



RENDIMIENTO Y RESPUESTA COMPARADA A FÓSFORO Y NITROGENO EN TRIGO Y CEBADA CERVECERA

(2009, 2010, 2011, 2012 y 2013)

Ferraris, GN^{1*}; Mouselgne, F¹; Barraco, M²; Cavo, J¹; Couretot, L¹; Falconi, R³; Ferraris, O¹; Lemos, E¹; López de Sabando, M¹; Magnone, G¹; Martín, A¹; Melilli, P¹; Paganini, A⁴; Pérez, G.¹; Pontoni, R¹; Zanettini, J¹; Scianca, C⁵; Solá, R¹; Tellería, MG¹; Ventimiglia, L¹.

¹ Área de Desarrollo Rural. INTA EEA Pergamino. ²INTA EEA General Villegas ³El Ceibo Cereales, Arribeños ⁴INTA EEA San Pedro⁴, Actividad privada⁵.

* nferraris@pergamino.inta.gov.ar Av Frondizi km 4,5 B2700WAA Pergamino Argentina; 54-02477-439026.

INTRODUCCIÓN

Trigo y cebada cervecera son cultivos que comparten superficie de siembra en diversos ambientes de la Región Pampeana Argentina, y en particular en el Sudeste, Sudoeste, Centro y recientemente el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Aunque cada uno de estos cultivos tiene particularidades en cuanto a su manejo, enfermedades, requerimientos hídricos, dinámica de absorción de nutrientes y necesidades de fertilización, es común extrapolar recomendaciones y prácticas de manejo desde el trigo hacia la cebada, sin una adecuada validación.

En los cereales de invierno, Nitrógeno (N) y Fósforo (P) cumplen un rol relevante. El N es el elemento de mayor impacto en los rendimientos y afecta parámetros sensibles relacionados con la calidad, como concentración de proteína, gluten, tamaño de grano y peso hectolítrico (Prystupa et al., 2011). Por su parte, el P tiene incidencia sobre los rendimientos, y un efecto residual sobre el cultivo de verano que le sigue en la rotación (Ferraris et al., 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto ambiente, año, tipo de suelo y fertilización con NP sobre i). El rendimiento y ii). La respuesta a la fertilización en trigo y cebada en la región centro y noroeste de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante cinco años consecutivos, se realizaron 14 experimentos de campo abarcando la región Centro, Medio Oeste y Norte de Buenos Aires. Los ensayos fueron conducidos en un diseño en bloques completos al azar, con 3 a 4 repeticiones y tratamientos en arreglo factorial de 2 cultivos, 2 niveles de P y 3 niveles de N. Las parcelas de trigo y cebada fueron sembradas en la misma fecha y en forma apareada. El P se aplicó localizado a la siembra. El N fue incorporado o en cobertura total, siempre a la siembra del cultivo. La descripción de los tratamientos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en los ensayos.

Trat	Tratamientos (*)
T1	P0 N0
T2	P0 N50
T3	P0 N100
T4	P20 N0
T5	P20 N50
T6	P20 N100

(*) Dosis de nutriente aportado como fertilizante

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de los suelos por bloque, cuyos resultados promedios se expresan en la Tabla 2, junto a una caracterización de los sitios experimentales.

Tabla 2: Descripción de los sitios, variedades y análisis de suelo al momento de la siembra.

Sitio	Serie de Suelo	Tipo de Suelo	Variedades Trigo - Cebada	MO (g kg ⁻¹)	N-Nitratos suelo 0-60 cm (kg ha ⁻¹)	P-disp. mg kg ⁻¹
Pergamino 2009	Pergamino	Argiudol típico	Baguette 17 Scarlet	2,17	36,4	12,8
Arribeños 2009	Santa Isabel	Hapludol típico	Baguette 9 Scarlet	2,65	65,0	23,2
SA de Areco 2009	Capital Sarmiento	Argiudol típico	Baguette 11 P Scarlet	3,12	44,2	12,6
9 de Julio 2009	Norumbega	Hapludol éntico	DM Cronox Scarlet	3,42	67,3	5,2
Pergamino 2010	Pergamino	Argiudol típico	Baguette 17 Scarlet	2,57	41,6	10,7
Junín 2010	Junín	Hapludol típico	Klein Flecha Scarlet	1,90	45,6	6,1
25 de Mayo 2010	Norumbega 3	Hapludol éntico	Klein Tauro Scarlet	2,03	46,8	49,6
Bolívar 2010	Bolívar	Hapludol éntico	Baguette 11 P Scarlet	2,50	44,0	5,3
Pergamino 2011 loma	Pergamino	Argiudol típico	Baguette 17 Scarlet	2,75	78,5	15,1
Pergamino 2011 bajo	Pergamino	Argiudol típico	Baguette 17 Scarlet	3,39	85,2	27,0
Junín 2011	Junín	Hapludol típico	Baguette 601 Scarlet	2,52	91,5	12,9
Bolívar 2011	Bolívar	Hapludol éntico	DM Cronox Scarlet	3,39	42,9	27,0
Pergamino 2012	Pergamino	Hapludol típico	Baguette 601 Scarlet	2,70	84,5	13,7
Pergamino 2013	Pergamino	Hapludol típico	Baguette 601 Explorer	2,80	56,8	7,6

La cosecha se realizó en forma manual, o mecánica. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones fueron muy reducidas y limitaron los rendimientos en el 2009, más favorables en 2010, año en el que prácticamente no se registró déficit, y con una deficiencia moderada en

2011. Se registraron excesos perjudiciales en 2012, mientras que el ciclo 2013 fue seco durante el invierno y primavera temprana, pero con buenas condiciones para el llenado de granos.

En la Tabla 3 se presentan los rendimientos de los diferentes sitios experimentales. Como es de esperar en una amplia red, los rendimientos abarcaron un rango extendido, de entre 1841 a 7070 kg ha⁻¹ en trigo, y 1738 a 7545 kg ha⁻¹ en cebada. El cultivo de menor rendimiento medio fue la cebada de 25 de Mayo 2010 con 2468 kg ha⁻¹, y el de mayor productividad media la cebada de Bolívar 2011, alcanzando 6616 kg ha⁻¹. En las Figuras 1 y 2 se presenta la relación entre los rendimientos de trigo y cebada cervecera. Los puntos que están por debajo de la bisectriz (línea negra) indican mayor rendimiento del trigo, mientras que los que están por encima representan mayor rendimiento de cebada. La pendiente de la relación entre ambos rendimientos casi siempre es <1, indicando que a niveles bajos de productividad rindió más la cebada, mientras que al aumentar estos prevaleció el trigo. Para todo el grupo de datos, el punto de quiebre se encuentra en 3540 kg ha⁻¹.

Tabla 3: Rendimiento de Trigo y Cebada cervecera según dosis de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) aplicados como fertilizante para catorce sitios del centro-norte de Buenos Aires, en las campañas 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013.

Localidad	Dosis NP	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada
		P0	P0	P20	P20
Pergamino 2009	N 0	3982	3771	3567	3321
	N 50	4422	4662	4818	4611
	N 100	5046	4349	5517	4442
Arribeños 2009	N0	2511	2865	2517	3909
	N50	2509	3552	2611	3341
	N100	2737	4196	2605	3001
9 de Julio 2009	N0	2186	3053	2695	3548
	N50	2928	3714	4061	5247
	N100	2946	4052	4190	5488
San Antonio de Areco 2009	N0	3310	4222	3891	3652
	N50	3188	4591	3362	5170
	N100	3649	5053	3978	5770
Junin 2010	N0	2125	1738	2986	3344
	N50	2094	2139	3112	3513
	N100	1841	2849	2796	3468
25 de mayo	N0	2417	2030	2257	2593
	N50	2377	2010	2650	3053
	N100	2083	2187	3110	2933
Bolívar 2010	N0	4506	3812	5670	6127
	N50	4424	4287	6624	6182
	N100	4985	4039	6362	6816
Pergamino 2010	N0	5118	4696	5943	5439
	N50	5150	5100	5864	5421
	N100	5250	5221	6332	6089
Pergamino 2011 loma	N0	4422	3805	4338	4838
	N50	4908	3984	4792	4851
	N100	4666	3623	4762	4580
Pergamino 2011 bajo	N0	4373	3476	4777	3796
	N50	4411	4221	5403	4544

	N100	4821	3921	5356	4349
Junín 2011	N0	3928	2291	3484	2101
	N50	3897	2802	5017	3730
	N100	4851	3356	4866	3596
Bolívar 2011	N0	5088	5155	6809	6362
	N50	6276	6175	6900	7824
	N100	6141	6634	7070	7545
Pergamino 2012	N0	2527	2189	2778	2375
	N50	3031	2974	3599	2996
	N100	3400	2853	3574	3391
Pergamino 2013	N0	4588	3320	4709	3172
	N50	4681	3144	5118	3320
	N100	5279	3319	4935	3734

El agregado de P (P20) aumentó los rendimientos, y disminuyó la brecha de rendimiento trigo-cebada al variar el ambiente (Figura 2.a). La cebada tendió a ser más competitiva en la región centro en suelos Hapludoles, mientras que el trigo mostró mayores rendimientos en Argiudoles de la región Norte. El efecto año se manifestó sobre los rendimientos relativos cebada:trigo. En 2009 y 2010 se cumplió la tendencia central de mejor performance relativa del trigo con el aumento de rendimiento medio (Figura 2.c). En cambio, en 2011 la tendencia fue inversa, aunque el trigo rindió más que la cebada en la mayoría de los sitios. En 2012 predominaron los rendimientos bajos, sin clara prevalencia entre cultivos. En 2013, los rendimientos de trigo superaron a los de cebada (Figura 2.c).

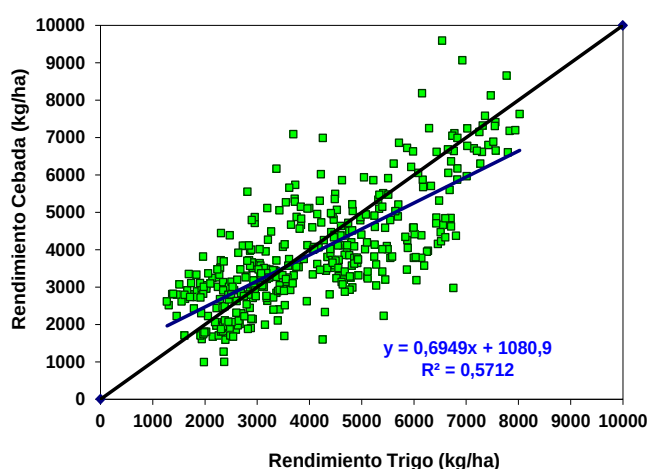


Figura 1.a

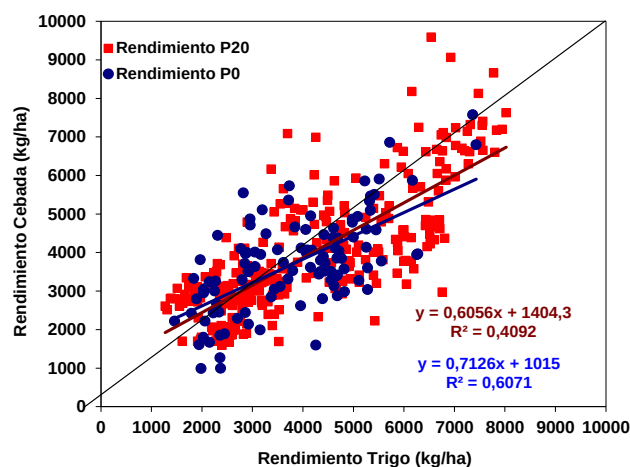


Figura 1.b

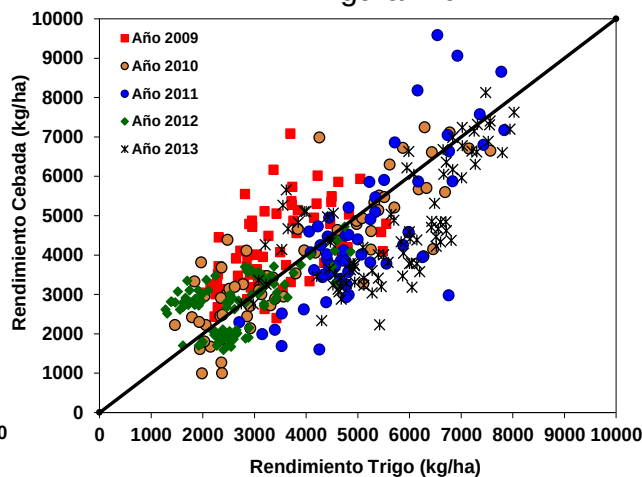
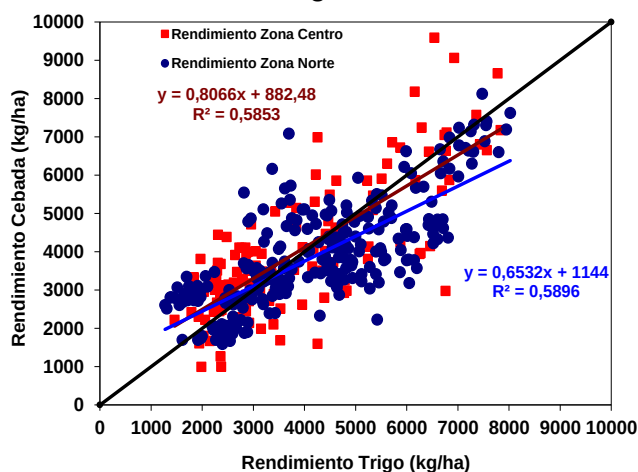


Figura 1.c

Figura 1.d

Figura 1: Relación entre rendimientos de cebada cervecera y trigo. a) Todos los sitios y según b) Nivel de P, c) Región-tipo de suelo y d) año de cultivo. Datos de cinco campañas en 14 localidades del Centro y Noroeste de Buenos Aires.

A. Respuesta a la fertilización con Nitrógeno.

La cebada mostró una caída pronunciada en los rendimientos para los niveles muy bajos o nulos de fertilización. Sin embargo, el nivel de N en el que alcanzaron el 95 % del rendimiento máximo fue muy similar (Figura 2). Esto significa que la cebada cervecera fue muy eficiente para aprovechar el N agregado, especialmente en dosis bajas (Figura 2), tal lo documentado por Ross et al., 2011. La EUN entre trigo y cebada tendió a equipararse en niveles elevados de fertilización.

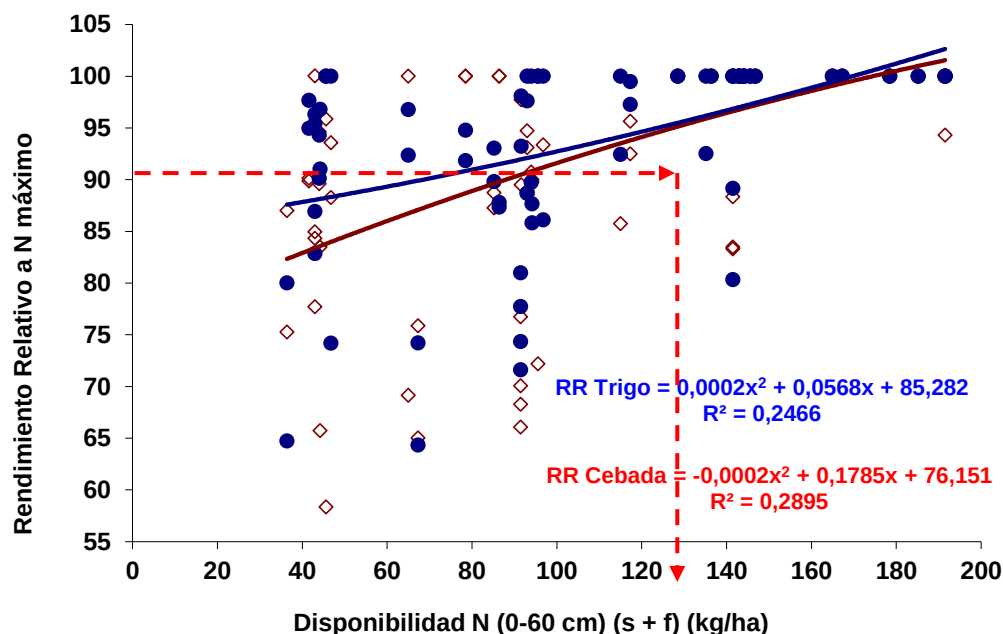


Figura 2: Rendimiento relativo ($RR = [\text{Rendimiento dosis } N_x / \text{Rendimiento dosis } N_{100}] * 100$) en función de la disponibilidad de N a la siembra (suelo 0-60 cm + fertilizante) según cultivo. Rombos vacíos: cebada cervecera. Círculos llenos: Trigo. campañas 2009 a 2013. Centro, Norte y Oeste de BA.

B. Respuesta a la fertilización con Fósforo.

La respuesta a P fue de una magnitud elevada. En 11 de las 14 localidades, la respuesta a P en cebada fue superior a la observada en trigo, alcanzando una media para toda la red de 656 y 846 kg ha^{-1} , respectivamente (Figura 3). Esta tendencia se mantuvo estable en todo el rango de niveles de P explorado en este grupo de ensayos. La respuesta a P disminuyó con el aumento de la disponibilidad de P, tendencia observada en ambos cultivos, aunque respetando la diferencia de incremento a favor de la cebada.

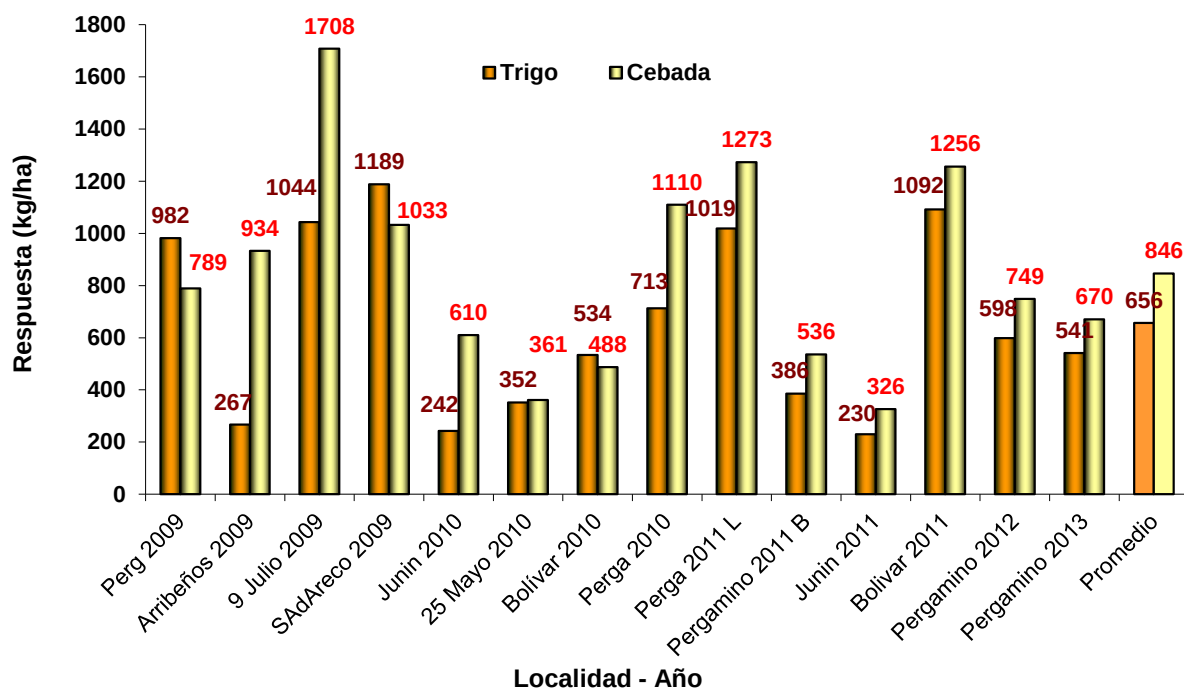


Figura 3: Respuesta a la fertilización con fósforo (20 kg ha^{-1}) según cultivo, localidad y año.

La distribución de los datos de respuesta favoreció un análisis de cuadrantes, más que el ajuste de una función lineal. Esto se observa en la Figura 4. Se pueden separar dos poblaciones de datos: aquellas localidades con $P < 16 \text{ mg kg}^{-1}$, y las que poseían $P > 23 \text{ mg kg}^{-1}$, no habiendo sitios en el rango medio. Para ambas poblaciones de datos, pero especialmente en los sitios de alto P, la respuesta en cebada fue superior, confirmando la alta dependencia del nutriente en esta especie (Ferraris & Couretot, 2013). Efectivamente, carencias de P provocan en cebada menor crecimiento, escasa cobertura y una notable retraso y desuniformidad fenológica, siendo este último efecto de menor magnitud en trigo. Además de la deficiencia nutricional *per se*, un cultivo de madurez retardada y desuniforme afecta su rendimiento, demora la siembra de los cultivos de segunda, y perjudica aspectos claves relacionados con la calidad del grano i.e. calibre, peso de los granos.

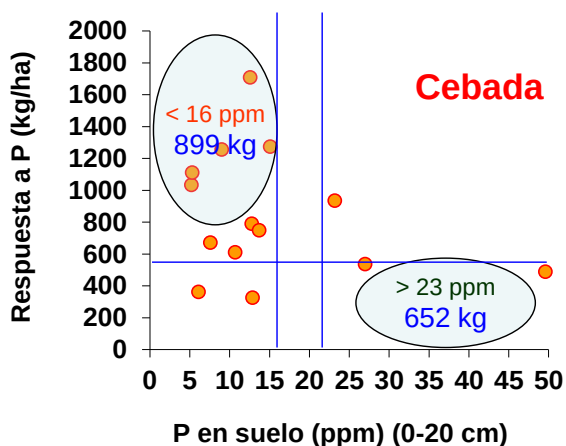


Figura 4.a

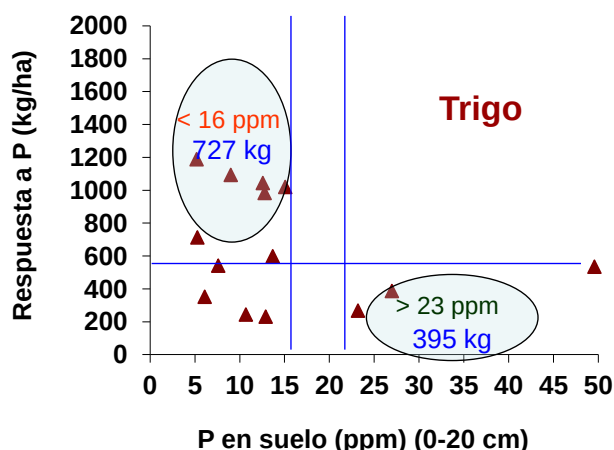


Figura 4.b

Figura 4: Poblaciones de respuesta a P según cultivo, separadas por el método de cuadrantes de Cate y Nelson considerando como variable independiente la concentración de P Bray en suelo (0-20 cm). a) Cebada cervecera. b) Trigo.

CONCLUSIONES

Cebada y trigo son alternativas invernales cuya factibilidad y conveniencia hoy está siendo discutida. Ambos comparten la estación de crecimiento, maquinaria, algunos agroquímicos y prácticas de manejo. Sin embargo difieren en la respuesta a diferentes factores de producción.

La cebada cervecera mostró ciclo más corto, menor consumo hídrico, alta sensibilidad a P, sensibilidad y buena respuesta a dosis bajas de N. Compitió ventajosamente en niveles bajos y medios de rendimiento, sobre suelos Hapludoles del Centro-oeste de Bs As., con adecuada fertilización fosforada. El trigo por su parte mostró mayor adaptación a la región Norte, en ambientes de alto rendimiento. A pesar de esto, sostuvo bien su productividad en bajos niveles de fertilización, mostrando mayor cantidad de mecanismos compensatorios, aunque con menor eficiencia en las dosis iniciales. Son necesarios muchos más estudios con el objetivo de identificar en que situación agroecológica puede ser especialmente conveniente optar por uno u otro cultivo.

BIBLIOGRAFIA

Ferraris & Couretot. 2013. Respuesta a la fertilización en variedades de cebada cervecera y su comparación con un cultivar de trigo. En: Trigo y cultivos invernales en SD. Revista de AAPRESID. 8 pp.

Ferraris y col. 2012. Rendimiento y eficiencia comparativa eficiencia de uso de fósforo, nitrógeno y agua en trigo y cebada cervecera en la región centro y noroeste de Buenos Aires. Resultados de tres campañas agrícolas: 2009, 2010 y 2011. Actas II Jornada de Cultivos Invernales INTA-AIANBA 2012. Pergamino, Mayo de 2012.

Prystupa P., G. Ferraris, T. Loewy, F.H. Gutierrez Boem, L. Ventimiglia, L. Couretot y R. Bergh. 2012. Fertilización nitrogenada de cebada cervecera cv. Scarlett en la provincia de Buenos Aires. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. En CD.

Ross F., J. Massigoge y M. Zamora. 2011. Fertilización de cebada cervecera en ambientes con tosca en el sur de Buenos Aires. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 3: 9-13.