



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

“Proyecto de Trabajo Final presentado para
optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**“EFECTO DEL P, S y Zn EN EL CULTIVO DE TRIGO Y SU
RESIDUALIDAD EN SOJA DE 2^{da},”**

**Alumno: Sibuet, Walter Juan
31.085.587**

**Director: Ing. Agr. MSc. Espósito, Gabriel Pablo
Co-director: Ing. Agr. Balboa, Guillermo**

**Río Cuarto-Córdoba
Abril 2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **“EFECTO DEL P, S y Zn EN EL CULTIVO DE TRIGO Y SU RESIDUALIDAD EN SOJA DE 2da”**.

Autor: Sibuet, Walter Juan.

DNI: 31.085.587.

Director: MSc. Ing Agr. Espósito, Gabriel Pablo.

Co-Director: Ing Agr. Balboa, Guillermo.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

MSc. Ing. Agr. Giayetto Oscar.

Dr. Ing. Agr. Degioanni Américo.

MSc. Ing. Agr. Espósito, Gabriel Pablo.

Fecha de presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

Esta tesis representa la culminación de muchos esfuerzos y sacrificios por alcanzar una meta más en mi vida. Por ello dedico este documento a todos aquellos que me brindaron su apoyo incondicional y que fueron mi fuente de inspiración para seguir adelante cuando hubo momentos difíciles y muy especialmente:

- ♣ A mi mamá Susana y mi papá Carlos que me iluminan constantemente en éste camino que lo llamo “vida”; ambos hicieron un gran sacrificio al educarme y formarme para superarme como persona y profesional. Por su apoyo en las gestiones para poder realizar mis estudios y darme la oportunidad para continuar formándome como profesional.

- ♣ A mis hermanos, Nicolás y Julieta por su apoyo incondicional a distancia.

- ♣ A mi novia Mariana, por ser alguien muy especial en mi vida y demostrarme que en todo momento cuento con ella.

- ♣ A mis abuelos y tíos

- ♣ A todos mis amigos de Carmen y Venado Tuerto, y muy especialmente a mis amigos-colegas con los que siempre estudié: Maren, Abel, Flaco, Cele, Flaca, Laket, Tabi y Lukita.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar un profundo agradecimiento:

- ♣ A mis directores de tesis Gabriel Espósito, Guillermo Balboa y Carlos Castillo; por ser mis profesores, darme la oportunidad de aprender de ellos en sus conversaciones, brindarme su apoyo para el desarrollo del presente trabajo y por las sugerencias realizadas.
- ♣ A todos los miembros de la Cátedra de Cereales: Ricardo Balboa y Cecilia Cerliani por sus comentarios y colaboración.
- ♣ A el Ing. Agr. Oscar Giayetto y a el Ing. Agr. Américo Degioanni, por las correcciones sugeridas, y por haber cumplido en tiempo y forma.
- ♣ A la Universidad Nacional de Río Cuarto.
- ♣ A los profesores, compañeros, amigos y conocidos de las distintas promociones.

Aprendí mucho de ustedes...

¡MUCHAS GRACIAS!

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
I-INTRODUCCIÓN.....	1
II-ANTECEDENTES.....	6
1-Hipótesis.....	11
2-Objetivos Generales.....	11
3-Objetivos Específicos.....	11
III-MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1-Área de Estudio.....	12
2-Diseño Experimental.....	14
3-Determinaciones.....	15
Variables evaluadas para el cultivo de Trigo.....	15
Variables evaluadas para el cultivo de Soja 2°.....	15
IV-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
1-Características Meteorológicas de la Campaña.....	17
2-Trigo. Análisis de Emergencia de Plántulas por m ⁻²	18
3-Trigo. Análisis de Materia Seca en Encañazón.....	19
4- Trigo. Número de Macollos por m ⁻²	20
5- Trigo. Análisis de los Componentes del Rendimiento.....	21
6- Trigo. Número de Granos por Superficie.....	22
7- Trigo. Peso de los Granos.....	23
8- Trigo. Número de Espigas por Superficie.....	23
9- Trigo. Número de Granos por Espiga.....	23

10- Trigo. Comparación entre las variables analizadas y el rendimiento del cultivo....	24
11- Soja 2°. Número de Plantas por Superficie.....	26
12- Soja 2°. Rendimiento y Componentes Directos.....	27
13- Soja 2°. Número de Granos por Superficie.....	29
14- Soja 2°. Peso de los Granos.....	30
V-CONCLUSIÓN.....	31
VI-BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXO I.....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación mensual Campaña 2009-10 y valores Normales, Ensayo Chaján....	18
Figura 2. Número de plantas por m ⁻² en el cultivo de trigo.....	19
Figura 3. Producción de Materia Seca de trigo en el estadio de encañazón (Z3.2).....	20
Figura 4. Rendimiento y respuesta en kg ha ⁻¹ a la fertilización con P, S y Zn en trigo.....	22
Figura 5. Rendimiento por Espiga en el cultivo de Trigo.....	24
Figura 6. Comparación entre Rendimiento (kg ha ⁻¹) vs Plantas m ⁻² en Trigo.....	24
Figura 7. Comparación entre Rendimiento vs Materia Seca en el cultivo de trigo.....	25
Figura 8. Comparación entre Rendimiento vs Número de Granos m ⁻² en Trigo.....	26
Figura 9. Determinación de plantas por m ⁻² en el cultivo de soja 2°.....	26
Figura 10. Rendimiento y respuesta en kg ha ⁻¹ a la fertilización con P, S y Zn en soja 2°.....	28

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico de suelo: Profundidad de la muestra 0-20 cm.....	13
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales para 2200 kg ha ⁻¹ de trigo y 2700 kg ha ⁻¹ de soja.....	13
Cuadro 3. Recomendaciones de fertilización fosfatada para trigo según nivel de P Bray y rendimiento esperado.....	13
Cuadro 4. Recomendaciones de fertilización fosfatada para soja según nivel de P Bray y rendimiento esperado.....	14
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos de fertilización y disponibilidad de nutrientes aportados por los diferentes tratamientos.....	14
Cuadro 6. Componentes del Rendimiento en el cultivo de Trigo.....	21
Cuadro 7. Rendimiento en Grano y sus Componentes en el cultivo de soja 2°.....	28

RESUMEN

La agricultura Argentina, una de las más competitivas del mundo, produce una gran diversidad de cultivos sobre una amplia extensión geográfica. Los fertilizantes son insumos fundamentales en esta actividad, y a pesar de registrarse un incremento acelerado de la adopción de la práctica, el uso de micronutrientes no es algo común al igual que en otras circunstancias y lugares. En la región pampeana argentina, los nutrientes generalmente deficientes son el nitrógeno (N) y el fósforo (P). En los últimos años, el azufre (S) se ha relevado como deficiente en numerosas zonas de la región pampeana. El manejo de la nutrición y la fertilización deben ser considerados dentro del sistema de producción, y no solamente para el cultivo inmediato. Como en el caso de trigo, una gran parte de los cultivos de la región pampeana son seguidos por cultivos de soja “de segunda”. El manejo de la nutrición de la secuencia trigo-soja debe ser evaluado teniendo en cuenta los requerimientos de ambos. La importante difusión del doble cultivo trigo-soja ha motivado la búsqueda de nuevas estrategias de fertilización, como la aplicación de P, S y Zn al trigo con la expectativa de un efecto residual en la soja. En este contexto, la mezcla química con N, P, S y Zn dentro de una partícula microencapsulada aparece como una alternativa viable. El presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar la residualidad de la fertilización fosforada, azufrada y con zinc incorporada al suelo al momento de la siembra de trigo sobre el cultivo de soja de segunda. El diseño experimental, durante la campaña 2009-10 en la provincia Córdoba, localidad de Chaján, fue dispuesto en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones siendo los tratamientos de fertilización evaluados los siguientes: testigo sin fertilización, MES S10 80 kg ha⁻¹, MES SZ 80 kg ha⁻¹, MES S10 115 kg ha⁻¹ y MES SZ 115 kg ha⁻¹. El tamaño de la parcela experimental fue de 3.64 metros de ancho por 20 metros de largo. A madurez fisiológica del trigo y de la soja subsiguiente, se determinaron los rendimientos de ambos cultivos. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante análisis de la varianza y se utilizó el Test de LSD Fisher Alfa al 5 % para determinar diferencias significativas entre medias. Los resultados obtenidos indican que la fertilización fosforada y azufrada, aumentó el rendimiento del trigo. A las dosis evaluadas, la adición de Zn no mejoró la productividad del cultivo. El cultivo de soja de segunda no respondió al efecto residual de la fertilización con P, S, y Zn aplicado al trigo. No obstante, la tendencia a incrementar el rendimiento de soja con aumentos en la dosis de fertilizante, permitiría suponer que el efecto residual se encuentre en dosis mayores.

Palabra clave: trigo, soja, fertilización, residualidad, rendimiento.

SUMMARY

Argentine Agriculture is one of the most competitive in the world, it produces a wide variety of crops over a large geographical spread. Fertilizers are essential supplies in this activity, but despite registering a rapid increase in the adoption of the practice, the use of micronutrients is not common as in other circumstances and places. In the Pampas region of Argentina, deficient nutrients are nitrogen (N) and phosphorus (P), generally. In recent years, sulfur (S) has been dismissed as deficient in many areas of the Pampas. The management of nutrition and fertilization should be considered within the production system, not only for immediate cultivation. As in the case of wheat, a large part of the crops in the Pampas are followed by soybeans second crop. The nutrition management of the wheat-soybean sequence should be evaluated taking into account the requirements of the two crops. The significant diffusion of the double cropping wheat-soybean has motivated the search for new strategies of fertilization, such as the application of P, S and Zn to wheat in the expectation of a residual effect on soybean. In this context, the chemical mixture with N, P, S and Zn in a microencapsulated particle (MES S10 and MES SZ) appears to be a viable alternative. The overall objective of the present study was to evaluate the residual effect of phosphate fertilizer, sulfur and zinc, incorporated into the soil at sowing wheat on the second soybean crop. The experimental design during the 2009-10 season in the province of Córdoba, in Chaján town, was laid out in complete randomized blocks with four replications fertility treatments being tested: control without fertilization, MES S10 80 kg ha⁻¹, MES SZ 80 kg ha⁻¹, MES S10 115 kg ha⁻¹ and MES SZ 115 kg ha⁻¹. The experimental plot size was 3.64 meters wide and 20 meters long. At physiological maturity of wheat and subsequent soybean, yields were determined for both crops. The results were analyzed statistically using analysis of variance and the Fisher LSD test was used at 5% alpha to determine significant differences between means. The results obtained indicate that phosphorus and sulfur fertilization increased the yield of wheat. At the tested doses, the addition of Zn did not improve the productivity of the crop. The second soybean crop did not respond to the residual effect of fertilization with P, S, and Zn on wheat. Nevertheless, the tendency to increase soybean yield increasing the dose of fertilizer, would mean that the residual effect is at higher doses.

Key Words: wheat, soybeans, fertilization, residuality, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La agricultura Argentina una de las más competitivas del mundo, produce una gran diversidad de cultivos sobre una amplia extensión geográfica ocupando suelos, climas y condiciones de cultivos muy distintos entre sí. Los fertilizantes son insumos fundamentales en esta actividad, y a pesar de registrarse un incremento acelerado de la adopción de la práctica, el uso de micronutrientes no es algo común al igual que en otras circunstancias y lugares. Sin embargo éstos no siempre están presentes en las cantidades y disponibilidades adecuadas para lograr una alta producción, y su deficiencia pasa desapercibida. Inclusive la más típica producción de granos y carnes de la Región Pampeana, extrae cada vez más nutrientes gracias a la intensificación de los sistemas de producción, rendimientos cada vez más altos y balances negativos entre los nutrientes aportados por la fertilización y extraídos con las cosechas. Se suma a ello que la extensión del área con deficiencias de micronutrientes aumenta año tras año con el avance de la frontera agrícola en Argentina (FAO, 2003).

La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los recursos e insumos utilizados en la producción. Conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos (Ambrogio *et al.*, 2000).

En la región pampeana argentina, los nutrientes generalmente deficientes son el nitrógeno (N) y el fósforo (P). En los últimos años, el azufre (S) se ha relevado como deficiente en numerosas zonas de la región pampeana (García, 2003).

Deficiencias de N, P, S y otros nutrientes disminuyen el crecimiento de los cultivos a través de reducciones en la expansión y fotosíntesis foliar, lo cual implica que se reducirá la intercepción de radiación y la eficiencia de conversión de radiación en biomasa, respectivamente, por lo que la tasa de crecimiento del cultivo se reduce (Andrade *et al.*, 2000).

Una variable que permite incrementar la tolerancia a los patógenos de manera directa o indirecta es la nutrición. De manera general, los nutrientes incrementan el área foliar, prolongan su duración, fortalecen y promueven el crecimiento de la planta (Marschner, 1995), mejorando la tolerancia a enfermedades y disminuyendo las pérdidas de rendimiento que éstas pudieran generar.

La fisiología de los cultivos requiere una adecuada provisión nutricional, principalmente N, P y S. El azufre está involucrado en procesos importantes como aquellos ligados a la nutrición nitrogenada (como parte de la nitrogenasa, enzima responsable de la fijación biológica), o de otras enzimas encargadas de la transformación del nitrógeno

inorgánico en aminoácidos. La estructura de las proteínas de reserva, están constituidas por aminoácidos esenciales como metionina, cisteína y cistina que tienen azufre en su estructura (Marschner, 1995). Al ser un nutriente poco móvil en la planta, sus deficiencias suelen observarse inicialmente en las hojas jóvenes que se presentan amarillentas o cloróticas. En estados posteriores, las deficiencias de S pueden ser confundidas con las de N (Galarza et al., 2002).

Cabe mencionar que muchas ventajas derivadas de la provisión de los micronutrientes no son observadas, a veces, por simples aumentos de productividad, pero sí en la calidad del producto cosechado, en el vigor de las plantas y en la tolerancia a las enfermedades (Fancelli, 2003).

Edwards *et al.* (1992) reportaron que la disponibilidad de Zn, y en menor medida la de Cu, se asoció positivamente con el contenido de MO. Por otra parte, en los últimos años se ha incrementado la frecuencia del cultivo de soja en las rotaciones agrícolas, y este factor podría afectar negativamente el balance de Zn en el suelo, ya que dicho cultivo exporta mayores cantidades de Zn en grano, que trigo o maíz (Rashid y Fox, 1992). Además, una elevada frecuencia de soja en la rotación produce un mayor decaimiento del contenido de MO de los suelos, respecto a rotaciones con mayor frecuencia de trigo o maíz (Studdert y Echeverría, 2000).

El trigo es el cultivo de invierno más importante de los sistemas productivos de la Argentina con una superficie sembrada que fluctúa entre 5,5 y 6,5 millones de hectáreas y una producción variable entre 14 y 16 millones de toneladas (SAGPyA, 2009).

El manejo nutricional del cultivo de trigo está inserto en un contexto agronómico más amplio de manejo del sistema de producción de cultivos. Las mejores prácticas de manejo (MPM) de la nutrición y, por ende, de los fertilizantes (MPMF), constituyen un subconjunto de las MPM del cultivo. Para que una práctica de manejo de fertilizantes sea considerada como MPM, la misma debe armonizar con las MPM del cultivo para proveer una óptima combinación de los cuatro objetivos básicos en el manejo de sistemas de producción: productividad, rentabilidad, sustentabilidad del sistema y salud ambiental (Bruulsema et al., 2008). Estas MPMF deben responder a principios científicos y ser evaluadas a través de indicadores específicos relacionados con los cuatro objetivos mencionados.

Las MPMF pueden ser descriptas como la selección de la fuente correcta para la aplicación de la dosis correcta en el momento y forma correcta (Roberts, 2007). La dosis, fuente, momento y forma de aplicación interactúan entre sí y, a su vez, con las MPM del cultivo en el sistema de producción (Bruulsema *et al.*, 2008).

Los nutrientes generalmente deficientes en trigo son nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), mientras que P y S son los más frecuentemente deficientes en soja. Tanto P como S presentan residualidad cuando se aplican en suelos pampeanos, es decir que el P o el S aplicados que no son absorbidos por un primer cultivo, pueden ser utilizados por el cultivo o los cultivos siguientes (Albrecht *et al.*, 2000).

La producción agrícola argentina ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años el que, en gran medida, se ha asociado a la expansión del cultivo de soja, con una importante adopción de la siembra directa (SD). La fertilización fosfatada ha demostrado efectos positivos sobre el rendimiento de los cultivos (García *et al.*, 1997; Berardo *et al.*, 1999; Berardo y Marino, 2000; Barbagelata *et al.*, 2000).

La soja (*Glycine max* L. Merrill) es actualmente el cultivo más importante de la región pampeana, presentando requerimientos nutricionales e índice de cosecha de nutrientes mayores a los de los cereales. Para el caso del P, exporta en los granos cosechados un 85% del P extraído del suelo (Ciampitti y García, 2007).

La Argentina ocupa el tercer lugar en la producción de soja, luego de EE.UU. y Brasil, pero es la primera exportadora de aceite de soja y harinas, y también importante exportador de granos de esta oleaginosa. Nuestro país participa con el 42% del mercado exportador de proteína de soja (Europa es nuestro principal mercado) y más del 60% del aceite hacia los países demandantes como India y China (Rossi, 2008).

Más del 95 % de la producción mundial de soja se concentra en cuatro países: Argentina, Brasil, Estados Unidos y China; registrándose en nuestro país un fuerte aumento del área sembrada en la última década, pasando de 4.966.600 hectáreas en 1990 a 12.630.000 hectáreas en el 2002. El área pampeana es donde se registró la mayor expansión del cultivo, pero también se incorporaron nuevas zonas a su cultivo, como el NOA, donde el área cultivada pasó del 7 % del total nacional en 1990 al 20 % en el 2002. Los rendimientos promedios de Argentina aumentaron de 2187 kg ha⁻¹ en 1990 a 2772 kg ha⁻¹ en la campaña 2002/03, con una tasa de incremento anual de 49 kg ha⁻¹; debiéndose este aumento al mejoramiento genético y a la implementación de mejores prácticas de manejo del suelo y del cultivo (García, 2004). Tal es así que en condiciones mejoradas de manejo del cultivo se observan rendimientos que llegan a duplicar los promedios regionales; siendo el empleo de la siembra directa, las adecuadas rotaciones de cultivos y el manejo integral de la nutrición mineral, los elementos que contribuyen para el mejoramiento de sus rendimientos. Otras de las prácticas de manejo que contribuyeron al logro de los altos rendimientos fueron sistema y fecha de siembra y grupo de madurez (Díaz-Zorita, 2003).

La superficie de siembra record de la campaña 2007-2008 fue de 16,6 millones de hectáreas distribuidas en distintas provincias: Córdoba 31%, Santa Fe 30%, Buenos Aires

21%, Entre Ríos 5%, Chaco 3,6%, Santiago del Estero 3,6%, Salta 2,6%, Tucumán 1,6% y el resto 2,4%. En cuanto a la producción, que en esa campaña superó las 40 millones de toneladas, la distribución de las provincias fue: Córdoba con el 27,5%, Santa Fe 25,4%, Buenos Aires 26%, Entre Ríos 7%, Chaco 3,4%, entre las más destacadas (Rossi, 2008).

La Soja es una especie con un comportamiento nutricional muy peculiar. Si bien es capaz de mantener rendimientos relativamente altos en condiciones de baja fertilidad, por otra parte presenta mayores requerimientos de nutrientes por tonelada de grano cosechado que los demás cultivos extensivos sembrados en la región pampeana (Ciampitti y García, 2007).

La disponibilidad hídrica y nutricional, principalmente de fósforo (P) y azufre (S), modifican el crecimiento del cultivo de soja, lo cual afecta la captura de la radiación incidente y la eficiencia fotosintética (Andrade y Sadras, 2000).

El estudio de aspectos relacionados a su nutrición reviste singular importancia debido a que los valores de reposición de nutrientes están muy por debajo de los de extracción (Alvarez *et al.*, 2000; García y Ciampitti, 2007).

Las respuestas que se pueden esperar a la fertilización en el cultivo de soja son menores que en otros cultivos debido al alto costo energético que tiene el producto que se cosecha. Los granos de soja tienen un alto contenido de proteína y aceite, compuestos que tienen un costo metabólico más alto que el de los hidratos de carbono (Sinclair y De Wit, 1975).

La posibilidad de manejar la fertilización de trigo/soja como un sólo cultivo implica ventajas importantes desde el punto de vista operativo al reducirse el número de aplicaciones y disminuir los tiempos operativos de siembra de soja de segunda al no aplicar fertilizantes en ese momento.

El manejo de la nutrición y la fertilización deben ser considerados dentro del sistema de producción, y no solamente para el cultivo inmediato. En el caso de trigo, una gran parte de los cultivos de la región pampeana son seguidos por cultivos de soja “de segunda”. La dinámica de P y S y los resultados de distintas experiencias realizadas en los últimos años, indican que el manejo de la nutrición de la secuencia trigo/soja debe ser evaluado teniendo en cuenta los dos cultivos, y que la fertilización puede ser realizada directamente sobre el trigo para cubrir las necesidades de ambos (Díaz Zorita *et al.*, 2002).

El diagnóstico de la fertilización del doble cultivo sigue las mismas pautas que el diagnóstico de un único cultivo: evaluación de los requerimientos nutricionales de los cultivos según rendimiento esperado y análisis de suelo para determinar la oferta de nutrientes del mismo.

El diagnóstico de la fertilización fosfatada se basa en el análisis de muestras de suelo del horizonte superficial. En la Región Pampeana, en general, el extractante utilizado es Bray 1 (Bray y Kurtz, 1945).

ANTECEDENTES

La capacidad de un cultivo para capturar y utilizar recursos, o bien su susceptibilidad a las condiciones adversas, se modifican a lo largo del ciclo y el motivo de estas variaciones depende de los procesos que ocurren en el cultivo a cada momento (Slafer *et al.*, 2003).

Los factores ambientales pueden limitar la productividad y la calidad del trigo, algunos de ellos son: precipitación, temperatura y longitud del día, variables incontrolables por parte del productor.

Otros factores como nivel nutricional, disponibilidad de agua, número de plantas por unidad de superficie pueden tener una menor influencia siempre y cuando no estén en condiciones limitantes (Miralles y Slafer 2000).

El período comprendido entre iniciación de espiguilla terminal y comienzo del llenado de granos (lapso comprendido entre 20 días pre-floración y 10 días post-floración) es el de mayor importancia en la determinación del rendimiento del cultivo de trigo ya que está directamente relacionado con el número de granos por unidad de superficie, que es el componente de rendimiento que mejor explica sus variaciones. Si bien el número de granos por m² de trigo es la variable que mejor explica el rendimiento, cambios en el peso de los granos pueden afectar el rendimiento final del cultivo. La mayor parte de las variaciones en el peso de los granos están íntimamente relacionadas con la temperatura y disponibilidad hídrica durante la etapa de floración y madurez fisiológica (Fischer, 1984 y Slafer *et al.*, 2003). Melgar (2006), indica que no hay gran relación entre el rendimiento y el peso de los granos, ya que esta característica es determinada genéticamente.

Respecto a los componentes indirectos del rendimiento, el cultivo de trigo presenta gran plasticidad reproductiva, donde el menor número de espigas puede influir en un mayor tamaño de espigas y número de granos, que luego puede verse traducida en un mayor rendimiento por espiga (Miravalles, 2001).

Los componentes del rendimiento del cultivo de soja pueden ser clasificados en: i) componentes primarios o directos que modifican el rendimiento final (número de granos m² y peso de granos) y ii) componentes de rendimiento secundario o indirectos que modifican el número de granos m⁻² (granos por vaina y número de vainas m⁻²) (Board *et al.*, 1999).

Las caídas en los rendimientos del cultivo de soja en diferentes situaciones productivas se deben, en general, a una disminución en el número de granos. El peso de los granos, por el contrario, raramente es afectado (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2003).

En soja, el número de granos por unidad de área de suelo queda determinado durante el período R1-R5 (inicio de floración–inicio de llenado de granos) y su reducción sólo puede ser compensada parcialmente por el aumento en el peso unitario de las semillas (Baigorri,

1997). El número final de granos que el cultivo puede establecer con relación al número potencial, se asocia principalmente con la capacidad de crecimiento de los individuos dentro del cultivo durante el período crítico de fijación de vainas y semillas (Vega y Andrade, 2000).

Por otra parte, el peso de las semillas se define en el período de llenado de granos. La dinámica de acumulación de materia seca en el grano es afectada por la disponibilidad de asimilados, que afecta la tasa de crecimiento y puede afectar la duración del período de llenado, y también por la capacidad fotosintética del cultivo (Andrade *et al.*, 2000).

En la región pampeana, el balance de nutrientes a nivel de partido y/o departamento, considerando los cuatro principales cultivos de grano: soja, trigo, maíz y girasol, indica que las áreas de balances más negativos para N, P y S coinciden con las áreas de mayor difusión del cultivo de soja, ya sea las tradicionales del norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba, o las áreas de expansión más reciente como el centro-norte de Córdoba y Entre Ríos (García, 2006).

En el caso de la secuencia trigo-soja se ha observado que las prácticas de fertilización aplicadas al trigo influyen sobre la soja de segunda y que en el caso de tratamientos con nutrientes poco móviles en el suelo (por ejemplo P) es posible dejar remanentes aprovechables directamente por la soja (Salvagiotti *et al.*, 2003).

Las experimentaciones realizadas en Argentina, en numerosas áreas trigueras y sistemas de producción, en los últimos años indican la importancia y factibilidad de plantear el manejo de la nutrición para el doble cultivo trigo/soja al momento de la fertilización del trigo. En la Red de Nutrición de CREA Sur de Santa Fe se determinaron efectos de residualidad de la fertilización, o efectos de “acumulación” de fertilidad, en un ensayo de trigo/soja de la campaña 2004/05. Las diferencias observadas en rendimientos de trigo y soja de segunda entre los tratamientos probablemente se deban no solamente al efecto residual de N, P y S, sino también a los efectos que estos nutrientes pudieron haber generado en los cultivos anteriores y sobre el suelo: mayor producción de rastrojo, mayor desarrollo de raíces, más sustrato para la población microbiana del suelo, etc. (Salvagiotti *et al.*, 2005).

Los ensayos realizados en Corral de Bustos (Córdoba) (EEA INTA Marcos Juárez) y en Bernardo de Irigoyen (Santa Fe) (EEA INTA Rafaela), muestran los rendimientos de trigo y soja de segunda con distintos tratamientos de fertilización con N, P y S aplicados a la siembra del trigo. En ambos ensayos se observan respuestas significativas a la fertilización balanceada de NPS en los dos cultivos. La aplicación de NPS produjo aumentos del rendimiento en granos de 1385 kg ha⁻¹ en trigo y de 1028 kg ha⁻¹ en soja en el ensayo de Corral de Bustos, y de 946 kg ha⁻¹ de trigo y 748 kg ha⁻¹ de soja en el ensayo de Irigoyen (Albrecht *et al.*, 2000).

La residualidad de P ha sido observada por períodos de más de 8 años en experimentos realizados en INTA-FCA Balcarce. La residualidad de S sería de menor duración, en ensayos realizados (AER INTA Casilda) en el sur de Santa Fe se observaron respuestas residuales a S luego de un año de aplicación. Con respecto al momento de aplicación del S en la secuencia trigo/soja, las evaluaciones realizadas indican que la aplicación de este nutriente al cultivo de trigo, preferentemente a la siembra, permite obtener respuestas significativas en la producción tanto de trigo como de soja; resultados de un ensayo realizado (EEA INTA Rafaela) en San Martín de las Escobas (Santa Fe) se observaron respuestas a S en soja con aplicaciones a la siembra del trigo o a la siembra de soja. La aplicación del S a la siembra del trigo permite obtener una respuesta adicional de 532 kg/ha (Albrecht *et al.*, 2000).

En la República Argentina, para algunos suelos del norte y centro de la Región Pampeana, Ratto *et al.* (1997) han reportado que la disponibilidad de micronutrientes, como el Zinc (Zn) y el cobre (Cu) en suelos y plantas, podría ser limitante para algunos cultivos.

La disponibilidad de micronutrientes en suelos pampeanos ha sido considerada adecuada en general (Sillanpää, 1982), sin embargo, en los últimos años se han observado respuestas y deficiencias en algunas situaciones. Se han determinado bajos niveles de B, Zn y Cu en suelos y plantas de girasol, maíz y trigo.

Sainz Rozas *et al.* (2003) evaluaron durante 2 años consecutivos la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de Zn al suelo ($7,2 \text{ kg ha}^{-1}$). En 4 de 19 sitios ensayados encontraron respuesta positiva y asocian estos resultados a sitios con pH del suelo superior a 6. Calcularon una relación positiva entre el Zn en el suelo determinado con Melich-3 al momento de la siembra (0-20 cm) y la respuesta a la fertilización.

El módulo de investigación del Proyecto Fertilizar durante dos campañas realizó una red de ensayos en la que se evaluó la respuesta a Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Boro (B), además de Potasio (K) y Magnesio (Mg) (Echeverría *et al.*, 2002). En ninguno de los 53 sitios experimentales que comprendió la red se observaron respuestas a la aplicación de estos nutrientes, agregados al suelo en el momento de la siembra. Si se coteja la disponibilidad de estos nutrientes en los suelos con los niveles críticos mencionados por la bibliografía internacional, solamente Zn y B parecerían estar en cantidades insuficientes. Sin embargo, la falta de respuesta a su agregado pone en duda la validez de estos niveles críticos para la región pampeana.

Una probable causa de la erraticidad de la respuesta a la fertilización con micronutrientes ha sido la forma de aplicación. La mayor parte de los microelementos son fuertemente retenidos cuando se los aplica al suelo, quedando una pequeña parte disponible para ser absorbida por el cultivo.

En caso de Zn, una importante cantidad de residuos vegetales en superficies generan una demanda importante de Zn por parte de los micro organismos del suelo produciendo una inactivación temporal del mismo, que depende de la relación C/N de los residuos, cantidad de P en la fertilización, temperatura y humedad del suelo; iguales factores que contribuyen a la mineralización de los residuos (Ratto, 2006).

La deficiencia de Zn, puede manifestarse en suelos que poseen niveles adecuados de este micronutriente, por diversas razones: encalado (insolubilización), elevada fertilización fosforada (efecto antagónico) o un sistema de alta producción (deficiencia relativa) (Scheid López, 2006).

A diferencia de lo mencionado para la fertilización al suelo, la fertilización foliar no presenta efectos residuales. El Zn es un nutriente poco móvil en la planta, la fertilización foliar sólo cubriría los requerimientos de los órganos sobre los cuales se impacta con la aplicación. La información experimental local sobre comparación de formas de aplicación de Zn en la región pampeana es muy limitada. En un ensayo realizado sobre trigo en el área central de Santa Fe, la fertilización foliar con Zn incrementó el rendimiento mientras la aplicación en la semilla no lo afectó (Fontanetto *et al.*, 2006).

Por otra parte, los fertilizantes aplicados al suelo en las mayores dosis producen efectos fitotóxicos, el perjuicio puede deberse a una elevada concentración de sales en contacto con la semilla o las raíces durante la germinación. Esto puede provocar daños a las plántulas, produciéndose retrasos o fallos en la emergencia del cultivo (Dowling, 1996). Para realizar adecuados diagnósticos de las necesidades de fertilización a utilizar es necesario conocer cuáles son los niveles mínimos o críticos de disponibilidad en el suelo a partir del cual un nutriente pasa a ser deficitario de la producción vegetal (Maddonni *et al.*, 2004). En este sentido, Ferraris y Couretot (2004) informaron que la fertilización fosfatada incrementa los rendimientos de soja cuando la disponibilidad de P en la capa superficial de suelo (0-20 cm) es menor a 12 ppm y Díaz Zorita (2002) no encontraron respuesta a la fertilización fosfatada de la soja en suelos con más de 20 ppm de P en los primeros 20 cm de suelo.

En suelos del Sur de Córdoba fue posible determinar umbrales, a partir de la respuesta física a la fertilización la cual estableció que los rendimientos en el cultivo de soja se incrementan por debajo de las 18,43 ppm de P y de las 9,7 ppm de S de SO_4^- (Espósito *et al.*, 2008).

Según investigaciones realizadas por Volmer y Ratto (2005) en la provincia de Córdoba dieron por resultado que de los nutrientes que presentan baja disponibilidad, es el zinc uno de los más críticos, presentándose en la mayoría de los sitios con valores inferiores a 1 mg kg^{-1} .

Martens y Lindsay, (1990) y Whitney, (1997), señalan como nivel crítico una concentración edáfica de 0,5 a 1 ppm de Zn.

La entrada de la soja en la rotación con trigo y maíz puede agudizar los síntomas incipientes de deficiencia de Zn en las áreas agrícolas. La soja es más exigente que el trigo en la demanda y exportación de Cu, Zn y Mn, lo que seguramente incidirá en la disponibilidad de estos nutrientes para el cultivo que continúe la rotación. De acuerdo con García *et al.* (2001) mientras que una cosecha de 3000 kg ha⁻¹ de trigo exporta 23 g ha⁻¹ de Cu y 69 g ha⁻¹ de Zn, una soja de 3000 kg ha⁻¹ aumenta estos valores a 40 g ha⁻¹ Cu y 126 g ha⁻¹ de Zn.

En la medida en que estos rendimientos son superados, aumenta la extracción y disminuye la estabilidad de los ciclos. Es probable que en los próximos años aparezcan nuevas deficiencias.

HIPÓTESIS

La fertilización con P, S y Zn aplicada al cultivo de trigo presenta residualidad sobre el rendimiento de soja de segunda en la rotación.

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar la residualidad de la fertilización fosforada, azufrada y con zinc incorporada al suelo al momento de la siembra de trigo sobre el cultivo de soja de segunda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar del efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes (P, S y Zn), sobre el crecimiento y rendimiento del trigo.
2. Evaluar del efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes (P, S y Zn), sobre el crecimiento y rendimiento de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO.

Durante la campaña 2009-2010 se llevó a cabo un ensayo de fertilización en un establecimiento agropecuario de la zona rural de la localidad de Chaján, Córdoba, situada sobre la Ruta N° 8, km 680, siendo su ubicación geográfica 33°33'21.90" Latitud Sur, 65° 0'11.92" Longitud Oeste, a 508 msnm (aproximadamente a 80 km al suroeste de Río Cuarto).

Se sembró una secuencia de trigo/soja sobre un suelo haplustol típico, bien drenado, de textura franca arenosa muy fina y con elevada susceptibilidad a erosión hídrica, perteneciente a la llanura ondulada del sur de Córdoba (Cisneros *et al.*, 2004).

En pre-siembra de trigo, se realizó un análisis químico de suelo, para determinar la oferta de nutrientes del mismo (Cuadro 1). Para diagnosticar la fertilización del doble cultivo trigo-soja se siguieron las mismas pautas que para el diagnóstico de un único cultivo: evaluación de los requerimientos nutricionales de los dos cultivos, según los rendimientos promedios para el ambiente ondulado de la zona sur de Córdoba (Cuadro 2). Los mismos son de 22 qq ha⁻¹ en trigo y de 27 qq ha⁻¹ en soja (Cisneros *et al.*, 2008).

El diagnóstico de la fertilización fosfatada se basó en el análisis de muestras de suelo del horizonte superficial, el extractante utilizado fue Bray 1 (Bray y Kurtz, 1945). Utilizando este método de extracción se ha ajustado la calibración correspondiente para diagnosticar la fertilización fosfatada de trigo y soja (Cuadro 3 y 4).

El cultivar de trigo Nidera Baguette 11, fue sembrado el 3 de junio de 2009, en siembra directa, sobre rastrojo de maíz. Se empleó una sembradora Agrometal Tx Mega de 32 surcos a una distancia entre hileras de 26 cm, a razón de 160 kg ha⁻¹ de semilla.

El cultivo de trigo llegó a madurez de cosecha el 9 de diciembre de 2009.

La variedad de soja de 2° Don Mario 4870, se sembró el 11 de diciembre de 2009, en siembra directa. Se empleó una sembradora Agrometal Tx Mega de 16 surcos a una distancia entre hileras de 52,5 cm, a razón de 90 kg ha⁻¹ de semilla.

El cultivo soja 2° llegó a madurez de cosecha el 15 de abril de 2010.

Durante la secuencia trigo/soja para eliminar la competencia de malezas se realizaron barbechos y aplicaciones necesarias para su control. Los insectos se controlaron con insecticidas específicos y con las dosis recomendadas.

Cuadro 1. Análisis químico de suelo: Profundidad de la muestra 0-20 cm.

Variable Evaluada		Lote Chajan
pH		6,6
MO	%	1,15
Nitrógeno Total	%	0,058
Fosforo Disponible	ppm P	10,7
Azufre S-SO4	ppm S-SO4	9,4
Zinc	ppm Zn	0,43

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales para 2200 kg/ha de trigo y 2700 kg/ha de soja (Echeverría y Garcia, 1998).

Nutriente	Trigo 2200 kg/ha		Soja 2700 kg/ha		Trigo/Soja	
	Necesidad	Extracción	Necesidad	Extracción	Necesidad	Extracción
	----- kg/ha -----					
Fósforo	11	8	22	18	33	26
Azufre	10	2	19	13	29	15
	----- g/ha -----					
Zinc	0.114	0.05	0.162	0.113	0.276	0.163

Cuadro 3. Recomendaciones de fertilización fosfatada para trigo según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y Garcia, 1998).

Rendimiento	Concentración de P disponible en el suelo (mg/kg)						
	Menos 5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-16	16-20
ton/ha	----- kg P/ha -----						
2	20	15	13	11	9	7	
3	23	19	17	15	13	11	
4	27	22	21	18	17	14	10
5	31	26	24	22	20	18	14
6	34	30	28	26	24	22	17
7	38	33	31	29	28	26	21

Cuadro 4. Recomendaciones de fertilización fosfatada para soja según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y Garcia, 1998).

Rendimiento	Concentración de P disponible en el suelo (mg/kg)				
	Menos 4	4-6	6-8	8-11	11-16
ton/ha	----- kg P/ha -----				
2	19	14	12	10	
2.5	21	17	15	13	
3	24	20	18	16	11
3.5	27	22	20	18	14
4	29	25	23	21	16
4.5	32	28	25	24	19

2. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones y cinco tratamientos de fertilización (Cuadro 5).

El tamaño de la parcela experimental fue de 3,64 metros de ancho por 20 metros de largo.

Las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron: Nitrodoble (27N-0-0-0), MES S10 (12N-17,2P-0-10S) y MES SZ (12N-17,2P-0-10S-1Zn).

Se fertilizó de manera uniforme todo el sitio del ensayo con 250 kg ha⁻¹ de Nitrodoble (27-0-0-0), sobre esta base se procedió a la siembra de trigo y a la instalación de los cinco tratamientos de fertilización, colocado el fertilizante en bandas por debajo y al costado de la línea de siembra solo en los tratamientos a evaluar.

Cuadro 5: Descripción de los tratamientos de fertilización y de nutrientes aportados por los diferentes tratamientos.

Tratamientos	N (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	S (kg ha ⁻¹)	Zn (kg ha ⁻¹)
Testigo	0	0	0	0
MES S10 80 kg ha⁻¹	9,6	13,6	8	0
MES SZ 80 kg ha⁻¹	9,6	13,6	8	0,8
MES S10 115 kg ha⁻¹	12	19,8	11,5	0
MES SZ 115 kg ha⁻¹	12	19,8	11,5	1,15

3. DETERMINACIONES.

Variables evaluadas para el cultivo de Trigo:

- Emergencia de plantas por m⁻²: se procedió al recuento de plantas en 3,85 metros lineales, realizándose dos muestras por tratamiento.
- Fenología del cultivo: se siguió el código decimal de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974), identificando cada estadio fenológico mediante la observación de la morfología externa de la planta, registrándose las fechas de ocurrencia de cada estadio.
- Materia seca aérea: en el estadio de encañazón (Z-3.2), se realizaron dos muestras por tratamiento y repetición cortadas a ras de suelo en 3,85 metros lineales. Se colocaron las muestras en estufa a 105°C durante 24 horas, para su posterior pesado.
- Número de macollos m⁻²: se contabilizaron los macollos en 3,85 metros lineales, previo a efectuar el corte para determinar materia seca.
- Rendimiento en grano (kg ha⁻¹): se cosecharon manualmente las espigas en 3,85 metros lineales realizándose dos muestras por tratamiento y repetición, para su posterior trilla estacionaria, se pesaron los granos y el valor se corrigió al 14 % de humedad.
- Número de granos m⁻²: se determinó como el cociente entre el rendimiento en granos y el peso de los mil granos.
- Peso de los mil granos: se determinó pesando 1000 granos de cada muestra por tratamiento y bloque.
- Número de espigas m⁻²: se contabilizaron las espigas a cosechar en las dos muestras de 3,85 metros lineales.
- Número de granos por espiga: se determinó como el cociente entre el número de granos m⁻² y el número de espigas m⁻².

Variables evaluadas para el cultivo de Soja de 2^{da}:

- Rendimiento en grano (kg ha⁻¹): se cosecharon manualmente las vainas en 1,92 metros lineales realizándose dos muestras por tratamiento y repetición para su posterior trilla estacionaria, se pesaron los granos y el valor se corrigió al 13,5 % de humedad.
- Peso de los mil granos: se determinó pesando 1000 granos por muestra de cada tratamiento y bloque.
- Número de granos m⁻²: se determinó como el cociente entre el rendimiento en granos y el peso de los mil granos.
- Número de Plantas m⁻²: se contabilizaron las plantas cosechadas en 1,92 metros lineales.

La cosecha de ambos cultivos se realizó en forma manual, extrayéndose por tratamiento y repetición 2 muestras distribuidas al azar de un metro cuadrado, para su posterior trilla estacionaria, empleándose una cosechadora Wintersteiger. Los rendimientos de los diferentes tratamientos fueron corregidos a la humedad de comercialización respectiva.

Todos los resultados fueron analizados a través de un ANAVA. La diferencia de media se realizó a través del test LSD Fisher al 5 % de probabilidad. Para el procesamiento estadístico se utilizó el software INFOSTAT (Versión 2010) (Di Rienzo *et al.*, 2010).

En el Anexo I, se presentan con detalle la salida de cada análisis estadístico realizado.

Las comparaciones entre medias analizadas fueron las siguientes:

1. Para evaluar la respuesta al agregado de P + S en el rendimiento del cultivo de trigo y la residualidad en la producción de grano de soja, se procedió a comparar el rendimiento del testigo con el del MES S10 en cada cultivo.
2. Para evaluar la respuesta al agregado de Zn en el rendimiento del cultivo de trigo y la residualidad en la producción de grano de soja, se procedió a comparar el rendimiento del MES S10 con el del MES SZ en cada cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

✓ **CARACTERÍSTICAS METEOROLOGICAS DE LA CAMPAÑA.**

La región de Río Cuarto presenta un clima templado sub húmedo. El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico (Seiler *et al.*, 1995). Durante los meses de diciembre y enero se registran las mayores precipitaciones, mientras que durante junio, julio y agosto es la etapa de menor cantidad de lluvias. La precipitación media anual es de 801,2 mm.

El régimen térmico es meso termal. La temperatura media del mes más cálido (enero) es de 23°C con una máxima absoluta de 39,5 °C. La temperatura media del mes más frío (julio) es 9,1 °C, con una mínima absoluta de -9,6 °C. La amplitud térmica media anual es de 13,9 °C. (Seiler *et al.*, 1995).

En la Figura 1 se pueden observar los valores normales de precipitaciones de la zona y la variación mensual de la distribución de las mismas registradas en el establecimiento, para la campaña 2009-2010. Del análisis de los valores surge que para el ciclo del doble cultivo (junio-abril) las precipitaciones estuvieron por debajo de la media de la zona en 88 mm. La campaña se caracterizó por una errática distribución de las lluvias y fundamentalmente por una concentración en el mes de diciembre superando a la media en 158mm.

Las precipitaciones totales registradas en el período de mayo a noviembre (trigo) fueron de 177 mm, valor significativamente menor a los valores normales de la zona, en promedio 40% menos.

Una fuerte sequía inicial y lluvias adecuadas a partir de fines de septiembre - principios de octubre, caracterizaron meteorológicamente al año 2009.

El cultivo de trigo comenzó con una humedad edáfica promedio en el perfil del 90 % del agua máxima disponible hasta el metro de profundidad, las precipitaciones fueron muy escasas durante los meses del invierno, debiendo el cultivo sostener su crecimiento inicial con las reservas acumuladas en el suelo, hasta las precipitaciones ocurridas a mediados de septiembre, que no fueron suficientes para cubrir su demanda hídrica, entre encañazón y madurez fisiológica. Esta deficiencia afectó su rendimiento.

La obtención de los rendimientos alcanzados se debió a los milímetros precipitados durante el período (septiembre a noviembre) coincidiendo con el estadio de encañazón-espigazón, período crítico para la determinación de los componentes del rendimiento.

Las precipitaciones en la soja de 2° (2009-10) fueron suficientes y el cultivo no sufrió estrés.

En el mes de diciembre luego de la siembra, las precipitaciones excedieron significativamente al valor medio, lo cual permitió una adecuada recarga del perfil del suelo.

En el mes de enero los registros pluviométricos fueron 92 mm inferiores a la media, en tanto que en los meses de febrero y marzo la ocurrencia de precipitaciones se acercó a la normal para la zona, coincidiendo estos meses con la determinación del rendimiento en la soja de segunda.

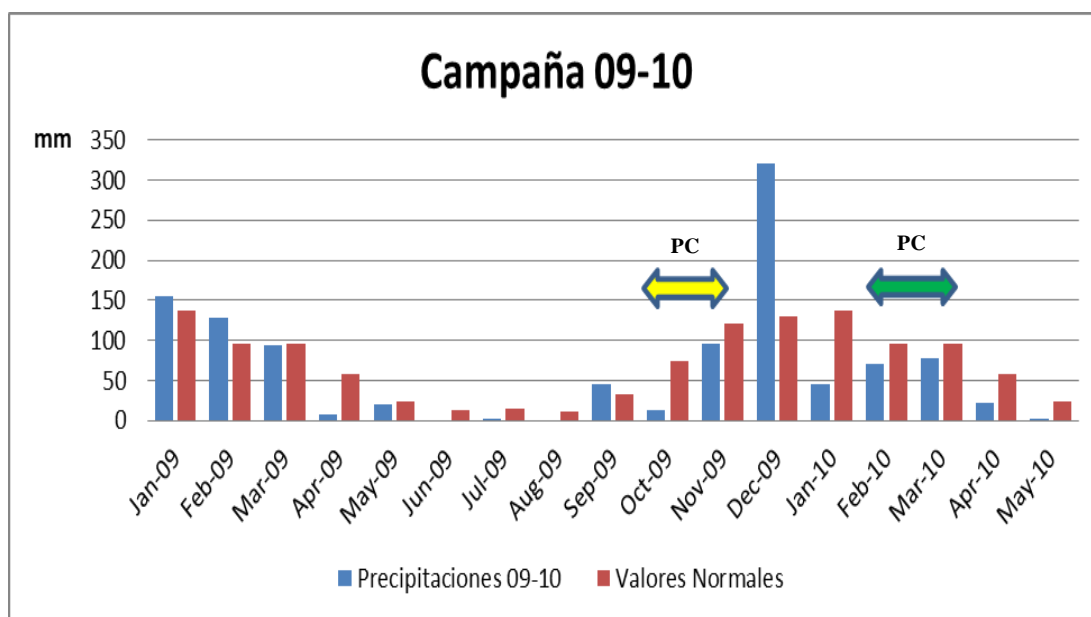


Figura 1. Precipitación Mensual Campaña 2009-10 y Valores Normales, Ensayo Chaján.

✓ **TRIGO. ANÁLISIS DE EMERGENCIA DE PLANTAS POR M².**

En la Figura 2 se presenta el recuento de plantas m⁻² para cada tratamiento de fertilización. La cantidad de plantas emergidas por metro cuadrado en trigo, fueron afectadas por los diferentes tratamientos de fertilización.

A través del análisis de medias por el Test de Fisher, se determinaron diferencias significativas entre dosis. Los resultados indican que la emergencia de plántulas m⁻² en trigo sólo fue afectada por las dosis de 115 kg ha⁻¹ en ambos fertilizantes (MES S10 y MES SZ), disminuyéndose el número de plantas m⁻² entre un 19 y 24 % con respecto al testigo.

La dosis de 80 kg ha⁻¹ en ambos fertilizantes (MES S10 y MES SZ), no difirió estadísticamente del testigo.

Estas diferencias en el número de plantas m⁻² pueden explicarse por efectos fitotóxicos de los fertilizantes aplicados en las mayores dosis. Coincidiendo con Dowling (1996), el perjuicio del fertilizante puede deberse a una elevada concentración de sales en

contacto con la semilla o las raíces durante la germinación. Esto puede provocar daños a las plántulas, produciéndose retrasos o fallos en la emergencia del cultivo.

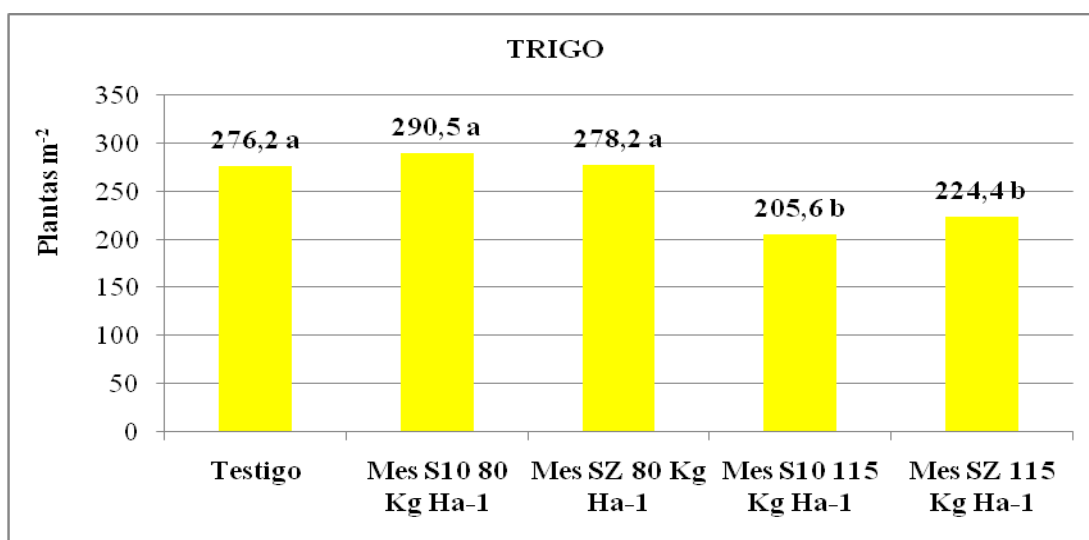


Figura 2. Número de plantas por m² en el cultivo de trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

DMS= 39,2. CV (%)= 10.

✓ **TRIGO. ANÁLISIS DE MATERIA SECA EN ENCAÑAZÓN (Z3.2).**

Las diferencias en los tratamientos también se observaron en el crecimiento y coloración de las plantas, adquiriendo aquellas bien provistas en P, S y Zn un color verde intenso y mayor altura de plantas.

Por la razón anterior el 3 de octubre cuando el cultivo estaba en encañazón (Z3.2) se efectuó la evaluación de la Materia Seca de la planta de trigo, donde se detectaron diferencias entre los tratamientos de fertilización (Figura 3), siendo significativos el efecto del P y del S, incrementándose los resultados para la dosis de 80 kg ha⁻¹ en 520,52 kg ha⁻¹ y para la dosis de 115 kg ha⁻¹ en 595,6 kg ha⁻¹, en promedio un 60% mayor con respecto al testigo.

No se hallaron diferencias significativas a la fertilización con Zn en la materia seca producida del cultivo.

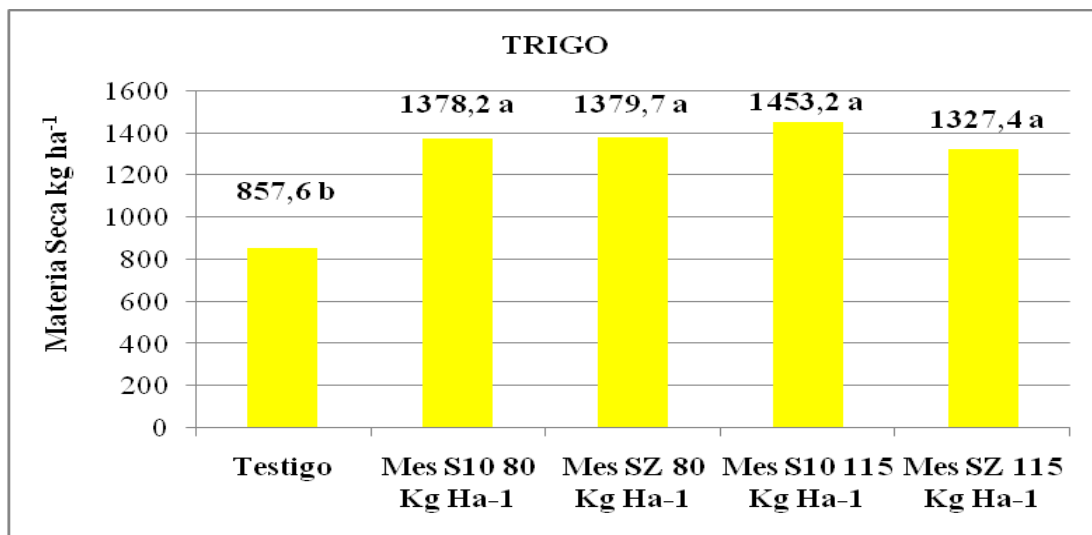


Figura 3. Producción de Materia Seca de trigo en el estadio de encañazón (Z3.2). Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$). DMS= 179,7. CV (%)= 9,1.

Como se puede observar en la Figura 1, posiblemente las precipitaciones ocurridas en el mes de septiembre permitieron una buena traslocación de los nutrientes adicionados al cultivo, presentándose una mayor producción de materia seca en los tratamientos fertilizados.

Concordando con Andrade et al. (2000), deficiencias de N, P, S y otros nutrientes disminuyen el crecimiento de los cultivos a través de reducciones en la expansión y fotosíntesis foliar, lo cual implica que se reducirá la intercepción de radiación y la eficiencia de conversión de radiación en biomasa, respectivamente, por lo que la tasa de crecimiento del cultivo se reduce. En igual sentido Marschner (1995) señala que de manera general, los nutrientes incrementan el área foliar, prolongan su duración, fortalecen y promueven el crecimiento de la planta mejorando la tolerancia a enfermedades y disminuyendo las pérdidas de rendimiento que éstas pudieran generar.

✓ **TRIGO. NÚMERO DE MACOLLOS M².**

Al analizar el número de macollos m⁻², no se encontraron diferencias significativas que evidencien un efecto favorable de la fertilización fosfatada, azufrada y con Zn para los diferentes tratamientos de fertilización ($p=0,9552$). El resultado del análisis de la varianza se presenta en el anexo I.

✓ **TRIGO. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.**

En el Cuadro 6, se muestra el rendimiento y sus componentes. Los resultados indican que las diferencias estadísticas encontradas entre los tratamientos de fertilización, fueron significativas en todas estas variables a excepción del Peso de 1000 Granos y del N° espigas m⁻².

Cuadro 6. Componentes del Rendimiento en el cultivo de Trigo.

Tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹	N° Granos m ⁻²	Peso 1000 Granos g ⁻¹	N° Granos/Espiga	Espigas m ⁻²
Testigo	1834,2 c	5598,6 c	32,8 a	14,5 d	385,3 a
MES S10 80 Kg Ha ⁻¹	2389,7 b	7506,1 b	31,9 a	19,2 b c	393,3 a
MES SZ 80 Kg Ha ⁻¹	2511,5 b	7538,5 b	33,3 a	18 c	419,8 a
MES S10 115 Kg Ha ⁻¹	2520,1 a b	7959,4 a b	31,8 a	20,4 a b	389,6 a
MES SZ 115 Kg Ha ⁻¹	2770,8 a	8644,8 a	32,1 a	21,9 a	403,1 a
DMS	256,1	790,6	1,1	2,1	37,5
CV (%)	15,1	15	5,1	15,9	13,3

Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

Se encontraron respuestas significativas a la fertilización con P + S en el rendimiento del cultivo de trigo (Cuadro 6), siendo las mismas aproximadamente entre un 30 - 37 % superiores al testigo. Estos resultados obtenidos, coinciden con los ensayos realizados en Corral de Bustos (Córdoba) (EEA INTA Marcos Juárez) y en Bernardo de Irigoyen (Santa Fe) (EEA INTA Rafaela), donde en ambos ensayos se observan respuestas significativas a la fertilización balanceada con NPS en el rendimiento del cultivo de trigo. La aplicación de NPS produjo aumentos del rendimiento en granos de 1385 kg ha⁻¹ en trigo en el ensayo de Corral de Bustos, y de 946 kg ha⁻¹ de trigo en el ensayo de Irigoyen (Albrecht *et al.*, 2000).

No se hallaron respuestas significativas a la fertilización con Zn en el rendimiento del cultivo de trigo. Si se encontraron respuestas al aumento de la dosis sólo en Mes SZ (de 80-115 kg ha⁻¹), por lo tanto, se sospecha que sea factible que la respuesta a Zn sólo se detecte a mayores dosis de fertilizantes (Figura 4).

Estos resultados concuerdan con Sainz Rozas *et al.* (2003) donde evaluaron durante 2 años consecutivos la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de Zn al suelo (7,2 kg ha⁻¹). Solo en 4 de 19 sitios ensayados encontraron respuesta positiva. Los autores asocian estos resultados a sitios con pH del suelo superior a 6.

Coincidiendo con los mismos ya que el pH del suelo del ensayo fue de 6,6 (Cuadro 1).

Otra de las posibles explicaciones de esta falta de respuesta ante la fertilización con Zn, puede atribuirse a la inmovilización del Zn en el fertilizante planteada por Ratto (2006), la cual menciona que la siembra de trigo bajo una importante cantidad de rastrojos de maíz generan una demanda importante de Zn por parte de los microorganismos del suelo produciendo una inactivación temporal del mismo.

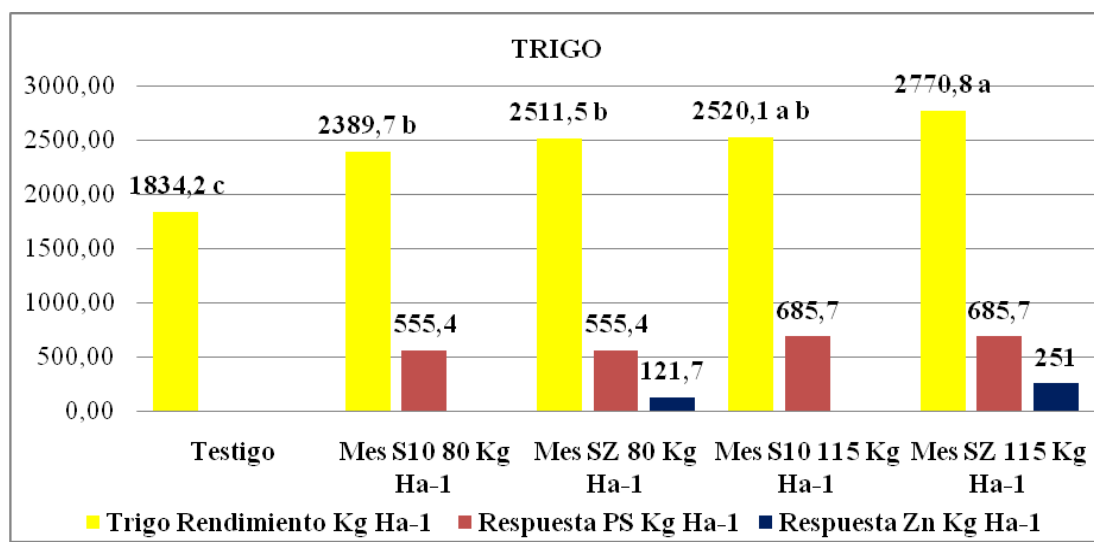


Figura 4. Rendimiento y respuesta en kg ha⁻¹ a la fertilización con P, S y Zn en el cultivo de trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

✓ **TRIGO. NÚMERO DE GRANOS POR SUPERFICIE.**

En el Cuadro 6, se puede apreciar para los diferentes tratamientos de fertilización que las diferencias fueron significativas para la variable número de granos m⁻². Comprobándose la respuesta positiva a la fertilización fosfatada y azufrada en el cultivo de trigo, elevándose el número de granos m⁻² para la dosis de 80 kg ha⁻¹ en 1907,44 granos m⁻² y para la dosis de 115 kg ha⁻¹ en 2360,75 granos m⁻², lo cual significa entre un 34-42 % respectivamente mayor al testigo.

No se hallaron respuestas a la fertilización con Zn en el número de granos m⁻². Se encontraron respuestas al aumento de la dosis sólo en Mes SZ (de 80 a 115 kg ha⁻¹), incrementándose un 14,6 % el número de granos m⁻².

Fischer (1984) y Slafer *et al.* (2003), indican que el período comprendido entre iniciación de espiguilla terminal y el comienzo del llenado de granos (20 días pre-floración y 10 días post-

floración) es el de mayor importancia en la determinación del rendimiento del cultivo de trigo, ya que está directamente relacionado con el número de granos por unidad de superficie que es el componente de rendimiento que mejor explica sus variaciones.

El aumento del número de granos m^{-2} se puede explicar por las precipitaciones ocurridas en el mes de octubre y noviembre (Figura 1), ya que coincidieron con el período de crecimiento de la espiga y permitieron a su vez una mejor absorción de los fertilizantes.

✓ **TRIGO. PESO DE LOS GRANOS.**

En el Cuadro 6, se pueden observar que para los diferentes tratamientos de fertilización, que no se detectaron respuestas significativas a la fertilización con P, S y Zn en la variable peso de 1000 grano ($P=0,0582$).

Coincidiendo con Melgar (2006), donde indica que no hay gran relación entre el rendimiento y el peso de los granos, ya que esta característica es determinada genéticamente.

✓ **TRIGO. NÚMERO DE ESPIGAS POR SUPERFICIE.**

En el Cuadro 6, se pueden visualizar para los distintos tratamientos de fertilización evaluados que no se hallaron respuestas significativas en el número de espigas m^{-2} ($P=0,3797$).

✓ **TRIGO. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA.**

En el Cuadro 6, pueden observarse para los distintos tratamientos de fertilización que se encontraron respuestas significativas a la fertilización con P + S en el número de granos por espiga para el cultivo de trigo, siendo las mismas aproximadamente un 32 - 40 % superiores al testigo.

No se hallaron respuestas a la fertilización con Zn en el número de granos por espiga, encontrándose respuestas al aumento de la dosis únicamente en MES SZ (de 80 a 115 $kg\ ha^{-1}$), incrementándose un 21,8 % el número de granos por espiga.

Es importante tener presente lo citado por Miravalles (2001), en cuanto a la capacidad compensatoria de esta especie, donde se menciona que el menor número de espigas puede influir en un mayor tamaño de espigas y número de granos, que luego puede verse traducida en un mayor rendimiento por espiga.

Como se puede apreciar en la Figura 5, el aumento del rendimiento por espiga se debió a un mayor número de granos por espiga, ya que en el número de espigas m^{-2} no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización.

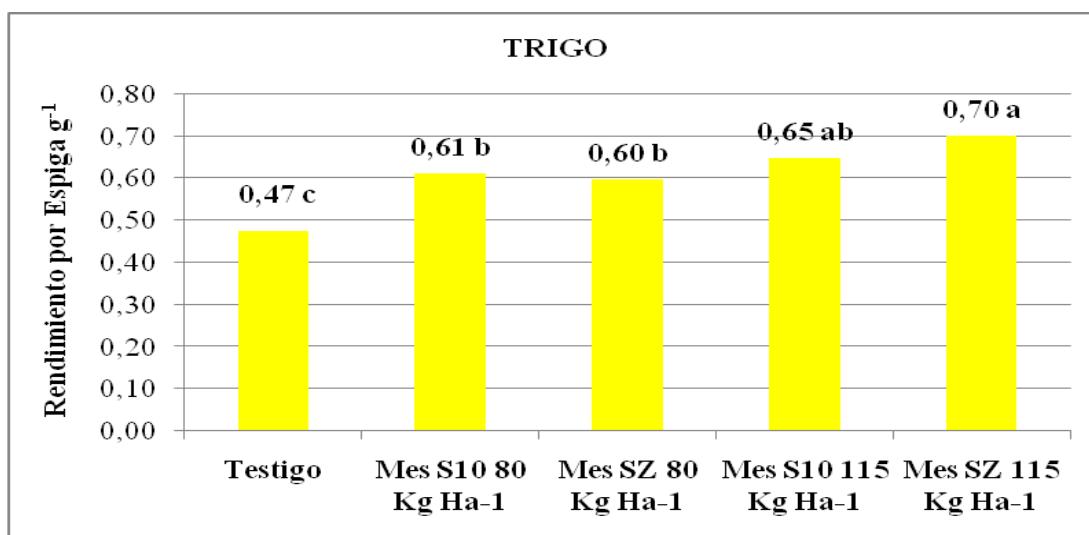


Figura 5. Rendimiento por Espiga (g^{-1}) en el cultivo de Trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p <= 0.05$).

✓ **COMPARACION ENTRE LAS VARIABLES ANALIZADAS Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TRIGO.**

Los rendimientos fueron significativamente afectados por la dosis de fertilizantes, el incremento en la dosis, independientemente de la fuente, compensó la disminución de plantas m^{-2} y aumentó los rendimientos, alcanzando el límite máximo para la dosis más alta ensayada en este experimento (Figura 6).

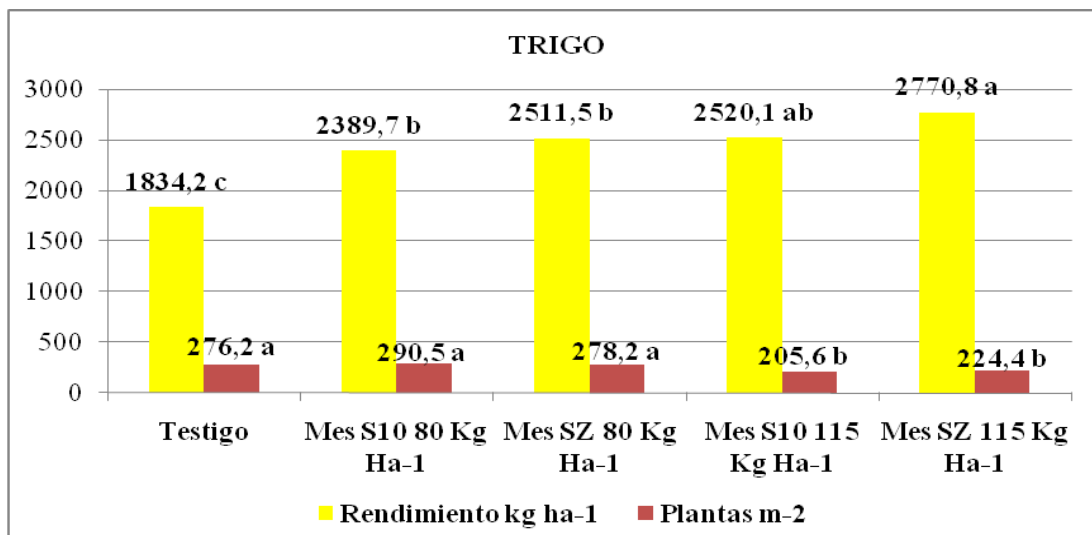


Figura 6. Comparación entre Rendimiento (kg ha⁻¹) vs Plantas m⁻² en el cultivo de Trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

En la Figura 7, se puede apreciar que la asociación entre rendimiento y la variable materia seca mostraron una estrecha relación lineal indicando que las condiciones nutricionales y ambientales que favorecieron el crecimiento vegetativo y la acumulación de materia seca tuvieron una correlación positiva con la producción de grano.

Los resultados indicarían que posiblemente las dosis de 80 kg ha⁻¹ de fertilizantes fueron suficientes para la producción de biomasa, mientras que para la producción de granos fue necesaria la aplicación de una mayor dosis (115 kg ha⁻¹).

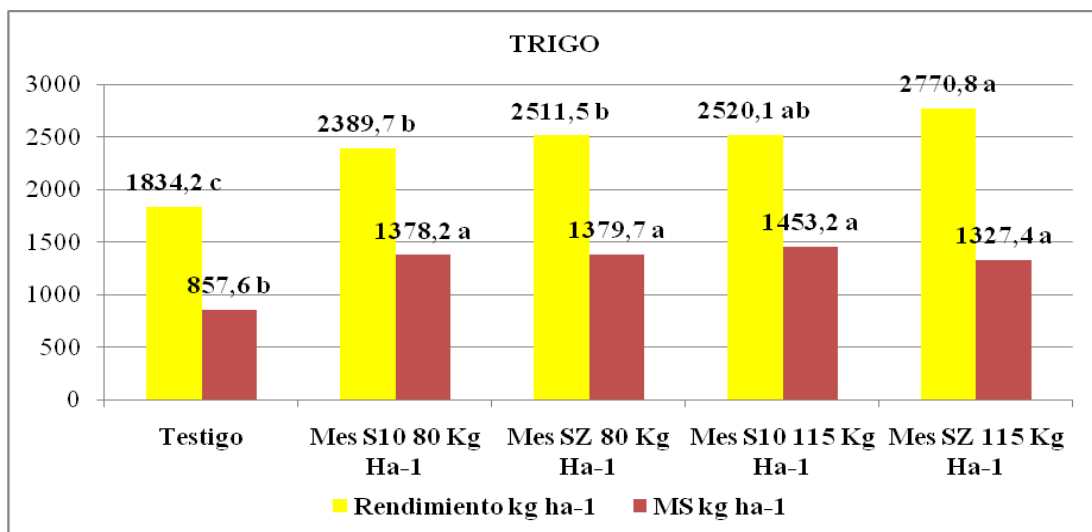


Figura 7. Comparación entre Rendimiento vs Materia Seca en el cultivo de trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

En la Figura 8, se pueden observar que las diferencias encontradas en el rendimiento del cultivo entre los distintos tratamientos evaluados, se deberían a la modificación del número de granos m^{-2} , ya que fue el componente directo que presentó mayor correlación con el rendimiento. A su vez, el componente indirecto que presentó mayor correlación con el número de granos m^{-2} fue el número de granos por espigas. Esto se debió a la mayor oferta de recursos durante el periodo crítico del cultivo lo que permitió que se fijen más estructuras reproductivas.

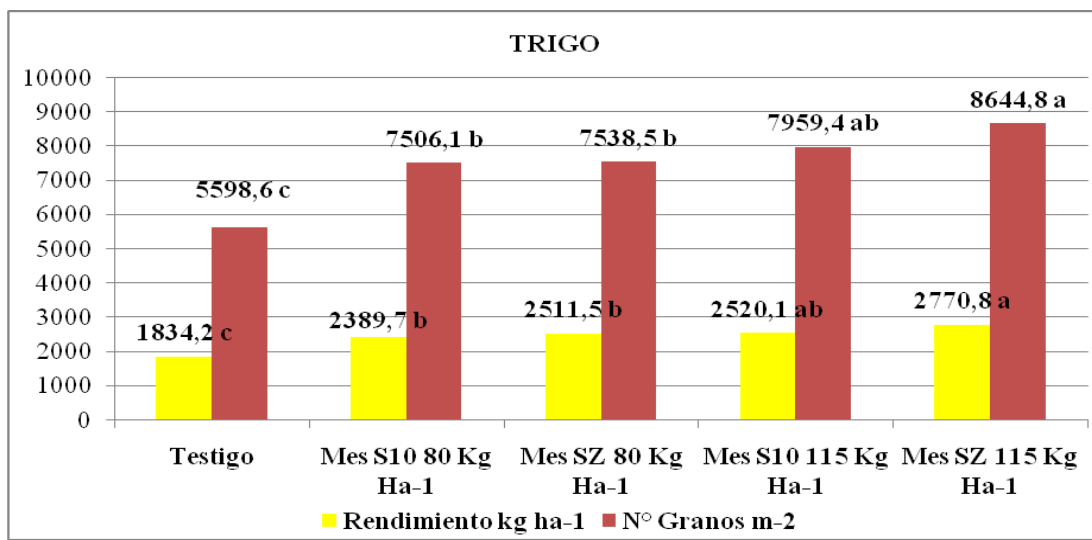


Figura 8. Comparación entre Rendimiento vs Número de Granos m^{-2} en el cultivo de Trigo. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p \leq 0.05$).

✓ **SOJA 2°. NÚMERO DE PLANTAS POR SUPERFICIE.**

En la Figura 9, se presenta el recuento de plantas m^{-2} para cada tratamiento de fertilización. Como se puede apreciar, no se encontraron diferencias significativas que evidencien un efecto favorable de la fertilización sobre este parámetro. El resultado del análisis de la varianza por el Test de Fisher se presenta en el anexo I.

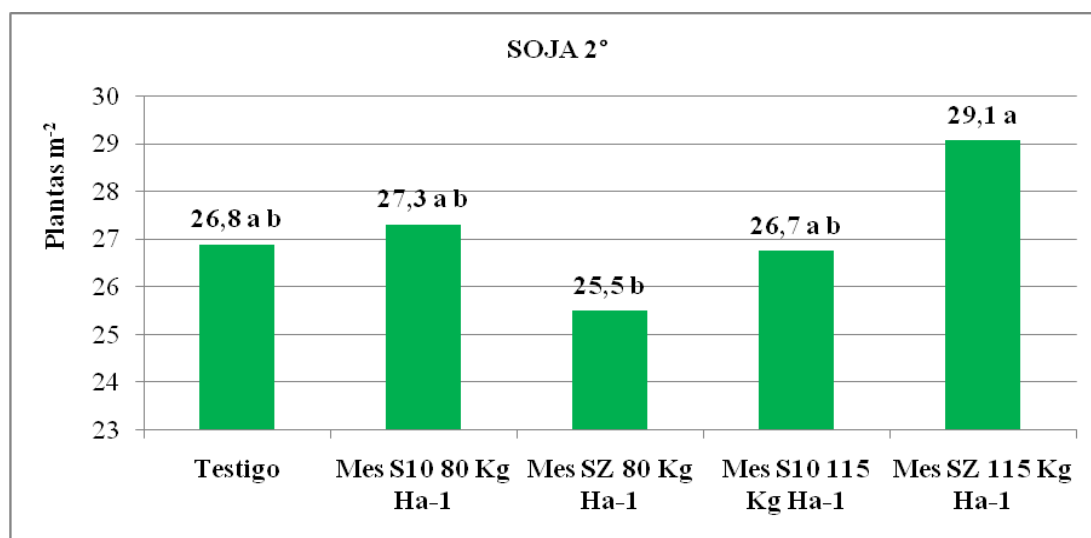


Figura 9. Determinación de plantas por m^{-2} en el cultivo de soja 2°. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p \leq 0.05$). DMS= 2,5. CV (%)= 13,5.

✓ **SOJA 2°. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DIRECTOS.**

El rendimiento en grano de soja de segunda y sus componentes directos no fueron modificados estadísticamente por los diferentes tratamientos de fertilización (Cuadro 7).

En el Cuadro 7, se pueden observar para los diferentes tratamientos, que no se detectaron respuestas al efecto residual de la fertilización con P, S y Zn en el rendimiento del cultivo de soja de segunda ($P=0,3803$).

A pesar de que el contenido inicial de P, S y Zn del suelo estuvo por debajo del valor considerado por algunos autores como umbral de respuesta a la fertilización, las mismas no fueron detectadas (Cuadro 1). Factores como el clima y/o el suelo, son determinantes en las respuestas a la fertilización. En relación al clima, las precipitaciones condicionan la absorción de los nutrientes por el cultivo y definen la disponibilidad nutricional del suelo. En este caso, el escenario meteorológico durante los meses del verano fue un factor clave, ya que se registraron abundantes precipitaciones como consecuencia del fenómeno “El Niño”.

Este hecho, resultó altamente positivo para los rindes de la soja de segunda porque le permitió disponer al cultivo del agua necesaria en los meses de máxima demanda hídrica (diciembre, enero y febrero). Las precipitaciones y el agua almacenada en el perfil del suelo a la siembra, permitió una buena implantación y crecimiento del cultivo (aumentando la capacidad de absorción de nutrientes debido a una mayor exploración de la raíces en el perfil sin ninguna limitante física). Por lo tanto no se puede considerar a este factor como limitante de la respuesta.

En relación al suelo, el P, S y Zn pudieron provenir de una mayor mineralización de la MO del suelo como consecuencia de las excelentes condiciones hídricas. La soja sin fertilizar (testigo) tuvo rendimientos muy elevados, superiores a la media histórica, lo que demuestra que el requerimiento de nutrientes fue satisfecho por el suelo, lo que relativizó el aporte por fertilización.

Cuadro 7. Rendimiento en Grano y sus Componentes en el cultivo de soja 2°.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha⁻¹)	N° Granos m⁻²	Peso 1000 Granos g⁻¹
Testigo	3583,3 a	2310,1 a	151 a
MES S10 80 kg ha⁻¹	3728,8 a	2453,6 a	151,9 a
MES SZ 80 kg ha⁻¹	3710,1 a	2474,1 a	150 a
MES S10 115 kg ha⁻¹	3840,1 a	2531,6 a	151,6 a
MES SZ 115 kg ha⁻¹	3838 a	2538,8 a	151,1 a
DMS	273,7	172,4	2,9
CV (%)	10,44	9,94	2,82

Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p \leq 0.05$).

En la Figura 10, al analizar y comparar Testigo vs MES S10, para las dosis de 80 y de 115 kg ha⁻¹, los rendimientos no son distintos, no presentándose residualidad a la fertilización con P y S (aplicado en el cultivo de trigo).

Los rendimientos tampoco fueron estadísticamente diferentes al comparar MES S10 vs MES SZ para las dosis de 80 y de 115 kg ha⁻¹, no presentándose efecto residual a la fertilización con Zn (aplicado en el cultivo de trigo).

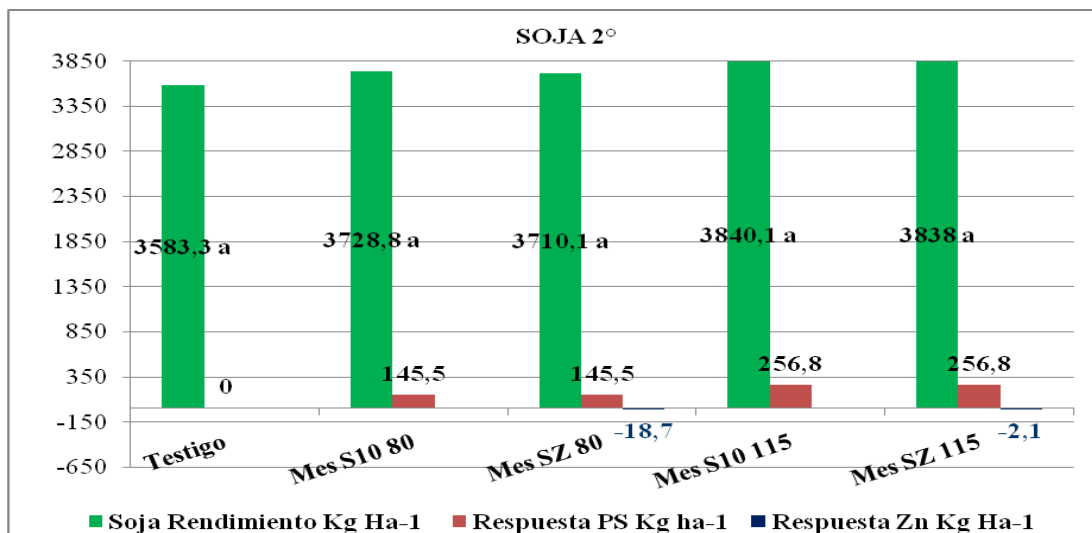


Figura 10. Rendimiento y respuesta en kg ha⁻¹ a la fertilización con P, S y Zn en el cultivo de soja 2°. Los tratamientos con letras distintas, difieren en forma significativa según Test LSD ($p < 0.05$).

Estos resultados no coinciden con los ensayos realizados en Corral de Bustos (Córdoba) (EEA INTA Marcos Juárez) y en Bernardo de Irigoyen (Santa Fe) (EEA INTA Rafaela), donde muestran los rendimientos de soja de segunda con distintos tratamientos de fertilización con N, P y S aplicados a la siembra del trigo. En ambos ensayos se observan respuestas significativas a la fertilización balanceada con N, P y S en los dos cultivos. La aplicación de N, P y S produjo aumentos del rendimiento en granos de 1028 kg ha⁻¹ en soja en el ensayo de Corral de Bustos, y de 748 kg ha⁻¹ de soja en el ensayo de Irigoyen (Albrecht *et al.*, 2000).

Tampoco concuerdan con Salvagiotti *et al.* (2003) donde para una secuencia trigo/soja han observado que las prácticas de fertilización aplicadas al trigo influyen sobre la soja de segunda y que en el caso de tratamientos con nutrientes poco móviles en el suelo (por ejemplo P) es posible dejar remanentes aprovechables directamente por la soja.

Es factible que las diferencias texturales y mineralógicas entre los suelos de Marcos Juárez, Rafaela y Chaján, expliquen los diferentes resultados encontrados. En matrices arenosas y en presencia de adecuada disponibilidad hídrica la mineralización de la materia orgánica del suelo es mayor que en matrices de textura más fina.

En relación con la falta de respuesta al agregado de Zn, los resultados encontrados en el presente estudio coinciden con Echeverría *et al.*, (2002) donde en la región pampeana durante dos campañas realizaron una red de ensayos para el cultivo de soja en la que se evaluó la respuesta a Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Boro (B), además de los macroelementos Potasio (K) y Magnesio (Mg). En ninguno de los 53 sitios experimentales que comprendió la

red se observaron respuestas a la aplicación de estos nutrientes, agregados al suelo en el momento de la siembra.

Martens y Linsday, (1990) y Whitney, (1997), señalan como nivel crítico una concentración edáfica de 0,5 a 1 ppm de Zn, los resultados obtenidos no concuerdan con los autores ya que en este ensayo se determinaron contenidos de Zn en suelo por debajo de los umbrales citados en la literatura (Cuadro 1). Deben realizarse varios estudios a nivel local para establecer claramente cuáles son los umbrales de Zn para el cultivo de soja.

✓ **SOJA 2°. NÚMERO DE GRANOS POR SUPERFICIE.**

El número final de granos que el cultivo puede establecer en relación al número potencial, se asocia principalmente con la capacidad de crecimiento de los individuos dentro del cultivo durante el período crítico de fijación de vainas y semillas (Vega y Andrade, 2000).

El número de granos por unidad de área de suelo queda determinado durante el período R1-R5 (inicio de floración–inicio de llenado de granos) y su reducción sólo puede ser compensada parcialmente por el aumento en el peso unitario de las semillas (Baigorri, 1997).

En el Cuadro 7, se pueden observar para los diferentes tratamientos, que no se detectaron respuestas al efecto residual de la fertilización con P, S y Zn en el número de granos m⁻² del cultivo de soja de segunda (P=0,4272).

✓ **SOJA 2°. PESO DE LOS GRANOS.**

El análisis estadístico realizado para la variable peso de 1000 granos (g⁻¹), no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 7). Esta variable no evidenció un efecto de la fertilización, y no correlacionó con el rendimiento, estos resultados concuerdan con Gutiérrez Boem y Scheiner (2003), que indican que la caída en los rendimientos del cultivo de soja en diferentes situaciones productivas se deben en general, a una disminución en el número de granos, el peso de los granos, por el contrario, raramente es afectado.

CONCLUSIÓN

- La fertilización fosforada y azufrada, aumentó el rendimiento del trigo. Con mayor dosis, mayor rendimiento. A las dosis evaluadas, la adición de Zn no mejoró el rendimiento del cultivo.
- El cultivo de soja de segunda no respondió al efecto residual de la fertilización con P, S, y Zn aplicada al trigo.
- En función a este trabajo, se sugiere seguir evaluando en nuevas campañas y sitios, para tratar de verificar los datos obtenidos y examinar la existencia de un posible efecto residual con mayores dosis de fertilizantes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBRECHT, R., H. VIVAS, H. FONTANETTO Y J. HOTIAN. 2000. Residualidad del fósforo y del azufre en soja sobre dos secuencias de cultivos. Campaña 1999/2000. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela; Centro Regional Santa Fe. Publicación Miscelánea N° 93, N° 6: 1-5.
- ALVAREZ, R., C. R. ALVAREZ y H. S. STEINBACH. 2000. Fertilización de trigo y maíz. Hemisferio sur, Buenos Aires, Argentina.
- AMBROGIO, M., S. LORENZATTI, H. BIZET, H. DON, W. TANDUCCI, F. GARCÍA Y H. FONTANETTO. 2000. Trigo: Explorando deficiencias nutricionales en la región pampeana. Resultados de los ensayos de fertilización AAPRESID-INPOFOS 1999/00. INPOFOS - Informaciones agronómicas del Cono Sur N° 5.
- ANDRADE, F. H., H. E. ECHEVERRÍA, N. S. GONZÁLEZ Y S. A. UHART. 2000. Requerimiento de nutrientes minerales. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed: Andrade, F. H. y Sadras, V. O. Editorial Médica Panamericana S.A.
- ANDRADE, F. E. Y SADRAS, V. O. 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed: Andrade, F. E. y Sadras, V. O. Editorial Médica Panamericana S.A.
- BAIGORRÍ, H. E. 1997. Ecofisiología del cultivo. En: El cultivo de la Soja en Argentina. Ed: Giorda, L. y Baigorri, H.
- BARBAGELATA, P. A., G. L. BRONDI, R. J. M. MELCHIORI Y O. F. PAPAROTTI. 2000. Estrategias para la fertilización fosfatada de soja en siembra directa en Vertisoles. 2001. Soja. Actualización Técnica. Serie Extensión N° 21, EEA Paraná, INTA. Pág. 54-57.
- BERARDO, A., F. GRATTONI Y G. BORRAJO. 1999. Fertilización fosfatada de trigo: Respuesta y forma de aplicación. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 2:1-3.
- BERARDO, A. Y M. A. MARINO. 2000. Efecto de la fertilización fosfatada y sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. I – Pasturas consociadas. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- BOARD, J. M., KANG, M. S. Y HARVILLE, B. G. 1999. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. *Agronomy Journal*, vol. 91, January 1999.
- BRAY, R. Y L. T. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.

- BRUULSEMA, T. C. WITT, F. GARCIA, S. LI, T. N. RAO, F. CHEN Y S. IVANOVA. 2008. A Global Framework for Fertilizer BMPs. Better Crops 92 (2):13-15 en prensa. IPNI. Norcross, EE.UU.
- CIAMPITTI, I. Y F. GARCÍA. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- CISNEROS, J.M.; CANTERO, A.; DEGIOANNI, A.; DE PRADA, J.; GIL, H.; REYNERO, M.; SHAH, F. Y BRAVO-URETA, B. 2004. Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba: Evaluación mediante el modelo RUSLE 2. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Parana, Entre Ríos, Argentina.
- CISNEROS, J.M.; DEGIOANNI, A.; CANTERO, A.; BECERRA, V.; ZUBRZYCKI, M. 2008. Producción, Uso y Manejo de las Tierras. Capítulo III. Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el sur de Córdoba, Argentina. Ed. Jorge de Prada y Julio A. Penna. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p: 31-46.
- DÍAZ ZORITA M. 2002. La fertilización de soja y trigo/soja en la región pampeana: Red del proyecto fertilizar INTA. Actas de la Jornada de actualización para profesionales “Fertilidad 2002”, INPOFOS. Cono Sur, Rosario, Argentina.:37-42
- DÍAZ ZORITA, M.; GARCÍA, F. Y MELGAR, R. (COORD.). 2002. Fertilización en soja y soja-trigo: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la Red de Ensayos del Proyecto Fertilizar INTA, Campañas 2000/01 y 2001/02. Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Pág. 43.
- DÍAZ-ZORITA, M. 2003. Las interacciones de fósforo con otros nutrientes y sus efectos sobre la producción de cultivos. INPOFOS Cono Sur, Simposio “El fósforo en la Agricultura Argentina”, Rosario (Arg.), 51-54.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, M. BALZARINI, L. GONZALES, M. TABLADA y C. ROBLEDO. 2010. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar/>.
- DOWLING CW. 1996. The effect of soil ammonium concentration and osmotic pressure on seedling emergence. Proceedings 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, 219-222.
- ECHEVERRIA H. y F. GARCIA. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 149. EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina.

- ECHEVERRÍA, H., G. FERRARIS, G. GERSTER, F. GUTIÉRREZ BOEM Y F. SALVAGIOTTI. 2002. Fertilización en Soja y Trigo-Soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín técnico: Resultados de la red de ensayos del Proyecto Fertilizar-INTA. Campaña 2000/01 y 2001/02. INTA EEA Pergamino, 43 p.
- EDWARDS J.H., WOOD C.W., THURLOW D.L. Y RUF M.E. 1992. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1577-1582.
- ESPÓSITO G., BALBOA G., CASTILLO C. y BALBOA R., 2008. Nivel Crítico de Fósforo y Azufre en suelos del sur de Córdoba para el cultivo de Soja. XXI Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo. Potrero de los Funes (SL), Argentina.
- FANCELLI, A. L. 2003. Influencia da nutrição de plantas na ocorrência de doenças e pragas. In: Feijão irrigado tecnologia de produtividade: 1-29. Fancelli A. L., D. Dourado Neto (Ed.). Departamento de Producao Vegetal, ESALQ. Piracicaba, Brasil.
- FAO. 2003. Fertilizer use by Crops in Argentina. FAO, Roma. 57p. [Ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuseargent.pdf](ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuseargent.pdf). Consultado: 25/05/2009.
- FERRARIS, G. Y L. COURETOT. 2004. Fertilización fosforada en soja. Diagnóstico y tecnología de aplicación. Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino, IX (26): 46-49.
- FISCHER R.A. 1984. Growth and yield of wheat. In: Proc. Symp. On Potential Productivity of Field Crops under different environments. IRRI, Los Baños pp 129 – 154. En: www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/trigo/artic6.htm. Consultado: 20/05/09.
- FONTANETTO, H., O. QUAINO, O. KELLER, L. BELOTTI, C. NEGRO, Y D. GIAILEVRA. 2006. Efecto del zinc en trigo en el área central de Santa Fe. Campaña 2005/06. INTA. EEA Rafaela. Información técnica de trigo. Campaña 2006:57-62.
- GALARZA C., V. GUDELJ Y P. VALLOTE. 2002. Fertilización del cultivo de soja. Información para Extensión N° 69. EEA INTA Marcos Juárez.
- GARCIA, F. O., K. FABRIZI, M. RUFO Y P. SCARABICCHI. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. VI Congreso Nacional de Maíz. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- GARCÍA F., H. FONTANETTO, H. VIVAS. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo-soja. INPOFOS. En extenso Informaciones Agronómicas 10:4-17. Buenos Aires, Argentina.
- GARCÍA, F. 2003. Nutrición y manejo de la fertilización del cultivo de trigo en la región Pampeana. En: www.inpofos.org. Consultado: 20/05/2009.

- GARCÍA, F. 2004. Soil Fertility management for soybean in Argentine. VII World Soybean Research Conference; IV International Soybean Proceeding and Utilization Conference; III Congresso Mundial de Soja (Brazilian Soybean Congress). Proceedings: 392-399.
- GARCÍA F. 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29:13-16. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- GUTIÉRREZ BOEM, F. H. Y SCHEINER, J. D. 2003. Fertilización fosforada del cultivo de Soja. En: Pergolini, S. 2003. Diferentes modelos de siembra y fertilización con azufre del cultivo de soja en un Sector de Lomas.
- MADDONI G., RUIZ R., VILARIÑO P. E I. GARCIA DE SALAMOTE. 2004. Fertilización en los cultivos para grano. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aire, Argentina:501-557.
- MARSCHNER, H.E. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press. London/ San Diego/ New York/ Boston/ Sydney/ Tokio, p: 889.
- MARTENS, D. C. y LINDSAY, W., 1990. Testing soil for Copper, Iron, Manganese, and Zinc. Soil testing and plant analysis. SSSA, Madison, pp. 229-264.
- MELGAR, R., 2006. Fertilización en trigo. En www.fertilizando.com. Consultado 18/05/2009.
- MIRALLES D. J. AND SLAFER G. A. 2000. Wheat development. In: Wheat ecology and physiology of yield determination. Editors Emilo H. Satorre y Gustavo A. Slafer. Chapter 2 pp 13 – 43. En: www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/trigo/artic6.htm. Consultado: 18/05/09.
- MIRAVALLS, M. 2001. El trigo candeal. Cuaderno de actualización técnica en trigo N° 63 CREA. p: 156-165.
- RASHID, A., L. FOX. 1992. Evaluating internal requirements of grain crops by seed analysis. Agronomy Journal, Madison, 84 469-474. En:<http://www.fertilizando.com/articulos/Respuesta%20del%20Trigo%20al%20Agregar%20de%20Zinc.asp>. Consultado: 17/05/2009.
- RATTO, S. L., L. GIUFFRÉ, C. SAINATO. 1997. Variación espacial de micronutrientes en suelo y planta en un Molisol. Ciencia del Suelo 15:39-41.
- RATTO, S., 2006. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. Editora Vázquez, M. Micronutrientes en la Agricultura. Diagnóstico y fertilización en la Argentina. La experiencia brasilera. 1ª edición. 92 – 06 p.
- ROBERTS, T. L. 2007. Right product, right rate, right time, and right place...the foundation of best management practices for fertilizer. pp. 29-32. In: Fertilizer Best

Management Practices. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). 7-9 March, 2007. Bruselas, Bélgica.

- ROSSI, R. L. 2008. La potencialidad de la soja Argentina. *Agromercado*. 147: 4-8.
- SAINZ ROZAS H., H. E. ECHEVERRÍA, P. A. CALVIÑO, P. A. BARBIERI, M. REDOLATTI. 2003. Respuesta del trigo al agregado de cinc y cobre en suelos del sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 21 (2):52-58. Buenos Aires, Argentina.
- SALVAGIOTTI, F., G. GERSTER, S. BACIGALUPPO, J. CASTELLARÍN, J. GALARZA, N. GONZALEZ, V. GUDELJ, O. NOVELLO, H. PEDROL Y P. VALLONE. 2003. Evaluación del momento de aplicación de fósforo y azufre en la secuencia trigo/soja. INPOFOS Cono Sur, Simposio “El fósforo en la Agricultura Argentina”, Rosario (Arg.), 97-98.
- SALVAGIOTTI, F., G. GERSTER, S. BACIGALUPPO, J. CASTELLARÍN, C. GALARZA, N. GONZÁLEZ, V. GUDELJ, O. NOVELLO, H. PEDROL, Y P. VALLOTE. 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. *Ciencia del Suelo* 22(2):92-101.
- SAGPyA, 2009. Trigo Pan. Disponible en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>, consultado: 28/05/2009.
- SCHEID LÓPEZ, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. Pp 29-78. En: M Vázquez(ed). *Micronutrientes en la agricultura*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.
- SEILER, R., ROTONDO, V., FABRICIUS, R., VINOCUR, M. 1995. *Agrometeorología de Río Cuarto-1974/93*. Vol. I. Cátedra de Agrometeorología FAV. UNRC.
- SILLANPAA M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. *FAO Soils Bull.* 48. FAO, Organización de Naciones Unidas, Roma, Italia.
- SINCLAIR, TR; C.T. DE WIT. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. *Science*, 189: 565-567.
- SLAFER G., MIRALLES J., SAVIN R., WHITECHURCH E., GONZÁLEZ F. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Cap. 7: Pág. 99 – 132. Ed. Facultad de Agronomía, UBA.
- STUDDERT, G. A. Y H. E. ECHEVERRÍA. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1496-1503.

- VEGA, C. R. Y ANDRADE, F. H. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed: Andrade, F. E. y Sadras, V. O. Editorial Médica Panamericana S.A.
- VOLMER E.R. Y RATTO S. E. 2005. Disponibilidad de Cinc, Cobre, Hierro y Manganeso extraíble con DTPA en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que la condicionan. Ci. Suelo. 23(2)00-00.
- WHITNEY, D. A., 1997. Fertilization. En: Soybean production handbook. Kansas States University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, C-449.
- ZADOKS, CHANG Y KONZAK. 1974. "A decimal code for the growth stage of cereal". Weed Research, 14: 415-421.

ANEXO I

ANÁLISIS DE LA VARIANZA EN TRIGO.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	80	0,51	0,46	15,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9851538,34	7	1407362,62	10,65	<0,0001
Tratamiento	7749232,23	4	1937308,06	14,67	<0,0001
Bloque	2102306,12	3	700768,71	5,31	0,0023
Error	9510129,69	72	132085,13		
Total	19361668,04	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=256,14753

Error: 132085,1346 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
MES SZ 115kg	2770,80	16	90,86	A	
MES S10 115kg	2520,06	16	90,86	A	B
MES SZ 80kg	2511,50	16	90,86		B
MES S10 80kg	2389,74	16	90,86		B
Testigo absoluto	1834,29	16	90,86		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Granos/m²	80	0,54	0,49	15,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	106222726,21	7	15174675,17	12,06	<0,0001
Tratamiento	82009649,08	4	20502412,27	16,29	<0,0001
Bloque	24213077,14	3	8071025,71	6,41	0,0007
Error	90598613,67	72	1258314,08		
Total	196821339,89	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=790,60166

Error: 1258314,0788 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES SZ 115kg	8644,88	16	280,44	A

MES S10 115kg	7959,44	16	280,44	A	B
MES SZ 80kg	7538,56	16	280,44		B
MES S10 80kg	7506,13	16	280,44		B
Testigo absoluto	5598,69	16	280,44		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000	80	0,23	0,16	5,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	60,23	7	8,60	3,08	0,0068
Tratamiento	26,79	4	6,70	2,40	0,0582
Bloque	33,43	3	11,14	3,99	0,0110
Error	201,33	72	2,80		
Total	261,56	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,17857

Error: 2,7963 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
MES Z 80 kg	33,29	16	0,42	A	
Testigo	32,80	16	0,42	A	B
MES Z 115 kg	32,12	16	0,42	A	B
MES 10 80 kg	31,89	16	0,42		B
MES 10 115 kg	31,78	16	0,42		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Espigas/m²	80	0,07	0,00	13,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14770,48	7	2110,07	0,74	0,6352
Tratamiento	12085,38	4	3021,34	1,07	0,3797
Bloque	2685,10	3	895,03	0,32	0,8139
Error	204080,53	72	2834,45		
Total	218851,00	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=37,52302

Error: 2834,4517 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MES SZ 80kg	419,88	16	13,31 A
MES SZ 115kg	403,06	16	13,31 A
MES S10 80kg	393,31	16	13,31 A
MES S10 115kg	389,63	16	13,31 A
Testigo absoluto	385,38	16	13,31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Granos/Espiga	80	0,49	0,44	15,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	629,32	7	89,90	9,99	<0,0001
Tratamiento	503,17	4	125,79	13,98	<0,0001
Bloque	126,15	3	42,05	4,67	0,0049
Error	647,75	72	9,00		
Total	1277,07	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,11398

Error: 8,9965 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.
MES SZ 115kg	21,94	16	0,75 A
MES S10 115kg	20,44	16	0,75 A B
MES S10 80kg	19,20	16	0,75 B C
MES SZ 80kg	18,00	16	0,75 C
Testigo absoluto	14,55	16	0,75 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas m ⁻²	20	0,76	0,62	10,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24801,06	7	3543,01	5,45	0,0053
Tratamiento	22497,33	4	5624,33	8,66	0,0016
Bloque	2303,73	3	767,91	1,18	0,3577
Error	7796,50	12	649,71		
Total	32597,56	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=39,27029

Error: 649,7083 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES S10 80kg/ha	290,50	4	12,74	A
MES SZ 80kg/ha	278,25	4	12,74	A
Testigo absoluto	276,25	4	12,74	A
MES SZ 115kg/ha	224,44	4	12,74	B
MES S10 115kg/ha	205,63	4	12,74	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Macollos m ²	20	0,09	0,00	16,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7555,72	7	1079,39	0,17	0,9877
Tratamiento	4125,17	4	1031,29	0,16	0,9552
Bloque	3430,55	3	1143,52	0,18	0,9106
Error	77978,57	12	6498,21		
Total	85534,28	19			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=124,19436

Error: 6498,2140 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo absoluto	522,64	4	40,31	A
MES S10 115kg/ha	507,24	4	40,31	A
MES SZ 80kg/ha	492,32	4	40,31	A
MES S10 80kg/ha	486,07	4	40,31	A
MES SZ 115kg/ha	485,10	4	40,31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS kg ha ⁻¹	20	0,88	0,80	9,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1145710,38	7	163672,91	12,03	0,0001
Tratamiento	920884,31	4	230221,08	16,92	0,0001
Bloque	224826,08	3	74942,03	5,51	0,0130

Error	163315,16	12	13609,60
Total	1309025,55	19	

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=179,73287

Error: 13609,5971 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES S10 115kg/ha	1453,28	4	58,33	A
MES SZ 80kg/ha	1379,74	4	58,33	A
MES S10 80kg/ha	1378,20	4	58,33	A
MES SZ 115kg/ha	1327,48	4	58,33	A
Testigo absoluto	857,68	4	58,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

ANÁLISIS DE LA VARIANZA SOJA 2°.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	80	0,14	0,05	11,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1928642,66	7	275520,38	1,62	0,1428
Tratamiento	723102,33	4	180775,58	1,06	0,3803
Bloque	1205540,34	3	401846,78	2,37	0,0779
Error	12224051,73	72	169778,50		
Total	14152694,39	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=290,40530

Error: 169778,4962 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES S10 115kg/ha	3840,13	16	103,01	A
MES SZ 115kg/ha	3838,00	16	103,01	A
MES S10 80kg/ha	3728,81	16	103,01	A
MES SZ 80kg/ha	3710,19	16	103,01	A
Testigo absoluto	3583,31	16	103,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Granos/m²	80	0,13	0,05	10,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	767557,91	7	109651,13	1,55	0,1630
Tratamiento	274775,68	4	68693,92	0,97	0,4272
Bloque	492782,24	3	164260,75	2,33	0,0816
Error	5077790,58	72	70524,87		
Total	5845348,49	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=187,16918

Error: 70524,8691 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES SZ 115kg/ha	2538,81	16	66,39	A
MES S10 115kg/ha	2531,69	16	66,39	A
MES SZ 80kg/ha	2474,13	16	66,39	A
MES S10 80kg/ha	2453,69	16	66,39	A
Testigo absoluto	2377,88	16	66,39	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000	80	0,03	0,00	2,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46,51	7	6,64	0,37	0,9187
Tratamiento	36,08	4	9,02	0,50	0,7374
Bloque	10,44	3	3,48	0,19	0,9015
Error	1304,38	72	18,12		
Total	1350,89	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,99984

Error: 18,1163 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES S10 80kg/ha	151,94	16	1,06	A
MES S10 115kg/ha	151,69	16	1,06	A
MES SZ 115kg/ha	151,19	16	1,06	A
Testigo absoluto	151,00	16	1,06	A
MES SZ 80kg/ha	150,00	16	1,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° Plantas/m ²	80	0,16	0,07	13,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	179,38	7	25,63	1,91	0,0803
Tratamiento	106,08	4	26,52	1,98	0,1072
Bloque	73,30	3	24,43	1,82	0,1509
Error	965,83	72	13,41		
Total	1145,20		79		

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,58135

Error: 13,4142 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
MES SZ 115kg/ha	29,06	16	0,92	A
MES S10 80kg/ha	27,31	16	0,92	A
Testigo absoluto	26,88	16	0,92	A
MES S10 115kg/ha	26,75	16	0,92	A
MES SZ 80kg/ha	25,50	16	0,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).