

Efecto del sistema de labranza sobre el rendimiento y la calidad del grano de trigo pan en la zona semiárida central templada de La Pampa

Effect of tillage system on bread wheat yield and grain quality in the temperate semiarid central zone of La Pampa

Miravalles MT¹, MN Fioretti¹, H Mirassón², ML Faraldo², L Möck¹, RE Brevedan¹

Resumen. En el presente trabajo se estudiaron los efectos de tres sistemas de labranza [convencional (LC), vertical (LV) y siembra directa (SD)] para tres variedades de trigo pan de diferente longitud de ciclo, sobre el rendimiento y las variables que lo componen, y su influencia sobre la calidad del grano, expresada a través del peso de mil granos (PMG, g), el peso hectolítrico (PH, kg/hL), el contenido proteico de los granos (Prot, %) y el porcentaje de granos panza blanca (GPB, %). Los rendimientos más altos se dieron bajo LC y SD, en tanto que el más bajo se observó en LV, sistema en el que se determinó una menor acumulación de materia seca y un tercio menos de espigas por unidad de superficie. En lo que hace a la calidad, si bien bajo SD se observó un PMG comparativamente más alto, los valores de proteína fueron menores y la proporción de GPB, mayor. Entre las variedades, el comportamiento más estable en términos de rendimiento de grano correspondió al material de ciclo más largo. La mayor respuesta a los tratamientos de labranza la exhibió la variedad de más alto potencial de rinde y ciclo intermedio, que bajo LC pudo haberse visto favorecida por una mayor disponibilidad de nitratos en el suelo. En el caso de estas dos variedades, sin embargo, se hizo evidente que para alcanzar en simultáneo altos rendimientos y niveles de proteína satisfactorios, en SD hubiera sido necesario corregir los niveles de N en el suelo. Los mayores beneficios de una conservación más eficiente del recurso agua los obtuvo la variedad de siembra más tardía. Bajo SD, esta variedad logró alcanzar rendimientos relativamente altos, conjuntamente con un nivel aceptable de calidad en el grano.

Palabras clave: Trigo; Sistema de labranza; Variedades; Longitud del ciclo; Rendimiento; Calidad de grano.

Abstract. In the present study the effects of three tillage systems: conventional (CT), vertical (VT) and direct drilling (DD) on three bread wheat varieties of different cycle length, were studied, for yield and yield components. Their influence on grain quality, expressed through thousand kernel weight (TKW, g), test weight (TW, kg/hL), grain protein content (GPC, %) and yellowberry percentage (YBP, %) were also studied. The highest average yield was under CT and DD, while the lowest was under VT. The lowest dry matter accumulation and one third fewer spikes per unit area were determined under VT. Concerning grain quality, a comparatively higher TKW was observed under DD although it showed lower grain protein levels and a higher proportion of YBP. Among varieties, the most consistent grain yield pattern corresponded to the longest cycle material. The largest response to tillage treatments was exhibited by the highest yield potential, middle length cycle variety. Under CT this variety could have been favoured by higher soil nitrate availability. In the case of these two varieties, however, it became evident that in order to acquire high yields and satisfactory protein levels simultaneously, it would have been necessary to correct the N soil levels under SD. The variety sown latest achieved the highest benefits of a more efficient conservation of the water resource. This variety achieved relatively high yields together with an acceptable level of grain quality under DD.

Keywords: Wheat; Tillage system; Varieties; Cycle length; Yield; Grain quality.

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, 6300 Santa Rosa, Argentina.

Address Correspondence to: Ing. Agr. Marta Miravalles, e-mail: mmiraval@uns.edu.ar

Recibido / Received 2.XII.2012. Aceptado / Accepted 14.XII.2012.

INTRODUCCIÓN

La provincia de La Pampa, contribuye con un 6% de la superficie nacional sembrada con trigo, concentrada en los departamentos de Guatraché (16%), Conhelo (13%) y Atreucó (10%) (DGEyC, 2011), aportando en los últimos tres años un promedio de 425.000 toneladas anuales (SAGPyA, 2011). La zona de la planicie con tosca, en el centro de la provincia, comprende los departamentos de Rancul, Realicó, Trenel, Conhelo, Capital, Atreucó y Guatraché, con una superficie total de 2.398.202 ha. El principal rasgo que caracteriza a esta zona es la presencia de un manto de tosca sobre el que yace un estrato de suelo arenoso, que determina la existencia de perfiles de suelo poco profundos con poca capacidad de acumulación de agua (Lorda et al., 2008). Dentro de esta zona se evidencian condiciones climáticas muy variables que causan una gran variabilidad en los rendimientos de trigo. Aún cuando en la actualidad se dispone de cultivares con buen comportamiento a sequía y de prácticas de manejo acordes para paliar dicha condición, la producción de trigo en la provincia está sujeta a ocasionales sequías que pueden tener un efecto devastador sobre su rendimiento.

Si bien la acumulación de agua en el perfil de suelo en el momento de la siembra es importante para todos los cultivos, lo es especialmente en el caso del trigo por la baja ocurrencia de lluvias durante gran parte de su ciclo. Partiendo de adecuados niveles de agua acumulada, un cultivo de trigo bien implantado puede afrontar el período invernal normalmente seco, durante el cual transcurren importantes etapas de desarrollo como lo son el macollaje y gran parte del encañado. Posteriormente en el momento de la espigazón, la probabilidad de lluvia aumenta y la disponibilidad hídrica generalmente resulta suficiente para abastecer el llenado de grano (Fraschina et al., 2003).

Las prácticas de manejo, entre las que se incluye el sistema de labranza, pueden afectar la producción de los cultivos a través de su influencia sobre la capacidad de almacenaje de agua del suelo, la distribución de la materia orgánica, y la dinámica de nutrientes. López-Bellido et al. (1996) reportaron que la reducción de la evaporación de agua desde el suelo debida a la cobertura con residuos atribuible a la SD permite aumentar el contenido de agua en el suelo con relación a la labranza convencional. Esto se observó especialmente en estaciones secas, pudiendo ser la causa del mayor rendimiento obtenido en trigo. En general, los sistemas con cero labranza o SD tienen un mayor efecto positivo sobre el crecimiento del cultivo y el rendimiento cuando son utilizados en suelos con niveles bajos de materia orgánica y estructura pobre, comparados con suelos bien estructurados, de alta materia orgánica (Kladivko et al., 1986). No obstante, si bien se ha determinado que la SD tiene un considerable potencial para estabilizar los rendimientos en zonas semiáridas, puede tener consecuencias contrastantes sobre la conservación del agua y los rendimientos (Khaledian et

al., 2012). Lal et al. (1978) y Osuji (1984) reportaron efectos positivos, mientras que Chopart y Kone (1985) y Wilhelm et al. (1987) encontraron efectos negativos. Los sistemas bajo SD permiten conservar la humedad del suelo y disminuir la evaporación, algunas veces dificultan la correcta ubicación de la semilla y un apropiado cierre del entresurco. Asimismo, puede demorar la emergencia de la plántula, retrasar el macollaje y reducir el rendimiento debido principalmente a las menores temperaturas del suelo (Weiz y Bowman, 1999).

En lo que concierne a la respuesta de los cultivares al sistema de labranza se reportan resultados contradictorios, existiendo quienes señalan que los cultivares no son afectados diferencialmente por el sistema de labranza (Carr et al, 2003a; Weitz y Bowman, 1999), y quienes afirman por el contrario, que los mismos pueden diferir en su respuesta (Ciha, 1982; Hall y Cholick, 1989).

Respecto del impacto de las labranzas sobre la calidad del trigo los trabajos en el tema dan cuenta de resultados dispares. Así, en nuestro país, Sempé y Chidichimo (2004) determinaron que las labranzas no afectaron ni el peso hectolítrico, ni el peso de mil granos, pero generaron diferencias en el contenido proteico y de gluten, y en los parámetros farinográficos, los que reflejaron una ventaja significativa de la labranza convencional (con reja) respecto de la siembra directa. A similares resultados llegaron López Bellido et al. (1998, 2001) en Córdoba, España, bajo condiciones de clima típicamente mediterráneo. Por su parte, Di Fonzo et al. (2000) en un ensayo conducido en Italia por seis años consecutivos, determinaron amplias diferencias en los efectos que ejercen las labranzas sobre la calidad dependiendo de las características climáticas del año. Estos autores puntualizaron que la SD logra aventajar a la LC, solo en aquellos años en los que la disponibilidad de agua hacia el final del ciclo es limitante, situación en la que la SD conduce a la obtención de granos más pesados, con más alto peso hectolítrico, mayor contenido proteico y mayor contenido de gluten.

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar los efectos de distintos sistemas de labranza sobre el rendimiento y la calidad de grano del trigo pan, y determinar la existencia de diferentes respuestas entre cultivares con distinta longitud de ciclo, para la planicie medanosa con tosca de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo durante la campaña 2010 sobre un suelo Haplustol Éntico, de textura arenoso-franca y 60 cm en promedio de profundidad a la tosca, correspondiente a la unidad de Módulos de Labranza del Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, en Santa Rosa, La Pampa (36°46'S, 64°16'O). En el mismo se analizó el comportamiento de tres variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) de diferente extensión de ciclo (corto, intermedio y largo), sometidas a tres sistemas de

labranza: convencional (LC), vertical (LV) y siembra directa (SD), bajo condiciones de secano, y con cebada cervecera como cultivo antecesor. El diseño experimental fue de franjas divididas dispuestas en un arreglo en bloques completos al azar con 3 repeticiones.

Las labores de preparación de la cama de siembra para los tres tratamientos de labranzas se realizaron en la segunda quincena de enero y consistieron en una pasada de arado de cincel y una rastra de doble acción, en el caso de las labranzas vertical y convencional, respectivamente, y en la aplicación de 600 g de i.a. de glifosato por hectárea en el de la siembra directa.

La siembra se realizó a una distancia entre hileras de 17,5 cm en las fechas y densidades que se detallan en la Tabla 1.

Para el control de malezas todos los tratamientos recibieron una aplicación de 600 g/ha de i.a. de glifosato, más 5 g/ha de metsulfurón metil antes de la siembra. En ningún caso se aplicó fertilizante.

Evaluación de rendimiento y sus componentes. Al momento de la cosecha y en los tres surcos centrales de cada parcela se determinó: (a) materia seca de la parte aérea (MS, g); (b) altura de la planta (cm) sobre 10 plantas tomadas al azar; (c) espigas/m², sobre cuatro repeticiones de 0,25 m²; (d) granos/espiga sobre 10 espigas al azar de cada parcela, y (e) rendimiento de grano por unidad de superficie (kg/ha).

Evaluación de atributos de calidad del grano. Sobre el grano cosechado se determinaron: (a) el peso de mil granos (PMG, g), sobre cuatro repeticiones de 100 granos (IRAM* 15853); (b) el peso hectolítrico (PH, kg/hL) con balanza de Schopper (Resolución SAGPyA 557/97); (c) el porcentaje de proteína del grano, a partir del contenido de nitrógeno total del grano determinado por el método Kjeldahl (Resolución SAGPyA 557/97 - Método químico de la ICC N°105 -IRAM* 15852), y corregido por el factor 5,7, y (d) el porcentaje de granos panza blanca (GPB), en forma manual y a la vista, separando los granos panza blanca de un corte de diez gramos de la muestra original, según el procedimiento

Tabla 1. Fechas y densidades de siembra de tres variedades de trigo pan sembradas en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

Table 1. Sowing dates and densities of three wheat varieties of different length cycle sown in Santa Rosa, La Pampa, during 2010.

Variedad	Criadero	Ciclo	Fecha de siembra	Densidad (plantas/m ²)
Themix	Don Mario	Largo	22 de mayo	180
Baguette 11	Nidera	Intermedio-Largo	2 de julio	230
Cronox	Don Mario	Corto	2 de agosto	300

estándar indicado en la Norma XX de Trigo Pan (Resolución SAGPyA 557/97).

Para el análisis de los resultados se usó un ANOVA doble en el que los tratamientos de labranza y las variedades se consideraron efectos fijos, y los bloques, efectos aleatorios. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa protegida de Fisher al 5% de probabilidad (LSD), y las relaciones entre variables se determinaron a través del coeficiente de correlación de Pearson. Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas. En la Figura 1 se presentan la distribución de las precipitaciones y la evolución de las temperaturas medias mensuales durante la campaña 2010 en el sitio del ensayo. Las lluvias del año totalizaron 705 mm, correspondiéndose con la media histórica de 708 mm reportada para la zona (Casagrande et al., 2008). Sin embargo, es oportuno destacar que alrededor del 60% de las mismas (442 mm) se dieron en el primer trimestre del año, en tanto que desde abril hasta agosto cayeron solamente 16 mm. En la segunda mitad del año, sólo setiembre aportó un volumen significativo de precipitaciones (134 mm). Los meses de octubre, noviembre y diciembre, con un total de 115 mm, hicieron una contribución aceptable que determinó que el período de formación de la espiga y el de llenado de granos se concretaran bajo condiciones hídricas satisfactorias. Las temperaturas medias durante dicho período también estuvieron dentro del rango esperado para la época (entre 15,3 y 23 °C).

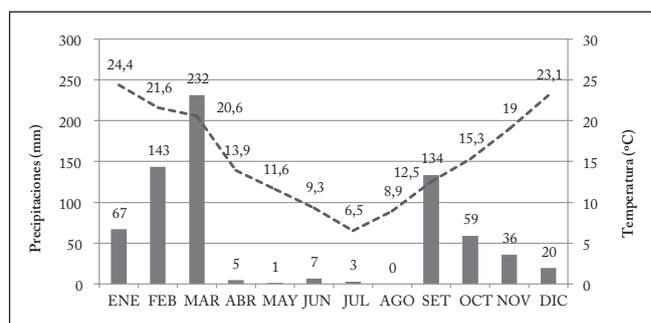


Fig. 1. Precipitaciones y temperaturas medias mensuales en Santa Rosa, La Pampa durante la campaña agrícola 2010.

Fig. 1. Monthly precipitations and mean temperatures in Santa Rosa, La Pampa during crop season 2010.

Rendimiento y sus componentes. El sistema de labranza, la variedad y la interacción labranza x variedad tuvieron un impacto significativo sobre el rendimiento de trigo y las variables que lo componen: espigas/m², granos/espiga y peso de los granos (Tabla 2).

El rendimiento promedio del ensayo fue de 4110 kg/ha y varió entre 2910 y 5724 kg/ha. Los rindes más altos se dieron bajo LC y SD, que no difirieron entre sí (Fig. 2), en tanto que el más bajo fue en LV, en el que se observaron plantas significativamente más bajas, menor acumulación de materia seca y un tercio menos de espigas por unidad de superficie que con las otras labranzas (Tabla 3). Resultados similares han sido reportados en trigo y avena por Rodríguez et al. (2000) en la región precordillerana del centro sur de Chile, donde la baja productividad observada bajo LV, respecto de la LC y la SD, fue adjudicada a una menor disponibilidad de agua durante el llenado de granos. Por su parte López Bellido et al. (2001) en un estudio que se extendió por espacio de tres años en el sur de España, determinaron que los rendimientos fueron más altos bajo SD en el año más seco, y bajo LC en el más húmedo, no observándose diferencias entre ambos sistemas el año que exhibió características intermedias entre los otros dos. Asimismo, en un experimento realizado con trigo fideo en Italia, De Vita et al. (2007) concluyeron que los rendimientos fueron más altos en SD cuando las lluvias durante el período de crecimiento del cultivo estuvieron por debajo de los 300 mm, en tanto que valores superiores a ese registro favorecieron a la LC. Bajo SD la menor evaporación de agua desde el suelo asociada a la cobertura de residuos determinó un mayor contenido de la misma en el suelo, especialmente en estaciones secas, lo que pudo ser la causa de los mayores rendimientos respecto de la LC (López Bellido et al., 1996).

Como mecanismo de compensación al bajo número de espigas observadas, bajo LV se observó un mayor número de granos en la espiga (32 vs 23 bajo LC y SD, en promedio, respectivamente), mientras que el peso de mil granos, si bien fue levemente menor al medido en SD, fue comparable al observado en LC (Tabla 3)

Considerando las labranzas en forma conjunta, las variedades Baguette 11, de ciclo intermedio, y Themix, de ciclo largo, no difirieron entre sí en cuanto a rinde, superando a Cronox, la más precoz, por 1200 kg/ha, en promedio (Fig. 2 y Tabla 3).

Los rendimientos de las variedades bajo los distintos sistemas de labranza guardaron estrecha relación con la materia seca producida por unidad de superficie (Fig. 3 a-b), según

Tabla 2. Valores de *F* del ANOVA para los efectos del sistema de labranza y la variedad sobre el rendimiento de grano y sus componentes, de tres variedades de trigo pan en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

Table 2. *F* values of ANOVA for the effects of tillage system and variety on grain yield and its components for three bread wheat varieties in Santa Rosa, La Pampa.

Fuente de variación	gl	Rendimiento (kg/ha)	Espigas/m ²	Granos/espiga	Peso mil granos (g)
Labranza (LAB) ^a	2	11,63*	13,36*	17,9**	12,48**
Variedad (VAR) ^b	2	21,85**	9,81*	32,9**	27,39**
Bloque (Bloq)	2	0,22	0,02	0,3	0,89
LAB x VAR ^c	4	2,72	4,95*	42,3***	3,76*
LAB*Bloq	4	0,50	1,02	2,2	0,70
VAR*Bloq	4	0,53	0,17	3,4	0,95
Error	8				

^a Se probó con LAB*Bloq; ^b se probó con VAR*Bloq

*, **, *** Significativas al 5%, 1% y 0,1% de probabilidad, respectivamente.

lo revelan los respectivos coeficientes de correlación ($r=0,93$ $p<0,001$, $r=0,97$ $p<0,001$ y $r=0,72$ $p<0,05$, para las variedades Cronox, Baguette 11 y Themix, respectivamente). De las tres, Baguette 11 fue la que presentó la mayor respuesta a los tratamientos de labranza, mientras que Themix fue la más estable (Fig. 3 a). Bajo LC, donde superó los 5700 kg/ha, el rendimiento de Baguette 11 fue un 34,1% y un 22,4% más alto que en LV y SD, respectivamente, lo cual pudo deberse a la existencia en LC de una mayor disponibilidad de nitratos en el perfil (López Bellido et al., 1998). La observación de un

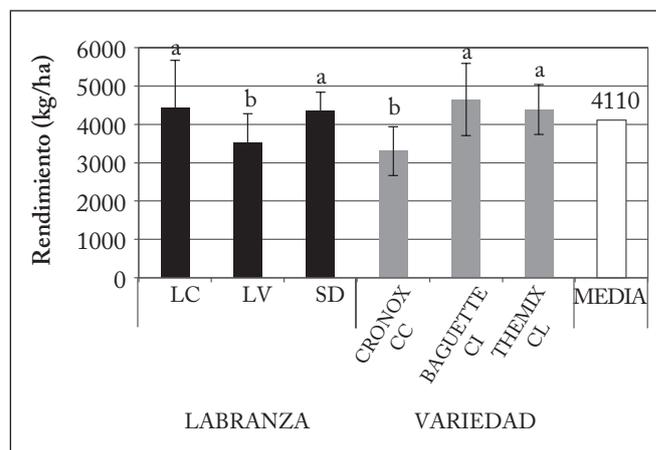


Fig. 2. Efectos del sistema de labranza y la variedad sobre el rendimiento de trigo pan en Santa Rosa, La Pampa, durante la campaña agrícola 2010. Letras diferentes entre tratamientos de labranza y entre variedades indican diferencias estadísticamente significativas, $p \leq 0,05$.

Fig. 2. Tillage system and variety effects on bread wheat yield in Santa Rosa, La Pampa, during 2010. Different letters among tillage treatments and varieties show statistically significant differences, $p \leq 0,05$.

Tabla 3. Valores medios de materia seca (g), altura (cm), rendimiento de grano (kg/ha) y componentes del rendimiento de tres tratamientos de labranza y tres variedades de trigo pan de diferente largo de ciclo en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

Table 3. Mean values of dry matter (g), height (cm), grain yield (kg/ha) and yield components of three tillage systems and three wheat varieties of different length cycle in Santa Rosa, La Pampa, during 2010.

Tratamientos	Materia Seca (g/m ²)	Altura (cm)	Rendimiento (kg/ha)	Componentes del rendimiento		
				Espigas/m ²	Granos/espiga	PMG (g)
Labranzas						
Convencional	1150a	64,6a	4437a	541a	25b	34b
Vertical	813b	55,1b	3531b	363b	29a	35b
Siembra Directa	1117a	67,3a	4363a	543a	23b	36a
Variedades						
Cronox (CC)	890b	63,9a	3300b	493a	22b	34b
Baguette 11 (CI)	1067a	59,3a	4646a	442a	32a	34b
Themix (CL)	1124a	63,8a	4385a	512a	23b	37a
Media	1027	62,3	4110	482	26	35

Valores en la misma columna seguidos por igual letra no difieren entre sí ($p \leq 0,05$).

volumen de materia seca significativamente mayor (1371 g/m² en LC *versus* 838 y 990 g/m² en LV y SD, respectivamente), y de alrededor de un 30% más de espigas a cosecha por unidad de superficie, permitirían avalar dichas presunciones (Fig. 3 a-c). La cantidad de granos por espiga, atributo en el que Baguette 11 superó ampliamente a las otras dos (con $32 \pm 2,4$ granos *versus* $22 \pm 8,4$ y $23 \pm 2,1$ granos de Cronox y Themix, respectivamente), no evidenció ninguna respuesta a los tratamientos de labranza, como tampoco lo hizo el peso de mil granos (Fig. 3 d y Fig. 4 a). Estos resultados coinciden con lo reportado para trigo de invierno en Croacia por Jug et al. (2011), quienes observaron una ventaja significativa de la LC en lo que concierne a la cantidad de espigas a cosecha y el rendimiento de grano respecto de cualquiera de los otros sistemas de labranza ensayados, incluidas la LV y la SD.

La variedad Themix, debido a su fecha de siembra mucho más temprana, pudo aprovechar mejor las abundantes lluvias del otoño, macollar bien y producir un número similar de espigas/m² y de granos por espiga bajo los tres sistemas de labranza (512 ± 69 y $23 \pm 2,1$, respectivamente) (Fig. 3, c y d). De todos los componentes del rendimiento, el PMG fue el que más varió en respuesta a los tratamientos de labranza, con medias de 34,8; 36,9 y 39,0 g los mil granos para LC, LV y SD, respectivamente.

Por su parte la variedad precoz Cronox, si bien para el promedio de las labranzas presentó un rendimiento menor al de las otras dos variedades, en SD rindió 3942 kg/ha (964 kg/ha más que bajo LC y LV promediadas), equiparando a Baguette

11 y a Themix bajo dicho sistema. Una mejor conservación de la humedad generada en el primer trimestre del año, sumada a los 194 mm de lluvias caídos entre setiembre y octubre, permitirían explicar por qué bajo SD Cronox produjo un volumen de materia seca significativamente mayor que en LV y LC, un promedio de 663 espigas/m² (2,2 espigas por planta) y un PMG ligeramente por encima de los otros sistemas de labranza (Fig. 3 y 4). Bajo LV en cambio, Cronox presentó apenas 259 espigas/m² a cosecha, con un promedio de 0,83 espigas por planta (Fig. 3c). Estas observaciones sugieren que en el caso de esta variedad de siembra mucho más tardía, la LV fue particularmente ineficiente en la preservación de la humedad acumulada en los tres primeros meses del año, comprometiendo no solamente el llenado de granos, como fuera advertido por Crovetto (1992), sino también el establecimiento del cultivo y/o la aparición y supervivencia de los macollos. Como mecanismo de compensación, bajo LV Cronox exhibió el doble de granos en la espiga que en LC y SD ($33,0$ *versus* $16,0$ y $16,5$, respectivamente) pero un PMG ligeramente más bajo (Fig. 3d y 4a), y no logró compensar el número de espigas excesivamente bajo a cosecha.

Calidad del grano. El sistema de labranza utilizado, la variedad y la interacción entre ambos afectaron de forma significativa el peso de los granos, el peso hectolítrico y el porcentaje de granos panza blanca. El porcentaje de proteína, en tanto, estuvo afectado por la variedad, no obstante lo cual la respuesta varió significativamente entre los diferentes tratamientos de labranza (Tabla 4).

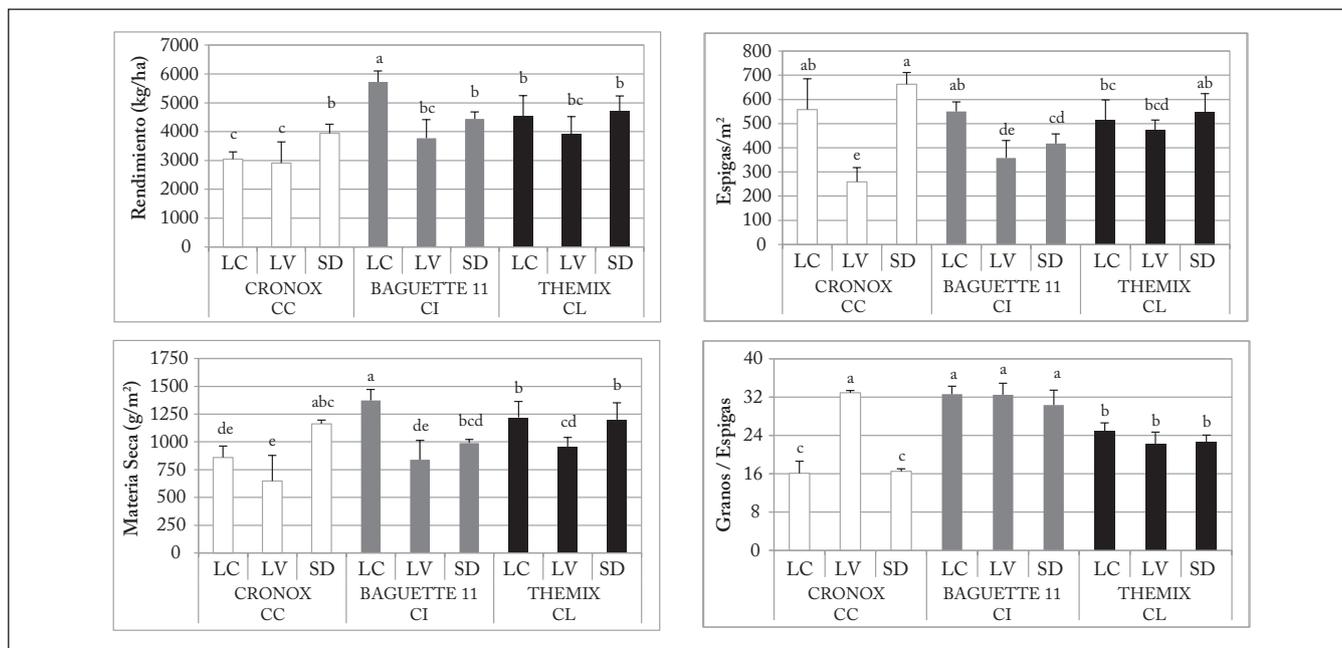


Fig. 3. Efectos del sistema de labranza sobre la producción de materia seca, y el rendimiento y sus componentes para tres variedades de trigo pan de diferente ciclo en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticamente significativas, $p \leq 0,05$.

Fig. 3. Tillage system effects on dry matter production, and on yield and yield components for three bread wheat varieties of different cycle length in Santa Rosa, La Pampa, during 2010. Different letters among treatments show statistically significant differences, $p \leq 0.05$.

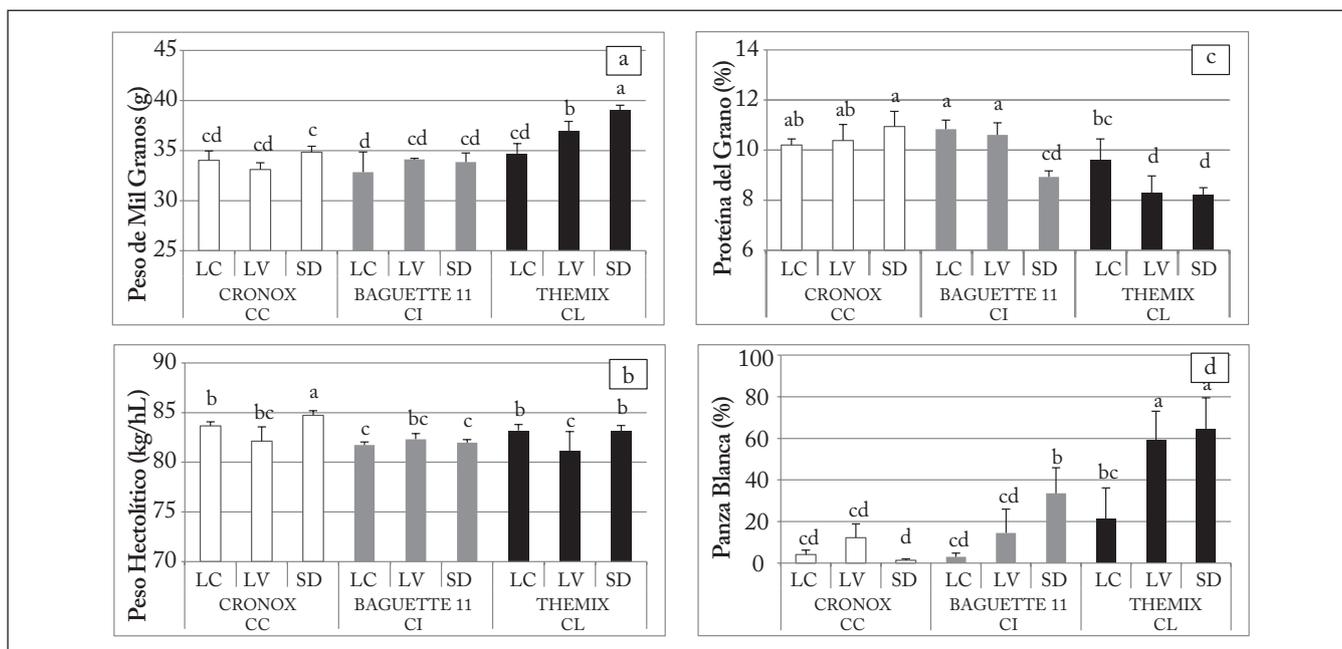


Fig. 4. Efectos del sistema de labranza sobre (a) el peso de mil granos, (b) el peso hectolítrico, (c) el porcentaje de proteína del grano, y (d) el porcentaje de granos panza blanca de tres variedades de trigo pan de diferente ciclo bajo tres sistemas de labranza, en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas, $p \leq 0,05$.

Fig. 4. Tillage system effects on (a) thousand kernel weight, (b) test weight, (c) percentage of grain protein, and (d) percentage of yellow-berry grains of three bread wheat varieties of different cycle length under three tillage systems in Santa Rosa, La Pampa, during 2010. Different letters show statistically significant differences, $p \leq 0.05$.

Tabla 4. Valores de *F* del ANOVA para los efectos del sistema de labranza y la variedad sobre cuatro atributos de calidad de trigo pan en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.**Table 4.** *F* values of ANOVA for the effects of tillage system and variety on four bread wheat quality attributes in Santa Rosa, La Pampa, during 2010.

Fuente de variación	gl	Peso mil granos (g)	Peso Hectolítrico (kg/hL)	Proteína del grano (%)	Panza Blanca (%)
Labranza (LAB) ^a	2	12,48*	11,52*	2,18	17,31**
Variedad (VAR) ^b	2	27,39**	7,88*	122,70***	121,79***
Bloque (Bloq)	2	0,89	0,96	0,11	0,01
LAB x VAR	4	3,76*	2,19	8,82**	2,86
LAB*Bloq	4	0,70	0,38	3,36	0,45
VAR*Bloq	4	0,95	0,61	0,30	0,19

^a Se probó con LAB*Bloq; ^b se probó con VAR*Bloq
 *, **, *** Significativas al 5%, 1% y 0,1% de probabilidad

Peso de mil granos. El promedio de PMG del ensayo fue de 35 g, con un mínimo de 29 y un máximo de 40 g. Entre los tratamientos de labranza el valor más alto de PMG correspondió a la SD, con 36 g, y el más bajo a la LC, con 34 g (Tabla 5). Esto coincide con las observaciones realizadas por Ciha (1982) en trigos blancos de primavera y por De Vita et al (2007) sobre trigo fideos para tres campañas consecutivas en Foggia, Italia. El primero de estos autores atribuyó el aumento del PMG a una prolongación de la etapa de llenado, que ocurrió en respuesta a una mayor disponibilidad de agua y temperaturas de suelo más bajas por la presencia de residuos en superficie tanto en SD como con labranza reducida, respecto de LC. Otros trabajos, por el contrario, mencionan la ausencia de cambios en el PMG imputables al sistema de labranza (Carr et al., 2003; Sempé y Chidichimo, 2004; Kumudini et al, 2009; Jug et al., 2011).

Entre las variedades, Themix, fue quien exhibió el promedio de PMG más alto, ventaja que se hizo evidente tanto en LV como en SD pero no en LC, donde se equiparó con Cronox y Baguette 11 (Fig. 4a). De las tres, Themix fue la que experimentó además, los mayores cambios de PMG en respuesta a los tratamientos de labranza, con aumentos del 6,3% y el 11,2% para LV y SD con relación a LC, respectivamente. Si bien la observación de una correlación inversa de mediana magnitud entre el PMG y el número de granos en la espiga ($r = -0,59$ $p=0,09$) pudo deberse en parte a un mecanismo de compensación entre estos dos componentes del rinde, la existencia bajo SD de una mayor disponibilidad de agua durante la etapa de llenado de granos, podría ser la causa más probable de tal diferencia. En lo que respecta a Cronox y Baguette 11 no se detectaron cambios en el PMG asociados a los tratamientos de labranza, aunque en el caso

Tabla 5. Valores medios de peso de mil granos (g), peso hectolítrico (kg/hL), proteína del grano (%) y porcentaje de granos panza blanca, de tres variedades de trigo pan de diferente largo de ciclo bajo tres sistemas de labranza en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.**Table 5.** Mean values of thousand kernel weight (g), test weight (kg/hL), grain protein (%) and percentage of yellow-berry grains of three bread wheat varieties of different cycle length under three tillage systems in Santa Rosa, La Pampa, during 2010.

Tratamientos	Peso de mil granos (g)	Peso Hectolítrico (kg/hL)	Proteína del grano (%)	Panza Blanca (%)
Labranzas				
Convencional	34b	82,9a	10,2a	9,4b
Vertical	35b	81,9b	9,8a	28,7a
Siembra Directa	36a	83,3a	9,4a	33,1a
Variedades				
Cronox (CC)	34b	83,5a	10,5a	5,9c
Baguette 11 (CI)	34b	82,0b	10,1b	17,0b
Themix (CL)	37a	82,5ab	8,7c	48,3a
Media	35	82,7	9,8	23,7

Valores en la misma columna seguidos por igual letra no difieren entre sí ($p \leq 0,05$)

de la primera, al igual que para Themix, se observó una correlación inversa de esta variable con el número de granos en la espiga ($r = -0,60$ $p=0,08$).

Peso Hectolítrico. En virtud de las buenas condiciones climáticas que imperaron durante la etapa de maduración de granos en la campaña 2010, los valores de peso hectolítrico del ensayo fueron elevados, oscilando entre un mínimo de 79,9 kg/hL y un máximo de 85,1 kg/hL, siempre por encima de los 79 kg/hL requeridos por el Grado 1 de la norma de comercialización de trigo pan (Res. SAGPyA 1262/2004)

Los mayores valores de PH se observaron en SD y LC, que no difirieron entre sí, y el menor en LV, resultados que concuerdan con lo hallado por Cox y Sheldon (1992), Chidichimo y Sempé (2004) y López Bellido et al. (2001), quienes no detectaron variaciones significativas en el PH entre SD y LC. Por su parte, Ciha (1982), López Bellido et al. (1998) y De Vita (2007) reportaron la ocurrencia de PH más altos en SD que en LC, mientras que Weisz y Bowman (1999) observaron lo inverso aunque bajo densidades de siembra diferentes.

Entre las variedades, Cronox se destacó con la media de PH más alta, en tanto que Baguette 11 exhibió un PH ligeramente más bajo (Tabla 5). En el caso de Cronox las variaciones de PH se correlacionaron positivamente con el PMG y con el porcentaje de proteína ($r = 0,77$ $p<0,05$ y $r = 0,65$ $p=0,06$, respectivamente). Debido a esto, su mejor performance la alcanzó en SD, donde logró su valor más alto de PMG y el porcentaje de proteína más elevado (Fig. 4 a-b-c). La variedad Baguette 11, por su parte, no varió significativamente su PH en respuesta a los tratamientos de labranza, pero las escasas variaciones de PH observadas también estuvieron asociadas a cambios en el PMG ($r = 0,60$ $p=0,08$). En lo que concierne a Themix, los mayores valores de PMG observados en LV y SD, respecto de LC, no se correspondieron con aumentos del PH, variable que no difirió significativamente entre LC y SD pero fue ligeramente menor en el caso de LV.

Porcentaje de proteína del grano. El contenido proteico de los granos del ensayo fue bajo, lo cual se condice con los ren-

dimientos relativamente altos alcanzados en la campaña 2010 (Tabla 6) y la falta de fertilización nitrogenada. La media general de proteína fue de 9,8%, con valores en un rango entre 8,2 y 10,9%, que tuvieron una relación nula con el rendimiento ($r = -0,08$ $p>0,50$) pero estuvieron asociados estrechamente al peso de los granos ($r = -0,66$ $p<0,001$).

Si bien las diferencias en el contenido proteico entre sistemas de labranza no alcanzaron a ser estadísticamente significativas (Tabla 5), concordando con observaciones previas de Campbell et al. (1998) y Baenziger et al. (1985), bajo LC se observó un nivel proteico ligeramente más alto que bajo LV y SD (10,2% *versus* 9,8 y 9,4%, respectivamente). Chidichimo y Sempé (2004), De Vita et al (2008) y López-Bellido et al. (1996) también observaron niveles proteicos más altos en LC que en SD, lo que se debió a la existencia de un mayor contenido de nitratos en los primeros 60 cm del suelo (López-Bellido et al., 1996).

Según los resultados del presente estudio, las variedades no pudieron superar el 11% de proteína en el grano bajo ninguno de los sistemas de labranza. Dicho valor es el umbral por encima del cual la norma de comercialización de trigo pan prevé bonificaciones sobre el precio del grado 2. El promedio de proteína más alto lo presentaron Cronox y Baguette, que no difirieron significativamente entre sí, en tanto que el más bajo lo exhibió Themix (10,5 y 10,1%, *vs* 8,7%, respectivamente). Cuando se analizó el comportamiento individual de las variedades a través de los tres sistemas de labranza, tampoco se observó asociación alguna entre el porcentaje de proteína del grano y el rendimiento. Esto coincide con la bibliografía que da cuenta de la existencia de correlaciones entre ambas variables de signo positivo, negativo o cero, dependiendo de la fertilidad del suelo (Kramer, 1979). En el caso de Themix y Cronox, en particular, el porcentaje de proteína del grano exhibió correlaciones significativas con el PMG, de signo negativo en el caso de la primera y positivo en el de la segunda ($r = -0,84$ $p<0,01$ y $r = 0,65$ $p<0,06$, respectivamente). Así, mientras que en el caso de Themix el valor más alto de proteína en el grano se alcanzó en LC, sistema en que el PMG fue a su vez el más bajo, en el caso de Cronox el nivel proteico más alto se dio

Tabla 6. Efectos directos e indirectos de la proteína del grano (%) sobre el porcentaje de granos panza blanca (GPB) de tres variedades de trigo pan cultivadas bajo tres sistemas de labranza en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

Table 6. Direct and indirect effects of grain protein (%) on the percentage of yellow-berry grains (GPB) of three bread wheat varieties cultivated under three tillage systems in Santa Rosa, La Pampa, during 2010.

Variable Independiente	Variedad	Efectos sobre GPB (%)				<i>r</i> total	<i>p</i> -valor
		Directo	Indirecto				
			Espigas/m ²	Granos/espiga	PMG (g)		
Proteína (%)	Cronox	-0,68	0,12	-0,15	0,17	-0,55	0,1270
	Baguette 11	-0,62	-0,11	-0,15	0,07	-0,80	0,0089
	Themix	-0,25	-0,08	-0,19	-0,43	-0,94	0,0001

en SD con un PMG relativamente alto (Fig. 4 a y c). Si bien alrededor de dos tercios o más del N almacenado en el grano a la madurez está presente en la planta al momento de anthesis, el tercio restante es absorbido del suelo durante el período de desarrollo del grano (Austin et al., 1977; Kramer, 1979). Una condición más favorable de humedad y temperaturas de suelo más frescas bajo SD, además de favorecer la movilización de Nitrógeno al grano, podrían haber prolongado la absorción de agua y nutrientes de esta variedad.

La principal característica que se observa en los primeros años de implementada la SD, es la reducción de la disponibilidad de nitrógeno inorgánico (Lamb et al., 1985), provocada por la menor temperatura y por la presencia de una mayor fuente de carbono en la superficie del suelo, responsables de menores tasas de mineralización. La SD se ha asociado, asimismo, con mayores potenciales de desnitrificación y de lavado de nitrógeno (Fox y Bandel, 1986). Esta es la razón por la cual los cultivos de trigo bajo SD requieren frecuentemente mayores dosis de nitrógeno, lo que les permite alcanzar altos rendimientos y niveles proteicos satisfactorios.

Porcentaje de Granos Panza Blanca. El porcentaje de granos panza blanca (GPB) del ensayo promedió un 24%, variando entre un mínimo de 1,3% y un máximo de 64,5%. Entre los tratamientos de labranza los porcentajes más altos de GPB se dieron bajo SD y LV que triplicaron, en promedio, el valor observado bajo LC (Tabla 5). Similares resultados fueron reportados por Di Fonzo et al. (2000) y Pisante y Basso (2000), quienes adjudicaron la diferencia al mayor nivel proteico alcanzado en LC.

Mientras tanto, entre las variedades, el porcentaje de GPB tendió a crecer conforme aumentó la longitud del ciclo de la variedad, siendo Themix, de ciclo más largo, la que presentó la media de GPB más alta, con 48,3%, *versus* 17,0 y 5,9% de Baguette 11 y Cronox, de ciclos intermedio y corto, respectivamente.

Tanto en el caso de Themix como de Baguette 11, los menores registros de GPB se observaron bajo LC y los más altos bajo SD, mientras que en el caso de Cronox no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de labranza (Fig. 4d). Esta última variedad fue de las tres la única que bajo los tres sistemas de labranza presentó niveles de GPB por debajo del 15%, máximo valor admitido por el grado 1 de la norma de comercialización de trigo pan (Res. SAGPyA 1262/2004). Themix, en cambio, sólo bajo LC logró la exigencia impuesta por el grado 2 del estándar, mientras que bajo SD y LV excedió el máximo admitido por el grado 3.

Para las tres variedades el porcentaje de GPB estuvo asociado de manera inversa con la proteína del grano, determinándose que una parte de la correlación observada se debió a los efectos indirectos atribuibles a los mecanismos de compensación que operan entre las variables que componen el rendimiento, en especial el PMG (Tabla 6).

Cuando se consideró en forma conjunta la respuesta de las variedades a través de los tres sistemas de labranza, el porcentaje de proteína del grano respondió por el 97% de la variación observada en los niveles medios de GPB, conforme lo refleja el modelo que se presenta en la Figura 5.

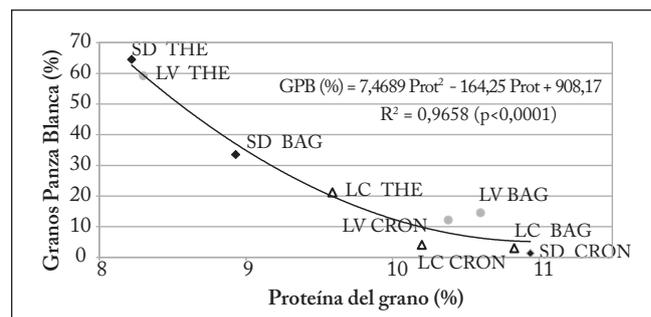


Fig. 5. Porcentaje de granos panza blanca (GPB, %) en función de la proteína del grano (%) de tres variedades de trigo pan de ciclos, corto (Cronox, CRON), intermedio (Baguette, BAG) y largo (Themix, THE), bajo tres sistemas de labranza, convencional (LC, Δ), vertical (LV, \bullet), y siembra directa (SD, \blacklozenge) en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

CONCLUSIONES

Bajo las particulares condiciones climáticas que prevalecieron en el sitio de ensayo durante la campaña 2010, con precipitaciones en el orden de los 700 mm, no se observaron diferencias marcadas de rendimiento entre LC y SD, pero sí entre estas y LV. Entre las variedades, los mayores beneficios de una mejor conservación del recurso agua en el suelo derivada de la SD los obtuvo la variedad de siembra más tardía, que bajo este sistema logró alcanzar rendimientos comparativamente altos, conjuntamente con un nivel aceptable de calidad en el grano. Esto para la región semiárida pampeana es particularmente importante puesto que, como es sabido, con frecuencia la mejor calidad del grano suele estar inversamente asociada al rendimiento. Por su parte, en el caso de las variedades de ciclo más largo se hizo evidente que para hacer un uso más eficiente de la mayor humedad aportado por la SD y poder alcanzar en simultáneo altos rendimientos y niveles de proteína en el grano satisfactorios, hubiera sido necesario corregir los niveles de N en el suelo. Los resultados presentados en este trabajo muestran la importancia de preservar el agua del suelo a través del sistema de labranza, en especial cuando se opta por la siembra de variedades de siembra tardía, en las que el período de llenado de granos transcurre bajo condiciones de temperatura más altas, que imponen una mayor demanda por parte del ambiente.

REFERENCIAS

- Allmaras, R.R., P.W. Unger y D.W. Wilkins (1985). Conservation tillage and soil productivity. En: Follet, R. F., Stewart B A (Eds.). *Soil Erosion and Crop Productivity*, Am. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, EEUU. pp. 357-412.
- Alvarez, H.S., y R. Steinbach (2009). A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research* 104: 1-15.
- Austin, R.B., M.A. Ford, J.A. Edrich y R.D. Blackwell (1977) The nitrogen economy of winter wheat. *Journal of Agricultural Sciences* 88: 159-167
- Baenziger, P.S., R.L. Clements, M.S. McIntosh, W.T. Yamazaki, T.M. Starling y D.J. Sammons (1985). Effect of cultivar-environment and their interaction and stability analyses on milling and baking quality of soft red winter wheat. *Crop Science* 25: 5-8
- Bergh, R.G. (1997). Dinámica del nitrógeno, crecimiento y rendimiento de trigo bajo siembra directa y labranza convencional. Tesis MSc. Facultad de Ciencia Agrarias, Un. Nac. Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires. 75 p.
- Campbell, C.A., A.G. Thomas, V.O. Biederbeck, B.G. Mc Conkey, F. Selles, D. Spurr y R.P. Zentner (1998). Converting from no-tillage to pre-seeding tillage: influence on weeds, spring wheat grain yields and N, and soil quality. *Soil and Tillage Research* 46: 175-185.
- Carr, P., R. Horsley y W. Poland (2003). Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars: II. Yield components. *Crop Science* 43: 210-218.
- Chopart, J.L. y D. Kone (1985). Influence de diferentes techniques de travail du sol sur l'alimentation hydrique du maïs et du cotonnier en Cote d'Ivoire. *Agronomie Tropicale* 40: 233-229
- Ciha, A.J. (1982). Yield and yield components of four spring wheat cultivars grown under three tillage systems. *Agronomy Journal* 74: 317-320.
- Cox, D.J. y D.R. Shelton (1992). Genotype- by- tillage interactions in hard red winter wheat quality evaluation. *Agronomy Journal* 84: 627-630.
- Crovetto, C. (1992). Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 301 p.
- De Vita, P., E. Di Paolo, G. Fecondo, N. Di Fonzo y M. Pisante (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research* 92: 69-78.
- Di Fonzo, N., P. de Vita, A. Gallo, C. Fares, O. Padalino y A. Troccoli (2000). Crop Management efficiency as a tool to improve durum wheat quality in Mediterranean areas. En: Durum wheat, semolina and pasta quality. Recent achievements and new trends. Abecassis, J., Autran, J.C. y Feiller, P. (eds.) Montpellier, Francia, pp: 67-82.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo (2012). InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dao, H. (1993). Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Science Society of America Journal* 57: 1586-1595.
- Ferreras, L., S. Toresani y C. Pecorari (2002). Parámetros edáficos, crecimiento y rendimiento del cultivo de trigo bajo diferentes manejos. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario*. Volumen 2.
- Fox, R.H. y V.A. Bandel (1986). Nitrogen utilization with no-tillage. En: Sprage M A, Triplett G B (eds.) No-tillage and surface-tillage agriculture. The tillage revolution. John Wiley and Sons, Nueva York, EEUU. pp. 117-148.
- Fraschina, J., C. Bainotti y J. Salines (2003). El cultivo de trigo y la siembra directa en la región central norte. EEA INTA Marcos Juárez.
- Hall, E.F. y F.A. Cholick (1989). Cultivar × tillage interaction of hard red spring wheat cultivars. *Agronomy Journal* 81: 789-792.
- Jug, I., D. Jug, M. Sabo, B. Stipešević y M. Stošić (2011). Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35: 1-7.
- Khaledian, M., J.C. Mailhol y P. Ruelle (2012). Yield and energy requirement of durum wheat under no-tillage and conventional tillage in the mediterranean climate. *Journal of Biological and Environmental Sciences* 6: 59-65.
- Kladivko, E.J., D.R. Griffith y J.V. Mannering (1986). Conventional tillage effects on soil properties and yield of corn and soybean in Indiana. *Soil and Tillage Research* 8: 277-287.
- Kramer, T.H. (1979). Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 28: 209-218.
- Kumudini, S., L. Grabau, D. Van Sanford y J. Omielan (2008). Analysis of yield-formation processes under no-till and conventional tillage for soft red winter wheat in the south-central region. *Agronomy Journal* 100: 1026-1032.
- Lamb, J.A., G.A. Peterson y C.R. Fenster (1985). Fallow nitrate accumulation in a wheat-fallow rotation as affected by tillage system. *Soil Science Society of America Journal* 49: 1441-1446.
- López-Bellido, L., M. Fuentes, J.E. Castillo y F.J. López-Garrido (1996). Long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 88: 783-791.
- López-Bellido, L., M. Fuentes, J.E. Castillo, J.E. y F.J. López-Garrido (1998). Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research* 57: 265-276.
- López-Bellido, L., R.J. López-Bellido, J.E. Castillo y F.J. López-Bellido (2001). Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research* 72: 197-210.
- Lal, R. (1989). Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Advances in Agronomy* 42: 85-197.
- Lorda, H., Z. Roberto, Y. Bellini Saibene, A. Sipowicz y M.L. Belmonte (2008). Descripción de zonas y subzonas agroecológicas RIAP. *Boletín de Actualización Técnica* N° 96, 2008. ISSN 0325-2167.
- Martinez G.I., C. Ovalle, A. Del Pozo, H. Uribe, V.N. Valderrama, C. Prat, M. Sandoval, F. Fernández y E. Zagal (2011). Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted alfisol of central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71: 615- 622.
- Lampurlanés, J., P. Angás, y C. Cantero-Martínez (2001). Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. *Field Crops Research* 69: 27-40.
- Osuji, G.E. (1984). Water storage, water use and maize yield for tillage systems on a tropical alfisol in Nigeria. *Soil and Tillage Research* 4: 339-348.

- Pisante, M. y F. Basso (2000). Influence of tillage systems on yield and quality of durum wheat in Southern Italy. En: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges: L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: Nouveaux défis. Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N., Araus J.L. (eds.) Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2000. 620 p. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 40).
- Rodríguez, S., J. Ruiz, P. Valenzuela y N. Belmar (2000). Efecto del sistema de laboreo en las pérdidas de suelo por erosión en la rotación trigo-avena y praderas en la precordillera andina de la región centro sur. *Agricultura Técnica* 60: 259-269.
- Sempé, M.E. y H.O. Chidichimo (2004). Efecto del sistema de labranza en la calidad industrial del trigo. En: Actas del VI Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca, 20 al 22 de octubre de 2004, pp. 312-313.
- Unger, P.W., B.A. Stewart, J.F. Parr y R.P. Singh (1991). Crop residue management and tillage methods for conserving soil and water in semi-arid regions. *Soil and Tillage Research* 20: 219-240.
- Weisz, R. y D.T. Bowman (1999). Influence of tillage system on soft red Winter wheat cultivar selection. *Journal of Production Agriculture* 12: 415-418.
- Wilhelm W.W., J.S. Schepers, L.N. Mielke, J.W. Doran, J.R. Ellis y W.W. Stroup (1987). Dryland maize development and yield resulting from tillage and nitrogen fertilization practices. *Soil and Tillage Research* 10: 167-179.