

## **EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON Ca, Mg, N, P Y S SOBRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE TRIGO EN EL DEPARTAMENTO LAS COLONIAS, SANTA FE**

**IMVINKELRIED, H.O.<sup>1</sup>; DELLAFERRERA, I. M.<sup>1,2</sup>; HERMANN, O.M.<sup>1</sup>;**

**PIETROBÓN, M.<sup>1</sup>; ZEN, O.<sup>1</sup> & MAUMARY, R.<sup>1</sup>**

### **RESUMEN**

El logro del rendimiento potencial del cultivo esta condicionado por el manejo, donde la nutrición del mismo juega un rol esencial. El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto del agregado de un compuesto cálcico-magnésico-azufrado (MRD 2500®), en combinación con N y P, sobre los componentes del rendimiento y la productividad del cultivo de trigo. El ensayo se realizó durante la campaña 2010 en la localidad de Esperanza (Santa Fe). Se realizaron 4 tratamientos que consistieron en: (i) MRD+N+P, (ii) MRD+N, (iii) N y (iv) Testigo. El tratamiento MRD+N+P logró aproximadamente un 20% de incremento en la productividad y producción. Se pudo demostrar el efecto positivo de la combinación de los macronutrientes evaluados.

*Palabras clave: producción, productividad, tasa de crecimiento del cultivo, trigo.*

### **SUMMARY**

#### **Effect of Ca, Mg, N, P and S fertilization on wheat yield components in Las Colonias department, Santa Fe.**

Fertilization management is the most important trait for the full expression of crop yield potential. The aim of this work was to evaluate the effect of the addition of a calcium-magnesium-sulfur substance (MRD 2500 ®) in combination with N and P on yield components and productivity of wheat crop. The experiment was conducted during 2010 season in Esperanza (Santa Fe). The four treatments were: (i) MRD+N+P, (ii) MRD+N, (iii) N and (iv) Control. The MRD+N+P treatment achieved approximately a 20% increase in productivity and production. Could be demonstrated the positive effect of the combination of macronutrients evaluated.

*Key words: production, productivity, crop growth rate, wheat.*

---

1.- Docente-investigador. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805 (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe - Telefax: (03496) 426400, interno 365.

2.- IAL – CONICET.

Manuscrito recibido el 16 de abril de 2013 y aceptado para su publicación el 19 de noviembre de 2013.

## INTRODUCCIÓN

El rendimiento potencial de trigo en la Región Pampeana está condicionado principalmente por las variaciones climáticas, específicamente por la radiación incidente y la temperatura media durante el período previo a la floración (Magrin & Travasso, 1997). Esta es la razón por la cual en la región pampeana norte se pueden obtener rendimientos potenciales de trigo de 5000-6000 kg ha<sup>-1</sup> (Abbate *et al.*, 1995). Sin embargo, para alcanzar estos niveles potenciales de producción debe optimizarse el manejo del cultivo, donde la nutrición del mismo juega un rol esencial en la captura de los recursos ambientales.

La región central de Santa Fe, al igual que el resto de la Región Pampeana, se caracteriza por sistemas agrícolas continuos bajo siembra directa, con incrementos importantes de rendimiento relacionados con la demanda creciente y significativa de la aplicación de nutrientes (SIIA, 2012). En este sentido contribuyeron los avances genéticos (Nisi *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2006), la tecnología de la fertilización (Vivas *et al.*, 2011) y el manejo de los cultivos (Villar & Cencig, 2008), entre otros trabajos relevantes. En este contexto el trigo integró siempre gran parte de las rotaciones y constituye una de las cosechas demandantes, particularmente cuando integra el doble cultivo con soja, como se trata en esta experiencia.

En la región centro-norte de Santa Fe desde hace décadas se conocen las necesidades de nitrógeno (N) y la respuesta a fósforo (P) en trigo, en gran parte deficitario (Vivas *et al.*, 2012). Por otro lado, el azufre (S) comenzó a tener relevancia en los últimos años (García *et al.*, 1999; Fontanetto *et al.*, 2002), posiblemente debido a la dis-

minución de la materia orgánica (MO) de los suelos y al aumento de los rendimientos logrados. Montoya y colaboradores (1999) han reportado este efecto como consecuencia de la intensificación de la agricultura desde la década de 1980 en la región pampeana. Estudios regionales indican pérdidas en el orden del 30 al 60% de la MO pristina (Michelena *et al.*, 1989; Andriulo & Cordone, 1998) luego de cien años de agricultura y, especialmente, a causa de la expansión de la agricultura continua en estas últimas décadas (Gil & Garay, 2001).

Además de los macronutrientes mencionados, los cultivos consumen distintas cantidades de calcio (Ca) y magnesio (Mg), siendo las leguminosas las que extraen mayor proporción de estos elementos. La disminución del contenido de cationes en el suelo, medido a través del porcentaje de saturación de bases (%SB), es un fenómeno ya probado (Casas, 2000; Vázquez *et al.*, 2000; Gelati & Vázquez, 2008) que influye sobre el Rdto de los cultivos (Board & Caldwell, 1991; Oliveira & Pavan, 1994; Gambaudo & Micheloud, 2003; Bordoli & Casanova, 2004; Gambaudo *et al.*, 2007; Vasquez *et al.*, 2012); por tanto, con la intensificación de uso del suelo se podrían anexar otras restricciones, tales como las de Ca y Mg, los cuales constituyen bases y componentes del complejo de intercambio catiónico, importantes en los aspectos físicos y químicos del suelo (Picone, 2006).

Conjuntamente a los efectos directos en la incorporación de nutrientes, existen efectos indirectos que se logran con una nutrición adecuada de los cultivos. La disponibilidad de S en el suelo en niveles no limitantes para el desarrollo de los cultivos, mejora la eficiencia de uso de N aplicado como fertilizante (Zia *et al.*, 1999). Por otro lado, la absorción de S y P se encuentra íntima-

mente relacionada, por lo que la deficiencia de uno de estos elementos limita el aporte del suelo y la absorción del otro (Mora *et al.*, 2002).

Entre las causas que originan la acidificación del suelo, aparece la absorción de cationes por parte de los cultivos. El pH es un factor que influye sobre numerosas propiedades del suelo, como la solubilidad de los nutrientes, la adaptabilidad de las plantas y su crecimiento (Scheid Lopes, 1998; Picone, 2006). También es importante destacar el efecto del pH sobre los microorganismos responsables de la descomposición de la MO y de transformar al N, P y S, y sobre los fijadores simbióticos de N (Picone, 2006).

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto del agregado de un compuesto cálcico-magnésico-azufrado (MRD 2500 ®) en combinación con N y P, sobre los componentes del rendimiento y la productividad del cultivo de trigo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la campaña 2010 en la localidad de Esperanza (Departamento Las Colonias, Santa Fe, Argentina) sobre un suelo serie Recreo 3b 3/4 ews, con un índice de productividad (IP) de 46, bajo un sistema de producción de agricultura continua. Dicho suelo es un complejo formado por 60% Recreo (Argiudol Ácuico), 20% Ascochinga (Argialbol), 10% Cululú (Natrálbol) y 10% Río Salado (Natracualf) (INTA, 1991).

Se utilizó la variedad de trigo SRM Nugal que se sembró el 16 de junio de 2010 sobre antecesor soja. La siembra fue en directa, a 17,5 cm entre líneas y con una den-

sidad de 125 kg de semilla ha<sup>-1</sup>. Pevio a la siembra se controlaron las malezas con 2,5 l ha<sup>-1</sup> de glifosato y 6 g ha<sup>-1</sup> de metsulfurón.

Se realizaron 4 tratamientos que consistieron en: (i) MRD+N+P= 220 kg ha<sup>-1</sup> MRD (Ca= 52 kg, Mg= 18.5 kg, S= 19 kg) + 120 kg ha<sup>-1</sup> Urea (N= 54 kg) + 100 kg ha<sup>-1</sup> superfosfato triple (P= 21 kg); (ii) MRD+N= 350 kg ha<sup>-1</sup> MRD (Ca= 81 kg, Mg= 30 kg, S= 27 kg) + 92 kg ha<sup>-1</sup> Urea (N= 42 kg); (iii) N= 92 kg ha<sup>-1</sup> Urea (N= 42 kg); (iv) Testigo= sin adiciones (0 kg ha<sup>-1</sup>). El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Cada parcela fue de 4 m de ancho por 25 m de largo.

El producto utilizado para mejorar la disponibilidad de las bases de intercambio -Ca y Mg- fue MRD 2500®. Éste es un material granulado con 33% de Ca (CaO), 14% de Mg (MgO) y 23% de S (SO<sub>4</sub>=); equivalente a una concentración de 23,5%, 8,4% y 7,6% de Ca, Mg y S, respectivamente.

Se midió el agua útil acumulada en el suelo hasta el metro de profundidad por el método gravimétrico y además se evaluó la fertilidad química del suelo hasta los 20 cm (Cuadro 1). Los valores determinados a través de los análisis de suelo permitieron sustentar la necesidad de la aplicación de fertilizantes, ya que tanto los valores de N, P y S como la CIC y la saturación con Ca y Mg se encontraban por debajo de los umbrales recomendados para obtener buenos rendimientos.

Durante el ciclo del cultivo se realizó una caracterización climática de las condiciones de temperatura –mínima (tmín.), máxima (tmáx) y media (tm)–, precipitaciones y radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA). Se calculó el cociente fototermal (Q) mediante la fórmula  $Q = R / T$ ; donde, ‘Q’ es el cociente fototermal –relación del potencial de crecimiento por uni-

dad de tiempo térmico de desarrollo-, 'R' es la radiación solar media diaria ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) para el intervalo definido como crítico -20 días antes y 10 días después de anéstris- y 'T' es la temperatura media del período menos  $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$  -temperatura base para esta etapa de desarrollo- (Fischer, 1985).

Durante el desarrollo del cultivo se registró la fenología y se monitorearon las enfermedades. A mediados de encañazón (Z3.4), anéstris (Z6.5) y madurez fisiológica (MF; Z9) -según la escala de Zadoks *et al.* (1974)- se midió la acumulación de materia seca (MS) (en  $\text{g m}^{-2}$ ). Para ello se muestrearon, aproximadamente,  $2 \text{ m}^2$  por parcela. Dicho material vegetal se secó en estufa a  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ , hasta peso constante. Se calculó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) desde emergencia hasta mediados de encañazón (E-ME) y durante el período de crecimiento de la espiga (PCE).

A cosecha se determinó el número de espigas por  $\text{m}^2$  ( $\text{NE m}^{-2}$ ) y el número de espiguillas por espiga ( $\text{NEspigu esp}^{-1}$ ). Posterior a la trilla del material, se registró el peso de mil granos (P1000) y se calculó el número de granos por  $\text{m}^2$  ( $\text{NG m}^{-2}$ ), el número de granos por espiga ( $\text{NG esp}^{-1}$ ) y el rendimiento ( $\text{g m}^{-2}$ ) -corregido al 14% de humedad-.

Los datos obtenidos fueron analizados por medio del programa estadístico

InfoStat versión 2009 (InfoStat, 2009). Las medias de las variables fueron comparadas entre sí por medio del test de mínimas diferencias significativas (LSD) considerando una significancia de  $\alpha = 95\%$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Condiciones climáticas y fenología del cultivo

Las lluvias, deficitarias desde el otoño hasta finales del invierno, retornaron en el mes de septiembre (Figura 1). Sin embargo, debido a los elevados registros estivales de precipitaciones y a las reservas de agua en el suelo a la siembra -130 mm de agua útil al metro de profundidad- no se registraron problemas en el establecimiento del cultivo ni en su fase vegetativa. El comienzo de la etapa crítica del trigo -encañazón, en el mes de septiembre- coincidió con el retorno de las precipitaciones. Este hecho permitió un período sin estrés hídrico, pero que fue nuevamente deficitarias al inicio de llenado de granos -octubre- (Fig. 1).

Las temperaturas moderadas e inferiores a las esperadas y una buena oferta de radiación durante el período de encañazón y gran parte del llenado de granos (septiembre-octubre) permitieron la

Cuadro 1: Principales características químicas y de fertilidad del suelo (0-20 cm).

MO (%) (#)	N total (%)	N-NO3 (ppm)	P (ppm) (¥)	S-SO4 (ppm)	pH (§)	Ca (meq%)	Mg (meq%)	K (meq%)	CIC (meq%)	%Ca en CIC
1,97	0,11	7,84	7,10	9,10	6,05	8,44	1,33	0,65	15,8	53,5

#: materia orgánica.

¥: determinado por Bray & Kurtz I.

§: en agua 1:2,5.

obtención de un Q alto. El elevado Q durante el período crítico del cultivo tuvo relación directa con la definición del número y peso de los granos y, por ende, con el rendimiento (Fisher, 1985; Magrin *et al.*, 1993; Andrade *et al.*, 1996) (Fig. 2) como consecuencia de la relación lineal positiva entre la TCC y la radiación incidente.

### **Rendimiento del cultivo y sus componentes**

Desde el punto de vista de la generación del rendimiento, el ciclo del cultivo de trigo se puede dividir en tres períodos: (i) expansión del área foliar; (ii) crecimiento de la espiga (PCE); (iii) llenado de granos (Slafer *et al.*, 2003). El primer período abarca desde emergencia hasta mediados de encañazón, se define el número de vástagos fértiles por m<sup>2</sup>. Durante el segundo período la espiga (sin incluir granos) gana la mayor parte del peso seco; esta etapa va desde mediados de encañazón hasta diez días post-antesis, quedando definido el NG m<sup>-2</sup> (Abbate & Cantarero, 2007). Finalmente, en la tercer etapa –desde diez días post-antesis hasta MF– se da el período de llenado efectivo de granos, se define el peso final de los mismos.

Los rendimientos de los tratamientos difirieron significativamente entre sí (Cuadro 2), siendo mayor el tratamiento MRD+N+P. Al comparar el Testigo con MRD+N+P, se obtuvo una diferencia de 1460 kg ha<sup>-1</sup>, lo que denota el beneficio de los nutrientes aportados mediante la fertilización. Sin embargo, el Testigo logró rendimientos de 4040 kg ha<sup>-1</sup>, el cual superó al promedio de la región de 3614 kg ha<sup>-1</sup> registrados en el Dpto. Las Colonias (SIIA, 2013), con una oferta inicial de 92 kgN ha<sup>-1</sup> (N-NO<sub>3</sub> a la siembra + 1,5% de mineralización del Nt de la MO). Esta situación hace suponer que el trigo es capaz de extraer N a mayor profundidad, o bien, que

el porcentaje de mineralización utilizado en realidad subestimó el aporte del suelo.

La respuesta a MRD (Ca, Mg y S) fue de 420 kg ha<sup>-1</sup> si comparamos el tratamiento MRD+N con respecto al tratamiento con N, en tanto que con el agregado de P (MRD+N+P) se obtuvieron 370 kg ha<sup>-1</sup> de respuesta con respecto al tratamiento MRD+N.

El rendimiento del trigo está determinado por la TCC alrededor de floración y, en menor medida, por la tasa de llenado de los granos y su duración en el tiempo (Slafer & Andrade, 1993; Abatte *et al.*, 1995). Por medio de un análisis del crecimiento (Cuadro 3) se estimaron las TCC desde emergencia hasta mediados de encañazón (E-ME) y durante el período de crecimiento de la espiga (PCE). De forma análoga a lo antes dicho, se pudo evidenciar la correlación positiva entre Rdto y la TCC en el PCE ( $r^2= 0,4224$ ) (Figura 3).

El tratamiento MRD+N+P presentó las mayores TCC y el Testigo las menores, ya sea en el período E-ME como en el PCE. Estos datos coinciden con lo reportado por Slafer y colaboradores (2003), donde demostraron que una baja condición nutricional ocasionó TCC bajas durante el período crítico del cultivo alrededor de floración, además de una menor duración del área foliar fotosintéticamente activa.

Finalmente, a través del análisis de componentes principales (“biplot”, Figura 4) se pudo determinar las relaciones existentes entre las variables medidas en los diferentes tratamientos. Los puntos representan los tratamientos y los vectores las variables de cultivo. El 91,3% de la variabilidad total en el conjunto de tratamientos es explicado por las componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2). A nivel de la CP1, que es la componente que explica por sí sola el 67,1%

de la variabilidad total, el tratamiento MRD+N+P se separa del resto. Las variables de cultivo N<sub>Esp</sub> m<sup>-2</sup>, NG m<sup>-2</sup>, MS Z9, TCC (E-ME), TCC (PCE) y Rendimiento están positiva y altamente correlacionadas entre sí y presentaron los valores más altos para el

tratamiento MRD+N+P, en tanto que muestran una correlación negativa con el P1000 y NG espigu<sup>-1</sup>. Mientras que la variable NG esp<sup>-1</sup> no presentó correlación –se encuentra muy próximo al valor ‘0’ de la CP1–.

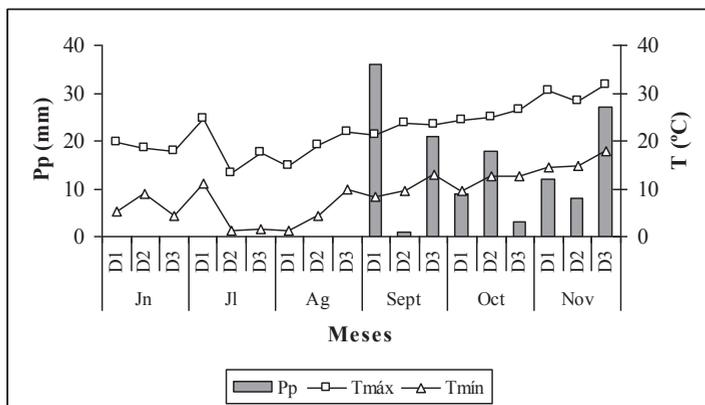


Fig. 1: Precipitaciones (Pp, en mm), temperaturas máximas y mínimas (Tmáx y Tmín, respectivamente, en °C) durante la ontogenia del cultivo de trigo en la campaña 2010.

Datos correspondientes a decanatos (D).

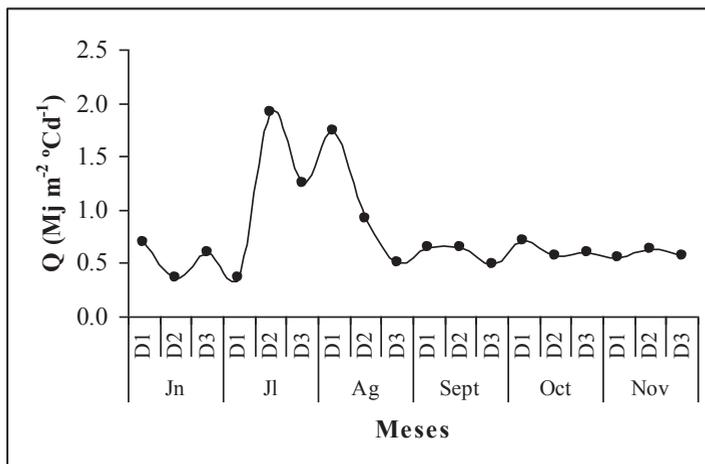


Fig 2: Cociente fototermal (Q, en Mj m<sup>-2</sup> °Cd<sup>-1</sup>) durante la ontogenia del cultivo de trigo en la campaña 2010. Temperatura base: 4.5 °C. Datos correspondientes a decanatos (D).

La mayor oferta de nutrientes estimuló la cantidad de macollos y la fertilidad de los mismos y, por ello la variable NEsp m<sup>-2</sup> estuvo muy relacionada con el aumento en la producción de grano. Los tratamientos MRD+N y N no tuvieron una asociación marcada con alguna variable de cultivo que explique el Rendimiento obtenido, ya que se ubican cerca del valor '0' tanto de la CP1 como de la CP2.

*Cuadro 2: Componentes del rendimiento [número de espigas por m<sup>2</sup> (NE m<sup>-2</sup>), número de espiguillas por espiga (NEspigu esp<sup>-1</sup>), número de granos por espiguilla (NG espigu<sup>-1</sup>), número de granos por espiga (NG esp<sup>-1</sup>), número de granos por m<sup>2</sup> (NG m<sup>-2</sup>), peso de mil granos (P1000) y rendimiento (Rdto, g m<sup>-2</sup>) -corregido al 14% de humedad-] para los diferentes tratamientos en la campaña 2010 del cultivo de trigo*

Tratamientos	NE m <sup>-2</sup>	NEspigu esp <sup>-1</sup>	NG espigu <sup>-1</sup>	NG esp <sup>-1</sup>	NG m <sup>-2</sup>	P1000 (g)	Rdto (g m <sup>-2</sup> )
MRD+N+P	534 a	16,2 a	2,21 a	35,8 a	19049 a	28,9 c	550 a
MRD+N	428 ab	16,2 a	2,35 a	37,8 a	15931 b	32,2 a	513 b
N	414 b	14,8 a	2,53 a	37,7 a	15304 b	30,8 b	471 c
Testigo	391 b	14,3 a	2,40 a	34,4 a	13454 c	30,0 b	404 d

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas según el test LSD (P < 0,05).

*Cuadro 3: Tasa de crecimiento del cultivo (TCC, en g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) para los momentos (i) emergencia-mediados de encañazón (E-ME) y (ii) periodo de crecimiento de la espiga (PCE) en la campaña 2010 del cultivo de trigo*

Tratamientos	(g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	(g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )
MRD+N+P	5,25 a	20,7 a
MRD+N	3,06 b	19,2 ab
N	3,06 b	20,2 a
Testigo	2,93 b	17,9 b

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas según el test LSD (P < 0,05).

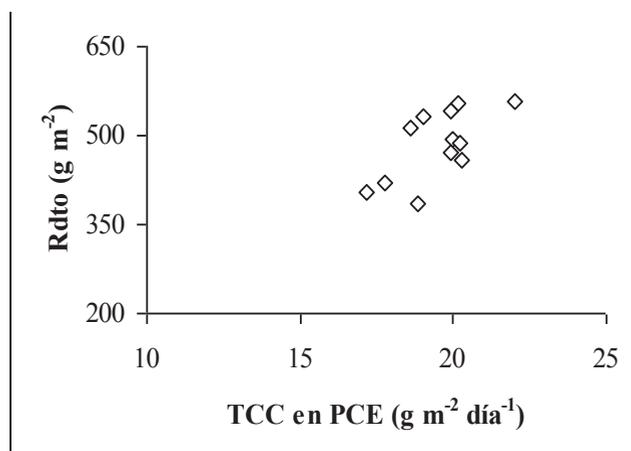


Fig. 3: Relación entre la tasa de crecimiento del cultivo durante el período de crecimiento de la espiga (TCC en PCE, en g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) y el rendimiento (Rdto, en g m<sup>-2</sup>) del cultivo de trigo, campaña 2010.

## CONCLUSIONES

Los altos rendimientos logrados en la campaña 2010 estuvieron sustentados por las favorables condiciones climáticas –bajas temperaturas medias y elevada radiación incidente–, acompañadas de una buena disponibilidad de agua almacenada a la siembra.

El tratamiento MRD+N+P logró aproximadamente un 20% de incremento en la productividad y producción.

Fundamentalmente la aplicación de fertilizante MRD+N+P logró incrementar el rendimiento, por un mayor NE m<sup>-2</sup> –más vástagos fértiles– y un incremento en el NG m<sup>-2</sup>. Las variables de cultivo que se asociaron positivamente con el mayor rendimiento del tratamiento MRD+N+P fueron el NG m<sup>-2</sup>, MS Z9 y TCC (PCE).

## BIBLIOGRAFÍA

- ABBATE, P. E.; F. H. ANDRADE & J. P. CULOT. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci.* 124: 351-360.
- ABBATE, P. E. & M. G. CANTARERO. 2007. Efectos del estrés hídrico en trigo. Disponible en la World Wide Web <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/cereales/trigo/sis/abbate4.htm/>. Acceso mayo 2011.
- ANDRADE, F. H.; A. CIRILO; S. UHART & M. OTEGUIL. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial La Barrosa, Dekalb Press y CERBAS-EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina. 292 pp.
- ANDRIULO, A. & G. CORDONE. 1998. Impacto de las labranzas y rotaciones sobre la MO de los suelos de la Región Pampeana Húmeda (pp. 65-96). En: J.L. Panigatti et

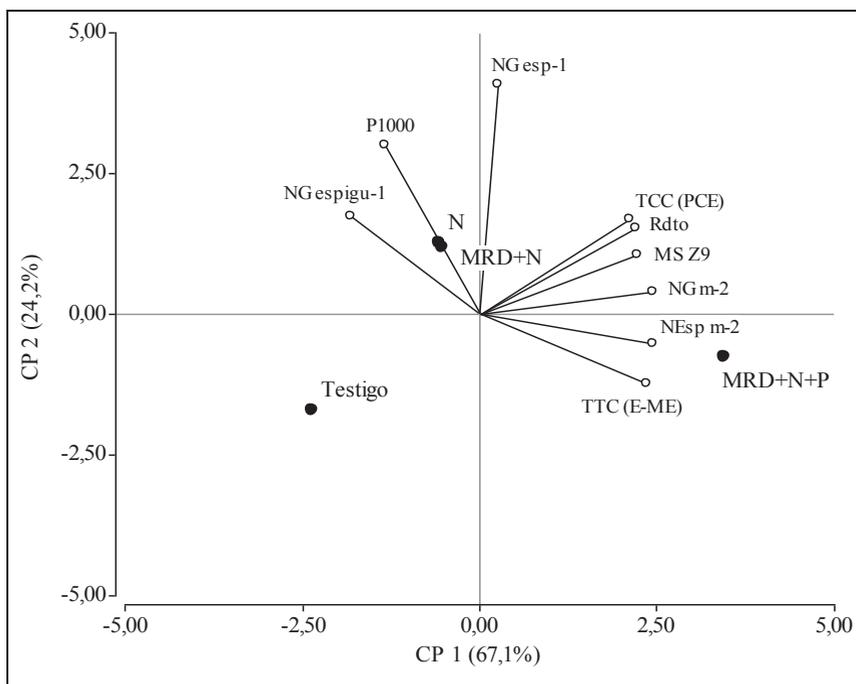


Fig. 4: Análisis de componentes principales -biplot- para un cultivo de trigo en la campaña 2010. Los círculos representan los tratamientos [MRD+N+P, MRD+N, N y Testigo] y, los vectores las variables de cultivo [materia seca en madurez fisiológica (MS Z9, en  $g\ m^{-2}$ ), tasa de crecimiento en el período emergencia-mediados de encañazón -TCC (E-ME), en  $g\ m^{-2}\ día^{-1}$ - y período de crecimiento de la espiga -TCC (PCE), en  $g\ m^{-2}\ día^{-1}$ -, número de espigas por  $m^2$  (NEsp m-2), número de granos por espiguilla (NG espigu<sup>1</sup>), número de granos por espiga (NG esp<sup>1</sup>), número de granos por  $m^2$  (NG m<sup>2</sup>), peso de mil granos (P1000, en g) y rendimiento (Rdto, en  $g\ m^{-2}$ )].

al. (eds.). Siembra Directa. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

**BOARD, J. E. & A. G. CALDWELL.** 1991. Response of determinate soybean cultivars to low pH soils. *Plant Soil*. 132: 289-292.

**BORDOLI, J.M. & O.N. CASANOVA.** 2004. Encalado de soja en el NE de Uruguay. Resúmenes del 19º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 2º Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos. Paraná, Entre Ríos, Argentina. Trabajo completo en CD-room. Pp. 184.

**CASAS, R.** 2000. La conservación de los Suelos y la Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas. Disertación en el acto de entrega del premio Antonio Prego. Disponible en World Wide Web [http://www.inta.gov.ar/suelos/actualidad/conferencias/Disertacion\\_R\\_Casas.htm/](http://www.inta.gov.ar/suelos/actualidad/conferencias/Disertacion_R_Casas.htm/). Acceso 12 noviembre 2010.

**FISCHER, R.A.** 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.* 105: 447-461.

- FONTANETTO, H.; H. VIVAS; O. KELLER; R. ALBRECHT; J. HOTIAN & J. BORSARELLI.** 2002. Fertilización en el doble cultivo trigo/soja. Resultados de franjas exploratorias en tres sitios en la región central de Santa Fe (pp. 51-52). INPOFOS Cono Sur. Jornada de actualización técnica para profesionales, "Fertilidad 2002".
- GAMBAUDO, S. & H. MICHELOUD.** 2003. Momento de aplicación de una dolomita para corregir la acidez edáfica. Anuario 2002. INTA. Disponible en World Wide Web <http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2002/>. Acceso 10 octubre 2010.
- GAMBAUDO, S.; L. PICCO; A. CERVETTI & P. SOLDANO.** 2007. Encalado en soja. Experiencias de la campaña 2006/07 (pp. 183-184). Información Técnica Cultivos de Verano, Campaña 2007. EEA Rafaela, INTA. Santa Fe, Argentina.
- GARCÍA, F.O.; K.P. FABRIZZI; L. PICOTTE & F. JUSTEL.** 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. Actas del 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile (en CD-Rom).
- GELATI, P. & M. VÁZQUEZ.** 2008. Extracción agrícola de bases en el N de la provincia de Buenos Aires, Argentina: costo de su remediación e implicancias económicas. *Rebivec.* 7: 117-129.
- GIL, R.C. & GARAY, A.** 2001. La siembra directa y el funcionamiento sustentable del suelo (pp. 5-16). En: J.L. Panigatti, D. Buschiazzi & H. Marelli (eds.). Siembra Directa II. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- INFOSTAT.** 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA.** 1991. Carta de Suelos de la República Argentina. Hojas 84-85, Esperanza-Pilar. INTA, Rafaela. Pp. 135.
- MAGRIN, G.; A. HALL; CH. BALDY & M. GRONDONA.** 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology.* 67: 29-41.
- MAGRIN, G. & M.I. TRAVASSO.** 1997. Potencial de producción del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la región pampeana argentina (pp. 34-45). En memorias de la Reunión de Planificación Estratégica de Trigo INTA-CIMMYT. Mar del Plata.
- MICHELENA, R.; C. IRURTIA; F. VABRUSKA; R. MON & A. PITTALUGA.** 1989. Degradación de suelos en el norte de la Región Pampeana. Publicación Técnica 6. Proyecto de Agricultura Conservacionista. EEA Pergamino. INTA. Buenos Aires, Argentina. 135 pp.
- MONTOYA, J.; A. BONO; A. SUÁREZ; N. DARWICH & F. BABINEC.** 1999. Cambios en el contenido de fósforo asimilable en los suelos del este de la provincia de La Pampa. *Ci. Suelo.* 17: 45-48.
- MORA, M.; P. CARTES; R. DEMANET & I.S. CORNFORTH.** 2002. Effects of lime and gypsum on pasture growth and composition on an acid andisol in Chile, South America. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 2069-2081.
- NISI, J.; C. BAINOTTI; J. FRASCHINA; M. FORMICA & J. SALINES.** 2004. Avances en el mejoramiento del rendimiento de grano en cultivares de trigo (pp. 29-30). 6° Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

- OLIVEIRA, E.L. & M.A. PAVAN.** 1994. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto (pp. 178). In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 21. Pretolima. Anais. Petrolina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPTASA. CD-room.
- PICONE, L.I.** 2006. Propiedades del suelo relacionadas con la fertilidad (pp. 3-18). En: H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- SANTOS, D.J.; B. FERRARI; D. FRESOLLI; P. BERET; R. BENAVIDEZ; R. VICENTINI; M. DELLA MAGDA-LENA; M. MONDINO; G. SALAS; S. LUSTIG; M. ANTONGIOVANI; M. DEVANI; M. LIZONDO; L. ERAZZU; L. SALINES; H. BAIGORRI; C. NARI; R. ROSSI; J. DOLINKUE; R. WRIGHT; L. CURTI; O. SANMARTIN & A.J. DE LA VEGA.** 2006. Ganancia Genética en Soja en Argentina entre 1980 y 2000 (pp. 196-200). En: Actas del 3º Congreso de Soja del Mercosur. Mercosoja 2006. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- SCHEID LOPES, A.** 1998. (traducción y adaptación de International Soil Fertility, 1995) Manual Internacional de Fertilidade do Solo. 2º edición. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Brasil. 177 pp.
- SIIA.** 2012. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Disponible en World Wide Web <http://www.sii.gov.ar/index.php/seriespor-tema/agricultura/>. Acceso septiembre 2012.
- SIIA.** 2013. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Disponible en World Wide Web <http://www.sii.gov.ar/index.php/seriespor-tema/agricultura/>. Acceso marzo 2013.
- SLAFER, G.A. & F.H. ANDRADE.** 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Res.* 31: 351-367.
- SLAFER, G.A.; D.J. MIRALLES; R. SAVIN; E.M. WHITECHURCH & F.G. GONZÁLEZ.** 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo (pp. 101-132). En: E.H. Satorre et al. (eds.). Producción de Granos, Bases funcionales para su manejo. Editorial FAUBA. Buenos Aires, Argentina.
- VÁZQUEZ, M.E.; E. BARIDON; J. LANFRANCO & G. MALAGRINA.** 2000. Evaluación de la potencialidad de la problemática de acidez en la región norte de la provincia de Buenos Aires. Actas 17º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Trabajo completo en CD-room.
- VÁZQUEZ, M.; A. TERMINIELLO; A. CASCIANI; G. MILLÁN; D. CÁNOVA; P. GELATI; F. GUILINO; A. DORRONZORO; Z. NICORA; L. LAMARCHE & M. GARCÍA.** 2012. Respuesta de la soja (*Glicine max L. Merr*) a enmiendas básicas en suelos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. *Ci. Suelo.* 30 (1): 43-55.
- VILLAR, J. & G. CENCIG.** 2008. Estabilidad de cultivares de soja en diferentes fechas de siembra en Rafaela, Santa Fe. Campañas 2005, 2006 y 2007 (pp. 86-91). Información Técnica Cultivos de Verano. Campaña 2008. Publicación Miscelánea N° 112. INTA EEA Rafaela, Santa Fe, Argentina.
- VIVAS, H.S.; N. VERA CANDIOTI; R. ALBRECHT; L. MARTINS & J.L. HO-TIAN.** 2011. Fertilización con fósforo y Azufre en rotación de cultivos del centro de Santa Fe, Argentina: Beneficios productivos y económicos y evolución del P extrac-

table. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 1: 17-21.

**VIVAS, H.; R. ALBRECHT1; L. MARTINS & J.L. HOTIAN.** 2012. Respuesta residual en trigo luego de 10 años de fertilización (2000-2009) (pp. 33-39). *Para Mejorar la Producción* N° 47. INTA EEA OLIVEROS. Santa Fe, Argentina.

**ZADOKS, T.C.; T.T. CHANG & C.F. KONZAK.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.

**ZIA, M.S.; M. ISLAM; M. ARSHAD & T. AHMED.** 1999. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers with and without gypsum. *Soil Use Manage.* 15: 133-135.