

Influencia del ambiente edáfico y la fertilización nitrogenada, en cultivares de trigo diferenciados por su potencial.

Effect of soil environment and nitrogen fertilization on wheat cultivars with different potential.

Quiroga, A.^{1,2}; R. Fernández^{1,2}; O. Ormeño³; I. Frasier¹ & E. Noellemeyer²

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del ambiente edáfico sobre el rendimiento y la respuesta de tres variedades de trigo a la fertilización nitrogenada a la siembra (dosis 0, 40 y 120 Kg N/ha). Las diferencias fueron evaluadas mediante ANOVA doble y LSD de Fisher. Se calcularon los márgenes brutos por tratamiento. Los cuatro factores considerados en el ensayo (sitio, ambiente, cultivar y fertilización) influenciaron significativamente sobre el cultivo. El rendimiento y la respuesta a la fertilización se relacionaron con la disponibilidad de agua que resultó contrastante entre ambientes. El número de granos m⁻² fue el componente con mayor incidencia sobre el rendimiento variando ampliamente entre tratamientos (desde 5000 a 15000 granos m⁻²). Estas diferencias dieron lugar a un amplio rango de variación en los márgenes brutos entre ambientes, comprobándose un efecto negativo de la fertilización en el ambiente con mayores restricciones y una contribución positiva en el margen bruto en los ambientes con menores restricciones hídricas.

Palabras claves: ambientes edáficos, disponibilidad hídrica, cultivares, fertilización.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to evaluate the effect of soil environment on yield and response of three wheat cultivars to fertilization with three doses (0, 40 and 120 kg ha⁻¹). The differences were analyzed with analysis of variance and Fisher's LSD test. Gross margins of each treatment were calculated. All four factors tested in this experiment (site, environment, cultivar and fertilization) had a significant influence on crop performance. Yield and fertilization response were related to water availability which differed among environments. The

¹ EEA INTA Anguil, (6326) Anguil, La Pampa. E-mail: aquiroga@anguil.inta.gov.ar

² FA, UNLPam. (6300) Santa Rosa, La Pampa.

³ Asesor privado.

yield component that most affected yield was the number of grains per square meter, showing strong variability among treatments (5000 to 15000 g m⁻²). These differences produced a wide range of variation in gross margins between environments, where a negative effect of fertilization in the more moisture limited environment could be observed, while in those with less moisture restrictions a positive contribution of fertilization to gross margin was found.

Key words: soil environment, moisture availability, cultivars, fertilization

INTRODUCCIÓN

En la mayor parte del área productiva de Argentina, se comprueba que las precipitaciones ocurridas durante el ciclo de los cultivos no cubren los requerimientos de uso consuntivo de los mismos. Aspectos genéticos de los suelos (Quiroga *et al.*, 2006), aspectos del cultivo (Dardanelli *et al.*, 1997) y de manejo (Fernández *et al.*, 2008; Quiroga *et al.*, 2001) ejercen significativa influencia sobre la producción de granos, aunque el peso relativo de los mismos normalmente varía entre sitios con distintas características edafoclimáticas. Identificar los factores más importantes y establecer cierto orden jerárquico en los mismos resulta imprescindible para sentar las bases de manejo del agua y nutrientes. Por otra parte, comprender el desarrollo fenológico de un cultivo es un aspecto clave, no sólo para establecer la adaptabilidad del mismo a distintos ambientes, sino también para identificar los períodos críticos en los que se define el rendimiento (Miralles *et al.*, 2007) y consecuentemente desarrollar estrategias de manejo tendientes a cubrir los requerimientos de agua y nutrientes.

Estudios realizados en la región semiárida pampeana (RSP) muestran que el rendimiento de los cultivos se relacionó con el agua almacenada a la siembra (Ormeño & Quiroga, 2001) y por ende con la canti-

dad de residuos en superficie durante el barbecho ($r=0,85$). Fontana *et al.*, (2006) comprobaron además que en perfiles del mismo espesor y cobertura el rendimiento de trigo y la respuesta a la fertilización fue mayor en aquellos de granulometrías más finas. Si bien incrementar el rendimiento es un aspecto importante, la estrategia de manejo debe también tener en cuenta aspectos cualitativos como el contenido de N en grano (Alzuela *et al.*, 2007).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del ambiente edáfico sobre el rendimiento y la respuesta de tres variedades de trigo a la fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

En las localidades Miguel Riglos (R, La Pampa) y Mary Lauquen (M, oeste de Bs. As.) se diferenciaron los ambientes edáficos de loma (L, Ustipsamientos Típicos) y bajo (B, Haplustoles Enticos) a nivel de cada lote. Se establecieron 3 cultivares de trigo (Capricornio: C1, Baguette Premium 11: C2 y Baguette 19: C3) y se evaluó la respuesta a tres dosis de N aplicado a la siembra (0, 40 y 120 kg N/ha). En R la siembra se efectuó el 10 de junio (campana 2007), previa labor con rolo triturador (antecesor girasol, 18 qq/ha). En M la siembra

se efectuó el 2 de junio sobre antecesor soja de primera (23 qq/ha). El sistema de labranza implementado en ambos sitios fue siembra directa y la fuente nitrogenada fue urea. Se determinó el contenido de humedad de los suelos a intervalos de 20 cm hasta los 140 cm de profundidad (método gravimétrico) y el punto de marchitez permanente (a 1500 KPa, membrana de presión, Richards). En muestras de 0-20cm se determinaron las fracciones granulométricas (sedimentación), materia orgánica (MO, Walkley y Black), fósforo extractable (P, Bray y Kurtz) y en muestras de 0-20 y 20-60cm se determinaron los contenidos de nitrógeno de nitratos (ac. cromotrópico). En trigo se realizaron determinaciones de macollos/planta, índice de verdor (Minolta SPAD 502), rendimiento en grano y contenido de proteína (Kjeldahl). Los resultados se analizaron estadísticamente mediante ANOVA doble en bloques completamente aleatorizados y las diferencias entre medias a través del método de Fischer (DMS), utilizando el software SAS (SAS Institute, 1999). Finalmente se calcularon los márgenes brutos por ambiente edáfico para cada variedad de trigo (costo de la semilla $C3 > C2 > C1$) y dosis de fertilizante aplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron similares entre sitios (299 mm en R y 316 mm en M), la distribución de las mismas fue diferente durante el periodo más crítico del cultivo. Las precipitaciones ocurridas en septiembre y octubre fueron 116 y 48 mm en M y 99 mm en R (Figura 1). Por otra parte, asociado con la variación entre ambientes de

los contenidos de arcilla + limo (6 a 29%) resultó variable la capacidad de retención de agua entre 100 y 229 mm, al considerar los primeros 140 cm del perfil. En el mismo sentido, variaron los contenidos de MO, mostrando estrecha relación con los contenidos de arcilla + limo ($R^2=0.92$). De esta manera los ambientes L presentaron menor contenido de MO que los B. Por su parte, los contenidos de P mostraron un comportamiento inverso siendo mayores en L (Tabla 1). No obstante las diferencias en los

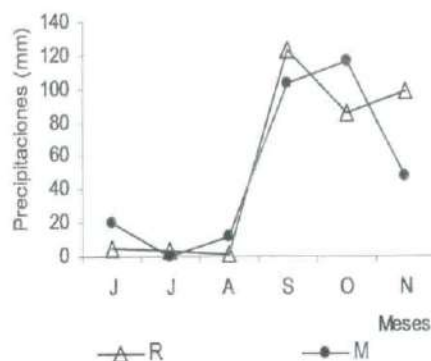


Figura 1. Precipitaciones (mm) durante el ciclo del cultivo en los sitios Miguel Riglos (R) y Mary Lauquen (M).

niveles de P entre sitios y ambientes, puede inferirse que los mismos resultaron no limitantes para el cultivo de trigo de acuerdo con lo señalado por Drecker *et al.*, (2004).

Bajo estas condiciones de estudio se comprobó que los cuatro factores considerados en el ensayo (sitio, ambiente, cultivar y fertilización) influenciaron significativamente sobre el rendimiento de trigo. Al analizarlos en conjunto, y considerando el efecto del ambiente edáfico (L y B) como promedio de ambos sitios (R y M), se observó que el rendimiento de trigo

en B (3926 kg ha⁻¹) fue significativamente superior ($p < 0.0001$ y $n = 54$) al de L (2754 kg ha⁻¹). Asimismo, se comprobó respuesta positiva a la fertilización nitrogenada ($p < 0.0001$ y $n = 36$) para las dos dosis ensayadas (346 y 492 kg ha⁻¹ con 40 y 120 N) respecto del testigo (3061 kg ha⁻¹) tanto en R como en M. El C2 fue el genotipo que presentó mayor rendimiento promedio (3853 kg ha⁻¹) con diferencias de 407 y 1132 kg ha⁻¹ respecto del C3 y C1 para el promedio de los sitios, ambientes y dosis. Por otra parte, el sitio R se destacó significativamente sobre M ($p < 0.0001$ y $n = 54$), con rendimientos promedios de 3712 y 2968 kg ha⁻¹ respectivamente. Este comportamiento estaría relacionado con las diferencias en la disponibilidad de agua. Del análisis de los contenidos de agua útil, tanto a la siembra como en floración, se com-

probó que los mismos fueron mayores en R (87 y 107 mm) respecto de M (68 y 58 mm). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Quiroga & Paccapelo, (1990) quienes concluyeron que la variación del rendimiento en trigo se relacionó con el uso consuntivo ($R^2 = 0.92$) y este con el agua almacenada a la siembra y en octubre ($R^2 = 0.85$). Los autores señalan que este período resultaría especialmente crítico para trigo por coincidir con el desarrollo de los órganos florales, momento en que una menor disponibilidad de agua en el suelo afectaría la formación de polen, reduciendo el número de granos. Este comportamiento también ha sido registrado para las condiciones de la región semiárida pampeana por Quiroga *et al.*, (1998) y Satorre *et al.*, (1998).

Tabla 1. Características edáficas de los sitios seleccionados.

Ambientes	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	MO (%)	P (ppm)	Agua Útil (mm/140cm)		N-NO3 (kg/ha)	
						AU en jun	AU en oct		
M	Loma(ML)	2	4	94	0,72	26,8	34	36	49,8
	Bajo(MB)	5	14	81	1,37	20,6	101	70	72,7
R	Loma(RL)	4	12	84	0,96	24,6	77	66	76,9
	Bajo(RB)	7	22	71	2,13	19,8	97	147	87,0

De esta manera, la respuesta a la fertilización mostró relación positiva con la disponibilidad de agua en octubre e incidió principalmente en el número de granos/m² ($R^2 = 0.88$ y 0.98) dando lugar a un amplio rango de variación (entre 5000 y 15000 granos/m²) tanto en R como en M (Figura 2a). La fertilización también afectó el número de macollos/planta, la intensidad del verdor y los contenidos de proteína en grano (Tablas 2 y 3), mientras que no se comprobaron efectos sobre el peso de los granos ($R^2 = 0.02$). Si bien se comprueba un efecto

de la dosis de nitrógeno sobre el contenido de proteína en grano, no se observaron diferencias en el incremento de proteína en grano entre cultivares cuando se aplicó la dosis más alta de nitrógeno en el promedio de los ambientes (Figura 2b).

Teniendo en cuenta las diferencias encontradas entre sitios en rendimiento promedio y en los contenidos de agua útil a la siembra y en floración, se analizaron ambos sitios por separado, a modo de detectar las interacciones entre factores dentro de cada sitio. Se observó interacción ambiente x

Tabla 2. Número de macollos/ planta e índice de verdor (SPAD-Minolta) para los tratamientos testigo y fertilizado (120 N) de tres cultivares de trigo (C1: Capricornio, C2: Baguette Premium 11, C3: Baguette 19) en dos sitios R: Miguel Riglos y M: Mary Lauquen.

			R		M	
			promedio macollos/pl	promedio Spad	promedio macollos/pl	promedio Spad
Bajo	C1	testigo	2	37,3	3,2	35,3
		fertilizado	3,6	43,3	4	46,7
	C2	testigo	1,6	40,7	3,4	43
		fertilizado	2,8	46	4,4	43,3
	C3	testigo	2,6	40,3	3,4	41,3
		fertilizado	3,2	41,7	3,6	43,3
Loma	C1	testigo	1,8	36,3	2	29
		fertilizado	2,8	43,3	2,2	43,7
	C2	testigo	1,6	32	1,8	37
		fertilizado	2,8	48,3	2,8	43,3
	C3	testigo	2,6	34,3	2,2	41
		fertilizado	3,8	35,7	3	46,7

Tabla 3. Contenido de proteína de tres cultivares de trigo (C1: Capricornio, C2: Baguette Premium 11, C3: Baguette 19) para dos sitios R: Miguel Riglos y M: Mary Lauquen.

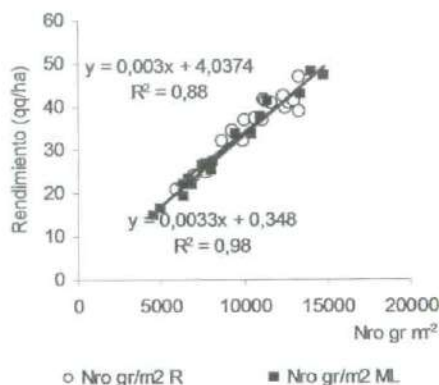
Ambientes	Dosis N	Cultivar	M	R
Loma	0	C1	14,40%	12,30%
	40		14,60%	15,30%
	120		18,20%	15,80%
	0	C2	12%	14%
	40		13,80%	14,30%
	120		15,60%	18,90%
	0	C3	12,40%	14,60%
	40		14,70%	14,40%
	120		18,70%	16,20%
Bajo	0	C1	15,50%	13,00%
	40		16,40%	14,60%
	120		16,60%	15,40%
	0	C2	11,60%	12,60%
	40		13,80%	13,20%
	120		16,20%	14,50%
	0	C3	14,10%	12,00%
	40		14,60%	13,80%
	120		15,80%	14,90%

cultivar tanto en R ($p < 0.0001$) como en M ($p = 0.0032$). Sin embargo, en M también resultó significativa la interacción ambiente x dosis ($p = 0.0026$).

En R, la respuesta a la fertilización al incrementar la dosis de N presentó un comportamiento similar en L y B, comprobándose respuesta significativa de 508

kg/ha cuando se fertilizó con 40 N respecto de los testigos. Sin embargo, no se observó respuesta por mayor aporte de N, resultando no significativa la diferencia entre las dosis de 40 y 120 N, lo cual permitiría inferir que el recurso agua fue el factor limitante cuando se utilizó la dosis más alta (Figura 2b).

a)



b)

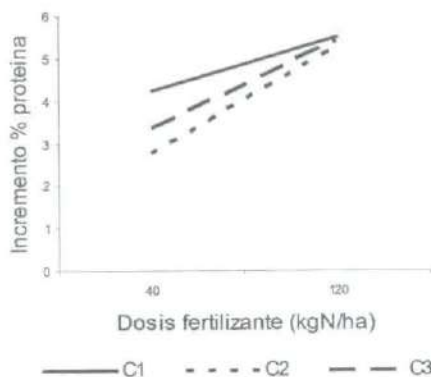


Figura 2. a) Relación entre el número de granos/m² (R y M) y el rendimiento de trigo, b) Incremento en el % de proteína en grano respecto del 11% base según estándar de comercialización de trigo, en 40 y 120 kg N/ha en tres cultivares (C1: Capricornio, C2: Baguette Premium 11, C3: Baguette 19).

No ocurrió lo mismo en M, donde la baja disponibilidad de agua en L (34 mm de AU a la siembra y 36 mm en octubre) condicionó la respuesta a la fertilización del cultivo y no se detectaron diferencias entre dosis. En cambio en B, donde la disponibilidad hídrica fue mayor (AU a la siembra 101 y en octubre 70 mm), sí se observó respuesta al agregado de N con incrementos en el rendimiento promedio de los tres cultivares de 380 kg ha⁻¹ al aumentar la dosis de N (Figura 3a).

Con respecto al comportamiento de los genotipos, en el sitio M los tres cultivares de trigo presentaron diferencias sig-

nificativas en rendimiento promedio, registrándose una secuencia C2 > C3 > C1 (Figura 4a). En cambio, en R la interacción cultivar x ambiente mostró otros resultados con secuencias C2 = C3 > C1 en L y C2 > C1 = C3 en B (Figura 4b). Estas secuencias evidencian que, en los dos sitios y ambientes analizados, donde ML fue el ambiente con mayores restricciones hídricas (AU a la siembra y en octubre de 34 y 36 mm) y RB el ambiente con menores limitaciones (AU a la siembra y en octubre de 97 y 147 mm), el C2 presentó mayor potencial de rendimiento respecto de C3 y C1. Es decir, se adaptó mejor a las variaciones en la dispo-

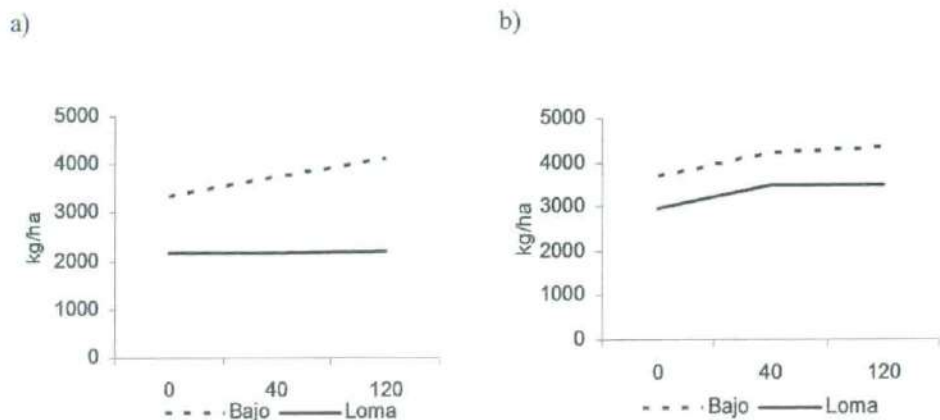


Figura 3. Respuesta a la fertilización nitrogenada (kg ha^{-1}) promedio de tres cultivares de trigo, en ambientes de loma (L) y bajo (B) y dos sitios a) Mary Lauquen y b) Miguel Riglos.

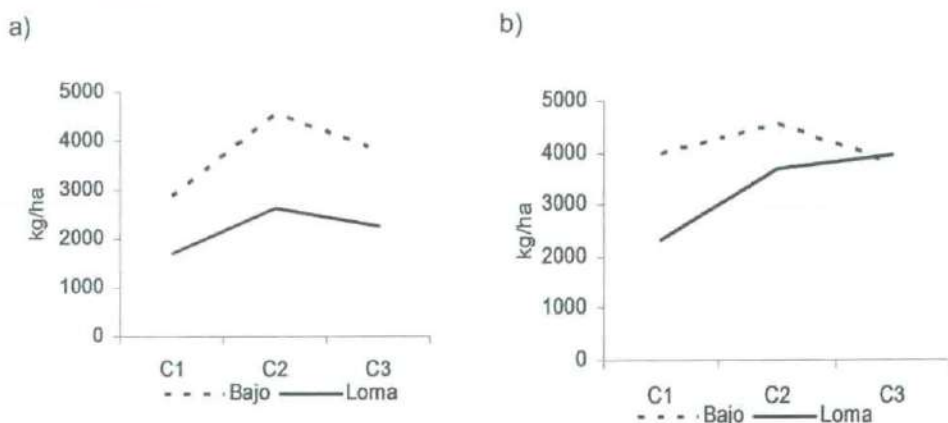


Figura 4. Rendimiento promedio de tres variedades de trigo en ambientes de loma (L) y bajo (B) y en dos sitios a) Mary Lauquen y b) Miguel Riglos.

nibilidad hídrica entre ambientes.

Por otra parte, al considerar los contenidos de nitrógeno en grano, se observó que en los ambientes de menor potencial (L) se obtuvieron los mayores porcentajes de proteína con el agregado de nitrógeno (Tabla 3).

Finalmente la Figura 5 muestra la variación

en los márgenes brutos ($\text{u}\$/\text{ha}$ 250-750) para el cultivar de mejor comportamiento. Resultó particularmente importante comprobar que este amplio rango de variación se registró entre ambientes de un mismo lote (ML y MB), y que además, el aporte de N incidió negativamente en el margen bruto de ML y positivamente en MB.

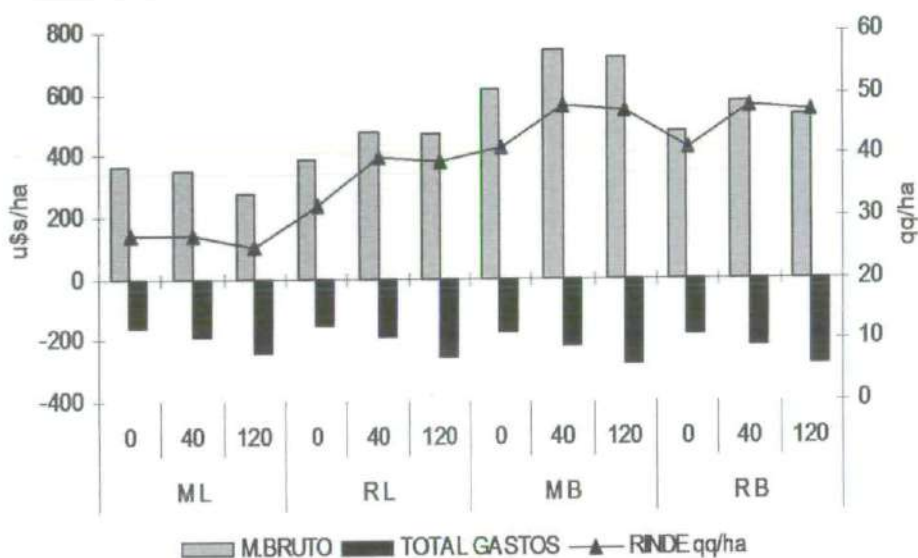


Figura 5. Margen bruto, gastos totales (u\$/ha) y rendimiento (qq/ha) del cultivar Baguette Premium 11 (C2) fertilizado con 0, 40 y 120 kg de N en loma (L) y bajo (B) en dos sitios: Miguel Riglos (R) y Mary Lauquen (M)

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados analizados y considerando que en regiones semiáridas el manejo del agua constituye la principal limitante de la producción, resulta necesario considerar el manejo por ambientes al momento de definir la estrategia de producción de un cultivo. La disponibilidad de agua a la siembra y durante el periodo crítico de trigo (octubre), condicionó la respuesta a la fertilización y la expresión del potencial genético.

Puede concluirse que en ambientes edáficos con menores restricciones en la disponibilidad hídrica incorporar tecnología (genética y fertilización) permitirían alcanzar mejores resultados cuanti- y cualitativos. Por su parte, en ambientes con

mayores limitaciones (ML) la fertilización no afectó el rendimiento de grano e incidiendo negativamente sobre los márgenes brutos a pesar de registrarse aumentos en los contenidos de proteína en grano.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzuela I. 2007. Fertilización nitrogenada y el momento de aplicación: Su impacto sobre el rendimiento y la calidad en trigo pan. Workshop Internacional: Eco Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina.
- Dardanelli J.; O. Bachmeier; R. Serrano & R. Gil. 1997. Potential

- soil water extraction parameters for several crops in a silty loam soil. *Field Crops Res.* 54:29-38.
- Dreccer M.; R. Ruiz; G. Maddonni & E. Satorre. 2004. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Fac. de Agronomía – UBA. 18: 481-497.
- Fernández R.; A. Quiroga; E. Noellemyer; D. Funaro; J. Montoya; B. Hitzmann & N. Peinemann. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *Agric. Water Manag.* 95:1028-1040.
- Fontana F.; M. Paturlane; M. Saks & A. Quiroga. 2006. Efecto del suelo sobre propiedades edáficas y rendimiento de trigo en la región semiárida pampeana. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta. Actas.115p.
- Miralles D.; F. González & E. Whitechurch, 2007. Ecofisiología del desarrollo: Desarrollo productivo como determinante del número de granos en trigo. Workshop Internacional: Eco Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Argentina.
- Ormeño, O. & A. Quiroga. 2001. Cobertura. Aspectos del manejo en relación con la conservación de los suelos y el agua. Bol. Divulgación técnica N° 72. EEA INTA Anguil.
- Quiroga A.; D. Funaro; E. Noellemyer & N. Peinemann. 2006. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 90:63-68.
- Quiroga A. & H. Paccapelo. 1990. Evaluación de algunos aspectos de las relaciones hídricas en trigo, en la Región Semiárida Pampeana. *Rev. de la Fac. de Agr. Universidad Nacional de La Pampa.* 5: 109:115.
- Quiroga A.; M. Díaz-Zorita & D. Buschiazzo. 2001. Safflower productivity as related to soil water storage and management practices in semiarid regions. *Soil Sci. Plant Anal.* 17 y 18:2851-2862.
- Quiroga A.; O. Ormeño; F. Babinec & E. Adema. 1998. Manejo del agua del suelo para el cultivo de trigo. Contribución de la siembra directa en la RSP. Actualización técnica del cultivo de trigo en la Provincia de La Pampa. Bol. Divulgación técnica N° 58. EEA INTA Anguil. pp.25-35.
- Satorre E.; U. Satorre; M. Kenny; F. Brazi; J. Kenny & F. Salvere. 1998. Modelos de la producción de trigo en el CREA Huinca Renancó. Cátedra de Cereales, UBA-AACREA Oeste Arenoso, 16 p.