

# Fertilizantes en línea de siembra de maíz: efectos sobre la implantación y el rendimiento

G.N. Ferraris<sup>1\*</sup>, L.A. Couretot<sup>1</sup> y G. Magnone<sup>1</sup>

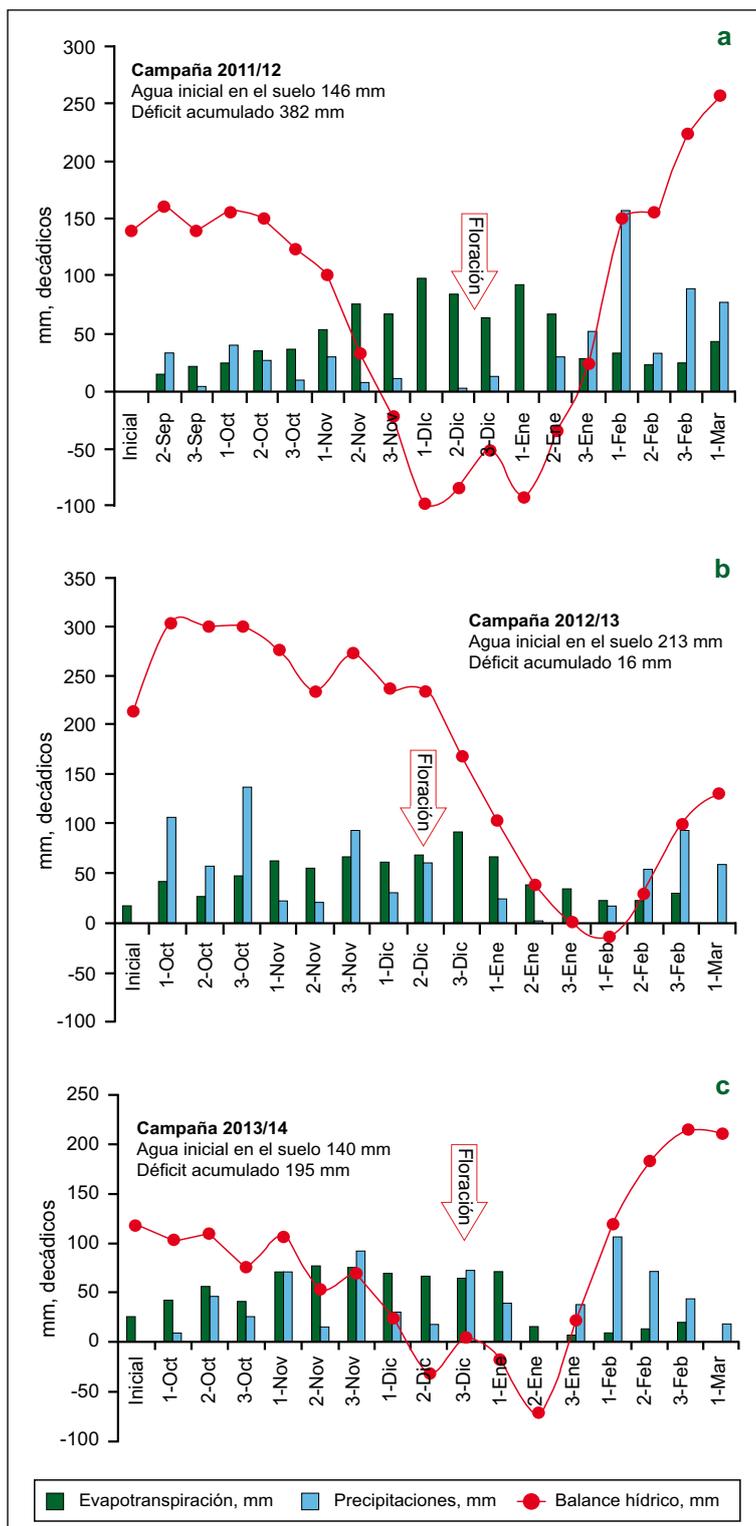
## Introducción

La aplicación de fertilizantes en la línea de siembra junto con la semilla es una práctica riesgosa que puede afectar la implantación de los cultivos, retrasando la emergencia y provocando mermas en la población final de plantas. Son conocidos los efectos sobre la semilla de soja (Ferraris et al., 2004; 2011; Ventimiglia et al., 2005; Vivas y Seffino, 1998) pero hay menos información sobre maíz, el cual podría ser igualmente sensible. Una síntesis de experiencias realizadas en esta especie fue publicada por Ciampitti et al. (2006), quien a partir de ensayos realizados por Barraco et al. (2002) y Fontanetto et al. (Inédito) proponen un rango de 60-80 kg ha<sup>-1</sup> y 130-170 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (FDA) que determinaría pérdidas de 20 y 50% de las plantas, respectivamente.

Por otra parte, la capacidad de compensar la reducción en la población de plantas sin perder rendimiento a partir del mayor crecimiento de las plantas remanentes depende del cultivo y de las condiciones ambientales durante la estación de crecimiento. En soja, Ferraris et al. (2001; 2004) determinaron que el cultivo logró compensar la reducción en la densidad de plantas sin perder rendimiento bajo un clima favorable, pero no sucedió lo mismo cuando el crecimiento vegetativo ocurrió bajo un fuerte estrés hídrico, durante los meses de diciembre y enero (Ferraris et al., 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis crecientes de fuentes fosforadas sobre la germinación y el rendimiento de maíz, bajo diferentes contenidos de humedad en el suelo al momento de la siembra, y ambientes hídricos contrastantes en la estación de crecimiento. Nuestras hipótesis son que:

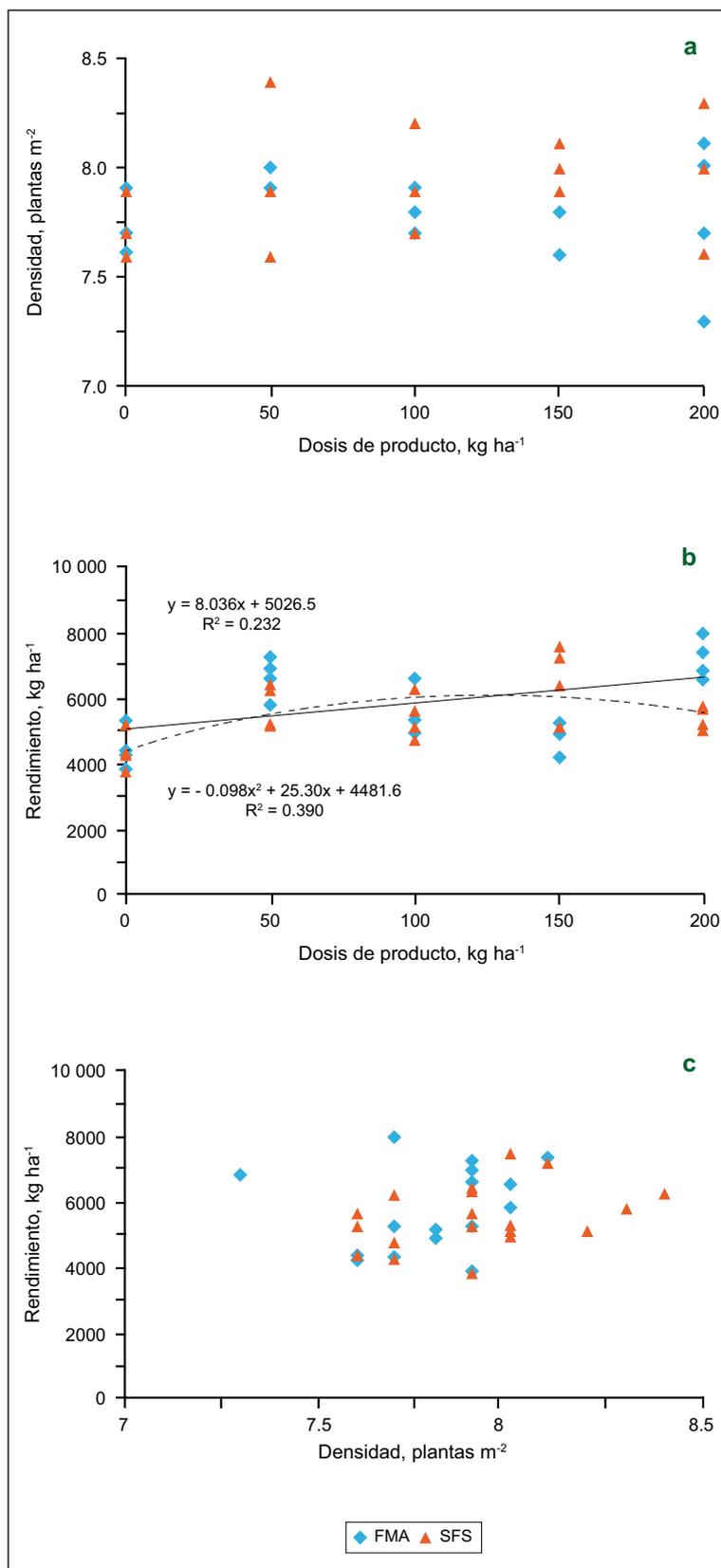
- i Los fertilizantes afectan la emergencia de maíz en grado variable según la fuente, dosis y contenido hídrico del suelo.
- ii Las plantas que logran emerger compensan la reducción sufrida en densidad de plantas a través de un mayor crecimiento por planta.
- iii El balance hídrico durante el ciclo del cultivo es un factor determinante de la capacidad de recuperación del cultivo en términos de rendimiento.



**Figura 1. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico acumulados (mm) en los sitios experimentales. Pergamino, Bs. As. a) Campaña 2011/12; b) Campaña 2012/13; y c) Campaña 2013/14. Agua disponible inicial en el suelo medida hasta 140 cm. Déficit acumulado = evapotranspiración potencial - evapotranspiración real.**

<sup>1</sup> EEA INTA Pergamino. Av. Frondizi km 4.5 B2700WAA Pergamino, Buenos Aires, Argentina..

\* Autor de Contacto: Correo electrónico: ferraris.gustavo@inta.gob.ar



**Figura 2.** Análisis de las relaciones entre densidad, rendimiento y dosis de fertilizante aplicado. Fuentes: FMA (12-23-0) en rombos y SFS (0-20-0-S12) en triángulos. Campaña 2011/12, humedad a la siembra (0-6 cm) 90% capacidad de campo, con sequía durante el ciclo de cultivo. Dos funciones diferentes en un gráfico indican ecuaciones estadísticamente diferentes entre fuentes ( $p < 0.05$ ). Ausencia de función indica falta de relación entre variables.

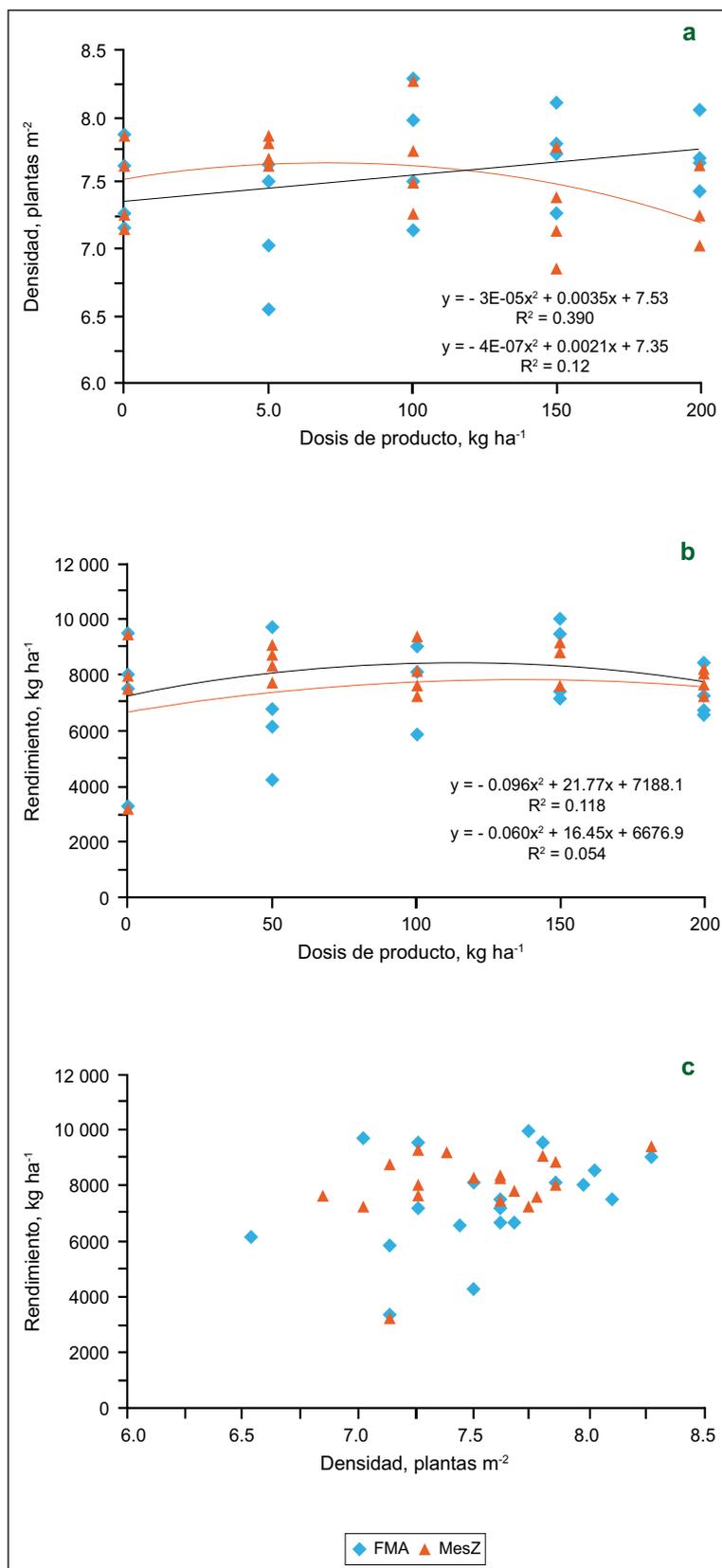
## Materiales y métodos

Durante las campañas 2011/12, 2012/13 y 2013/14 se evaluó la aplicación de dosis crecientes de dos fuentes fosforadas en la línea de siembra junto con la semilla. Durante el primer año se evaluó fosfato monoamónico [FMA, 11-23 (52 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0] y superfosfato simple [SFS, 0-9 (20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0-S12]; en el segundo se utilizó FMA y MicroEssentials®SZ™ [MesZ, 12-17.5 (40 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0 - S10 - Zn1]; y en el tercer año se compararon MicroEssentials®S10™ [Mes10, 12-17.5 (40 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 0 - S10] y MesZ. Para cada fuente, se evaluaron las dosis de 50, 100, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup> de producto comercial. Los ensayos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 7 m x 4 surcos. La siembra se realizó con una sembradora neumática de siembra directa, en surcos a 0.70 m y densidad de 8 semillas m<sup>-2</sup> las dos primeras campañas, y 9.5 semillas m<sup>-2</sup> para la tercera, respectivamente. El fertilizante fue localizado en contacto con la semilla. El nivel inicial de P Bray-1 en el suelo (0-20 cm) fue de 15.2, 14.7 y 34.2 mg kg<sup>-1</sup> en 2011, 2012 y 2013, respectivamente.

La fertilización nitrogenada fue uniforme y en alta dosis, con el objetivo de no limitar la compensación en las parcelas que sufrieron pérdidas de plantas. En los tres años, se aplicaron 250 kg ha<sup>-1</sup> de urea granulada al voleo al momento de la siembra. En 2011 y 2012, el contenido de humedad de suelo (0-6 cm) a la siembra alcanzaba a 90 y 93% de la capacidad de campo (CC), respectivamente. Adicionalmente, en 2012 ocurrió una lluvia de 90 mm entre siembra y emergencia. Por el contrario, el contenido de humedad fue sensiblemente inferior en 2013 (55% de CC). El número final de plantas se determinó recontando los 28 m lineales de cada parcela (7 m x 4 surcos). La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria y se corrigió el rendimiento a 13% de humedad. Se ajustaron funciones lineales y cuadráticas para relacionar rendimiento, emergencia, y la dosis de fertilizante aplicado.

## Resultados y discusión

Las campañas fueron ambientalmente contrastantes. El ciclo 2011/12 fue extremadamente seco (**Figura 1a**), con un rendimiento medio de 5776 kg ha<sup>-1</sup>. Por el contrario, 2012/13 mostró un clima húmedo favorable (**Figura 1b**), pero el sitio, erosionado y de extremadamente baja fertilidad, sólo alcanzó un rendimiento de 7685 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, 2013/14 fue un ciclo difícil y cambiante, con temperaturas extremas en plena floración y posteriormente lluvias excesivas (**Figura 1c**). El rendimiento medio fue de 5887 kg ha<sup>-1</sup>.



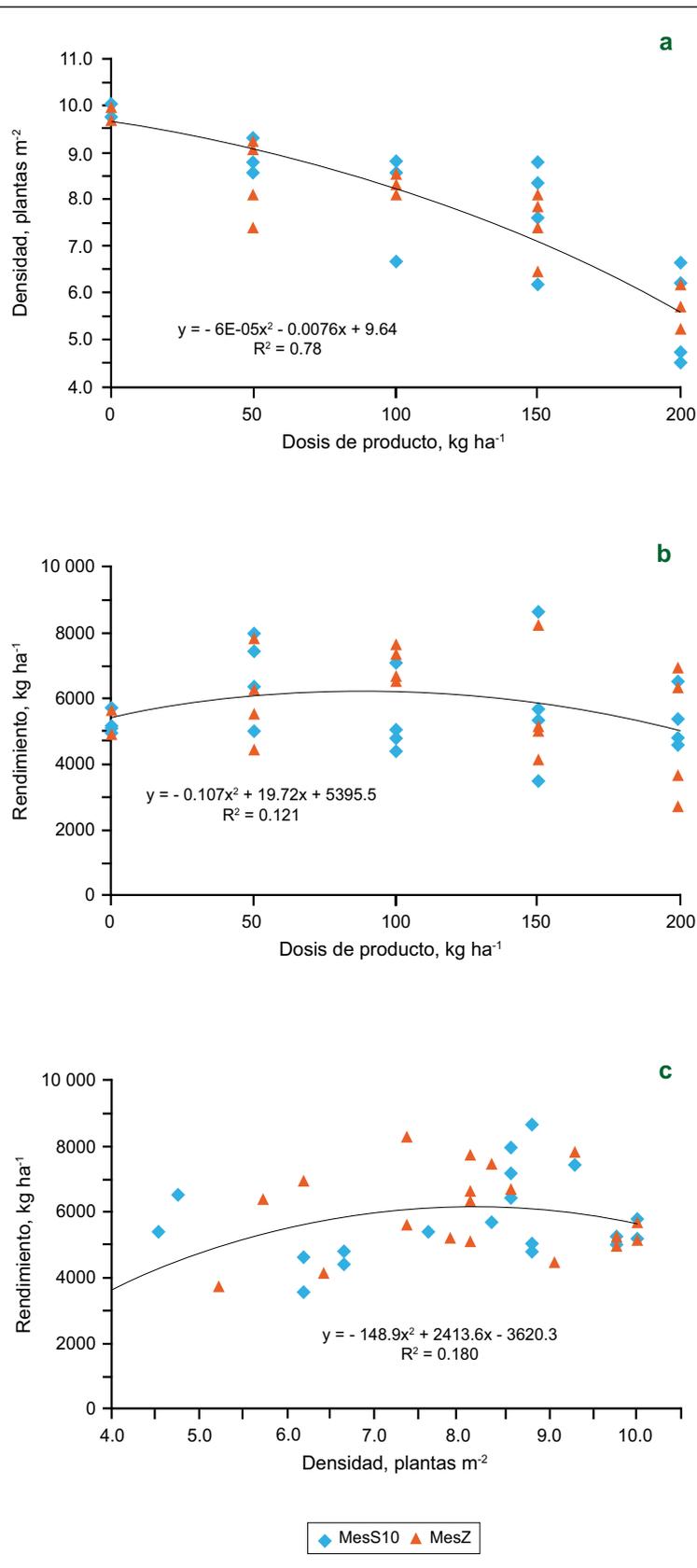
**Figura 3.** Análisis de las relaciones entre densidad, rendimiento y dosis de fertilizante aplicado. Fuentes: FMA (12-23-0) en rombos y MesZ (10-17, 5-0-S10-Zn1) en triángulos. Campaña 2012/13, humedad a la siembra (0-6 cm) 93% CC, sumado a 90 mm de precipitación entre siembra y emergencia. Ciclo de cultivo húmedo. Dos funciones diferentes en un gráfico indican ecuaciones estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ). Ausencia de función indica falta de relación entre variables.

En 2011/12 no se verificaron efectos fitotóxicos significativos para ninguna de las fuentes y dosis evaluadas (**Figura 2a**). A pesar de la sequía durante el ciclo del cultivo, la fertilización incrementó los rendimientos con la tendencia más pronunciada cuando se utilizó FMA (**Figura 2b**). No se determinó relación entre rendimiento y número final de plantas (**Figura 2c**). El comportamiento fue similar en 2012/13, no se determinó reducción significativa en el número de plantas para ninguna de las fuentes y dosis, observando una caída no significativa de sólo el 6% para MesZ, a la dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> (**Figura 3a**). La respuesta a la fertilización fue significativa con ambas fuentes, de acuerdo con una función cuadrática que alcanzó un máximo a la dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>, con tendencia de mayores rendimientos para el fertilizante MesZ, probablemente por un efecto de zinc (Zn) (**Figura 3b**). Nuevamente, no se logró ajustar una función significativa entre rendimiento y densidad lograda (**Figura 3c**). La abundante disponibilidad hídrica en la superficie del suelo a la siembra de los ensayos en los primeros dos años, probablemente diluyó la concentración de amoníaco, disminuyó la presión osmótica de la solución salina alrededor de los fertilizantes y, por ende, evitó la fitotoxicidad. Al no haber una reducción en la densidad de plantas logradas, el rango de esta variable fue estrecho y no se relacionó con el rendimiento.

En el tercer año, 2013/14, por el contrario, el escaso contenido de humedad del suelo (55% CC) modificó esta tendencia, observándose una reducción en la población de plantas, de acuerdo con la función  $y = -6 \times 10^{-5} * dosis^2 - 0.0076 * dosis + 9.64$ , común a ambos fertilizantes. Según esta función, la población de plantas se redujo alrededor de 1.4 planta m<sup>-2</sup> para la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> y 3.9 planta m<sup>-2</sup> para la dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> (**Figura 4a**). En cuanto al rendimiento, la respuesta fue significativa con un máximo en 100 kg ha<sup>-1</sup> para las dos fuentes (**Figura 4b**), dosis a partir de la cual la caída de rendimiento provocada por la menor densidad no pudo ser compensada por el crecimiento adicional de las plantas remanentes. Al crearse un gradiente de densidades, el rendimiento ajustó a ella según una función cuadrática, con un máximo entre 7.5 y 8.5 planta m<sup>-2</sup> (**Figura 4c**).

### Conclusiones

- Bajo condiciones de baja humedad a la profundidad de siembra, los fertilizantes afectaron la emergencia de maíz con la aplicación en línea de dosis superiores a 100 kg de producto comercial.
- El efecto fuente no pudo ser comprobado, dadas las condiciones cambiantes entre años, y



**Figura 4. Análisis de las relaciones entre densidad, rendimiento y dosis de fertilizante aplicado. Fuentes: MesS10 (10-17, 5-0-S10) en rombos y MesZ (10-17, 5-0-S10-Zn1) en triángulos. Campaña 2013/14, humedad a la siembra (0-6 cm) 55% CC. Condiciones cambiantes de humedad durante el ciclo de cultivo. Dos funciones diferentes en un gráfico indican ecuaciones estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Por el contrario, una función única indica ausencia de diferencias en el comportamiento de las fuentes ( $p > 0.05$ ).**

la similitud de las fuentes en el tercero, cuando los efectos fitotóxicos fueron más severos.

- Si bien en una situación de reducción de la población de plantas la fertilización favorecería el crecimiento de las plantas remanentes y su productividad, con las dosis más altas esta compensación no fue suficiente para contrarrestar la merma de rendimiento provocada por una baja densidad.
- La fertilización fosforada es una herramienta de gran potencial para incrementar los rendimientos de maíz en suelos con baja y media disponibilidad de P, pero deben evitarse las aplicaciones de dosis elevadas junto a la semilla en condiciones de bajo contenido de humedad de suelo a la siembra.

### Bibliografía

- Barraco, M., y M. Díaz-Zorita. 2002. Efecto de la localización de fertilizantes fosfatados sobre la emergencia de cultivos de verano. XVIII Cong. Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn (Chubut, Argentina). En CD.
- Ciampitti I.A., H. Fontanetto, F. Micucci, y F.O. García. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos fitotóxicos. *Informaciones Agronómicas* N° 31, *Archivo Agronómico* N° 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Ferraris, G.N., y L.A. Couretot. 2012. Fitotoxicidad y eficiencia de fertilizantes fosforados aplicados en línea de siembra de soja. *Revista Técnica en SD. Soja*. Sep. 2012: ISSN 1850-0633. AAPRESID.
- Ferraris, G., N. González, D. Bocanegra y A. Rivoltella. 2004. Eficiencia y fitotoxicidad de fuentes de fertilizantes fosforados en soja. *Soja, Resultados de Unidades demostrativas del Proyecto Regional Agrícola*. Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino y General Villegas. pp. 53-62.
- Ventimiglia, L.A., y H.G. Carta. 2005. Soja: Efecto de los fertilizantes aplicados en la línea de siembra sobre el número de plantas y el rendimiento. *Inf. Agron.* 28:23-25. INPOFOS Cono Sur.
- Vivas H., y F. Seffino. 1998. Localización del P, dosis y fuentes sobre el número de plantas de soja. Campaña 1996-97. Soja. EEA INTA Rafaela. *Publicación Miscelánea* N° 86.