaluaron a partir de los residuos. La normalidad se verificó utilizando la opción Normal del comando PROC UNIVARIATE del programa estadístico SAS (1988). La homogeneidad de varianzas gráficamente.

La densidad aparente ( $\rho_{ap}$ ) se obtuvo aplicando el método de los agregados, se utilizó parafina como elemento impermeabilizante (Blake, Hartge 1986a). La densidad real ( $\rho_r$ ) se determinó por el método del picnómetro (Blake, Hartge 1986b). La porosidad total (Pt) se calculó restando a la unidad el valor de la relación  $\rho_{ap}/\rho_r$ . La fracción orgánica en las muestras de suelos (Mo) se obtuvo aplicando el método de Walkley y Black (Pauwels *et al.* 1992). La conductividad eléctrica (Ce) se

determinó por conductimetría en una solución extraída a la pasta de saturación (Bower, Wilcox 1965). La cantidad de sílice (Si) se determinó aplicando el método colorimétrico de Kilmer, se extrae como ácido silícico mediante una solución de hidróxido de sodio al 15% (Kilmer 1965). El hierro (Fe), proveniente de los óxidos de hierro libres, se obtuvo mediante la técnica colorimétrica de Kilmer (Olson 1965). Esta utiliza ditionito de sodio como extractante y citrato de sodio como regulador del pH. Para establecer la distribución del tamaño de las partículas minerales, primero se eliminaron los agentes cementantes, materia orgánica y carbonato de calcio. La materia orgánica se eliminó por oxidación con peróxido de hidrógeno, el carbonato de calcio por disolución con una solución de ácido acético y posterior centrifugación y lavado. Las partículas del tamaño de las arenas se separaron por tamizado. Utilizando calgón como agente dispersante, los limos y arcillas se separaron por el método de la pipeta (Gee, Bauder 1986). A partir de un análisis previo de la distribución de la fracción mineral de los suelos, se observó que el efecto uso y la variabilidad entre horizontes se manifestó peculiarmente en la fracción arcilla. Sobre la base de esta observación, el efecto de los factores horizonte y uso sobre la distribución de la fracción mineral, se caracterizó a partir del diámetro geométrico promedio de las arcillas. (DGPas).

## RESULTADOS

El coeficiente de determinación junto con el de variación porcentual, resume la concordancia general entre la curva descripta por el modelo y la distribución de los datos (Tabla 1). Ambos coeficientes, en siete de las ocho variables estudiadas, hacen referencia a un ajuste general muy elevado (densidad aparente, porosidad total, materia orgánica, conductividad eléctrica, sílice, hierro y diámetro geométrico promedio de las arcillas). En éstas el estudio de la normalidad y homocedasticidad de los residuos, evidenció que el arreglo de los datos fue óptimo a lo largo de toda la trayectoria que describe la curva del modelo.

La  $\rho_r$ , al procesar las magnitudes originales o sus transformaciones logarítmicas, no satisfizo los supuestos de normalidad y homogeneidad en los residuos (Tabla 1). Por lo tanto, utilizando el modelo probado, los efectos de los factores suelo, horizonte y uso no pudieron comprobarse estadísticamente. El promedio general de los datos fue 2,36 Mg m<sup>3</sup>. El promedio para el conjunto de los horizontes A labrados fue 2,39 Mg m<sup>3</sup> y para

Tabla 1. Significancia del modelo general y sus fuentes de variación. Coeficiente de determinación múltiple y de variación porcentual. Normalidad y homogeneidad de varianza en los residuos.

Table 1. General model significance and variation sources. Multiple determination coefficient and porcentual variation. Normality and homogeneity of residues variance.

Variable	Modelo General	R <sup>2</sup>	CV(%)	Efecto								Normalidad	Homogeneidad de varianza
				Hz	Uso	Suelo	Hz x Uso	Uso x Suelo	Hz x Uso x Suelo				
$\rho_{ap}$	***	0,9446	2,64	***	NS	*	NS	NS	NS	NS	**	B	
P <sub>t</sub>	NS	0,6569	2,05	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	***	S	
Log P <sub>t</sub>	NS	0,6561	2,41	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	***	S	
Log Pt	***	0,9192	2,25	---	*	---	NS	**	NS	NS	**	B	
Log Mo	***	0,9811	18,09	---	NS	---	NS	***	NS	NS	***	B	
Ce	***	0,8590	18,62	---	*	*	NS	NS	NS	NS	***	E	
Si	*	0,7191	9,00	---	---	NS	***	NS	NS	NS	***	MB	
Fe	***	0,9995	0,14	---	---	---	***	***	***	***	---	B	
Log DGPs	***	0,9713	7,33	---	---	---	NS	***	NS	***	***	MB	

$\rho_{ap}$ : densidad aparente.  $\rho_p$ : densidad real. Log: transformación logarítmica decimal. Pt: porosidad total. Mo: materia orgánica. Ce: conductividad eléctrica. Si: sílice. Fe: hierro. DGPs: diámetro geométrico promedio de las arcillas. Hz: horizonte. NS: no significativo. \*: Significativo ( $P < 0,05$ ). \*\*: Significativo ( $P < 0,01$ ). \*\*\*: Significativo ( $P < 0,001$ ). R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación múltiple. CV(%): coeficiente de variación porcentual. S: sesgado. B: bueno. MB: muy bueno. E: excelente.

$\rho_{ap}$ : bulk density.  $\rho_p$ : particle density. Log: log transformation in the base 10. Pt: porosity. Mo: organic matter. Ce: electrical conductivity. Si: silicon. Fe: iron. DGPs: geometric mean diameter of the clay fraction. Hz: horizon. NS: non significant. \*: Significant ( $P < 0,05$ ). \*\*: Significant ( $P < 0,01$ ). \*\*\*: Significant ( $P < 0,001$ ). R<sup>2</sup>: multiple determination coefficient. CV(%): variation coefficient in percentage. S: biased. B: good. MB: very good. E: excellent.

el de los no labrados 2,32 Mg m<sup>3</sup>. En los horizontes B<sub>t</sub> el promedio para el conjunto de suelos labrados y no labrados fue 2,37 y 2,34 Mg m<sup>3</sup> respectivamente.

La  $\rho_{ap}$  no evidenció interacciones significativas. Los efectos significativos fueron los factores suelo y horizonte (Tabla 1). En los horizontes A no labrados las  $\rho_{ap}$  fueron similares (Tabla 2). Sus magnitudes se incrementaron

bajo labranza convencional, pero sólo la serie El Cruce se diferenció estadísticamente. En cada suelo la  $\rho_{ap}$  superficial fue significativamente menor que la subsuperficial. La  $\rho_{ap}$  en los horizontes subsuperficiales de la serie Mar del Plata y Azul fueron similares e independientemente del uso, se diferenciaron por defecto de la del Cruce.

La Pt en los horizontes superficiales fue

Tabla 2. Comparación de medias. Densidad aparente ( $\rho_{ap}$ ), porosidad total (Pt) y diámetro geométrico promedio de las arcillas (DGPs).Table 2. Means comparison. Bulk density ( $\rho_{ap}$ ), porosity (Pt) and geometric mean diameter of the clay fraction (DGPs).

Serie de Suelo y Uso	$\rho_{ap}$		Pt		DGPs	
	Horizonte		Horizonte		Horizonte	
	A	B <sub>t</sub>	A	B <sub>t</sub>	A	B <sub>t</sub>
	Mg m <sup>-3</sup>		m <sup>-3</sup> m <sup>-3</sup>		mm	
Labrados						
Mar del Plata	1,21 a	1,47 b	0,496 ab	0,386 de	0,014 bc	0,0065 cde
Azul	1,28 a	1,44 b	0,464 abc	0,398 bcd	0,026 ab	0,0018 de
El Cruce	1,40 b	1,56 c	0,413 abcd	0,347 f	0,044 a	0,0003 fg
No labrados						
Mar del Plata	1,17 a	1,44 b	0,491 ab	0,374 ef	0,010 cd	0,0036 e
Azul	1,19 a	1,42 b	0,489 abc	0,391 cd	0,012 cd	0,0006 f
El Cruce	1,14 a	1,55 c	0,511 a	0,335 f	0,007 cde	0,0003 g

Mar del Plata: suelo profundo. Azul: moderadamente profundo. El Cruce: somero. En una variable, letras distintas indican valores diferentes según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Mar del Plata: deep soil. Azul: moderately deep soil. El Cruce: shallow. In a variable, different letters indicate significant differences to Tukey test ( $P < 0,05$ ).

mayor que en los subsuperficiales, pero no se diferenciaron estadísticamente (Tabla 2). El efecto de la labranza no fue constante en los horizontes superficiales. La Pt en las series Azul y El Cruce disminuyó. En los horizontes subsuperficiales de los suelos labrados fue levemente superior que en los no labrados, pero las magnitudes no se diferenciaron estadísticamente.

El logaritmo decimal del DGPas fue similar en los horizontes A de los suelos no labrados (Tabla 2). En los cultivados, el mayor valor lo observamos en El Cruce y el menor en Mar del Plata. Estos fueron estadísticamente distintos y no se diferenciaron con respecto al de Azul. Excepto en la serie Mar del Plata labrada, los DGPas de los horizontes de un *sequum* se diferenciaron estadísticamente. La agricultura continua bajo labranza convencional provocó en todos los horizontes un incremento con respecto a su homónimo no labrado. Este efecto no fue constante. En los horizontes superficiales el mayor incremento se observó en la serie El Cruce, que al igual que en Azul, provocó que las medias del DGPas se diferenciaron estadísticamente de las de sus pares no labrados. En los horizontes B<sub>t</sub> el incremento con respaldo estadístico sólo se observó en la serie Azul. Los resultados evidenciaron que independientemente del uso, el logaritmo del DGPas de los horizontes B<sub>t</sub> se asociaría positivamente con la profundidad

efectiva de los suelos. Esta relación se invierte en los horizontes A labrados y no se observó en los no labrados.

Los porcentajes de MO en los horizontes A de los distintos suelos fueron estadísticamente similares ( $P < 0,058$ ). El efecto uso calificaría como significativo si se toma como criterio de decisión el valor  $P < 0,1$  (Tabla 3). El porcentaje de MO en los horizontes A de los suelos labrados fue menor que en los no labrados. El contenido de MO en los horizontes superficiales fue mayor y estadísticamente distinto que en los subsuperficiales. El contenido de MO en los horizontes B<sub>t</sub> se asociaría negativamente con la profundidad efectiva del suelo.

La Ce no definió interacciones significativas (Tabla 1). La Ce superficial fue mayor y estadísticamente distinta que la subsuperficial, siendo el promedio de la primera independientemente del uso 0,38, 0,50 y 0,49 dS.m<sup>-1</sup> (Mar del Plata, Azul y El Cruce respectivamente). El promedio para el conjunto de los horizontes B<sub>t</sub> independientemente del uso, fue 0,22, 0,27 y 0,30 dS.m<sup>-1</sup> (Mar del Plata, Azul y El Cruce respectivamente). En los horizontes A, excepto en la serie Azul, la Ce disminuyó bajo labranza, pero las medias no se diferenciaron estadísticamente de sus pares no labrados (Tabla 3). En los horizontes B<sub>t</sub> el comportamiento fue similar.

Los resultados de sílice evidenciaron

Tabla 3. Comparación de medias. Materia orgánica (MO), hierro (Fe) y conductividad eléctrica (Ce).  
Table 3. Means comparison. Organic matter (MO), iron (Fe) and electrical conductivity (Ce).

Serie de Suelo y Uso	MO		Fe		Ce	
	Horizonte		Horizonte		Horizonte	
	A	Bt	A	Bt	A	Bt
	%		%		dS m <sup>-1</sup>	
Labrados						
Mar del Plata	6,06 a	0,67 d	0,755 c	0,753 d	0,34 ab	0,18 c
Azul	5,49 a	1,56 c	0,798 a	0,788 b	0,53 a	0,21 c
El Cruce	7,54 a	1,84 b	0,730 f	0,735 f	0,45 a	0,25 c
No labrados						
Mar del Plata	8,43 a	0,67 d	0,640 k	0,753 d	0,42 a	0,27 bc
Azul	7,54 a	1,31 c	0,665 i	0,718 g	0,46 a	0,33 bc
El Cruce	7,67 a	1,83 b	0,648 j	0,670 h	0,52 a	0,34 bc

Mar del Plata: suelo profundo. Azul: moderadamente profundo. El Cruce: somero. En una variable, letras distintas indican valores diferentes según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Mar del Plata: deep soil. Azul: moderately deep soil. El Cruce: shallow. In a variable, different letters indicate significant differences to Tukey test ( $p < 0,05$ ).

una interacción significativa horizonte – uso. El factor suelo no afectó significativamente los porcentajes de sílice. (Tabla 1). La mayor concentración fue el valor promedio que caracterizó a los horizontes A de los suelos no labrados (93,8%), el menor, el de los horizontes A labrados (74,82%). Estos valores fueron estadísticamente distintos. En los horizontes B<sub>t</sub> la situación se revirtió (suelos labrados 79,00% y no labrados 75,54 %); pero el efecto, que es debido al uso, no fue significativo.

En los suelos labrados se cuantificó la mayor cantidad de óxidos de hierro libre. Sólo el horizonte B<sub>t</sub> de la serie Mar del Plata no se diferenció de su homónimo no labrado (Tabla 3). Los menores porcentajes de hierro correspondieron a horizontes A de suelos no labrados. Estos fueron menores que en los horizontes B<sub>t</sub> independientemente del uso. En los suelos labrados, excepto en la serie El Cruce, los porcentajes de hierro en los horizontes A fueron mayores que en los B<sub>t</sub>.

## DISCUSION

Si bien el contenido de MO en los horizontes A no se diferenció estadísticamente, la producción de cultivos bajo labranza convencional disminuyó los porcentajes. Muestras realizadas entre 1976 y 1993 en parte de los sitios donde este ensayo fue ejecutado, demostraron que la dinámica que caracteriza al índice de estabilidad en agua de los agregados durante los 2 a 3 primeros años de iniciado el laboreo en un ciclo agrícola, o la mayor intensidad en la recuperación del mismo luego de un período similar desde la siembra de una pastura (Suero, Garay 1978), se corresponde con la dinámica que caracteriza a la fracción lábil de Mo (Studdert *et al.* 1997). Esta relación concuerda con los conceptos publicados por Oades y Waters (1991), Fuller *et al.* (1995) y Golchin *et al.* (1995). Ellos mencionan que la agregación de las partículas minerales en los suelos se debe a sustancias adherentes producidas por la biota edáfica y que la presencia y el nivel de actividad en la biota es mayor, si no se disturba el sistema suelo-planta. En los suelos no labrados, donde el ambiente no es mecánicamente perturbado, las fracciones más lábiles de MO son el sustrato de diversos hongos, streptomycetes y bacterias. Estos organismos junto con las raíces

y la mesofauna, particularmente lombrices, envuelven a los agregados primarios con sustancias adherentes como polisacáridos, gomas, mucílagos y ácido urónico, lo cual genera y otorga mayor estabilidad a los agregados de gran tamaño (Harris *et al.* 1966; Tisdall, Oades 1982). Por el contrario, cuando los suelos estudiados están bajo labranza convencional durante largos períodos, la fracción lábil disminuye (Studdert *et al.* 1997), posiblemente debido a que el ambiente es menos propicio para el establecimiento y la actividad de una biota edáfica asociada con la producción de agentes cementantes de origen orgánico y a la escasez y menor accesibilidad de los sustratos carbonados (Golchin *et al.* 1995). Si esto es aceptado, en nuestro conjunto de datos la disminución del porcentaje de MO bajo labranza convencional se relacionaría con una menor producción de sustancias adherentes de origen orgánico, asintiendo de este modo que la fracción lábil de Mo es una variable estrechamente relacionada con la estabilidad en agua de los agregados (Studdert *et al.* 1997).

Asociados a la estabilidad de los agregados estarían los resultados de Si y Fe. El contenido de sílice ya ha sido utilizado para explicar la estabilidad de los agregados en suelos no calcáreos (Golchin *et al.* 1995). Según Beckwith y Reeve (1964), la superficie de los minerales, particularmente sesquióxidos, posee sitios específicos para sorber sílice. La pérdida de estabilidad de los agregados de gran tamaño, induce a que la superficie de los minerales esté más expuesta, la desorción de sílice sea más probable y percole junto con el agua infiltrada a mayor profundidad (Blank, Fosberg, 1989a y b). Nótese que, contrariamente a lo sucedido en los horizontes subsuperficiales, los porcentajes de Si en los horizontes A de los suelos no labrados fue mayor que en los labrados. Estas observaciones permiten argüir que en los horizontes superficiales de los suelos labrados, la exposición de las asociaciones órgano-minerales debido a la ruptura de los agregados primarios (Jastrow, Miller 1998), facilitó la desorción de sílice que posteriormente fue transportada por el agua a mayor profundidad.

Los porcentajes de Fe respaldan lo sugerido a partir de los resultados de Si y MO. Es ampliamente aceptado que las fracciones

de agregados más pequeñas son abundantes en los suelos labrados, suelos en los cuales se extrajeron las mayores concentraciones de óxidos de hierro libre. Harris *et al.* (1966) concluyó que las fracciones más estables contienen las concentraciones de óxidos de Fe más elevadas y que el efecto estabilizador de este último es mayor en agregados pequeños. Sobre la base de estos conceptos consideramos que en el marco del presente trabajo, los porcentajes de hierro que representan la cantidad de óxidos de hierro libre en cada suelo bajo los sistemas de manejo comparados, pueden utilizarse como indicadores del nivel de organización alcanzado por la estructura de los agregados. Según Schwertmann (1985), distintos diagramas de estabilidad indican que bajo condiciones de laboratorio, la goetita es el óxido de hierro más estable. Sin embargo, especifica que en un sistema altamente contaminado, como lo es el suelo, no se alcanza el equilibrio termodinámico. En estos ambientes, debido a la obstaculización cinética de las reacciones químicas, distintas fases metaestables como la lepidocrocita y ferrihidrita pueden coexistir por largos períodos de tiempo. El autor reconoce un ambiente edáfico donde este suceso se manifiesta, ambiente pedológico característico de suelos que se desarrollan bajo climas húmedos fríos o templados. En estos ecosistemas, los ácidos carboxílico e hidroxílico inhiben o retardan la cristalización de los óxidos de hierro metaestables, específicamente ferrihidrita a lepidocrocita o goetita. La especie ferrihidrita genera una mayor concentración de sílice en los suelos, ya que lo retiene en enlaces oxígeno-hierro. Considerando que en los suelos estudiados la fracción lábil de MO disminuye bajo labranza convencional (Studdert *et al.* 1997), puede conjeturarse que la cantidad de ácido carboxílico e hidroxílico también lo hace. Las observaciones precedentes permiten justificar los resultados de Mo, Si y Fe y asociarlos con el mecanismo de la estabilización del carbono orgánico en el suelo (Jastrow, Miller 1998). Estos autores especifican que la ruptura de los agregados de gran tamaño como consecuencia de las labores, expone a la descomposición distintas fracciones de MO asociadas a los niveles de organización que constituyen la estructura de

los agregados. Como en cada nivel de la organización la sílice y los óxidos de hierro metaestables participan en la estabilización de distintos complejos órgano-minerales o asociaciones físico-químicas (Schwertmann 1985), los porcentajes de MO, Si y Fe en los suelos estudiados, permiten inferir que el nivel de desarrollo alcanzado por la estructura de los agregados en las pasturas no disturbadas mecánicamente, es distinto al de sitios labrados y cultivados. Estos últimos poseerían mayor cantidad de microagregados debido a la ruptura y pérdida de estabilidad de los macroagregados, condición que en las muestras de suelos utilizadas para la realización de este trabajo ha sido confirmada (Cabria y Calandroni, datos no publicados).

Para justificar los resultados del DGPa en los horizontes superficiales labrados y su relación con la de los horizontes superficiales no labrados, fue necesario reparar en las fracciones de agregados que participarían en la estructura de los horizontes de suelo, su posición en el paisaje y la continuidad temporal de la cobertura vegetal. Al perturbarse el estado estable de los suelos, efecto labranza-cultivo, aquellos ubicados en los sitios más elevados, Serie El Cruce, tendrían los mayores DGPa en sus horizontes superficiales, pues la fracción habría migrado bajo la forma de agregados pequeños junto con el agua que escurre superficialmente. Bajo labranza este proceso sería favorecido por el menor flujo de agua saturado (Cabria, Culot 2000), el menor tamaño de los agregados debido a la pérdida de estabilidad de los agregados de gran tamaño (Studdert *et al.* 1997) y a la ausencia de cobertura vegetal durante los barbechos y el establecimiento de los cultivos. Esta conjunción de factores también justificaría la menor pérdida de arcillas que caracterizó a las posiciones medias y bajas del paisaje, series Azul y Mar del Plata respectivamente, pues parte del material erosionado en los sectores altos se depositaría en la superficie de estos suelos. Relacionados con este proceso estaría la interacción horizonte-suelo-uso de las concentraciones de Fe. Como los agregados de pequeño tamaño poseen asociaciones órgano-minerales donde el Fe participa como agente estabilizador, la remoción y el transporte de esta clase de agregados desde los sitios

altos a las posiciones más bajas, justificaría el menor porcentaje de Fe en los horizontes superficiales labrados de la serie El Cruce con respecto al de Azul y Mar del Plata. Los DGPs de los horizontes Bt se asociaron negativamente con la profundidad efectiva de los suelos y positivamente con los porcentajes de Mo. Estas relaciones fueron explicadas por Cabria y Culot (1994). Además del efecto floculante que sobre los complejos órgano-minerales ejerce el  $\text{Ca}^{++}$  acumulado en los horizontes petrocálcicos, este horizonte es un impedimento físico que restringe la migración.

Para justificar los resultados de  $\rho_{ap}$  apelamos al principio de exclusión de la porosidad (Dexter 1988) y al efecto de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre la  $\rho_r$  del material de los horizontes. El primero enuncia que si existe jerarquía en la estructura de los agregados, los más pequeños tienen poros de escaso tamaño, hay mayor contacto entre partículas y mayores densidades aparentes. Así, en los horizontes superficiales de los suelos labrados donde las labores rompen agregados de gran tamaño, se incrementaría la cantidad de agregados pequeños y consecuentemente la densidad aparente. Además, la pérdida de materia orgánica en los sitios labrados y cultivados determinó que la  $\rho_r$  aumente. Este suceso es otro elemento que contribuye a justificar el incremento de la  $\rho_{ap}$  en sitios labrados, pues deja en evidencia que el volumen específico del material que constituye a los agregados disminuyó. En este trabajo, el principio de exclusión de la porosidad no permitiría justificar los resultados de  $\rho_{ap}$  en los horizontes Bt, pues los agregados no fueron disturbados por las labranzas y consecuentemente no es factible argüir cambios en los tamaños o el arreglo de los agregados. Sin embargo, al igual que en los horizontes superficiales la  $\rho_r$  fue mayor en los sitios labrados y cultivados, y el efecto que esto produce sobre el volumen específico del material de los horizontes, puede utilizarse para justificar el escaso incremento de  $\rho_{ap}$  en los horizontes Bt de los suelos labrados.

La interacción horizonte-suelo en los resultados de Pt, evidenció que el efecto de la labranza convencional no fue constante en los horizontes A de los tres suelos estudiados. A diferencia de lo sucedido en las series Azul y

El Cruce, la porosidad total en la serie Mar del Plata labrada no disminuyó. Dada la posición de los suelos en el paisaje y los tamaños de agregados que participarían en la estructura de los horizontes, es admisible suponer que parte del espacio poroso de la serie Mar del Plata labrada provendría del apilamiento de fracciones finas. Como fue mencionado, esta serie ocupa las posiciones más bajas del paisaje, pudiéndose esperar una mayor acumulación de partículas sueltas o agregados pequeños como consecuencia del material desplazado de los sectores más elevados. Este evento sería favorecido bajo labranza convencional por una conjunción de factores que incrementa el agua que escurre superficialmente. Particularmente en los suelos estudiados disminuye la estabilidad de los macroagregados (Suero, Garay 1978), la  $k_s$  (Cabria, Culot 2000) y la protección de la cobertura vegetal durante los barbechos y el establecimiento de los cultivos. Según Cabria y Culot (1999 y 2000), las observaciones precedentes también contribuyen a fundamentar las relaciones entre Pt, S y  $k_s$  en los horizontes superficiales de los suelos estudiados. Ellos observaron que la disminución en el tamaño de los poros que resultaría del apilamiento de agregados pequeños y la menor cantidad y diámetro de los bioporos como consecuencia de las frecuentes labranzas y el crecimiento estacional de los cultivos, permitían justificar la menor  $k_s$  de los tres suelos en los sitios labrados y cultivados. Por otro parte, el incremento en el volumen de poros pequeños como resultado del apilamiento de agregados de escaso tamaño, junto con el contenido inicial de agua volumétrica de los suelos, contribuye a justificar el incremento de S en los suelos labrados y cultivados. La agricultura continua bajo labranza convencional afectó el DGPs, pero este resultado no permite justificar el incremento del parámetro S en los horizontes A labrados (Cabria, Culot 2000). Contrariamente a lo requerido, aumentó el DGPs en los horizontes A bajo agricultura continua con labranza convencional.

## CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo evidenciaron que la agricultura continua bajo labranza

convencional modificó a largo plazo las características físicas y químicas analizadas. El efecto de este factor en los horizontes de los suelos evaluados no fue necesariamente significativo o constante ( $P < 0,05$ ). El mecanismo de estabilización del carbono orgánico en el suelo, el cual repara en la protección física que proporciona la jerarquía del nivel de desarrollo alcanzado por los agregados, la naturaleza de las reacciones que participan en los diferentes tipos de asociaciones órgano-minerales que actúan como estabilizadores y en la localización espacial de estos últimos dentro de la estructura de los agregados, permitió vincular los contenidos de MO, Si y Fe en los suelos y usos comparados. Considerando el modelo conceptual de la jerarquía de agregados, los contenidos de MO, Si y Fe permitieron inferir que el nivel de organización de la estructura de los agregados en las pasturas no disturbadas mecánicamente es distinto al de sitios labrados y cultivados, cualidad que a su vez contribuyó a explicar y relacionar los efectos de la agricultura continua bajo labranza convencional sobre la  $\rho_{ap}$  y Pt. Finalmente queremos destacar que este marco conceptual en los horizontes superficiales de los suelos y usos comparados, contribuye a justificar el vínculo existente entre el estado de las características físicas y químicas analizadas y el comportamiento del flujo de agua.

#### REFERENCIAS

- Ali A, Swartzendruber D. 1994. An Infiltration Equation to Assess Cropping Effects on Soil Water Infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1218-1223.
- Angers D, Chenu C. 1998. Dynamics of Soil Aggregation and C Sequestration. *En: Soil processes and the carbon cycle*. Ed. by Lai R, Kimble J, Follett R, Stewart B. II. Series: Advances in soil science. Boca Raton, Fda. 33431. 199-206.
- Beckwith R, Reeve R. 1964. Studies on soluble silica in soils. II The release of monosilicic acid from soil. *Aust. J. Soil Res.* 2: 233-245.
- Blank R, Fosberg M. 1989a. Cultivated and adjacent virgin soils in north central South Dakota: I. Chemical and physical comparisons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1484-1490.
- Blank R, Fosberg M. 1989b. Cultivated and adjacent virgin soils in north central South Dakota: II. Mineralogical and micromorphologic comparisons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1490-1499.
- Blake G, Hartge K. 1986a. Clod Method. *En: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph N° 9, 2nd Edition. Ed. A. Klute. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 363-375.
- Blake G, Hartge K. 1986b. Picnometer Method. *En: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph N° 9, 2nd Edition. Ed. A. Klute. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 377-382.
- Bower, Wilcox. 1965. Soluble Salts. *En: Method of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Ed. Black, Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 933-951.
- Cabria F, Culot J. 1994. Selección y utilización de características edáficas para discriminar series de Argiudoles en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo.* 12: 41-55.
- Cabria F, Culot J. 1999. Sorptividad y conductividad hidráulica saturada en Udoles del sudeste Bonaerense, Argentina. *Ciencia del Suelo.* 17: 8-19.
- Cabria F, Culot J. 2000. Efectos de la labranza convencional sobre la sorptividad y conductividad hidráulica saturada en Udoles del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo.* 18: 1-8.
- Dexter A. 1988. Advances in characterization of soil structure. *Soil Tillage Res.* 11: 199-238.
- Edwards A, Bremner J. 1967. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.* 18: 64-73.
- Fuller L, Goh T, Oscarson, D. 1995. Cultivation effects on dispersible clay of soil aggregates. *Can. J. Soil Sci.* 75: 101-107.
- Gee G, Bauder J. 1986. Particle-Size Analysis. *En: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, Agronomy Monograph N° 9, 2nd Edition. Ed. A. Klute. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 383-411.
- Golchin A, Clarke P, Oades J, Skjemstad J. 1995. The effects of cultivation on the composition of organic matter and structural stability of soils. *Aust. J. Soil Res.* 33: 975-993.
- Harris R, Chesters G, Allen O. 1966. Dynamics of soil aggregation. *In: Norman, A.G. eds. Advances in Agronomy*. Vol. 18. Academic Press Inc. 111 fifth avenue, NY. NY 10003. USA. 107-169.
- Jastrow J, Miller R. 1998. Soil Aggregate Stabilization and Carbon Sequestration: Feedbacks through Organomineral Associations. *In: Soil*

- processes and the carbon cycle. Ed. by Lai R, Kimble J, Follett R, Stewart B. II. Series: Advances in soil science. Boca Raton, Fda. 33431. 207-223.
- Kilmer. 1965. Silicon. En: Method of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. Black, C.A. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 959-962.
- Lu T, Nielsen D, Biggar J. 1995. Water movement in glass bead porous media. 3: Theoretical analyses of capillary rise into initially dry media. Water Resources Research. 31: 11-18.
- Miller R, Jastrow J. 1990. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. Soil. Biol. Biochem. 22: 579-584.
- Oades J. 1984. Soil organic matter and structural stability, mechanisms and implications for management. Plant Soil 76: 319-337.
- Oades J, Waters A. 1991. Aggregate hierarchy in soils. Aus. J. Soil Res. 29: 915-828.
- Olson. 1965. Iron. En: Method of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. Black, C.A. Am. Soc. of Agronomy, Soil Sci. Soc. of America, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. 963-973.
- Pauwels J, Van Ranst E, Verloo M, Mvondo Ze A. 1992. Manuel de Laboratoire de Pédologie. Publications Agricoles - 28AGCD. Belgique.
- SAGyP-INTA. 1989. Dominio Edáfico 2. En: Mapa de la Provincia de Buenos Aires. Proyecto PNUD ARG 85/019, CIRN – Instituto de Evaluación de Tierras. Ed. Aleska A. 58-84.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT user's guide. Version 6.06 ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Schwertmann U. 1985. The effect of pedogenetic environments on iron oxide mineral. En: Stewart, B.A. eds. Advances in Soil Science. Volume 1. Springer - Verlag. NY. pp 171-200.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. 2<sup>nd</sup> Ed. U.S. Dept. of Agric. Natural Resources Conservation Service. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Studdert G, Echeverría E, Casanova M. 1997. Crop-Pasture Rotation for Sustaining the Quality and Productivity of a Typic Argiudoll. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1466-1472.
- Suero E, Garay A. 1978. Estado estructural del horizonte superficial de suelos Argiudoles del SE. bonaerense. II. Modificaciones producidas por el manejo a que han sido sometidos los suelos. Actas 8<sup>ta</sup> Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Bs. As. Argentina.
- Tisdall J, Oades J. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33: 141-163.

## EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE SUELOS LUEGO DE LA INTRODUCCION DE LABRANZAS VERTICALES EN UN SUELO BAJO SIEMBRA DIRECTA

E ELISSONDO<sup>1</sup>, JL COSTA<sup>1</sup>, E SUERO<sup>1</sup>, KP FABRIZZI<sup>2</sup>, F GARCIA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unidad FCA – INTA Balcarce, CC 276 (7620) Balcarce.

<sup>2</sup> CONICET-FCA(UNMDP), Argentina.

<sup>3</sup> INPOFOS Cono Sur, Bs. As.

Recibido 25 de octubre de 1999, aceptado 21 de febrero de 2001

### SOIL PHYSICAL PROPERTIES EVALUATION AFTER VERTICAL TILLAGE ON A NO-TILLAGE CULTIVATED SOIL

The objective of this study was to evaluate the effect of introduction of a chisel plow (LV) on a no-tillage (SD) cultivated soil, in some soil physical properties and crops yield in the southeast of the Buenos Aires. Province. The bulk density ( $\delta_b$ ) at 3-8 cm depth was 1.31 Mg m<sup>-3</sup> in SD and 1.23 Mg m<sup>-3</sup> in LV. At 13-18 cm depth the  $\delta_a$  values were similar in both treatments. The relative  $\delta_a$  was 91 % for SD and 84 % for LV. The aggregate stability index were 71 % and 66 % for SD and LV respectively. Besides the maximum mechanical resistance in SD, the corn yield was 6568 kg ha<sup>-1</sup> and 6977 kg ha<sup>-1</sup> under SD and LV respectively. The wheat yield was 4196 kg ha<sup>-1</sup> in SD and 4003 kg ha<sup>-1</sup> in LV. The introduction of chisel plow in soil under no-tillage do not affect soil physical properties.

**Key words:** No-till, Soil physical properties, Corn, Wheat.

### INTRODUCCION

En el sudeste bonaerense, la agricultura se incrementó significativamente en los últimos años y según el relevamiento realizado por Echeverría y Ferrari (1993), la intensificación del uso agrícola del suelo ha provocado una disminución en el contenido de materia orgánica y P disponible. Además, el uso de labranzas convencionales en esta zona en cultivos de cosecha gruesa, sumado a la intensidad y erosividad de las lluvias durante los meses de octubre, noviembre y diciembre (Sarlangue 1994), constituyen un alto riesgo de erosión que favorece la degradación de los suelos. Ante los problemas de erosión, degradación de las propiedades físicas y químicas del suelo y déficit hídricos estivales, la introducción de labranzas conservacionistas, que mantienen altos niveles de rastrojo en superficie podrían contribuir a solucionar los problemas mencionados anteriormente.

La introducción de sistemas de labranzas conservacionistas como la siembra directa (SD), producen cambios en las propiedades químicas y físicas de los suelos que pueden afectar la biología del suelo y el desarrollo radicular de las plantas (Doran 1980).

En todo sistema suelo-planta hay una serie de factores físicos (contenido de agua, temperatura de suelo, resistencia mecánica) que tienen incidencia directa sobre el comportamiento del cultivo. Propiedades físicas como la densidad aparente, la estabilidad de agregados, la porosidad total y la distribución del tamaño de poros modifican o determinan los parámetros mencionados, por lo cual su incidencia es indirecta (Letey 1985).

La capacidad de regeneración de la estructura porosa de los suelos es una característica importante para definir la adaptabilidad de los suelos para ser manejados con SD (Stengel *et al.* 1984) pues la falta de remoción reduce la posibilidad de formación mecánica de macroporos (Pierce *et al.* 1994). Sin embargo, Taboada *et al.* (1996) encontraron que la SD tuvo una clara influencia positiva en el suelo bajo estudio, pues eliminó la compactación subsuperficial causada por las labranzas. Voorthes y Lindstron (1984) indicaron que se requieren de tres a cuatro años para que los suelos manejados con labranzas conservacionistas continúen desarrollar una porosidad más favorable en la zona de 0 a 15 cm. En cambio, Torella *et al.* (1993) observaron

que luego de tres años de SD no se recuperaron algunas de las propiedades físicas y biológicas del suelo cuando se partió de una condición de suelo degradado.

Existe información con resultados dispares respecto al efecto de los distintos implementos de labranza sobre las propiedades del suelo. El método de labranza puede afectar o no la compactación del suelo. Numerosos autores hallaron valores superiores de densidad aparente ( $\delta_a$ ) en suelos bajo SD, comparado con suelos bajo labranza reducida (LR) o convencional (LC) (Vidal, Costa 1998, Ferreras *et al.* 2000), mientras que otros autores no hallaron diferencias entre estos sistemas de labranzas (Ferreras 1996, Krüger 1996) o bien, la densidad aparente fue menor bajo suelos con residuos en superficie (Pikul, Aase 1995, Sánchez, García 1998).

La resistencia mecánica (RM) o resistencia a la penetración que ofrece el suelo en la zona de las raíces es utilizada como una medida de compactación, señalando condiciones que pueden impedir el crecimiento de las raíces y por lo tanto, reducir los rendimientos de los cultivos (Oussible *et al.* 1992). Grant y Lafond (1993) no hallaron diferencias en resistencia mecánica (RM) cuando compararon sistemas de labranza conservacionista y convencional. Sin embargo, otros autores encontraron una mayor RM en los primeros centímetros del suelo bajo SD y labranza mínima que en LC (Ferreras 1996; Taboada *et al.* 1998, Vidal, Costa 1998). La densificación de la capa superficial de los suelos bajo sistemas sin remoción continua es considerada una de las limitantes para adoptar los sistemas de labranza cero en la región Pampeana (Chagas *et al.* 1994, Ferreras *et al.* 1998), pudiendo en ciertos casos, reducir el rendimiento de los cultivos (Schmidt, Belford 1994). Esta densificación de la capa superficial sólo puede ser disminuida con labranzas de tipo vertical (Fontanetto, Gambaudo 1996) aunque Pikul y Aase (1995) encontraron menores valores de resistencia mecánica en superficie bajo SD.

La estabilidad de agregados es uno de los indicadores para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo (Pillati *et al.* 1998). Las labranzas (tipo, intensidad y frecuencia) y el manejo de residuos actúan sobre la estructura del suelo

(Lal 1991). Las labranzas agresivas aceleran la descomposición de la materia orgánica y destruyen los agregados estables (Dexter 1991), provocando la disminución del carbono y nitrógeno potencialmente mineralizables (Woods, Schuman 1988). Diversos autores encontraron que el mayor contenido de carbono orgánico y la falta de remoción del suelo podrían ser los responsables de la mayor agregación en SD en comparación con LC (Chagas *et al.* 1994, Vidal, Costa 1998).

La temperatura de suelo es un factor importante en la agricultura, debido a sus efectos sobre la germinación, la emergencia de plántulas y el desarrollo de las plantas, el crecimiento de las raíces y la absorción de agua y nutrientes (Potter *et al.* 1987). La mayor cobertura bajo SD produce una menor temperatura del suelo bajo estos sistemas, lo cual puede afectar el desarrollo de los cultivos en los primeros estadios de crecimiento (Opoku *et al.* 1997, Rizzalli 1998). La presencia de heladas tardías es un problema que se observa en el sudeste bonaerense, el cual afecta principalmente a los cultivos bajo SD por la presencia de gran cantidad de rastrojo en superficie. Por lo tanto, una alternativa de manejo sería la realización de una labor con cincel para incorporar parte del rastrojo, reduciendo de esta manera el efecto de las menores temperaturas bajo SD.

Teniendo en cuenta los antecedentes analizados, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la introducción de una labranza vertical (LV) en un suelo bajo SD establecida sobre una pastura de cuatro años, indicando una excelente condición inicial, sobre algunas propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento de los cultivos.

## MATERIALES Y METODOS

### a) Características del ensayo y del sitio experimental

La experiencia se llevó a cabo en un ensayo establecido en un lote de producción en el partido de Tandil, Buenos Aires (37°34'S; 59°04'W), durante los ciclos agrícolas 1995/1996 y 1996/1997. El ensayo se realizó en un lote mapeado como unidad cartográfica Ta 19, formado por el complejo de suelos denominado Chapaleufú Grande. La familia correspondiente es fina, illítica, térmica, con el 70% de Argiudoles Típicos de la serie Tandil sin limitaciones de profundidad y el 30% de la serie

Tabla 1. Historia agrícola del lote.  
Table 1. Agricultural history of field.

Año	Cultivo	Sistema de labranza
Hasta 1993	Pastura	
1993	Soja	SD
1994	Trigo	SD
1995	Maíz	SD-LV
1996	Trigo	SD-LV

Azul, con presencia de tosca a profundidades mayores a los 88 cm. El clima de la zona del sudeste bonaerense se define como mesotermal-húmedo-subhúmedo (Burgos, Vidal 1951), con aproximadamente el 80% de las precipitaciones que ocurren en el periodo primavera-estival.

Las características del suelo al inicio del ensayo (1995) según los análisis de suelo, resultaron en contenidos de materia orgánica de 91,3 Mg C ha<sup>-1</sup> (Walkey, Black 1934), pH 5,75 (relación suelo:agua 1:2,5), y de fósforo disponible (Bray, Kurtz 1945) 8 mg kg<sup>-1</sup> a 0-20 cm de profundidad. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron siembra directa (SD), y labranza vertical (LV). El lote provenía de pastura, sobre la cual se implantó soja en SD en 1993/94, y trigo en SD en 1994/95. El ensayo comenzó en 1995 con la siembra del cultivo de maíz (Tabla 1). La rotación de cultivo planteada para el ensayo fue maíz-trigo.

Las labores realizadas y el control de malezas en el cultivo de maíz y luego de la cosecha previo a la siembra del cultivo de trigo para cada labranza, se detallan en la Tabla 2. La siembra de maíz se realizó el 19 de octubre de 1995. El híbrido utilizado Dekalb 669 fue sembrado a una densidad de 80000 semillas por hectárea. Se aplicó 46 Kg

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> como fosfato diamónico. La cosecha se efectuó el 25 de abril 1996 y el 19 de agosto se realizó la siembra del cultivo de trigo utilizando la variedad Buck Guaraní, aplicándose 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> como fosfato diamónico.

#### b) Muestréos y determinaciones

Los muestreos se realizaron a la siembra de los cultivos para evaluar el efecto de las labranzas recientes en las propiedades evaluadas, y a la cosecha de los mismos, donde el efecto inicial de las labranzas no es tan marcado. La densidad aparente ( $\delta_a$ ) se determinó con el método del cilindro (Blake, Hartge 1986). Se extrajeron muestras de suelo sin disturbar a dos niveles de profundidad, 3-8 y 13-18 cm, utilizándose cilindros de acero inoxidable de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura. Se realizaron 4 muestreos: en el cultivo de maíz, a la siembra (19/10/95) y en madurez fisiológica (20/3/96), y en el cultivo de trigo en el estado de tres macollos (2/10/96) y en rastrojo de trigo (11/06/97).

Se determinó la ( $\delta_a$ ) máxima con el test Proctor utilizando el método estándar de laboratorio, variando el contenido de humedad (Felt 1965). Se extrajeron muestras de suelo hasta la profundidad de 20 cm en cada sitio de muestreo. La resistencia mecánica (RM) se determinó con un penetrómetro de cono (CN-970, SOILTEST Inc., Lake Bluff, Illinois) accionado en forma manual (Bradford 1986). Las mediciones de resistencia se realizaron en forma escalonada desde la superficie hasta los 30 cm de profundidad, con 10 repeticiones para las distintas posiciones de cada parcela, las cuales se realizaron en las mismas fechas que para densidad aparente: 19/10/95, 20/3/96, 2/10/96 y 11/06/97. La estabilidad estructural (EE) se determinó con el método de De Leenher y De Boodt (1958) en muestras sin disturbar obtenidas en cada parcela, a la

Tabla 2. Secuencia de labores y control de malezas bajo labranza vertical (LV) y siembra directa (SD), antes de la siembra del cultivo de maíz y trigo para los períodos 1995/96 y 1996.

Table 2. Sequence of tillage and weed control under chisel plow (LV) and no-tillage (SD) before corn and wheat planting for the periods 1995/96 and 1996.

Periodo	LV	SD
	Control químico (20 días antes de siembra): 2,4 D (1L ha <sup>-1</sup> ) + Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ).	Control químico (20 días antes de siembra): 2,4 D (1L ha <sup>-1</sup> ) + Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ).
1995/96	Arado de cinceles (2 pasadas) Rastra de discos (2 pasadas) Control químico a la siembra: 2,4 D (1L ha <sup>-1</sup> ) + Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ).	Control químico a la siembra: 2,4 D (1L ha <sup>-1</sup> ) + Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ).
1996	Control químico: Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ). Rastra excéntrica (3 pasadas) Rastra doble acción (1 pasadas)	Control químico: Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> ). Control químico: Glifosato (2L ha <sup>-1</sup> )

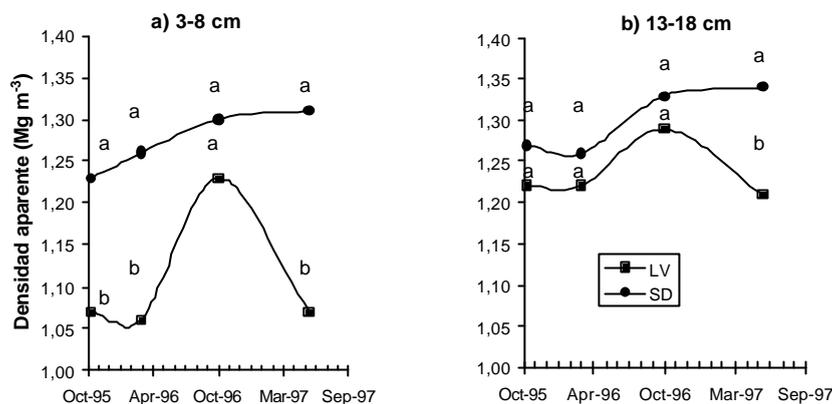


Figura 1. Densidad aparente en labranza vertical (LV) y siembra directa (SD) a las profundidades de (a) 3-8 cm y (b) 13-18 cm, para cuatro fechas de muestreo. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos.

Figure 1. Soil bulk density under chisel plow (LV) and no till (SD) for (a) 3-8 cm and (b) 13-18 cm depth, at different dates. Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

profundidad de 0-20 cm en el momento de la cosecha del cultivo de maíz (25/04/96). Se calculó el índice de estabilidad como el cociente entre un valor de estabilidad de un suelo de referencia (debajo de alambrados) y el de la muestra, multiplicado por 100 (Suero, Garay 1978). La temperatura de suelo se midió con un equipo LI-COR LI-1000, durante el ciclo del cultivo de trigo, colocando las termocuplas a 3 cm de profundidad.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el Statistical Analysis Systems (SAS. Institute, Inc. 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La  $\delta_a$  fue significativamente ( $P < 0,05$ ) mayor bajo SD en tres de los cuatro muestreos realizados a la profundidad de 3-8 cm (Figura 1a). Estos resultados coinciden con lo informado por otros autores (Grant, Lafond 1993, Chagas *et al.* 1994). Los valores de  $\delta_a$  obtenidos a la profundidad de 13-18 cm (Figura 1b) no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre labranzas en los dos primeros muestreos durante el cultivo de maíz, coincidiendo con lo obtenido por Sánchez y García (1998), Vidal y Costa (1998).

A un año del primer muestreo sin remoción del suelo en SD se observa un incremento en la  $\delta_a$ , principalmente a la profundidad de 3-8 cm, el cual fue mayor en LV (1,07 a 1,23  $\text{Mg m}^{-3}$ ) que en SD (1,23 a 1,30  $\text{Mg m}^{-3}$ ). La formación mecánica de macroporos, producida por la labranza, se pierde en el transcurso del cultivo al producirse un reacomodamiento

de las partículas de suelo. A 13-18 cm el incremento fue similar en ambos sistemas de labranza.

En el cuarto muestreo (11/06/97) el suelo estaba recién labrado bajo LV como parte del barbecho para la siembra del maíz. Los valores de  $\delta_a$  en LV para ambas profundidades fueron similares a los primeros muestreos (Figuras 1a y b). En cambio para SD el valor de  $\delta_a$  fue mayor respecto a los primeros muestreos. El valor de  $\delta_a$  superficial (3-8 cm) tendió a estabilizarse en 1,31  $\text{Mg m}^{-3}$ , luego de cuatro años bajo SD. Similares resultados fueron reportados por Voorthees y Lindstron (1984). En un lote proveniente de 15 años de agricultura y con tres años de SD, Vidal y Costa (1998) encontraron bajo SD valores de  $\delta_a$  en superficie de 1,36  $\text{Mg m}^{-3}$ , mientras que Ferreras *et al.* (2000) encontró valores de 1,52  $\text{Mg m}^{-3}$  bajo SD en suelos con más de 25 años de historia agrícola y 3 años bajo SD. Los menores valores de  $\delta_a$  encontrados en este trabajo podrían deberse a que la SD se estableció en un lote proveniente de cuatro años de pastura, con un suelo mejor estructurado que las experiencias anteriores para ambos sistemas de labranzas. Los valores máximos para LV y SD en ningún caso comprometerían el desarrollo de los cultivos de acuerdo a la bibliografía consultada (Griffith *et al.* 1977).

El test Proctor produjo valores de  $\delta_a$  máxima similares en los dos sistemas de labranzas (Figura 2), siendo de 1,46  $\text{Mg m}^{-3}$  para

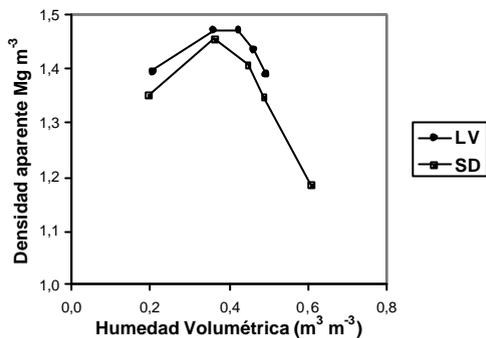


Figura 2. Densidad aparente máxima mediante test Proctor para labranza vertical (LV) y siembra directa (SD).

Figure 2. Maximum soil bulk density determined with the Proctor test for chisel plow (LV) and no till (SD) treatments.

SD y 1,47 Mg m<sup>3</sup> para LV, ambas mediciones realizadas a humedad de 0,38 kg kg<sup>-1</sup>. En general, la compactación se incrementa en suelos con menor contenido de carbono orgánico (Pikul, Almaras 1986) y esto coincide con lo informado por Thomas *et al.* (1996) quienes establecieron una relación negativa entre el contenido de carbono orgánico y la compactación, medida a través de la densidad aparente máxima con el test Proctor. Los valores similares de  $\delta_a$  máxima en ambos tratamientos podrían explicarse por los similares contenidos de carbono orgánico encontrados en este trabajo (91,6 Mg C ha<sup>-1</sup> en LV y 93,7 Mg C ha<sup>-1</sup> en SD a 0-20 cm de profundidad). Estos valores son más bajos que los encontrados por Ferreras *et al.* (1998), quienes informaron una densidad aparente máxima de 1,52 Mg m<sup>3</sup> para ambos sistemas de labranza, en un suelo proveniente de 30 años de agricultura continua con 3,5 % de materia orgánica.

Una medida del grado de susceptibili-

dad a la compactación de los suelos es el Índice de compactación relativa (CR), que se calcula como el cociente entre la densidad aparente actual y la máxima. CR mayores que 90 % pueden ser limitantes para el rendimiento de los cultivos (Carter 1990). En este ensayo, en algunos casos se registraron valores cercanos al 90 % y aún mayores, sin embargo no provocaron reducción de rendimientos de los cultivos en ninguno de los sistemas de labranza. Esto coincide con lo informado por Vidal y Costa (1998), sin embargo, Ferreras *et al.* (1998), informaron una disminución del rendimiento en SD para diferencias en CR superficiales (82% para SD y 69% para labranza vertical (LV)). Taboada *et al.* (1998) encontraron que los valores de compactación relativa nunca superaron el 85%, siendo similares entre labranzas para suelos de la Serie Bragado, y significativamente mayores bajo SD a 5-10 cm de profundidad para suelos de la Serie Peyrano.

Las mediciones de humedad gravimétrica ( $\theta_g$ ) mostraron diferencias estadísticas significativas en los primeros cm de profundidad en el primer y cuarto muestreo (Tabla 3), por lo tanto estos valores pueden afectar los valores de RM, ya que la  $\theta_g$  reduce la RM. Sin embargo, como SD siempre tuvo los mayores valores de  $\theta_g$  se puede asumir que la diferencia estadística obtenida entre sistemas de labranzas en el primer y cuarto muestreo de RM es cierta.

A la siembra del cultivo de maíz, los datos de RM mostraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, en todas las profundidades hasta los 20 cm (Figura 3). Los máximos valores se obtuvieron bajo SD, coincidiendo con lo informado por Grant y Lafont (1993), Chagas *et al.* (1994), Ferreras *et al.* (2000) y Fabrizzi (2000), aunque estos valores se encuentran por debajo de los

Tabla 3. Mediciones de humedad gravimétrica para las cuatro fechas de muestreo.

Table 3. Gravimetric soil moisture for each sampling date.

Labranza	Profundidad	Humedad gravimétrica			
		19/10/95	04/03/96	2/10/96	11/06/97
SD	3-8	0,31 a	0,17 a	0,28 a	0,33 a
LV	3-8	0,26 b	0,12 a	0,26 a	0,27 b
SD	13-18	0,30 a	0,17 a	0,27 a	0,30 a
LV	13-18	0,29 a	0,15 a	0,26 a	0,29 a

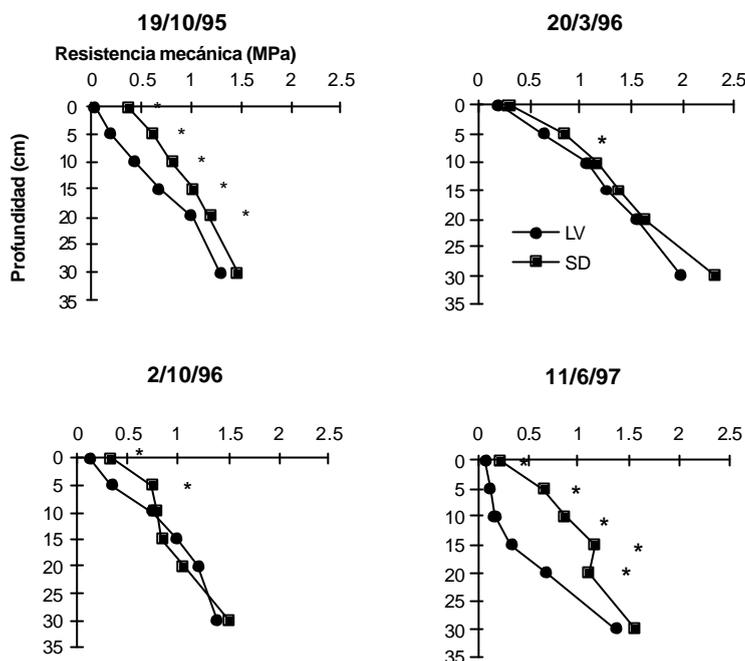


Figura 3. Resistencia mecánica para labranza vertical (LV) y siembra directa (SD) a distintas profundidades para cuatro fechas de muestreo. \* Diferencias estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ) entre tratamientos.

Figure 3. Cone resistance under chisel plow (LV) and no till (SD) in four different dates.

\* Significant difference ( $P<0.05$ ).

valores críticos de 1,5-5,6 MPa citados en la literatura, a los cuales la actividad radical cesa, dependiendo del suelo y el cultivo (Gerard *et al.* 1982).

El aumento de RM en el segundo muestreo (20/3/95) respecto del primero (19/10/95), y la proximidad de los valores para los dos sistemas de labranza, se explicarían por los bajos contenidos de  $\theta_g$ , resultados semejantes a los obtenidos por Taboada (1998). El endurecimiento de la fase sólida del suelo no produjo diferencias significativas en la  $\delta_a$  entre el primer y segundo muestreo para ambos sistemas de labranza, corroborando que la RM es mejor indicadora de los cambios que suceden en el suelo que la  $\delta_a$ . En el segundo muestreo (20/3/96) se registró un valor de RM de 2,3 MPa a 30 cm de profundidad en SD, valor superior al mencionado como crítico para el desarrollo radical. Sin embargo, debido a que el cultivo se encontraba en madurez fisiológica, no se produjeron diferencias en rendimiento.

Durante el ciclo del cultivo de trigo se realizó el tercer muestreo (2/10/96), observán-

dose valores significativamente ( $P<0,05$ ) superiores bajo SD sólo en superficie. Estos datos son similares a los encontrados por Kruger (1996) y Chagas *et al.* (1994). En profundidad no se encontraron diferencias significativas ( $P>0,05$ ), coincidiendo con lo informado por Vidal (1997).

En el cuarto muestreo (11/6/97) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P<0,05$ ) entre tratamientos debido a la reciente remoción del suelo en el caso de LV, lo cual produjo un aflojamiento del suelo hasta los 20 centímetros de profundidad, con importante reducción en los valores de RM. Esto concuerda con lo reportado por Ferreras (1996). En ninguno de los muestreos realizados se registraron valores que de acuerdo a la bibliografía consultada, pudieran afectar el desarrollo radical y el rendimiento del cultivo de trigo.

La SD presentó valores de EE mayores que LV (71 y 66 % respectivamente). Una explicación posible a la mayor agregación en SD con respecto a LV sería el mayor contenido de carbono orgánico y la falta de remoción del suelo (Chagas *et al.* 1994). En nuestro caso,

dado que los contenidos de carbono orgánico de ambas labranzas fueron similares, las diferencias son atribuibles a la falta de remoción del suelo. Estos resultados coinciden con lo presentado por Pilatti *et al.* (1998). Los altos valores de EE obtenidos, tanto en SD como en LV, ponen de manifiesto que el uso de arados de cinceles, luego de dos años de la introducción de esta labranza sobre un suelo con una buena condición inicial, no produce cambios importantes en la estructura del suelo.

Durante las primeras etapas del cultivo de trigo, la LV tuvo mayor temperatura de suelo como consecuencia de la menor cobertura de rastrojo del suelo (20%) respecto a SD (95%), y una menor cobertura por parte del cultivo. La amplitud térmica registrada fue menor en SD coincidiendo con lo obtenido por Rizzalli (1998), Ferreras *et al.* (1999) y Fabrizzi (2000). Las temperaturas medias fueron siempre mayores en LV que en SD. Durante los primeros 15 días de octubre se observa menor diferencia entre las curvas de SD y LV. Cuando el cultivo cubrió completamente el suelo (fin de octubre-principio de noviembre), las fluctuaciones de temperatura de ambas labranzas fueron menores y las temperaturas medias en SD resultaron mayores que en LV, como consecuencia de menores temperaturas mínimas en LV. Estas menores temperaturas bajo SD en las etapas iniciales, no afectaron la acumulación de materia seca a madurez fisiológica y el rendimiento del cultivo de trigo (Tabla 4). Similares resultados fueron informados por Bergh (1997) y Fabrizzi (2000).

Las mediciones realizadas en las propiedades físicas del suelo durante el cultivo de maíz, presentaron diferencias significativas en RM y  $\delta_a$ , correspondiendo los mayores valores a SD, aunque éstos no fueron tan altos como para afectar el desarrollo radical y provocar una disminución en el rendimiento. El rendimiento del cultivo de maíz no presentó diferencias significativas entre tratamientos cuando se fertilizó con nitrógeno, 6568 y 6977 kg ha<sup>-1</sup> para SD y LV respectivamente. El marcado déficit hídrico registrado en la campaña 1995/96, principalmente durante los meses de diciembre y enero, redujo sustancialmente los rendimientos potenciales del cultivo de maíz.

Durante el cultivo de trigo, los conte-

Tabla 4. Rendimiento en grano y materia seca total acumulada (MS Total) en el cultivo de trigo bajo labranza vertical (LV) y siembra directa (SD).

Table 4. Grain yield and dry matter accumulation (MS Total) of wheat crops under chisel plow (LV) and no-tillage (SD) systems.

Labranza	Rendimiento	MS Total
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....	
LV	4166 a	12445 a
SD	4003 a	12627 a
LSD	NS	NS

Letras distintas para una misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Different letters of each column indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

nidos de  $\theta_g$  y los valores de  $\delta_a$ , no registraron diferencias entre tratamientos, en cambio, se encontraron diferencias en RM, la cual fue mayor bajo SD, aunque los valores no superaron los valores críticos como para afectar el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Esto permitió un normal desarrollo del cultivo y, en consecuencia, no se observaron diferencias en rendimiento y acumulación de materia seca (Tabla 4), concordando con lo obtenido por Vidal y Costa (1998) y Fabrizzi (2000). La campaña 1996/97 se caracterizó por las abundantes y frecuentes precipitaciones, pero las escasas precipitaciones y las heladas ocurridas durante el período preantesis-llenado de granos pudo haber afectado la formación de grano.

## CONCLUSIONES

La introducción de la LV en un suelo con 3 años bajo SD después de una pastura, no produjo deterioro de las condiciones físicas del suelo.

La  $\delta_a$  en SD presentó valores superiores a LV, siendo más marcadas las diferencias entre sistemas de labranza a 3-8 cm de profundidad. El valor de  $\delta_a$  superficial en SD (3-8 cm) se estabilizó en 1,31 Mg m<sup>3</sup> luego de 4 años bajo SD. Los valores de  $\delta_a$  encontrados estuvieron por debajo de los niveles críticos que afectan el rendimiento de los cultivos.

La RM mostró mayores valores bajo SD que bajo LV, acentuándose estas diferencias cuando las labranzas se realizaron antes de las mediciones en LV.

Si bien la EE tendió a ser mayor bajo SD, no hubo diferencias significativas entre labranzas, lo cual pone de manifiesto que el uso de arado de cinceles, en un suelo bajo una buena condición inicial, no produce cambios importantes en la estructura del suelo.

Los valores de temperatura media del suelo durante el cultivo de trigo fueron menores bajo SD en los estadios tempranos del cultivo. Cuando el cultivo cubrió el suelo estas fluctuaciones de temperatura entre ambas labranzas fueron menores. Las menores temperaturas iniciales bajo SD no afectaron posteriormente el crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo.

Los rendimientos obtenidos en los cultivos de maíz y trigo, no mostraron diferencias significativas entre sistemas de labranzas. Una buena condición física del suelo al inicio de la experiencia, permitió que el suelo no tuviera limitantes para el rendimiento en ninguna de las labranzas evaluadas.

#### REFERENCIAS

- Bergh RG. 1997. Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. 75 p.
- Blake GR, Hartge KH. 1986. Bulk density. *En: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monog 9. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, EEUU.* p. 363-375.
- Bradford JM. 1986. Penetrability. *En: A. Klute (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monog 9. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, EEUU.* p. 463-478.
- Bray R, Kurtz LT. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-4.
- Burgos JJ, Vidal A. 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva Clasificación de Thornthwaite. *Meteoros* 1.p 3932.
- Carter MR. 1990. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. *Can. J. Soil. Sci.* 70:425-433.
- Chagas CI, Marelli HJ, Santanoglia OJ. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol Típico bajo tres sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 12:11-16.
- De Leenheer L, De Boodt M. 1958. Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter. *En: Proc. Int. Symp. on Soil Structure. Medeligen. Van de Landbowhoge School. Ghent.* p. 290-300.
- Dexter AR. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Till. Res.* 20:87-100.
- Doran JW. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am J.* 44:765-771.
- Echeverría HR, Ferrari J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* N 112. EEA INTA Balcarce. 18 p.
- Fabrizzi KP. 2000. Dinámica del nitrógeno bajo dos sistemas de labranza en un suelo no degradado. Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. p. 155.
- Felt EJ. 1965. Compactibility. *En: C. A. Black (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part. 1. Agron. Monog 9. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, EEUU.* p. 400-412.
- Ferreras L. 1996. Efecto de los sistemas de labranza sobre las propiedades físicas de un suelo del sudeste bonaerense. Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires. 75 p.
- Ferreras L, De Batista JJ, Ausilio A, Pecorari C. 1998. Efecto de dos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba. p. 23-24.
- Ferreras LA, Costa JL, García FO. 1999. Temperatura y contenido hídrico del suelo en superficie durante el cultivo de trigo bajo dos sistemas de labranzas. *Ciencia del Suelo.* 17:39-45.
- Ferreras LA, Costa JL, García FO, Pecorari C. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampas" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54:31-39.
- Fontanetto H, Gambaudo S. 1996. Sistemas de labranzas para el trigo. Su influencia sobre propiedades físicas y químicas del suelo. *Public. Misc. N° 74. INTA EEA Rafaela.*
- Gerard CJ, Sexton P, Shaw G. 1982. Physical factors influencing soil strength and root growth. *Agron. J.* 74:875-879.
- Grant CA, Lafond GP. 1993. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 73:223-232.
- Griffith DR, Manerring JV, Moldenhauer WC. 1977. Conservation tillage in the Earstern Corn Belt. *J. Soil Water Cons.* 32:20-28.
- Krüger HR. 1996. Compactación en Haplustoles del sudoeste bonaerense (Argentina) bajo cua-

- tro sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo*. 14:104-106.
- Lal R. 1991. Soil structure and sustainability. *Sust. Agric.* 1 (4):67-92.
- Letey J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. Soil Sci.* 1:277-294.
- Opoku G, Vyn TJ, Swanton CJ. 1997. Modified no-till systems for corn following wheat on clay soils. *Agron. J.* 89: 549-556.
- Oussible M, Crooskton RK, Larson WE. 1992. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield components of wheat. *Agron. J.* 79:882-886.
- Pierce FJ, Fortin MC, Staton MJ. 1994. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1782-1787.
- Pikul JL Jr., Allmaras RR. 1986. Physical and chemical properties of a haploxeroll after fifty years of residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:214-219.
- Pikul JL Jr., Aase JK. 1995. Infiltration and soil properties as affected by annual cropping in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 87:656-662.
- Pilatti MA, de Orellana JA, Felli OM. 1998. Indicadores edáficos en agricultura sostenible. II) Idoneidad de variables edáficas para evaluar sostenibilidad en agroecosistemas. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba. 235 p.
- Potter KN, Horton R, Cruse RM. 1987. Soil surface roughness effects on radiation reflectance and soil heat flux. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51:855-860.
- Rizzalli RH. 1998. Siembra directa y convencional de maíz ante distintas ofertas de nitrógeno. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce. 35 p.
- Sánchez AH, García JR. 1998. Efecto del laboreo en algunas propiedades físicas de un Haplustol Típico y en el rendimiento de la soja. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba. p. 267-268.
- Sarlangue HA. 1994. Conservar para producir. *Vision Rural* 12:26-33.
- SAS Institute, Inc. 1985. SAS user's guide. Statistic version SAS Institute, Inc Cary, NC. USA.
- Schmidt CP, Belford RK. 1994. Increasing the depth of soil disturbance increases yields of direct drilled wheat on the splay soils of Western Australia. *Austr. J. Exp. Agric.* 34:777-781.
- Stengel P, Douglas P, Guerif JT, Goss MJ, Monnier M, Cannell RQ. 1984. Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. *Soil Till. Res.* 4:35-53.
- Suero EE, Garay AF. 1978. Estado estructural del horizonte superficial de suelos Brunizen del sudeste bonaerense. Modificaciones producidas por el manejo a que han sido sometidos. VIII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. A. A. Cs. Suelo. p. 7-8.
- Taboada MA, Micucci F, Cosentino FJ. 1996. Evaluación de la siembra directa como causante de la compactación en dos suelos de la pampa ondulada. *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Santa Rosa, La Pampa. p.217-218.
- Taboada MA. 1998. Compactación superficial causada por la siembra directa, y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. p. 361-374.
- Taboada MA, Micucci FG, Cosentino DJ, Lavado RS. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil Till. Res.* 49:57-63.
- Thomas GW, Hazslerg R, Robins RL. 1996. The effects of organic matter and tillage on maximum compactibility of soils using the Proctor test. *Soil Sci.* 161:502-508.
- Torella JL, Maggi AE, Castiglioni M, Santanatoglia OJ. 1993. Efecto de la aplicación de la siembra directa e influencia de las condiciones previas del suelo, sobre algunas propiedades físicas y biológicas en argiudoles ácuicos y vérticos. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mendoza. p. 319.
- Vidal CM. 1997. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de siembra directa y labranza reducida. Trabajo de graduación. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce.
- Vidal CM, Costa JL. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. *RIA Vol 29*. p. 211-212.
- Voorthees WB, Lindstrom MJ. 1984. Long-term effects of tillage method on soil tillth independent of wheel traffic compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:152-156.
- Walkley A, Black IA. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-37.
- Woods LE, Schuman GE. 1988. Cultivation and slope position effects on soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1371-1376.

## TEXTURE, DENSITY AND HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF SOME SOILS IN SAN LUIS PROVINCE, ARGENTINA

JM KIRBY<sup>1</sup>, R KINGHAM<sup>2</sup>, M CORTES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CSIRO Land and Water, GPO Box 1666, Canberra ACT 2601 Australia.

<sup>2</sup>Land and Water Sciences Division, Bureau of Rural Sciences, PO Box E11, Kingston ACT 2604, Australia.

<sup>3</sup>INTA EEA San Luis, CC 17, 5730 -Villa Mercedes (San Luis), Argentina.

Recibido 19 de octubre de 2000, aceptado 14 de mayo de 2001

As part of a study of plant water use and soil water balance in lowland areas of San Luis Province, we required information about the hydraulic conductivity of the soils. Measurement of hydraulic conductivity at many locations is time consuming and expensive. We therefore measured the conductivity at several sites representing a range of soils in the province, and used these measurements to develop pedotransfer functions to predict the hydraulic conductivity from other, more readily available information.

We described profiles and took samples from some lowland soils in the San Luis Province, representing clays through to sands. We measured hand textures, laboratory particle size, bulk density and hydraulic conductivity at a suction of 10 mm, using a steady state method. The hydraulic conductivities ranged from 0.016 to 35 mm/hr<sup>-1</sup>. They were significantly correlated to the texture class as determined by hand texturing in the field, and to laboratory particle size measurements. Correlations were stronger with laboratory measured particle size than hand texturing in the field. The dry bulk density was similarly correlated, though the significance of the correlations was less. Therefore, both hand texturing and laboratory particle size analysis can be used for rough estimates of the hydraulic conductivity at 10 mm suction and the dry bulk density.

The best predictions, particularly of hydraulic conductivity, were given by a multiple regression involving the different size fractions. The best equation for hydraulic conductivity excluded a heavy clay soil, and had an R<sup>2</sup> of 0,818. An equation due to Rawls *et al.* (1992) predicted saturated hydraulic conductivities between 2 and 7 times greater than those measured (which, however, were at a suction of 10 mm). An equation due to Janes and Tyler (1984), developed specifically for soils similar to those investigated here, predicted values of the hydraulic conductivity at 10 mm suction that were similar to those measured in coarser soils but up to four times greater in finer soils. This equation had an R<sup>2</sup> of 0,748, and appears to be useful, though not as good as the best equation found in this study. The prediction equations (pedotransfer functions) given here are for use in the lighter textured soils of the lowland areas of San Luis Province.

**Key words:** Texture, Density, Particle size, Hydraulic conductivity, Correlation

### INTRODUCTION

The hydraulic conductivity of soil is important in determining the water balance: that is, how much of the incident rainfall and irrigation ends up as runoff, how much as evapotranspiration and how much as deep drainage. The hydraulic conductivity is required as input in many water balance calculation methods and computer packages.

Measurement of the hydraulic conductivity is time consuming and expensive. It requires high quality sampling and measurement methods. It is, therefore, common practice to seek correlations or pedotransfer functions which

permit prediction of the hydraulic conductivity from other properties that are more readily or cheaply measured. Many of the methods are based on correlations with soil texture (e.g., van Genuchten, Leij 1992).

Deposits of aeolian sand and loess dominate the lowland areas of San Luis Province. Smaller areas of outwash sands from the Sierras de San Luis occur in the northwest of the province, with heavier textured sequences associated with the river terraces and alluvial plains of the Conlara Valley. Soils within the province have been classified according to Soil Taxonomy as Entisols, Mollisols and Aridisols

(INTA 1998).

As part of a wider investigation into irrigation in San Luis Province, we needed to know the hydraulic conductivity of potentially irrigable soils in order to perform water balance calculations. We therefore conducted a pilot survey of hydraulic conductivity of some representative soils in the province. We also investigated the correlations between hydraulic conductivity, density and hand texturing in the field and laboratory measured particle size. We present the results in this paper.

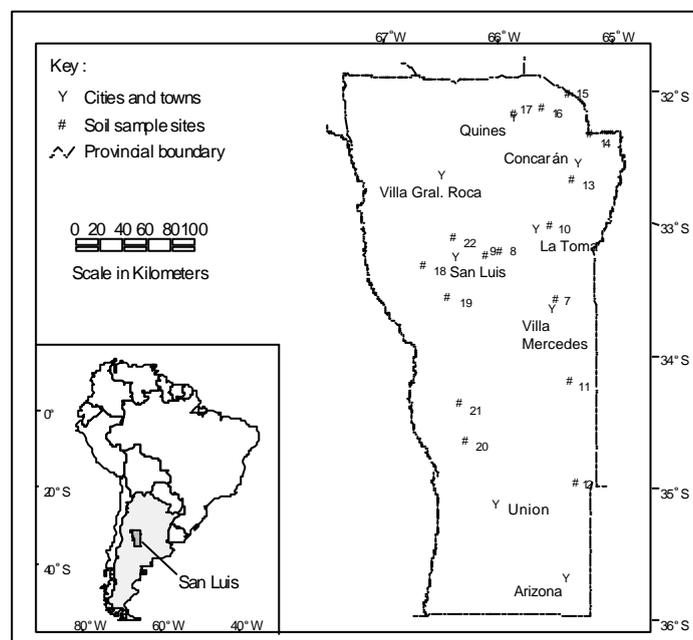
### MATERIALS AND METHODS

Sixteen sites were selected in different parts of the Province, with the aim of covering the main soil types in lowland areas that, in principle, might be irrigated. The sample sites were selected using prior soil information (e.g. INTA, 1998), satellite images interpreted for landform, and where ready access could be obtained. The general locations of the sites are shown in Figure 1, and also given in Table 1. At each site, the profile was described to a depth of 1,2 m, samples were taken for bulk density and the hydraulic conductivity at a suction of 10 mm was measured. The sites were visited from the 26<sup>th</sup> April to 3<sup>rd</sup> May 1999, which followed about 60 mm rain on the 24<sup>th</sup> April.

The profile description was based on hand augering to a depth of 1,2 m using a 75 mm diameter auger. The sites were described according to McDonald *et al.* (1990) and the soil profiles were classified according to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 1998). Soil texture was estimated by hand using the method of Northcote (1979).

At each site, undisturbed samples were obtained in thin walled brass sampling rings, 75 mm diameter and 75 mm long. All samples were trimmed so that the soil was flush with the ends of the rings. At 15 of the sites, the profile description indicated that the soil was fairly uniform with depth, and so for a pilot survey we considered it sufficient to take samples at one depth only, about 30 mm beneath the surface. At the other site, the soil became finer textured with depth, so samples were obtained at two depths, 30 mm and 600 mm. At each depth at each site, four samples were obtained: two were immediately placed in plastic bags for weighing in the laboratory to obtain densities and particle size analysis; the other two were used for hydraulic conductivity measurement. Ideally, more samples would be required to provide measures of variability amongst samples, but this was outside the scope of this pilot survey.

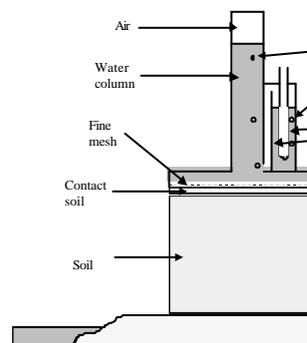
The dry bulk density was estimated by oven drying the samples for two days at 55°C. No oven was available at the preferred temperature for dry-



the density samples was then  
 d for laboratory particle size  
 size was measured using the  
 y Gee and Bauder (1982).  
 conductivity was measured us-  
 method. The two sampling rings  
 s included were placed in a plastic  
 d about 10 mm of water in the  
 es were allowed to absorb water  
 d on the upper surface. Usually,  
 1 about half an hour. The samples  
 pon a small platform of soil in  
 rm was formed from disturbed  
 the samples were taken, and so  
 meable as, if not slightly more  
 e undisturbed soil in the core.  
 the platform was about 10 mm  
 el of the water (see Figure 2).  
 the bottom of the sample, the  
 er was 10 mm of suction. A thin  
 lty soil (chosen to be at least as  
 ightly more permeable than the  
 the top of

The 10 mm suction was cl  
 excludes flow in the larger pore  
 any gap between the sample &  
 which might have distorted th  
 vented.

The recording phase took  
 hours in coarser grained soils (th  
 ity) but up to about 12 hours in t  
 soils. In the coarser grained so



## DISCUSSION

A typical pair of hydraulic conductivity tests are given in Figure 3, which shows the cumulative volume of water (intercept) and the time of water to infiltrate the

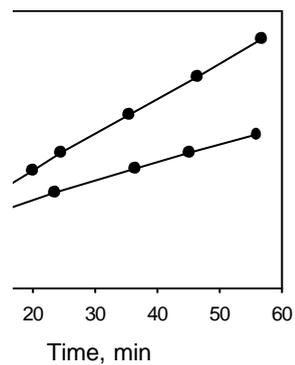


Figure 3 shows the results of the hydraulic conductivity tests at

For many soils, hydraulic conductivity has been successfully related to measured soil properties including soil texture (e.g., Rawls, Brakensiek 1989; 1996; Goncalves *et al.* 1999). The soils dealt with in San Luis were not highly structured, so the relationship between hydraulic properties and soil texture information might be reasonable.

The dry bulk density can be used to estimate the porosity, from which the water content can be estimated.

The relationship between hydraulic conductivity and field texture is shown in Figure 4. Hydraulic conductivity values considered to be simple point estimates of the cumulative infiltration (Lambe, Whitman 1969). Figure 4 shows the relationship between hydraulic conductivity and field texture.

s. All the correlations were  $r > 0.5$  with the 20% passing size. Percentage

ns amongst the logarithm of hydraulic conductivity at 1cm suction, dry bulk density, and particle size.  $D_{50}$ ,  $D_{20}$  and  $D_{10}$  are the 50 %, 20 % and 10 % passing sizes. NS indicates not statistically significant.

entre el logaritmo de conductividad hidráulica a 10 mm succión, densidad y tamaños de las partículas de referencia, de las cuales 50%, 20% y 10% corresponden a los “passing sizes” correspondientes a  $D_{50}$ ,  $D_{20}$  y  $D_{10}$ . NS significa no significativamente significativa.

Variables	Correlation coefficient	Significance level
Log(k-10) / Log(D <sup>50</sup> )	0.612	0.001
Log(k-10) / Log(D <sup>20</sup> )	0.721	0.001
Log(k-10) / Log(D <sup>10</sup> )	0.554	0.001
Log(k-10) / Texture class	0.593	0.001
Log(k-10) / clay %	0.230	NS
Density / Log(D <sup>50</sup> )	0.452	0.01
Density / Log(D <sup>20</sup> )	0.291	NS

nductivity measurements at  
the finest particle size distri-  
. This material had a hydrau-

analysis. Many studies of h  
tivity conclude that soil stru  
portant influence (e.g., Bris

ts of multiple regression equations for predicting hydraulic conductivity  
y from particle size sand (*Sa*), fine sand (*FSa*), silt (*Si*) and clay (*Cl*) per  
s de ecuaciones de regresión múltiple para anticipar conductividad hidráulica  
ente seca a granel a partir de porcentajes de tamaño de partícula de arena  
*Si*) y de arcilla (*Cl*).

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>
<b>b.Sa + c.FSa</b>	<b>-6.02</b>	<b>0.068</b>	<b>0.074</b>	<b>0.051</b>	<b>0.061</b>
<b>removed Log(k<sub>1</sub>) = a +</b>	<b>-6.02</b>	<b>0.072</b>	<b>0.082</b>	<b>0.042</b>	<b>0.024</b>
	<b>-0.10</b>	<b>0.017</b>	<b>0.012</b>	<b>0.013</b>	<b>0.010</b>

Equation (2) is a reasonable prediction of hydraulic conductivity when used for the heaviest soils. Brakensiek (1989, 1992) provided a regression equation for predicting hydraulic conductivity from soil texture fractions and the porosity. Equation [2] of Rawls and Brakensiek involves 13 coefficients. Application to the data in Table 1 revealed that the predicted hydraulic conductivities were 10 to 100 times greater than the measured values for the coarsest soils and 7 times greater for the finest soils. The difference might be due to the regression between  $k_{sat}$  and  $k_{-10mm}$ . Rawls, Brakensiek (1992) equated  $k_{-10mm}$  to  $k_{sat}$ . It appears that the Rawls and Brakensiek

equation does not account for structure effects, and will overpredict hydraulic conductivity for soils with particle sizes similar to those of the data. The equation is:

$$\log k = [-0.016Sa + 0.013Si]y^{0.5} + 0.0$$

in which  $k$  is in cm/day,  $y$  is the water potential in kPa,  $Sa$  and  $Si$  are sand and silt fractions and  $BD$  is the bulk density. For a water potential of -10 mm  $y = 0.01$  as shown in Figure 9. In coarse soils the predicted values agreed with the measured values whereas in finer soils the predicted values were about four times the measured values. The  $R^2$  of the regression between  $k_{sat}$  and  $k_{-10mm}$  predicted using Janes equation and the measurements was 0.666, therefore, appears useful but not as good as equation (2).

The prediction of hydraulic

ure class is shown in Figure  
 re 11 shows the relationship  
 density and the median size  
 e) estimated from the labora-  
 analysis. The figures show

For some lowland soils in  
 ince, representing clays thro  
 hydraulic conductivity at a s  
 varied from 0,016 to 35 mm h  
 conductivity was significantl

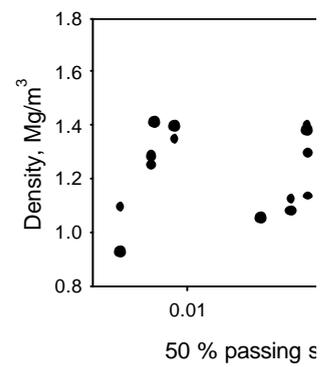
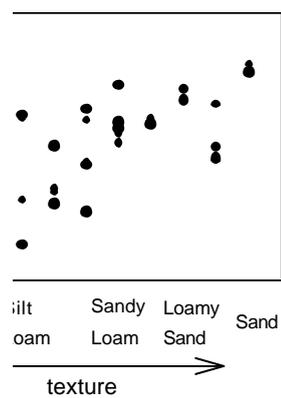


Figure 11. Relationship between  
 and the 50 % passing size

oils in San Luis. It does indicate good prospects for developing relationships between the hydraulic and the particle size and other soil properties of these soils. We would include more of the heavy metal relationships can be ex-

#### ACKNOWLEDGMENTS

This study was done as part of a study funded by the San Luis government. We gratefully acknowledge the permission to publish the

work of Tom KRJ, Ross PJ, Ford EJ, Roth GJ, and others in 1999. Obtaining hydraulic properties from water balance models: some applications for tropical Australia. *Soil Science and Measurement of Hy-*

- drology Survey Handbook, 2<sup>nd</sup> Edition, Melbourne.
- Northcote KH. 1979. A Factual Basis for the Classification of Australian Soils. Rellim Publications Pty. Ltd., Coffs Harbour.
- Perroux KM, White I. 1988. Soil moisture retention permeameters. *Soil Science Society of America Journal*, 52, 1205-1215.
- Rawls WJ, Brakensiek DL. 1985. Prediction of soil water retention and hydraulic conductivity. In *Unsaturated Flow in Hydrology: Theory and Practice*, H.J. Van Genuchten, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, p 275-299.
- Rawls WJ, Ahuja LR, Brakensiek DL. 1982. Prediction of soil hydraulic properties from soil texture. In *Proceedings of an International Conference on Indirect Methods for Estimating Soil Properties of Unsaturated Soils*, Van Genuchten, F.J. Leij and L.J. Wesseling, eds. California, Riverside, CA, p 1-10.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1989. *Statistical Methods*



Nordeste de la Provincia de Buenos Aires, principalmente se ha utilizado la labranza convencional para la producción de trigo, en los últimos años, productores han comenzado a utilizar sistemas de labranza conservacionistas como una alternativa (Ceballos y Cheverría *et al.* 1994). La sustitución de la labranza directa que comprende el sistema de labranza convencional (Alvarado, Gral Pueyrredón, Tandil, Necochea y Tandil) fue de 144.284 has en las campañas 1998/99 y 1999/00; respectivamente, un mayor crecimiento de la labranza directa en los cultivos de maíz y trigo (Balcarce 2000). La adopción de sistemas de labranza conservacionistas ha generado un interés por conocer sus efectos favorables y desfavorables, así como también sus consecuencias ambientales en el suelo.

La mineralización del carbono. Como resultado de la labranza convencional en el noroeste de la provincia se observó una acumulación de carbono orgánico y nitrógeno superficial de un suelo bajo labranza convencional (Díaz Zorita 1999). No obstante, el cambio en las propiedades físicas con el sistema de labranza conservacionista generó diferencias existentes en los sitios estudiados (Díaz Zorita 1998), como así también de la cantidad de materia orgánica del suelo (Díaz Zorita 1979), de la cantidad de residuos de cultivos (Havlin *et al.* 1990), y de la cantidad de nitrógeno fijado por la leguminosa nitrogenada (Ismail *et al.* 1998). Los factores que influyen en la mineralización del carbono son:

Los cambios referidos anteriormente al equilibrio aire-agua y disponibilidad de sustrato, como consecuencia del efecto del

is establecido por el Grupo de de Suelos, a partir de 1992 en el l de la Unidad Integrada EEA Ciencias Agrarias de Balcarce, s Aires (37° 45'S y 58° 18'O). plementación del ensayo, el si o una historia agrícola muy pro partir de 1992 las rotaciones, en ) y LC, fueron trigo, soja, trigo, y maíz durante las campañas 994/95, 1995/96, 1996/97, 1997/ tivamente. El sitio experimental racterísticas de un Paleudol rtenece a la serie Balcarce fami- ica, con una textura superficial e fósforo disponible Bray de 10 o experimental fue en bloques ados con tres repeticiones, sien- labranza (SD y LC) los trata- n las parcelas fertilizadas anual- ha<sup>-1</sup>, como urea. A la siembra se triple de calcio (120 kg ha<sup>-1</sup>), en

mm antes de ser analizadas.

Carbono orgánico tot Walkley y Black (1934), y nitró por la técnica de Bremner y M pH se determinó con un electro relación suelo:agua de 1:2,5. Con lógico del nitrógeno potencialm se estimó la producción de NH anaeróbicas incubando las muest (Bundy, Meisinger 1994). Se cu de bacterias aeróbicas por dilució conteniendo agar tróptico de soj el número más probable de desni do la técnica descrita por microorganismos que oxidan am luciones nutritivas formuladas pe (1968,1973) y de microorgan nitrito utilizando el medio in (1977). La población de bacteri presó como log<sub>10</sub> de unidades fi nias por g de suelo seco (UFC g microorganismos como el número

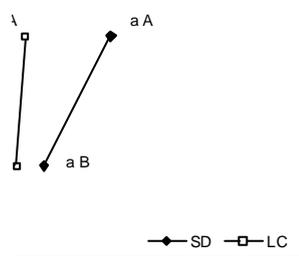


Figura 1. Densidad de carbono orgánico total en los 0-7,5 y 7,5-15 cm de siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre profundidades de cada profundidad; mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos dentro de cada labranza.

Fig. 1. Density of total soil organic carbon, in 0 to 7,5 and 7,5 to 15 cm depths in no-till (SD) and conventional tillage (LC). Different lowercase letters indicate significant differences

Ferreras (1996) encontró que el carbono orgánico aparente no varió con el tipo de labranza, el cual fue de 1,46 y 1,44 Mg m<sup>-2</sup> a los 7,5 cm para SD y LC; respectivamente. Asumiendo estas densidades, la cantidad de C orgánico en el suelo fue significativamente ( $P < 0,05$ ) mayor bajo SD (36,6 Mg C ha<sup>-1</sup>) que bajo LC (32,1 Mg C ha<sup>-1</sup>). Después de 1 año de cultivo, el suelo tuvo una ganancia neta de 4,5 Mg C ha<sup>-1</sup> en los 7,5 cm de profundidad. Los niveles de C fueron aumentados en un 30% con respecto a los promedios de 90 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>.

En la Tabla 1 se muestran los ingresos de C estimados de los cultivos de los distintos cultivos reales que se iniciaron cuando se inició el ensayo. Los mayores ingresos de C ocurrieron con los cultivos de maíz coincidiendo con el mayor ingreso de C de acuerdo a esta estimación.

from R. Rizzalli and A. Berardo (personal communication), Bergh (1997), ε

que retornó al suelo fue similar (4120 kg C ha<sup>-1</sup>) y LC (4120 kg C ha<sup>-1</sup>), una menor intensidad de la materia orgánica del suelo de menores temperaturas, en la falta de incorporación y residuos con el suelo sean las diferencias de contenido de C orgánico bajo

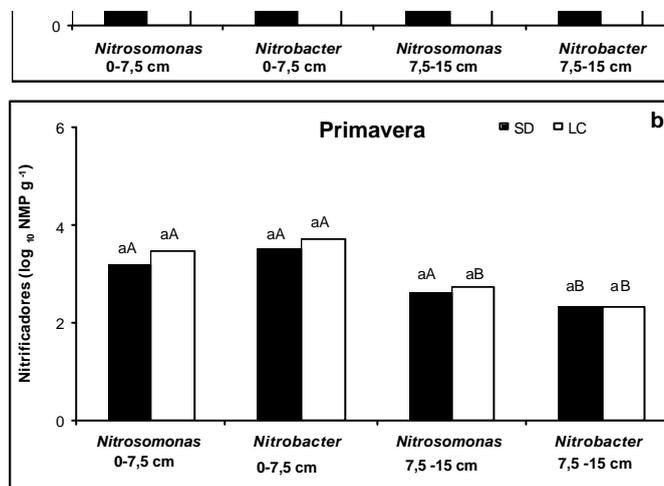
El contenido de C orgánico total muestra el mismo comportamiento que C orgánico total en las profundidades significativamente ( $P < 0,05$ ) ( $35 \text{ g N kg}^{-1}$ ) en comparación con LC ( $35 \text{ g N kg}^{-1}$ ); en la capa de 7,5-15 cm no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los sistemas de labranza (Figura 2). Esta diferencia se presentó variaciones ( $P < 0,05$ ) con la profundidad por

años bajo SD, hubo una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) de  $15 \text{ Mg N ha}^{-1}$  en los 7,5 cm del suelo.

Los mayores contenidos de N mineralizable se registraron en los 7,5 cm de las parcelas bajo SD; por otra parte, a esta profundidad no hubo diferencias entre los sistemas de labranza (Figura 3). En el suelo, tres años después (1997) del ensayo de labranza, Bergh (1997) registró valores mayores de N mineralizable con respecto a LC para el estrato de 0-5 cm. Esto último indicaría que la labranza temprana es una variable que resulta en un mayor reservorio de N lábil manejado con SD, probablemente debido a una menor mineralización d

racción de N decreció e ( $P < 0,05$ ) en un 50 % con la erfil en el tratamiento de SD; o LC fue similar en ambas igura 3). La ubicación de los os determinó un incremento le N lábil en la superficie del el N mineralizable siguió las ontenido de C y N orgánico a correlación simple entre el el C orgánico total ( $r = 0,89$ ), y l ( $r = 0,83$ ) reveló una relación ente significativa ( $P < 0,001$ ) bles. Una fracción pequeña co total se mineralizó durante eróbica del suelo superficial; isma podría contribuir a la iada del cultivo (Garcia *et al.*

ria orgánica, en suelos bajo c Para SD, la relación C:N org 14,2:1 y 14,4:1 para la pri profundidad de muestreo; re bajo LC los valores fueron de las mismas profundidades. varió con la profundidad, significativamente ( $P > 0,05$ ) labranza. Bajo SD el C orgán proporcionalmente con el N permitiendo que la relació aproximadamente constante LC. Por el contrario, la relación orgánico total mostró una valores muy superiores bajo S para 0-7,5 y 7,5-15 cm; res comparación con LC (0,013 y 7,5-15 cm; respectivamente) la materia orgánica en la ca



más probable (NPM) de bacterias que oxidan amonio y nitrito, en el suelo a las profundidades de 0-7,5 y 7,5 -15 cm, en siembra directa (SD) y labranza conservadora (LC). Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$  o  $0,1$ ) entre las profundidades; mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas dentro de cada labranza.

do por Linn y Doran (1984);  
LC el contenido de agua fue  
Por el contrario, la población  
smos que oxidan nitrito  
sp.) no fue afectada  
te ( $P>0,05$ ) por la labranza,  
ó una tendencia a favor de la  
en la capa superficial (Figura  
3) reportó que la población de  
igual o mayor en suelos bajo  
En el muestreo de primavera,  
roorganismos que oxidan  
ito no difirió ( $P>0,05$ )  
entre los dos sistemas de  
ara 0-7,5 como 7,5-15 cm  
te momento el suelo bajo SD  
anzó un contenido de agua  
del espacio poroso lleno de  
número de microorganismos  
ue son aerobios estrictos;

precipitaciones totalizaron 48  
muy bajos los contenidos  
hecho, los niveles de nitrato  
muestreo de primavera fu  
promediando 4,4 mg N-NO<sub>3</sub> l  
efecto de la estación del año  
de la comunidad microbiana  
en las bacterias nitrificad  
bacterias aeróbicas, lo cual  
considera que aquellas son  
específico de organismos. E  
explicar las diferencias en bic  
entre las dos labranzas, ya  
diferencias significativas ( $P>$   
de pH promedios fueron 5,55  
LC en 0-7,5 cm, respectivame  
para SD y LC en los 7,5-15 cm  
En cuanto a la  
desnitrificadores, el NM  
significativamente ( $P<0,05$ )

Soil organic carbon, microbial  
 $\text{CO}_2$ -C production from three till-  
age treatments. *Till. Res.* 33:17-28

Analysis of growth and yield of  
maize and soybean grown at Balcarce,  
Argentina. *Int J Crops Res.* 41:1-12.

Wardner WH, Gardner WR. 1972. The  
No-Till System. En John Wiley (ed.).  
New York. p.1- 41.

Nitrate reduction to nitrite, a pos-  
sible pathway for growth of nitrite-oxi-  
dizers. *Appl. Environ. Microbiol.*

Dinámica del nitrógeno, crecimiento  
de trigo bajo siembra directa y  
siembra convencional. Tesis Magister Scientiae.  
Ciencias Agrarias Balcarce.  
Universidad Nacional de Mar del Plata. 75 p.

Johnson PF, Papendick RI, Bezdicek DF.  
Microbial biomass and selected soil  
properties: effect of fertilization and crop-  
rotation. *Soil Biol. Biochem.* 17:297-302.

SSSA. Madison, Wisconsin  
Echeverría H, Studdert G, Elver  
1994. Siembra directa de trigo  
en la Pampa Bonaerense. *Visión Rural* 8:

1-12. EEA INTA Balcarce. 2000. 1  
Informe Proyecto Intensificación de  
Cultivos Granos (IPG). Area de Ag  
Investigación Nacional de Tecnología Agropecuaria  
30 p.

Fenster CR, Peterson GA. 1977.  
The effect of no-tillage fallow as compared to  
conventional fallow in a wheat fallow system. Ne  
braska Agricultural Experiment Station. Res. 1  
1-12.

Ferreras LA 1996. Efecto de los  
manejos de siembra sobre las propiedades físicas  
del suelo. Tesis de grado. Universidad  
Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias.  
75 p.

Franzluebbers AJ, Hons FM, 2  
1994. Tillage and crop effects on  
seasonal nitrogen dynamics. *Soil Sci. Soc. Am.*  
1624.

bra Directa. Buenos Aires. p.117-  
Siembra directa y convencional

matter and a proposed modifi  
mic acid titration method. S

rate and crop demand. Both urea hydrolyzation and ammonium oxidation temperatures existing at application time (around 6°C). Contents of mineral nitrogen were affected by the amount of nitrogen applied than by differences in the pattern of application. Variations in the mineral nitrogen contents below 20 cm were lowly.

Ammonium, Nitrate, Tall fescue cultivars, Nitrogen fertilization, Type of soil

Nitrogen fertilization in temperate humid, semi-humid and sub-humid climates constitutes the factor that determines the productivity of the forage crops from autumn to winter. Studies in tall fescue (*Festuca arvensis* Schreb.) showed that, in temperate humid climates (10°C), the nitrogen fertilization rate affects the aerial growth rate of the forage crops of higher latitudes more than in sub-humid and semi-humid climates (Cooper 1967). This

is especially true for semi-humid and sub-humid climates (Mazzanti 1985).

The expression of nitrogen deficiency in temperate humid climates has shown that the availability of nitrogen during winter growth of tall fescue (*Festuca arvensis* Schreb.) is low (Lattanzi, Mazzanti 1997a). In semi-humid and sub-humid climates, nitrogen deficiency during winter growth has been reported (Lattanzi, Mazzanti 1997a; Mazzanti *et al.* 1995; Mazzanti *et al.* 1996). In temperate humid climates, nitrogen fertilization of tall fescue is more important in semi-humid and sub-humid climates (Mazzanti 1985).

valores máximos en verano, otoño y alcanzan los mínimos en invierno de primavera (Vázquez, 1996). Para el cultivo de trigo, se ha observado que el agregado de urea provoca un aumento en la concentración de nitrógeno en el suelo de que las pérdidas por volatilización son muy pequeñas, este fenómeno es especialmente importante en el sistema suelo-atmósfera, sólo una fracción del mismo nitrógeno es absorbido por las plantas (Videla *et al.* 1996). Se podría hipotetizar que, en condiciones de alta humedad, la mayor concentración de nitrógeno se encontraría en los meses de invierno. El uso de urea combinado con una cobertura vegetal adecuada podría reducir la pérdida de nitrógeno (Echeverría *et al.* 1994), la presencia de una cubierta vegetal podría implicar la absorción de nitrógeno y el compartimiento mineral de nitrógeno en forma de

A fines de marzo de 1997 se aplicó un herbicida químico de malezas (Picloro) y en principios de mayo se adicionó urea en forma de superfosfato triple de calcio. Las condiciones nutricionales de fondo fueron las mismas. Al inicio del período experimental las parcelas presentaban una estructura de suelo bastante homogénea, con un macroporosidad aproximadamente, 2000 macroporos cm<sup>-3</sup> homogéneo.

El experimento se condujo en parcelas divididas repetidas de 16 tratamientos completos. En la parcela principal se cultivaron tres cultivares de festuca (*El Palenque*, *Maris Kasba* y *Maris Kasko*) en la subparcela tres dosis de nitrógeno (0, 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup>). La superficie experimental fue de seis m<sup>2</sup> (1,5 m x 4 m).

El 20 de mayo se inició el corte de todas las parcelas a un nivel de 5 cm. Los tratamientos de nitrógeno fueron: control (0 kg N ha<sup>-1</sup>) en forma dividida, junto con el corte se aplicó urea al 30% de la dosis y el 15 de julio se aplicó urea al 30% de la dosis y el 15 de julio se aplicó urea al 30% de la dosis.

de mayo y la segunda de agosto,  
 , inclusive, a las registradas en el  
 La evolución del contenido de  
 el perfil (datos no mostrados),  
 no transcurrió en condiciones no

(interacción cultivar\*dosis,  
 resultados podrían ser consec  
 crecimiento (Lattanzi, Ma  
 demanda de nitrógeno (La  
 1997b) del material mediterrá

iones (mm) y temperaturas mínima, media y máxima (°C) del aire, quiri  
 dio.

and precipitation (mm) and minimum, mean and maximum air temperatu  
 riod.

río	Precipitaciones (mm)	Temperaturas (°C)		
		Mínima	Media	M
15/5	16.7	10.4	15.1	
31/5	16.2	4.0	9.3	
15/6	45.0	5.3	10.2	
30/6	0	-0.2	4.6	
15/7	44.5	2.5	6.3	
31/7	0	2.2	7.8	
15/8	78.0	4.6	8.8	

significativo al 1, 5 y 10 % de probabilidad, respectivamente. ns= no significativo

de invierno. Sin embargo, las diferencias en la cantidad de nitrógeno a efectos de cultivar fueron estadísticamente significativas.

En los tratamientos sin fertilización durante el período experimental, se observó una disminución gradual en las concentraciones de amonio en los estratos del suelo.

Para ambos cultivares se obtuvieron promedios de  $2,4 (\pm 0,4)$ ,  $0,6$  y  $1,1 (\pm 0,3)$  mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> de profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm, respectivamente. Considerando el efecto de la profundidad del suelo incrementa en los estratos superiores los contenidos de nitrógeno en los estratos inferiores fueron bajos y con escasa variación entre estratos (Figuras 1a y 2a). En los estratos inferiores a la aplicación de

concentración de  $41,1 (\pm 2,0)$  mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> kg<sup>-1</sup> para el promedio de los estratos luego de la primera y segunda cosecha, respectivamente.

Estos resultados permiten concluir que la presencia de cultivares con un diferente patrón estacional de crecimiento afectan diferencialmente la concentración de amonio en el suelo estudiado. El agregado de urea aumenta por la hidrólisis de dicha forma de nitrógeno a amonio. Considerando el escaso lapso de tiempo entre la fertilización y el primer muestreo, los resultados permiten afirmar que la velocidad de hidrólisis de urea de este cultivo es elevada. Además, es factible observar que a mayor profundidad, las concentraciones de amonio disminuyen gradualmente.

0 y c, respectivamente). 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 representan los distintos estratos analizados. Las flechas indican el primer (1F) y el segundo (2F) momento de fertilización.

Evolution of soil ammonium nitrogen at rates of 0, 100 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> for Maris Kasba cultivar (a, b and c, respectively). 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 represent the different layers analysed in cm. Arrows indicate first (1F) and second (2F) fertilization moments.

En los primeros meses de agosto, se observó un aumento en el contenido de nitrato en el suelo, lo que podría ser explicado por una nitrificación debida al aumento de la actividad microbiana a partir de fines de julio (Tabla 1). Este aumento coincidió con el período de crecimiento de las cubiertas de festuca no fertilizadas (Mazzanti, 1997a), los niveles de nitrato disminuyeron

en el suelo dependerá de la dosis de la pastura, ya que en ausencia de actividad microbiana se puede producir acumulación de nitratos en el suelo.

Figure 2. Evolution of soil ammonium nitrogen content at rates of 0, 100 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> for Maris Kasba cultivar (a, b and c, respectively). 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 represent the different layers analysed in cm. Arrows indicate first (1F) and second (2F) fertilization moments.

Después de la primera fertilización se determinó el efecto de los diferentes contenidos de nitratos, mientras que el efecto de la dosis aplicada (Tabla 1) se determinó después de la segunda fertilización. Los

After the first fertilization the effect of different nitrogen contents was determined, while the effect of the applied dose (Table 1) was determined after the second fertilization. The

y c respectivamente). 0-10, 10-20-60 representan los distintos estratos analizados. Las flechas indican el primer (1F) y el segundo (2F) momento de fertilización.

Evolution of soil nitrate nitrogen at depths of 0, 100 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> for Maris Kasba cultivar (a, b and c, respectively). 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 represent the analysed depths in cm. Arrows indicate first (1 F) and second (2 F) fertilization moment.

En el primero en el período de mediados de agosto, se observó una disminución de los contenidos de nitrógeno residual en todos los estratos (Tabla 2). No se observó una dinámica de desaparición de nitratos en el tipo de los cultivares, a lo largo de este período los contenidos de nitratos en los estratos fertilizados de El Palenque

de nitratos en los estratos analizados (a, b y c respectivamente). 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 representan los distintos estratos en cm analizados. Las flechas indican el primer (1F) y el segundo (2F) momento de fertilización.

Figure 4. Evolution of soil nitrate nitrogen at depths of 0, 100 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> for Maris Kasba cultivar (a, b and c, respectively). 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 represent the analysed depths in cm. Arrows indicate first (1 F) and second (2 F) fertilization moment.

de nitratos en los estratos analizados de El Palenque en invierno algo menor, no es probable que se observe una alta residualidad de nitratos marcadamente ante la presencia de festuca con diferente patrones de crecimiento.

Para los tratamientos con 100 y 200 kg N ha<sup>-1</sup> hasta mediados de julio se observó una disminución gradual en los contenidos de nitratos en los estratos del suelo estudiado. Para ambos

3b, 3c, 4b y 4c). Este resultado permite suponer que la transformación del amonio a amoníaco fue bastante rápida a pesar de las bajas temperaturas en los momentos de fertilización (Tabla 1). Otros autores han obtenido resultados coincidentes en pasturas (Speir *et al.* 1980; 1985). Altas tasas de hidrólisis de la población de organismos nitrificadores (Lavarro *et al.* 1980; 1991) afectan la dinámica de las formas de nitrógeno en el suelo. La volatilización de los amonios del amonio en el suelo puede ser reducida por la absorción por la pastura, la nitrificación y la inmovilización. Para suelos con poca actividad, esta experiencia Barbieri y colaboradores (1990) determinaron escasas pérdidas por volatilización de amoníaco. Durante los cortos períodos en

Bajo una cubierta vegetal no fertilizada, la disponibilidad de nitrógeno mineral de nitrógeno fue mayor durante la mayor parte del período evaluado. La presencia de cultivos con diferente patrón estacional no afectaron de manera consistente los contenidos de nitrato. Por el contrario, el aumento de nitrato por fertilización aumentó significativamente por un corto período, en los primeros días del suelo, los contenidos de amoníaco en la misma magnitud los de nitrato. Además, se afirma que en condiciones de altas concentraciones tanto de amoníaco como de nitrato disminuyen gradualmente. Por lo tanto, se concluye que las velocidades de la urea y de la oxidación de nitrato son bastante rápidas, a pesar de las bajas temperaturas posteriores a la fertilización.

- iciency of use of N. Nitrogen and grassland. Ed. R. Wilkins. a colloquium held to mark the m the Institute From Grassland oduction of E. Garwood and J. 4-42.
- G. 1988. Study of a tall fescue under nitrogen deficiency eedings of the 12th General European Grassland Federation. . 323-327.
- es R.J.1986. Nitrogen and ctice. *En: Mineral nitrogen in the m. 7:379-442.*
- r CJ, Echeverria HE. 1996. Fer- ia pastura de raigrás perenne y ivel de nitrógeno y frecuencia de . *Prod. Anim.*, 16:253-260.
- . Uptake and assimilation of n by plants. *En: Mineral nitrogen oil system* (Ed. R.J. Haynes). s, London, UK. pp. 303-378.
- Reynolds CM, Wolf DC. 1985 urea hidrolisis in soils. *Soi* 49:104-108.
- Speir TW, Lee R, Pansier EA, comparison of sulphatase u activities in planted and fall *Biochem. 12:281-291.*
- Soil Survey Staff, 1992. Keys Sixth Edition. SCS, USDA P: D.C. 20013 305 pp.
- Vázquez ME, Barberis LA. estacional de la concentraci suelo. *Revista Argentina c Agropecuarias INTA*, 17:13
- Vázquez PM, Costa JL, Cabria Arada profunda II: Efec propiedades físicas y el creci Congreso Argentino de la Cie Carlos Paz, Córdoba. pp 15
- Videla C, Ferrari J, Echeverria 1996. Transformaciones del tivo de trigo. *Ciencia del Su*

and yield under SD were produced by a lower capacity to supply nitrogen, which could not be compensated by a supposed greater soil nitrogen pool in rotation systems.

Maize, Nitrogen nutrition, No-tillage, Crop rotations.

En los últimos años, en las explotaciones agrícolas de la región Pampeana se ha producido un cambio en la superficie dedicada a cultivos de maíz, pasando de la dedicada a la soja a la dedicada a la soja y maíz (Studdert *et al.* 1996). Este cambio se ha producido de un modo más intenso de los suelos de la región, con crecientes indicios de erosión (Studdert y Ferrari 1993). Las prácticas agrícolas para hacer un uso intenso y sostenible de los suelos y disminuir los riesgos de erosión incluyen, entre otras, la labranza de conservación y la utilización de la siembra directa (SD) (Studdert, Echeverría

1997). Esto, sumado a la adopción de cultivos de raíces profundas y al mantenimiento de la estructura física del suelo, mejora las propiedades físicas y químicas alteradas durante la labranza convencional, reduciendo los procesos de erosión y promoviendo la recuperación del suelo (Studdert *et al.* 1997). La cobertura con rastrojo asociada a la SD reduce las pérdidas de suelo y humedad, aumenta la infiltración y reduce la velocidad de los escurrimientos que generalmente se encuentran en la labranza convencional (LC) (Studdert 1993). Sin embargo, la SD pro-

temperaturas relativamente bajas) estable y altamente protegida del Sudeste Bonaerense sería un disturbio marcado en el caso de haber una mineralización insuficiente de los cultivos, con una gran fuente de nitrógeno.

El maíz presenta altos requerimientos de nitrógeno. Tanto el agua como el suelo deben estar bien provistos de nitrógeno para asegurar un desarrollo óptimo al momento de la siembra, tanto alrededor del cual se realiza el cultivo (Andrade *et al.* 1996). La disponibilidad de nitrógeno es un factor generalmente limitante en el Sudeste Bonaerense en los sistemas de cultivo de maíz (Cárcova, 1996). Este cultivo es uno de los que más requiere nitrógeno en la SD, dado que este sistema

de cultivo contrasta con el comportamiento del maíz en otros sistemas de cultivo contrastantes. Por ejemplo, en los suelos de Balcarce, se plantea que i) la mayor limitante en el maíz de secano bajo SD es la disponibilidad de nitrógeno, la que puede ser compensada por el agregado de fertilizante nitrogenado, ii) el tamaño de la fuente de nitrógeno asociado con la presencia de rotación reduce las diferencias entre SD y LC en disponibilidad de nitrógeno para el maíz, y iii) el mayor contenido de nitrógeno en el suelo bajo SD le confiere un mayor margen de repuesta al agregado de nitrógeno, por lo que se puede esperar mayores rendimientos al aplicar altas dosis de nitrógeno. El presente trabajo fue evaluado para evaluar el efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre el desarrollo del maíz y sobre la nutrición nitrogenada.

de barbecho (desde 30/07 hasta el 15/08) y las parcelas bajo SD se controlaron las plagas durante el barbecho (85 días) con aplicación de herbicidas. Se sembró maíz Zenteno 10 con una densidad de 71.400 plantas por hectárea y nitrógeno se aplicó como urea al

inicio del cultivo. Se midió el contenido de nitrógeno de la muestra en el suelo por colorimetría (Spectrophotometer 82) al momento de la siembra y durante el cultivo en profundidad, en capas de 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, y en el estadio de seis hojas. Se midió la temperatura hasta la base del cultivo con termocuplas de platino (PT-100) en dos de las parcelas (PA-LC y TR-LC). La RM se midió a la cosecha con el suelo a capacidad de campo y en el momento de un penetrómetro de cono (cono de base, A.S.A.E. Standard S313) en un punto de cada parcela de anillo. El contenido de agua en el suelo a capacidad de campo fue determinado a la

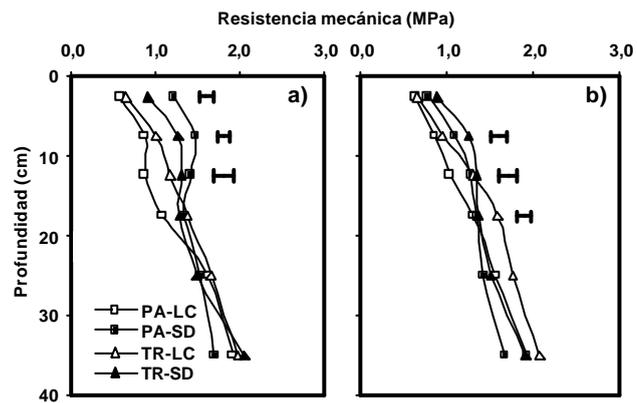
hora de la cosecha. La mínima significativa, sólo cuando la varianza indicó diferencias signifi-

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo del cultivo (octubre a marzo), las precipitaciones fueron de 476 mm, mientras que la media del igual período es de 580 mm. La diferencia, en el período crítico de las precipitaciones fueron iguales a la precipitación histórica y con muy buena distribución (datos no mostrados). No hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las parcelas en el contenido de agua a 100 cm de profundidad al momento de la siembra. Las precipitaciones fueron de 342, 347, 364 y 379 mm por parcela en el cultivo PA-LC, TR-LC, P-LC y P-SD, respectivamente. En dicho momento no estaba a capacidad de campo en este nivel (340 mm, Travassos et al., 2010).

dicaría que bajo SD, podrían  
o efectos perjudiciales para

(datos no mostrados). A parti  
fenológico, la diferencia e



la mecánica a la penetración hasta 40 cm de profundidad medida a la siemb  
cultivo de maíz para cuatro sistemas de cultivo (labranza convencional  
recta sobre pastura (PA-SD), labranza convencional sobre trigo (TR-LC  
SD). Las barras horizontales indican diferencias máximas significativas ( $P < 0.05$ ).

Se presentaron diferencias en MS final entre los sistemas de cultivo, pero si se controla el nitrógeno (datos no mostrados). Se redujo en las parcelas bajo labranza el llenado de granos debido a una menor tasa de fotosíntesis por el menor IS, provocando así la falta de nutrientes durante el ciclo entre cultivos (datos no mostrados), se al desfasaje fenológico de las labranzas empleadas. Esto se reflejó también en la radiación solar por el cultivo (datos no mostrados). El porcentaje de intercepción de la radiación por el aumento de la dosis de labranza, aunque con ninguna de las dosis, se presentaron valores de 95% de intercepción a partir del cual se produce el crecimiento del maíz (Andrade

LC (46,0 kg N ha<sup>-1</sup>) estuvieron los encontrados bajo SD (34,0 kg N ha<sup>-1</sup>). En vez, los valores encontrados en la pastura (51,0 y 35,7 kg N ha<sup>-1</sup> respectivamente) fueron más altos que los encontrados bajo el antecesor (34,0 kg N ha<sup>-1</sup> para LC y SD, respectivamente). Esto podría considerarse como un indicador de diferente capacidad de mineralización de nitrógeno del suelo bajo los diferentes sistemas de cultivo (Sainz Rozas *et al.* 2000). En el sistema de labranza, el antecesor produjo una mayor cantidad de nitrógeno mineral en el suelo debido, posiblemente a la mineralización asociada con el nitrógeno orgánico de mayor cantidad (Echeverría 2000).

En los testigos, los máximos valores de ISN, fueron alcanzados bajo las situaciones bajo SD

(F)	120	-	64.3	7.7
	180	-	81.1	7.7
<b>DMS 0.05 (SC)</b>		-	6.40	
<b>DMS 0.05 (F)</b>		-	9.06	
<b>DMS 0.05 (SCxF)</b>		<b>8.82/8.13*</b>	NS	
<b>CV %</b>		13.98	17.85	

\* El primer valor se aplica a comparaciones entre dosis de nitrógeno dentro de cada sistema de cultivo; el segundo valor se aplica a las comparaciones entre sistemas de cultivo para cada dosis y para las comparaciones entre combinaciones de sistema de cultivo y dosis. ES: error estándar

mayor mineralización de  
ndientemente de la historia  
entar la dosis de fertilizante  
se elevaron, y las diferencias  
cultivo fueron menores. Se  
utriente es deficiente cuando  
ta un valor inferior a 95%  
)7; Sainz Rozas, Echeverría  
ores sólo fueron alcanzados  
tos con dosis de nitrógeno  
res a 120 kg N ha<sup>-1</sup> en todos

los momentos de medición.

En cuanto a NT, se obt  
menores ( $P<0,05$ ) bajo SD qu  
todo el ciclo del cultivo y no  
entre las historias agrícola:  
sistema de labranza (datos n  
otro lado, la cantidad de nit  
fue proporcional a la dos  
aplicada, correspondiendo  
( $P<0,05$ ) al testigo en todo  
Dentro de los testigos, el tr

lage after wheat (TR-SD)) as a nitrogen rate at V12-V15 (a), R1 y R6 (d). Vertical bars indicate t difference ( $P < 0,05$ ) (1 is for among nitrogen rates for each m, and 2 is for comparisons ng system and nitrogen rate

miento TR-SD, difiriendo de  $0,05$ ) (Figura 4). Al aumentar genio las diferencias entre o desaparecieron (Figura 4). gura 5 se presenta la le nitrógeno en planta en ría seca aérea acumulada por z en los estadíos V12-V15 y se comparan con la curva de a por Greenwood *et al.* (1990), concentración de nitrógeno mitiría la mavor tasa de

letters within nitrogen rate : difference ( $P < 0,05$ ). Vert standard error.

cultivo bajo LC (Figuras 5a mejor provistos de nitrógeno SD (Figuras 5c y 5d). Con a bajo LC, todas las dosis de ni valores adecuados o concentración de nitrógeno e los tratamientos TR-LC, sólo 60N en el estadío R1 estuvieron nivel crítico, aunque muy c otro lado, en los sistemas de con las dosis 0N y 60N, el menor provisión de nitrógen concentración de nitrógen fueron menores que los enco permaneciendo por debajo de el sistema de cultivo PA-SD los dos momentos evaluad

mayor pool de nitrógeno mineralizable que se esperaría bajo pastura, no se expresó inicialmente como para reducir las SD y LC. La diferencia (P<0,05) entre sistemas de labranza y adición de nitrógeno en el cultivo bajo SD presentaron rendimientos que en aquéllos bajo LC de cada sistema de labranza, el cultivo bajo PA presentaron rendimientos que aquéllos bajo LC presentaron la mayor capacidad de nitrógeno en suelos. Sin embargo, aún en estas condiciones produjeron deficiencias de SD. Con el agregado de nitrógeno los rendimientos aumentaron y a

menor provisión para el cultivo (1986), razón por la cual se obtuvieron mayores respuestas al agregado de nitrógeno. Las respuestas a 180N (1200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno) fueron superiores a 2250 kg ha<sup>-1</sup> para los tratamientos TR-SD y TR-LC, respectivamente. El cultivo bajo SD produjo una respuesta en el TR-LC (1200 kg ha<sup>-1</sup>). Bajo estas condiciones de respuesta, lo que indica que el nitrógeno mineralizado en el testigo había sido suficiente para satisfacer los requerimientos. Con 180N, en los tratamientos TR-SD y TR-LC se produjo una disminución de rendimiento no significativa (P<0,05), respectivamente. La disminución de rendimiento en el TR-SD 180N no concuerda con lo que el resto de las variables

bars indicate least significant differences ( $P < 0.05$ ) (1 is for comparisons among treatments within each cropping system, and 2 is for comparisons among cropping system and combinations).

*et al.* 1996). Comparando el tratamiento con el resto de los tratamientos, no parecería ser ese el caso, ya que los tratamientos tuvieron un comportamiento similar con respecto a las variables de nutrición y los demás sistemas de cultivo no mostraron caídas significativas de

o las historias agrícolas, el sistema tuvo mayor potencial de rendimiento, debido a que durante el ciclo de cultivo (3 años) se eleva el contenido de nitrógeno del suelo, y con esto, su

nitrógeno del suelo en V6, I y III, y de nitrógeno en planta, y en las parcelas testigo, pusieron en evidencia menor provisión de nitrógeno independientemente de la historia agrícola consecuyente diferencia en la provisión de fuente de nitrógeno en el suelo. En la historia de pastura se manifestó cuando se compararon las historias agrícolas dentro de la historia de labranza, pero la provisión de nitrógeno mineralización bajo SD no por el tamaño del pool de nitrógeno en la historia de pastura se manifestara a través de la provisión nitrogenada del maíz al comparado con aquel bajo LC. Tanto los efectos de la historia de labranza como de la historia agrícola en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, el agregado de fertilizante nitrogenado y los resultados confirman que, en las parcelas de Balcarce, en condiciones

ra directa de trigo en el Sudeste  
sión Rural 11:33-38.

u. 1986. Nitrogen utilization with  
prague MA, Triplett GB (eds.),  
surface-tillage agriculture. The  
n. John Wiley y Sons, New York,  
UU. p 117-148.

GP. 1993. The effects of tillage  
op sequences on soil bulk den-  
ation resistance on clay soil in  
chewan. Can. J. Soil Sci. 73:223-

emaire G, Gosse G, Cruz P,  
eteson JJ. 1990. Decline in per-  
3 and C4 crops with increasing  
nals of Botany. 66:425-436.

1 DW. 1982. Nitrogen inorganic  
e AL *et al.* (Ed.), Methods of soil  
2 Agron. Monog 9 ASA and

INTA, Facultad de Ciencias .  
Advanta Semillas SAIC. p.

Studdert GA, Echeverría HE, Ca  
Crop-pasture rotation for s  
ity and productivity of a Ty  
Sci. Soc. Am. J. 61:1466-14

Travasso, MI, Suero EE. 1994  
capacidad de almacenaje de  
sudeste bonaerense. Bolet  
Estación Experimental Agr  
INTA.

Varvel GE, Schepers JS, Franci  
for in-season correction of  
in corn using chlorophyll m  
Am. J. 61:1233-1239.

Whiteley GM, Utomo WH, D  
comparison of penetromete  
pressures exerted by roots.  
364.

Maize, Conventional tillage, No-tillage, Nitrogen recovery efficiency.

En los últimos años se ha producido un aumento de la superficie dedicada a la agricultura en Argentina, consecuencia de los altos precios de los productos agrícolas respecto a los ganaderos. Este aumento de la superficie agrícola junto con el uso más intenso del recurso hídrico y los sistemas de labranza más intensivos denominados de tipo convencional (LC) que dejan sin rastro de protección superficial del suelo, pueden presentar problemas de erosión y disminuir sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Estas condiciones se reflejan en un menor aprovechamiento del

recurso hídrico. En el período, se ha producido un aumento de la superficie agrícola destinada a la agricultura debido a la introducción de cultivos de ciclo corto o intermedios mejor adaptados a las favorables condiciones climáticas de dicho cultivo. Por lo tanto, en el partido de Balcarce, la combinación de un invierno suave y lluvioso y lluvias de primavera, el aumento en el área de cultivo de maíz, la producción de cultivos de verano y la utilización conjunta con la utilización de sistemas de labranza convencionales (LC) que dejan sin rastro en superficies con condiciones predisponentes a la erosión hídrica (Studdert, Echeverría, 2005). En este contexto, la utilización de sistemas conservacionistas como la siembra

el suelo, y en consecuencia, las dosis subóptimas de estos de maíz bajo SD muestran una acumulación de nitrógeno y un menor rendimiento en grano respecto a aquellos cultivados en SD (Ritchie *et al.* 1985).

Por otra parte, la aplicación de un cultivo de seis hojas (V6) (Ritchie *et al.* 1985) en cultivos de maíz bajo SD, reduce la acumulación de nitrógeno en grano respecto de la aplicación de V6 al momento de la siembra (Sainz Rozas *et al.* 1999). Este efecto puede ser atribuido a la menor pérdida de nitrógeno por volatilización y lavado de nitratos, ya que con el cultivo de V6 se produce un aumento en la evapotranspiración, lo que resulta en una disminución de la intensidad de las pérdidas (Aulack *et al.* 1992,

## **MATERIALES Y METODOS**

Durante las campañas 1997 y 1998 se realizó un experimento experimental Agropecuario INTA (37° 45' S, 58° 18' W, 130 m s.n.m.). El diseño experimental fue en parcelas con tres repeticiones en bloques completos al azar en el cual el sistema de labranza fue asignado a la parcela principal y las parcelas subparcelas, las cuales fueron de ancho por 12 m de largo). El cultivo fue el Dekka sembrado el 20 y 23 de Octubre 1997, respectivamente. La densidad fue de 79.000 y 74.300 en 1997 y 1998, respectivamente.

El suelo de este experimento es un complejo formado por un Argi Paleudol Petrocálcico el cual presenta una textura superficial (0-20 cm) de textura arcillosa de materia orgánica. Este suelo tie

... años, el nitrógeno en la biomasa  
 (I) se determinó en madurez  
 profundidades de 0 a 5 y 5 a 20 cm  
 obtenidos en las distintas  
 on corregidos por la densidad  
 ) y sumados para finalmente

tamiz de 1 mm de malla. El nitr  
 determinado en cada fecha de m  
 método (sin ácido salicilico) re  
 y Sommers (1973). El nitrógeno  
 fecha de muestreo fue calculad  
 de la concentración de nitrógeno

ones y riegos, medias mensuales de temperatura y radiación incidente e  
 )6/97 y 1997/98.

d irrigation, and temperature and incident radiation monthly means for 19  
 s.

Mes	1996/97				1997/98		
	P <sup>†</sup>	R <sup>‡</sup>	T <sup>§</sup>	RI <sup>¶</sup>	P <sup>†</sup>	R <sup>‡</sup>	T <sup>§</sup>
	--- mm ---		°C	MJ m <sup>-2</sup>	--- mm ---		°C
ore (siembra)	176		14,2	18,6	88		13,2
embre	89		17,0	22,0	109		15,7
mbre	116		19,0	22,9	86	15	17,1
) (floración)	100	130	22,3	24,4	124	45	19,7
ero	119		18,6	22,0	49	40	18,2
...	55		18,8	18,5	81		18,1

la cilindro para la determinación  
o lleno con agua (PLA) y la

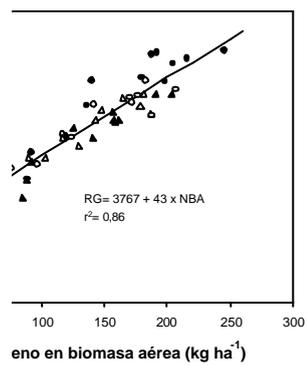
ses de febrero y marzo, podr  
ligeramente el rendimiento c

to del cultivo de maíz irrigado en 1996/97 y 1997/98 en función de distinta  
labranza.

l of irrigated maize in 1996/97 and 1997/98 growing seasons as a function of  
systems.

trógeno	Rendimiento en grano		
	1996/97		1997/9
	Sistema de labranza		Sistema de la
	SD <sup>†</sup>	LC <sup>†</sup>	SD <sup>†</sup>
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----		
	6710	8868	6374
	8980	11222	8308
	9783	13036	9762
	11094	13143	11629
variación	Análisis de la varianza		
	1996/97		1997/9
	-----P > F-----		

C fue debido a la mayor  
nitrógeno, ya que se observó



entre el rendimiento en grano (RG)  
acumulado en biomasa aérea  
urez fisiológica. SD= siembra  
vezes convencional.

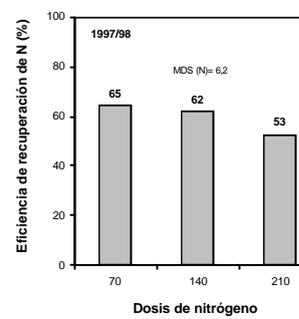


Figura 2. Eficiencia de recuper  
desde el fertilizante en func  
nitrógeno y el sistema d  
estaciones de crecimiento 1  
SD= siembra directa;  
convencional. MDS (N)=  
significativa al 5% de pro  
comparación de las dosis de  
Figure 2. Nitrogen recovery effi  
izes as affected by nitrogen

recimiento e incrementa la  
nitrógeno y la demanda de

olicaciones de nitrógeno  
nento de la siembra, se han  
s pérdidas por lixiviación de  
trificación y una mayor  
de nitrógeno en formas  
elos bajo SD, respecto de  
(Thomas *et al.* 1973, Linn y  
*et al.* 1984). Sin embargo, los  
experimento muestran que  
s de nitrógeno para el cultivo  
o el mismo fue aplicado al  
dado que la fracción del  
rtilizante recuperada en la  
e similar en ambos sistemas  
ura 2). En el mismo sentido,  
95) informaron que la ERN en  
le cultivos de maíz bajo SD y

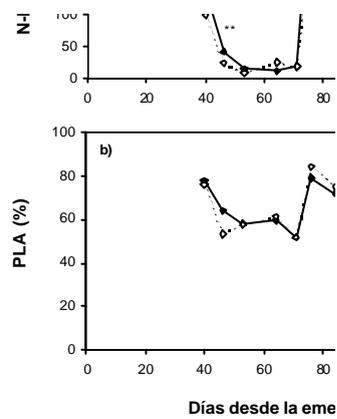
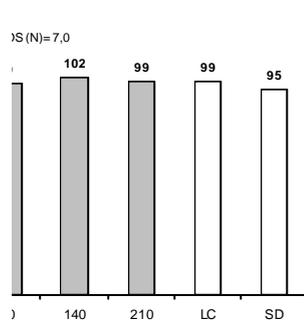


Figura 3. Pérdida de nitrógeno  
(a) y evolución del porcent  
con agua (PLA) (b) en la esta  
1997/98. Los asteriscos in  
significativas entre sistemas  
de probabilidad según el tes  
Figure 3. Denitrification N loss  
of water-filled pores



o de nitrógeno en la biomasa (NBM) del suelo en madurez. Efecto de la dosis de nitrógeno y labranza, en las estaciones de 1996/97 y 1997/98. SD= siembra convencional. MDS (N)= diferencia significativa al 5% de la comparación de niveles de

bial biomass nitrogen (NBM) at maturity at 1996/97 and 1997/

atribuyendo dicho comportamiento al contenido de agua del suelo en ambos años, la adición de nitrógeno al contenido del mismo suelo y la actividad microbiana, y las diferencias observadas principalmente entre el testigo y los fertilizados, ya que se observaron diferencias en el contenido de nitrógeno (Figura 4). La diferencia entre el tratamiento control y el fertilizado fue de 13 kg de N por hectárea en ambas estaciones de crecimiento, ligeramente inferiores (18 y 20 kg de N) los reportados por Jokela y R

La similitud de los valores de nitrógeno inmovilizado y pérdidas del mismo por desnitrificación y LC, contribuyen a explicar la observada en ambos sistemas. No obstante, la tendencia a una n

test de t dado que no había n nitrógeno. \*\*, \*= diferencias probabilidad, respectivamente. of accumulated nitrogen in aerial illage (SD) and conventional till- (average nitrogen rates), during )7/98 growing seasons. The com- age (32 and 34 days after emer- le using t test because there were with nitrogen. \*\*, \*= indicate and 10% of probability, respec-

habría sido importante (Sainz ), ya que como se mencionó, ERN no fue de gran magnitud mas de labranza. mulación de nitrógeno en la jo LC fue mayor que en SD, is significativas en V6 y en

ceage, y nitrógeno en la estación de crecimiento I Los asteriscos indican difere al 5% de probabilidad de ac Figure 6. Soil mineral nitrogen up at the beginning (Ninorg i (Ninorg fin) of growing seas (SD) and conventional tillage accumulated nitrogen in aer trol treatment; N min= mi during the 1996/97 and 199 sons. Asterisks indicate sign age system to 5% of probab test.

mencionó la ERN desde el fer lar bajo ambos sistemas de la dichas diferencias a favor d debidas a una mayor dis nitrógeno mineral al moment una mayor mineralización de la estación de crecimient

## **NOTOS**

Este trabajo fue financiado por los fondos 708-00000-00089 de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica, Proyecto 15/A107 de la FCA y los cursos de la EEA INTA de

Montevideo. J. 1995. Sequía y producción de maíz, girasol y soja. Estación Agropecuaria INTA Balcarce. P. 132.

Ward, P., Mosier AR. 1992. Soil denitrification, measurement, and estimation. *Adv. in Soil Sci.* 18: 2-42.  
Kirkland, RD, Olson RA. 1979. Uptake, and utilization of <sup>15</sup>N-depleted nitrogen in tilled corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*

1995. Nitrogenase inhibitor effects on nitrogen fixation in no-till corn. *J. Prod. Agron.* 8: 10-14.  
Jemison JM, Jabro JD, Fox RF. 1995. Simulation of LEACHM: II. Simulation of nitrogen dynamics from nitrogen-fertilized and no-till corn. *Agron. J.* 86: 852-859.

Jokela WE, Randall GW. 1997. Soil nitrogen as affected by time of planting and tillage on corn. *Soil Soc. Am. J.* 61: 103-110.

Keller GD, Mengel DB. 1986. A simulation of nitrogen fertilizer use in no-till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 103-110.  
Kitur BK, Smith MS, Blevins R. 1995. Fate of <sup>15</sup>N-depleted ammonium in no-tillage and conventional tillage corn. *Agron. J.* 76: 240-242.

Linn DM, Doran JW. 1984. Effect of tillage on carbon dioxide production in tilled and no till corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1267-1272.

Marelli HJ. 1995. La siembra directa. P. 47-56 Puignau (ed.) *Manejo del suelo y agua*

tion in soil. Soil. Biol. Bioecl

It is concluded that, when there is no water deficit during grain filling, flag leaf nitrogen is a good indication of the likelihood of wheat grain protein content at heading.

Wheat grain protein, Topdressed nitrogen, Greenness index, Flag leaf nitrogen

En la última década se difundieron prácticas económicas tendientes a mejorar los rendimientos de los cultivos en la región Pampeana. Entre ellas se destaca la de la fertilización nitrogenada del trigo (*Triticum aestivum* L.) a fin de mejorar los rendimientos de granos. Para lograr un uso racional de los fertilizantes nitrogenados, se calibraron los rendimientos de requerimiento de nitrógeno (Gonzalez Montaner et al. 1994; Gonzalez Montaner et al. 2000). Se recomienda la aplicación de nitrógeno a la siembra como al momento de la siembra y a la siembra, para mejorar la eficiencia de uso

de nitrógeno y obtener ganancias positivas en el rendimiento de grano (Paulsen 1985), mientras que una aplicación excesiva mejora el rendimiento (Sarandón, Gianibelli 1990).

A fin de revertir la pérdida de la producción triguera en Argentina, en 1995 se incluyó al contenido de proteína en los estándares de comercialización. El precio del mismo se incrementó en un 2%, por cada unidad de proteína encima o debajo, respectivamente. En diferentes ambientes de cultivo que el contenido proteico del trigo incrementa con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, se

de ser implementada en la  
valor de clorofila Minolta SPAD  
una alternativa, al posibilitar la  
simplificada y sencilla de un índice de  
que se relaciona con el contenido  
de nitrógeno (Sainz *et al.* 1997) y de nitrógeno  
total (Horino 1994). De esta  
manera, la determinación no destructiva  
permite determinar el estado nitrogenado  
de la planta (Lemmon, Little 1996; Sainz  
*et al.* 1998). Se hipotetiza que, en  
presencia de agua, el medidor  
permite valorar el contenido de  
nitrógeno en la hoja bandera del trigo, permite  
determinar el contenido de proteína del grano y  
es un indicador del eventual incre-  
mento del contenido de proteínas por  
un mayor contenido de nitrógeno en floración. Por lo  
tanto, como objetivos establecer:

tres niveles de fertilización nitró-  
genica (0, 20 y 40 kg ha<sup>-1</sup>). La fertiliza-  
ción se realizó el 8 de noviembre (uno o  
dos días antes de la emergencia de las espigas, cód  
(Zadoks *et al.* 1974). En el Exp  
de julio, se evaluaron dos sis-  
temas de siembra [convencional (LC) y siembra  
directa] en parcela principal, dos dosis de nitró-  
geno (0 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) en las sub-parce-  
las, y tres dosis de nitrógeno (0, 20 y 40 kg ha<sup>-1</sup>) apl  
cadas (5 de noviembre, Zadoks 59) en la  
parcela principal. En todos los casos, la fuente de  
nitrógeno fue urea (46-0-0) que se aplicó al voleo  
antes de la siembra, y al voleo a  
posteriori inmediatamente incorporada con  
un riego de 10-15 mm.

El 8 de noviembre de  
1996 (Exp. 2), uno o dos días antes de la emergencia de las espigas (cód  
59), en la subparcela se determinó el IV de  
nitrógeno (en floración), con el medidor de  
clorofila SPAD 502. Para ello se promedi-  
aron 20 láminas, aproximadamente

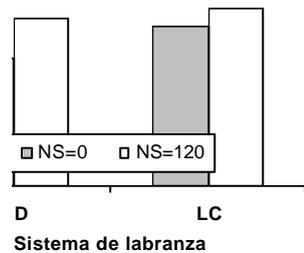
genio a la siembra fueron la                      incrementaron el contenido c

varianza del indice de verdor (IV) de la hoja bandera en floración y en lle  
1 y el Experimento 2 .

variance of greenness index (IV) of flag leaf at heading and milk stage fo

<b>fuente de variación</b>	<b>IV en floración</b>		<b>IV en llenado</b>	
	Grados de libertad	Nivel de probabilidad	Grados de libertad	Nive probal
<b>Experimento 1</b>				
varianza previo (CP)	2	0,010	2	0,0
siembra (NS)	1	0,035	1	0,0
NS	2	<b>0,029</b>	2	<b>0,0</b>
siembra x floración (NE)	–	–	2	<b>0,0</b>
NS	–	–	4	0,2
NS	–	–	2	0,1
NS x NE	–	–	4	0,9
V. (%)		7,8		5
<b>Experimento 2</b>				
siembra (L)	1	0,066	1	0,0
siembra (NS)	1	0,004	1	0,0
NS	1	<b>0,049</b>	1	0,3
siembra x floración (NE)	–	–	2	0,0

**Experimento 2**



Verdeor (IV) de la hoja bandera en los 59) en función de: la secuencia del Experimento 1 y de sistema de labranza. Experimento 2, para dos dosis (0 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) de nitrógeno aplicado a la siembra. M= maíz, G= girasol, T= trigo, SD= siembra directa, LC= convencional. Duncan (P=0,05) 3,65. Greenness index (IV) at heading as a function of crop sequence (Experiment 2) for

a la siembra, SST se asoció con los valores de IV en dicha hoja (Figura 2). Sin fertilización a la siembra, los valores de IV fueron de 34,3, 40,8 y 44,4 unidades SPAD para MMT, los testigos tuvieron 35,0 unidades SPAD. Con 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno agregado a la siembra (5,0 unidades SPAD), los valores de IV fueron de 44,8, 45,0 y 44,4 unidades SPAD para MMT, los testigos tuvieron 35,0 unidades SPAD. En llenado del trigo, con girasol (GGT), se ubicaron en una posición similar (Figura 2).

En el Exp. 2, se detectó una diferencia significativa (P<0,05) entre ambos momentos de muestreo sobre el IV en la hoja bandera. Sin fertilización a la siembra, los valores de IV fueron de 34,3, 40,8 y 44,4 unidades SPAD para MMT, los testigos tuvieron 35,0 unidades SPAD. Con 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno agregado a la siembra, los valores de IV fueron de 44,8, 45,0 y 44,4 unidades SPAD para MMT, los testigos tuvieron 35,0 unidades SPAD.

la hoja bandera en el período  
o. En el Exp. 1, sin el agregado  
la siembra, los cultivos  
a (SST) y maíz (MMT)  
tivamente, la mayor y menor  
nitrógeno de dicha hoja (38,2  
rógeno, respectivamente), y,  
r y mayor incremento por la  
ración (3,0 y 4,2 g kg<sup>-1</sup> de  
tivamente). En el Exp. 2, el  
el agregado de nitrógeno a  
presentó las menores  
de nitrógeno de la hoja  
kg<sup>-1</sup> de nitrógeno) y los  
tos de dicha variable, cuando  
0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en  
N kg<sup>-1</sup>). Un comportamiento  
en el sistema de LC, pero a  
mente superiores de  
nitrógeno en hoja bandera

presenta en la Figura 3. Se  
elevados ajustes, tanto para  
tipo lineal como para una cua  
r<sup>2</sup>=0,90, respectivamente).  
(*Festuca arundinacea* Schre  
(1999) determinaron que el IV  
que aumenta el nitrógeno  
valores en que las lecturas c  
No obstante, probablemente  
cantidades de nitrógeno aj  
trabajo respecto al de aquell  
observó una mejora sig  
coeficiente de determina  
ajustaron los resultados a una  
cuadrática. Independientem  
ecuación de ajuste, la relació  
ables fue estrecha y lo halla  
los resultados obtenidos en  
investigadores (Matsunaka  
*et al.* 2000).

demonstró cumplir un rol determinante en la determinación del contenido de nitrógeno en los granos (Martín del Molino *et al.* 1995). Estos resultados sugieren que, bajo condiciones de adecuado riego y fertilización durante el período de llenado de los granos en una determinada variedad, el contenido de nitrógeno en la hoja bandera en llenado puede ser utilizado para hacer estimaciones del contenido de nitrógeno en los granos a cosecha. La rapidez y precisión de la lectura no destructiva de la hoja bandera por el índice SPAD-IV en la hoja bandera del cultivo de trigo se presentan como aspectos relevantes para considerar al momento de evaluar el contenido de proteínas en los granos de trigo. El uso de un adecuado abastecimiento de nitrógeno y aplicaciones de urea en floración pueden ser estrategias rápidamente hidrolizadas y utilizadas por el cultivo, puesto que a los 15 días después de la cosecha (Zadoks 73) se determinaron

los niveles de nitrógeno en la última variable determinada. Además, también se asoció inversamente el contenido de nitrógeno en la hoja bandera en llenado de los granos a consecuencia de aplicaciones de nitrógeno en floración (Figura 5).

Un comportamiento interesante al relacionar el incremento del contenido de proteína de los granos de trigo con el índice SPAD-IV en la hoja bandera en floración. Cuando las lecturas del SPAD-IV fueron inferiores a 35 unidades SPAD, aplicaciones de 20 y 40 kg ha<sup>-1</sup>, produjeron incrementos de contenido de proteína del grano de 1,2 y 2,2 puntos porcentuales, respectivamente. Por el contrario, cuando se registraron incrementos de contenido de proteínas de 0,5 y 1,0 puntos porcentuales, cuando las lecturas del SPAD-IV fueron superiores a 35 unidades SPAD. Las relaciones

esis, en condiciones de estrés hídrico en el período de s, el IV sería un estimador de nutrición nitrogenada del e determinó que las lecturas andera durante el período de os, permitieron efectuar anticipadas del contenido ranos. Además, las lecturas andera en floración (15 a 20 do de llenado) constituyen r del contenido de proteínas o en respuesta a aplicaciones o de floración del mismo. cturas del IV en hoja bandera zados del cultivo de trigo, amientas promisorias a fin de l de los granos de trigo.

Aspectos generales de fertiliza-

caudal. Informaciones Agri-  
Sur 7:13-16.

- Di Salvo M, Lattanzi F, Ech  
Relación entre el índice  
concentración de nitrógen  
*arundinacea* Schreb. Rev.  
19:291-299.
- Donohue SJ, De Brann. 1984. V  
coastal plain region of Virgi  
Sci. Plant Ann. 15:651-661.
- Echeverría HE, Navarro CA, A  
Nitrogen nutrition of wheat  
crops. J. Agric. Sci. Camb. 1  
Echeverría HE, Studdert GA. 19  
nitrógeno en la hoja bande  
predictivo del incremento de  
por aplicaciones de nitrógen  
Fac. Agron., La Plata 103:2  
Falotico JL, Studdert GA, Ech  
Nutrición nitrogenada del tri  
recta y labranza convencional  
17:9-20.
- Finnan JM, Burke JL, Jones M

n GM. 1985. Development of  
eat after anthesis as affected by  
pp Sci. 25:1007-1010.  
iers LE. 1973. Determination of

Zadoks JC, Chang TT, Konzak  
mal code for growth stages of  
14:415-421.

vamente grandes ( $>1 \times 10^{-3}$  kg) van el empuje que reciben los previamente recubiertos con impermeable (cera, parafina, etc.) en un líquido de densidad conocida (Blake, Loveday 1974; Blake, 1974). Una técnica engorrosa es la de una técnica engorrosa. Un segundo grupo de métodos se basa en la saturación de la muestra con un líquido de densidad conocida, y en la medida del empuje de la muestra saturada por el mismo líquido (McIntyre, 1950). El inconveniente de este método es que el agregado sale flotando en el líquido utilizado y debe ser succionado a una succión para retirarlo de la superficie. Existe otra técnica (McIntyre, 1950), apropiada para la medida del volumen aparente de

en queroseno o cualquier otro líquido. El problema de definir cuál es el volumen exterior y el interior de un agregado poroso resuelto y las diferencias entre ellos son importantes cuando se estudian agregados pequeños. El objetivo del trabajo fue evaluar un método que puede evitar este inconveniente en la determinación del volumen aparente de un material poroso y, consecuentemente, de su densidad aparente, mediante el empuje (principio de Arquímedes) en líquidos no miscibles.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Consideraciones teóricas**

El fundamento del método se basa en estudiar el balance de fuerzas que actúan sobre un objeto poroso sumergido en dos líquidos diferentes.

$$\frac{m}{g(r_2 - r_1)} \quad (5)$$

idad aparente será:

$$\frac{m}{V} \quad (6)$$

a seca del objeto poroso.

**Principio del método**

basado en la medida del volumen por desplazamiento de líquidos de densidades diferentes, sería, (Sadovsky,

$$\frac{d(\delta F) + [\partial V / \partial(\rho_2 - \rho_1)] d(\rho_2 - \rho_1)}{d(\delta F) + [\partial F / (\rho_2 - \rho_1)^2 g] d(\rho_2 - \rho_1)} \quad (7)$$

relacionado a la estimación de la densidad aparente sería:

$$\rho_{ap} + [\partial \rho_{ap} / \partial V_{ap}] dV_{ap} = [1 / V_{ap}] dm_s + \quad (8)$$

**Procedimiento experimental**

En el recipiente se colocan dos líquidos para formar un sistema de dos fases, uno de ellos más denso que el otro.

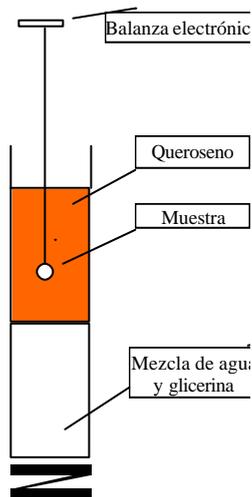


Figura 1. Dispositivo para la medición de la densidad aparente de una muestra porosa.

peratura aproximada de 70 °C, na capa sellante. Los agregados, os, se suspendieron de la balanza tivamente, en aire ( $W_{CMA}$ ) y ( $W_{CMW}$ ).

to poroso obtenido por el método uló usando la siguiente ecuación:

$$\frac{W}{r_{PA}} = \frac{W_{CMA} - W_M}{r_{PA}} \quad (9)$$

sidad de la parafina ( $\rho_{pa} = 0,910$  a densidad del agua ( $\rho_w = 1$  Mg

## DISCUSION

Figura 2 se puede ver el global de los valores de  $\rho_{ap}$ , obtenidos con los rimiento con parafina y con de empuje en dos líquidos, trabajo. La recta que indica tra medidas fue incorporada

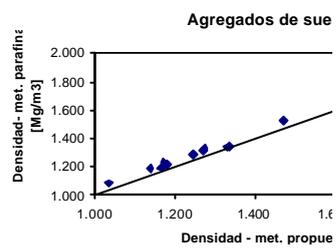
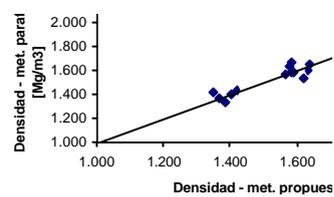


Figura 2. Densidad aparente de agregados de suelo (a) y agregados de suelo (b) método de recubrimiento con parafina y método de empuje en agua.

$$V_{ap} \approx dV_{ap} \approx 3,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0,034 \\ \approx 0,029 \text{ Mg m}^3. \text{ Estos valores}$$

Sadosky M, Guber R. 1964. *Elc*  
*Diferencial e Integral*. Edito  
163.

cinco genotipos. Cepas con  
ológicas completamente dis-  
ecer morfológicamente idén-  
cia intrínseca a antibióticos  
odo tradicionalmente usado  
ión de cepas de rizobios. Sin  
empre posible asumir que se  
r por RIA cepas diferentes  
. El uso de "primers" arbitra-  
polimorfismos de ADN am-  
(RAPD), que puedan ser uti-  
ella digital" (Williams *et al.*  
as técnicas modernas utiliza-  
ficación de aislamientos  
lo en las diferencias de los  
la técnica de RAPD permite  
mología de cepas a nivel  
on *et al.* 1992, Dooley *et al.*

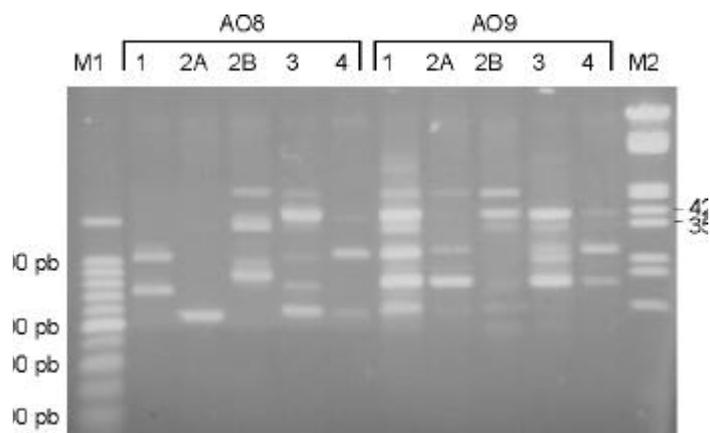
me como hipótesis de traba-  
vas nativas de rizobios cana-

La implantación de las  
zó en el Campo Experimenta  
(C.E.R.- Leales) del Centro Regi  
tiago del Estero del INTA, local  
Deprimida Salina de Tucumán,  
Argiustol Típico (Zuccardi, Fad  
predio se sembraron, sin inoc  
*scabra* cv. Seca; *Desmanthus* v  
*Chamaecrista rotundifolia* (  
*Macroptilium atropurpureum* c  
por estar recomendados para  
agroclimáticas de la zona del en:  
capacidad productora de semi  
1995).

A partir de diez plant  
de cada especie forrajera, se rec  
de ocho nódulos por planta a pa  
realizaron los aislamientos ba  
1970). La capacidad nodulante  
se determinó inoculando los mis  
las respectivas especies que fuer  
cularon 5 plántulas, crecidas asé

ciclo de 3 min. a 94° C, 45 ciclos  
 min. a 35° C, 2 min. a 72° C, un

rizobios de crecimiento rápido  
 sos aislamientos bacterian



resis de ADN amplificado por RAPD con los "primers" AO8 y AO9 (E  
 so molecular (Ladder 100 bp, Promega). 1: cepa aislada de *Chamaecrista*  
 B: cepas aisladas de *Stylosanthes scabra* cv. Scaev; 2: cepa aislada de *Duca*

, y considerando que el índice de Dice) confiere mayor claridad de bandas, sin tomar en cuenta, el fenograma configuracional genética existente entre los clones mostrados).  
Se puede observar que cuatro leguminosas nativas en Tucumán nodulan con rizobios nativos; que los clones en el grupo de crecimiento epigeo analizadas son diferentes. Si bien la región del ADN analizada por RAPD no es necesariamente determinante de la resistencia a

la nitrificación. San Francisco. W. H. Freeman & Co.  
Vincent JM. 1970. A manual for the isolation and identification of root nodule bacteria. IBI, Oxford – Blackwell Scientific Publications, 300 pp.  
Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R. 1990. A rapid determination of 100 as a medium for simple PCR-based typing from *Agrobacterium*. *BioTechniques*. 10: 506-512.  
Williams JGK, Kubelik AR, Livne E, Olsson KA, Tingey SV. 1990. DNA profiles of plants and animals identified by arbitrary primers and random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Nucl. Acids Res.* 18: 2213-2218.  
Zuccardi R, Fadda G. 1985. *Bosque de la Provincia de Tucumán*. F.A.Z.-U.N.T. 63 pp.

100 en asociación nódular  
tener en dicho fenómeno.  
(1997). Determinaciones  
de los de cinco partidos del  
a de Bs As, demostraron que  
los principales responsables  
de los nódulos de NMP de *R. meliloti*  
Por otra parte, Del Papa *et al.*  
realizaron aislamientos de *S.*  
de suelos con valores de  
en este trabajo tuvo por  
objetivo caracterizar en  
suelos cultivados con  
nódulos de las poblaciones de *S.*  
en superficie y en profundidad ii)  
la magnitud de la relación entre el  
tamaño de las poblaciones  
) caracterizar aislamientos de  
nódulos que no fueron  
aislados de nódulos  
no efectivos y establecer la  
similitudes con los patrones de  
frecuencia recomendadas para

zona con tosca. Las muestras se  
tomaron desde el horizonte superficial y  
siempre que se determinara la presencia  
de nódulos. Se determinó, pH en agua (1:2,5  
fósforo disponible (Bray 1) y fu  
de las poblaciones de *S. meliloti* con la  
Método Más Probable (NMP) por inf  
modificada por Brockwell (1980).  
Se realizaron 5 diluciones con 4 tubos  
de dilución. Los tubos se colocaron  
en cultivo con luz artificial a 21°C.  
El NMP de bacterias presentes  
fue estimado utilizando la tabla  
de Brockwell (1980). De estos sist  
emas se aisló y purificó *S. meliloti*  
por método efectivo (color rojizo y ma  
nifestación de nódulos). Los que no  
se consideraron, podrían contribuir  
a la fijación de  $N_2$ . La superficie de los nódulos  
se desinfectó con hipoclorito de sodio  
70° durante 1 minuto, hipoclorito de  
sodio 10 minutos y 7 lavados con agua  
destilada. Los aislamientos se obtuvieron en el  
medio de levadura-manitol-rojo  
posteriormente verificados en el

0-20	1,0	10,0	6,5	217
21-40	1,6	10,5	6,5	4504
41-60	1,0	9,7	7,1	1453
61-80	0,7	32,6	7,4	87
81-100	0,4	141,2	7,8	56056
0-20	5,9	10,7	6,8	30
21-40	1,4	13,1	7,1	3169
41-60	0,6	10,2	7,4	1453
61-80	0,6	9,5	7,6	8393
81-90	0,4	52,5	8,0	4288
0-20	7,1	15,1	6,0	273
21-40	2,3	3,9	6,0	76
41-60	1,2	2,5	6,4	9605
61-80	0,9	3,7	6,8	SD
81-120	0,3	14,4	7,3	599
0-20	6,2	11,9	5,9	ND
21-40	2,3	2,8	6,3	9
41-60	1,6	1,7	6,7	SD
61-80	1,2	1,2	6,8	8
81-100	0,6	4,5	6,8	166
0-20	7,1	28,9	6,1	ND
21-40	5,4	2,3	6,2	71
41-60	2,3	1,3	6,5	21
61-80	0,9	0,9	6,5	22
81-110	0,3	2,5	6,9	262700
0-20	7,5	12,9	6,0	61
21-40	5,3	1,6	6,1	128
41-60	2,6	1,2	6,5	18
61-80	1,5	0,3	6,7	29
81-100	0,8	0,9	6,8	99
0-20	6,1	6,6	6,1	550
21-40	3,7	1,6	6,4	4884
41-60	1,5	1,4	6,6	11637
61-80	0,8	1,7	6,9	50860
0-20	7,7	13,4	6,5	ND
21-40	5,2	4,8	7,4	13546
41-60	2,8	1,5	7,5	134239

bovine serum albumin (BSA), 2 (pH 8.3), 3 µl de MgCl<sub>2</sub> y 100 µl de deoxirribonucleótidos (DNTP) (100 µl de cada uno), 1 µl de primer ERIC1, 2,5 µl primer ERIC2, 1 µl de Taq polimerasa (Promega) y 9 µl de agua. El producto de aislamiento. Todas las amplificaciones se realizaron en tubos capilares en un termociclador. Luego de cada una de las reacciones de PCR el producto PCR fue separado en un gel de agarosa al 1,5 % conteniendo 1 µg ml<sup>-1</sup> de bromuro de etidium. La observación y fotografía de las bandas se realizó bajo luz ultravioleta utilizando película 667 film.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de las poblaciones de *S. meliloti* obtenidas a través de los 12 sitios de estudio presentan en la Tabla 1.

En todos los sitios se detectaron poblaciones de *S. meliloti*.

ente 13 aislamientos de *S.* eron identificados alfabéticamente del sitio del cual fueron aislamientos fueron: 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, 4I, 4J, 4K, 4L y 4M y las cepas patrón de la secuencia génica *nod* de *S.* con la utilización de la técnica PCR con el iniciador ERIC2 y la comparación de los productos de la amplificación con los productos de las cepas patrón. Los resultados fueron distinguibles entre sí. La utilización del iniciador ERIC2 permitió obtener 10 patrones de bandas de los 13 aislamientos caracterizados. Niemann *et al.* (1997) utilizó un número mayor de fragmentos para una mejor caracterización. En el sitio 4 se observaron a

- Biología del Fungo, Miguel de Tucumán.
- Niemann S, Pühler A, Tichy HV, et al. W. 1997. Evaluation of the three different DNA fingerprinting methods to discriminate among isolates of *Sinorhizobium meliloti* in soil. Microbiol. 82: 477-484.
- Sagardoy MA. 1981. Number of *Rhizobium meliloti* and other rhizobia in soil. An. Edafol. Agr. 895.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. Molecular cloning, a Laboratory Manual. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Thies JE, Singleton PW, Ben B. 1995. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and survival of introduced rhizobial strains. Appl. Environ. Microbiol. 61: 1000-1005.
- Versalovic J, Koeuth T, Lupski JR. 1988. Characterization of repetitive DNA sequences and application to fingerprinting of *Escherichia coli* strains. J. Clin. Microbiol. 26: 122-127.

l y tres copias del artículo  
serán remitidas a tres con-  
evaluación. El título y los  
principales deberán estar en  
rados en la página. Los en-  
segundo orden deberán es-  
en líneas separadas del tex-  
con la primera letra en ma-  
tados en negrita. Los traba-  
de acuerdo con el siguiente  
en orden sucesivo: título,  
ores, dirección de la institu-  
tenecen, título corto, título  
t, key words, introducción,  
odos, resultados y discusión,  
referencias, tablas y figuras.  
'ablas y Figuras deberán pre-  
llano y en Inglés.

er breve, conciso y reflejar

300 palabras y en lo posible  
do por un sólo párrafo. P  
abstract no deberá exceder 1

**Key words:** se incluirá un n

**Palabras claves:** se incluirá

**Introducción:** se presentar  
tema a tratar haciendo refe  
antecedentes locales e inter  
terés. Los objetivos y las hi  
estar adecuadamente explic

**Materiales y Métodos:** se ir  
tes detalles para permitir a  
repetir el trabajo; sin embarg  
nes técnicas de los métodos  
cuando éstos representen un  
novedad. De lo contrario sé

) o (comunicación personal).  
ica deberá ordenarse siguien-  
ético de los apellidos de los  
gicamente por autor, diferen-  
minúsculas, después del año,  
respondan a un mismo año.  
n autor es mencionado junto  
ores, se seguirá el siguiente  
ublicaciones del autor sólo,  
l mismo autor con un coau-  
es del autor con más de un  
el esquema descrito abajo  
citas.

riódicas: apellido e iniciales  
parados por coma. Año. Tí-  
Revista. Volumen y páginas.  
> iniciales de los autores, se-  
a. Año. Título del libro. Vo-  
onde). Editorial. Lugar. Nº

les, solo horizontales.

**Figuras:** (gráficos, esquem.  
se presentarán separadas de  
ñadas de un título y explica  
tos a máquina en hoja a  
numerarse de acuerdo a su úl  
to. Cada una deberá poseer u  
figure en el mismo. Se las c  
cula y entre paréntesis, ej. (F  
se haga referencia a ellas ei  
se las pondrá sin paréntesis  
ni adherirán de manera tal  
calidad. Si se envían las fi  
identificarán en lápiz, con n  
bre del autor. Las ilustració  
teniendo en cuenta el forma  
permitirán realizar reducci  
generalmente del ancho de t  
media página. Sólo excepci



