

Tecnología de aplicación de micronutrientes en la región pampeana argentina

Pablo Prystupa¹, Martín Torres Duggan² y Gustavo A. Ferraris³

Introducción

La región pampeana argentina es una de las principales áreas de producción agrícola del mundo. La fertilidad natural de sus suelos ha permitido sostener la producción agrícola y ganadera durante varias décadas con un muy bajo uso de fertilizantes. La consecuente disminución de la disponibilidad de nutrientes en los suelos, combinado con el creciente nivel productivo de los cultivos, determinaron la aparición de deficiencias nutricionales. Actualmente los nutrientes más deficientes son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S). Desde mediados de la década del 90, la intensificación de la agricultura pampeana determinó, también, la aparición de deficiencias de diversos micronutrientes (Torri et al., 2010). En los últimos años se han reportado respuestas significativas a la fertilización con boro (B) y zinc (Zn) en sistemas de alta productividad de maíz, cloro (Cl) en trigo, y B en girasol (Melgar et al., 2001; Ferraris, 2011a; Torri et al., 2010).

Bajo la denominación de micronutrientes se agrupan a un conjunto de nutrientes esenciales que poseen propiedades químicas muy diferentes y que, por lo tanto, se comportan de diversas maneras en el suelo y cumplen distintas funciones en la planta. La característica común que poseen todos ellos es la de ser requeridos en pequeñas cantidades por los cultivos: sus requerimientos están comprendidos entre unos pocos gramos hasta algunos cientos de gramos por hectárea, usualmente menos de un kg (a excepción del Cl).

La adopción de la fertilización con micronutrientes, si bien ha sido gradual, determinó una diversificación de las fuentes disponibles en el mercado y de las posibilidades para su aplicación a campo. En aplicaciones al suelo, debido a que las dosis aplicadas en términos generales son bajas (menores de 10 kg ha⁻¹), lograr una distribución uniforme con los equipos de aplicación disponibles constituyen un desafío tecnológico relevante. Así, el manejo de la tecnología de la fertilización (selección de la fuente, dosis y momento de aplicación) tiene el objetivo de generar mejoras en el rendimiento (e.g. efectividad agronómica) y simultáneamente alcanzar una elevada eficiencia agronómica (kg de grano kg de nutriente aplicado⁻¹). En esta revisión presentamos y discutimos los principales resultados de las investigaciones sobre evaluación de

fuentes y métodos de aplicación de micronutrientes en cultivos extensivos de grano de la región pampeana argentina y sus implicancias prácticas para la selección de las fuentes y métodos de aplicación.

Estrategias de aplicación de micronutrientes

Existen diferentes fuentes y métodos de aplicación que pueden ser utilizados para cubrir deficiencias de micronutrientes. La selección de la fuente adecuada y la estrategia de aplicación dependerán de distintos factores (costos, equipamiento disponible para la aplicación, preferencias logísticas del productor, calidad del fertilizante, tipo de suelo, cultivo y características agroecológicas de la zona de producción). Los microelementos pueden ser aplicados con diferentes fertilizantes: fuentes simples (e.g. boratos, sulfatos, etc.), como ingrediente de mezclas físicas (blends), fertilizantes complejos junto con macronutrientes, y fertilizantes líquidos, entre los más difundidos (Bell y Dell, 2008). En cuanto a los métodos de aplicación, los micronutrientes también pueden ser aplicados de diversos métodos. Los más utilizados en cultivos extensivos de secano son la aplicación al suelo, vía foliar y en semillas. En la **Tabla 1** se presentan las principales ventajas y desventajas de las fuentes alternativas utilizadas para aplicar micronutrientes en cultivos extensivos, y en la **Tabla 2** las ventajas y desventajas de los principales métodos de aplicación más utilizados.

Resultados experimentales recientes en cultivos de grano

Cloro

Las deficiencias de Cl pueden constituir un factor limitante de la producción en cereales de invierno (Fixen et al., 1986). En la región pampeana se han detectado deficiencias de este nutriente en trigo (Díaz Zorita et al., 2004; García, 2008). La fertilización no se encuentra muy difundida debido a las respuestas relativamente pequeñas (5-10% según región, sanidad del cultivar, presencia de fuentes alternativas de aporte) y al costo de los fertilizantes potásicos.

Las fuentes disponibles de cloruros en nuestro país son el cloruro de potasio (46.5% de Cl, 50% de K), cloruro de amonio (66% de Cl, 26% de N) y cloruro de calcio (64% de Cl, 36% de Ca). En diversos experimentos se compararon

¹ Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: prystupa@agro.uba.ar

² Tecnoagro S.R.L., Buenos Aires, Argentina.

³ EEA INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de fuentes alternativas de micronutrientes. Adaptado y ampliado de Bell y Dell (2008).

Tipo de fuente	Ventajas	Desventajas
Fertilizantes simples	<ul style="list-style-type: none"> Amplia disponibilidad en el mercado. Menor costo por unidad de nutriente. Aptos para aplicación foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de uniformidad en aplicación al suelo.
Mezclas físicas	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación con otros nutrientes (macro y mesonutrientes). Menor costo comparado con fuentes complejas de similar grado. Amplia disponibilidad en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Segregación de partículas. Baja uniformidad de aplicación. Baja eficiencia de aprovechamiento (pocos gránulos/unidad de superficie). Necesidad de analizar la compatibilidad física (e.g. diferencias en SGN¹ entre materias primas utilizadas).
Mezclas químicas	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación conjunta con macro y mesonutrientes. Uniformidad de aplicación (todos los gránulos contienen similar grado). Nuevos desarrollos y mayor disponibilidad de productos. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor costo por unidad de nutriente comparado con mezclas físicas o fuentes simples de microelementos.
Fertilizantes de aplicación foliar	<ul style="list-style-type: none"> Flexibilidad en momentos de aplicación. Mayor uniformidad de aplicación. Aplicación conjunta con plaguicidas o herbicidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Necesidad de utilizar fuentes solubles de micronutrientes en las formulaciones. Interacciones con fuentes de macro o mesonutrientes. Disponibilidad de equipamiento y logística de aplicación en zona de producción.
Quelatos	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de productos interesantes para aplicación en suelos alcalinos o pH elevado. Disponibilidad de productos interesantes para aplicación foliar. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor costo por unidad de elementos comparado con fuentes convencionales.

¹ SGN = Size Guide Number ó Número de Tamaño Guía.

los efectos del cloruro de amonio y del cloruro de potasio (al cual se le adicionaba fertilizante nitrogenado compensando el aporte de N del cloruro de amonio) (Díaz Zorita et al., 2004; Ventimiglia et al., 2003). Considerando siete experimentos en que se observó respuesta al Cl, sólo en un caso el cloruro de potasio rindió más que el cloruro de amonio. En una revisión más amplia, donde se incluyeron datos provenientes de ensayos no publicados se observaron resultados similares (García, 2008). En conclusión, salvo excepciones, el uso de las distintas fuentes que aportan cloruros presentan eficiencias de uso similares y la elección entre ellas debería basarse en consideraciones económicas (e.g. precio por unidad de nutriente, disponibilidad en la zona de producción), como así también el valor de los otros nutrientes que aportan las diferentes fuentes de cloruros.

La forma habitual de aplicar los fertilizantes clorados es al voleo, en la siembra. La experiencia en Estados Unidos indica que la ubicación del fertilizante no resulta muy relevante debido a la movilidad de los cloruros en el suelo, ya que las fertilizaciones desde la siembra

hasta fin de macollaje tienen efectos similares (Fixen et al., 1986). No se dispone de información generada en nuestro país sobre estos aspectos.

Zinc

La deficiencia de Zn se ha observado frecuentemente en el cultivo de maíz (**Foto 1**). Las fuentes de Zn más utilizadas son los sulfatos, quelatos y oxisulfatos (Melgar, 2006). Los sulfatos y quelatos son fertilizantes solubles, aptos para el fertirriego y la fertilización foliar. Los sulfatos son los fertilizantes solubles más difundidos. Los quelatos son complejos orgánicos de Zn. Usualmente son más caros, tienen menor grado y se les atribuye mayor eficiencia (Bell y Dell, 2008). En los oxisulfatos parte del Zn es muy soluble y parte es poco soluble. Esto determina una disolución gradual del nutriente (Melgar, 2006). En otras regiones agrícolas del mundo, es frecuente el empleo de fuentes poco solubles como los óxidos y silicatos de Zn (Prochnow et al., 2009). Los fertilizantes con Zn pueden ser aplicados al suelo, a la semilla, o al follaje.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los principales métodos de aplicación de micronutrientes.

Método de aplicación	Ventajas	Desventajas
Al suelo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Adecuada para aplicar dosis medias o altas. ■ Posibilidad de generar residualidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Baja eficiencia (particularmente en suelos calcáreos o con pH elevado).
Foliar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Adecuado para corregir deficiencias en cultivos en desarrollo. ■ Amplía el espectro de herramientas de diagnóstico (análisis visual, de tejidos) ■ Uniformidad de aplicación. ■ Mejoras en la calidad de producto cosechado (“biofortificación” de granos). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Influencia de factores ambientales (e.g. viento, temperaturas elevadas, baja humedad relativa del ambiente, etc.), que requieren del uso de adyuvantes (e.g. surfactantes, aceite, etc.). ■ Cubren las deficiencias del follaje impactado, pero no las del nuevo material vegetativo o reproductivo, que pudiera crecer luego de la aplicación, a excepción del B en algunas especies (la mayoría de frutales como el manzano y el durazno) donde se comporta como móvil en las plantas.
En semilla	<ul style="list-style-type: none"> ■ Interesante para aportar micronutrientes con influencia en la FBN¹ (e.g. Co, Mo). ■ Disponibilidad de semillas “pelleteadas”, curas y con micronutrientes incorporados. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Adecuada para aplicación de dosis bajas. ■ No se utiliza en B, que es tóxico en contacto con las semillas. ■ En el caso de no contar con semillas tratadas, se requiere impregnar las semillas, donde es necesario realizar una adecuada cobertura de las semillas.

¹ FBN = Fijación Biológica de Nitrógeno.

Aplicación al suelo: Considerando que las dosis aplicadas son pequeñas (e.g. 0.5-3 kg Zn ha⁻¹), lograr una adecuada distribución del fertilizante en el suelo es muy complicado. Una forma de conseguir una aplicación uniforme es utilizar como fuente mezclas químicas (Melgar, 2006), o mezclas físicas utilizando fertilizantes líquidos (Ferraris, 2011a). Estos fertilizantes contienen la misma concentración de nutrientes.

También es posible aplicar micronutrientes a través de las mezclas físicas de fuentes granuladas de micronutrientes con fuentes granuladas de macronutrientes, aunque la uniformidad de la distribución no está asegurada. Esto se debe a que la distancia entre gránulos de micronutrientes va a ser grande (baja cantidad de partículas o gránulos por unidad de superficie) y porque existen posibilidades de segregación de las fuentes durante el manipuleo de la mezcla (Scheid Lopes, 2006).

La peor alternativa en términos de uniformidad de distribución de los micronutrientes en el suelo es su incorporación como ingrediente de mezclas físicas utilizando fuentes de micronutrientes en polvo (e.g. granulometría ≤0.8-1.0 mm), que tienden a generar segregación de partículas durante el transporte, manipuleo y aplicación. Para evitar ello, debe ser analizada la compatibilidad física de las fuentes de macro y micronutrientes utilizadas en la formulación de la mezcla física (e.g. diferencia en SGN -Size Guide Number- de ingredientes o materias primas inferior al 10%).

Existen en el mercado argentino fertilizantes complejos en los cuales cada gránulo contiene macro y micronutrientes: en algunos casos son gránulos de macronutrientes que reciben una cobertura superficial de micronutrientes y, en otros casos, los micronutrientes están en la matriz del gránulo (Melgar, 2006; Scheid Lopes, 2006). En las aplicaciones de fertilizantes sólidos al suelo lo más común es emplear oxisulfatos, aunque se pueden emplear cualquiera de las otras fuentes descritas. En la región pampeana se ha informado respuesta al Zn aplicado con este método en los cultivos de maíz y trigo (Ferraris, 2011a y 2011b; Melgar et al., 2001; Sainz Rozas et al., 2003).

También puede aplicarse el Zn mezclado con fertilizantes líquidos aplicados al suelo (e.g. aplicación “chorreada”). En este caso se deben aplicar fuentes solubles en agua y tener en cuenta la compatibilidad de las fuentes de macro y micronutrientes empleadas en la formulación. Se ha reportado respuesta al Zn aplicado conjuntamente con tiosulfato de amonio en maíz (Ferraris, 2011).

La fertilización al suelo con Zn puede presentar efectos residuales (Brown et al., 1963). Aprovechando esta característica, en Brasil es habitual realizar una aplicación de fertilizante con Zn cada cuatro años (Prochnow et al., 2009). En la Argentina es muy limitada la información referida a este tópico.

Aplicaciones foliares: Las fertilizaciones foliares con Zn, o con cualquier otro nutriente, deben realizarse siguiendo una serie de pautas: las soluciones no deben ser muy concentradas y deben evitarse las elevadas temperaturas o baja humedad relativa del ambiente para no dañar el follaje. Asimismo, el pH de las soluciones aplicadas deben estar entre 6 y 7, y no deben mezclarse productos incompatibles (Prochnow et al., 2009). La fuente empleada debe ser totalmente soluble en agua, como los sulfatos o los quelatos de Zn. La fertilización foliar es una práctica muy utilizada en el mundo para cubrir deficiencias de micronutrientes. Una ventaja interesante de esta técnica es la posibilidad de aportar los nutrientes en forma más uniforme, directamente sobre el canopeo, evitando las interacciones de los micronutrientes con el suelo, que pueden reducir su biodisponibilidad (e.g. pH elevados, escasa humedad, compactación, etc.).

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 cubrirá los requerimientos de los órganos sobre los cuales se impacta con la aplicación. Es por ello que puede ser necesario realizar sucesivas aplicaciones. Desde el punto de vista económico es conveniente combinar la fertilización foliar con la aplicación de plaguicidas. En el norte de la región pampeana ha sido demostrada la eficacia de esta práctica en trigo y maíz (Ferraris, 2011; Fontanetto et al., 2006b).

Aplicaciones a la semilla: Es posible aplicar una dosis pequeña de Zn sobre las semillas asegurando una excelente distribución del fertilizante. Para maximizar la dosis a aplicar sobre las semillas se emplea óxido de Zn que posee una alta concentración del elemento (Melgar, 2006). En nuestro país se ha probado la eficacia de esta técnica en maíz y arroz (Ferraris, 2011a; Fontanetto y Keller, 2006; Quintero et al., 2006) y es una práctica habitual en los sistemas de producción de

arroz en Entre Ríos (Melgar, 2006).

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., 2006b). Por el contrario, en tres ensayos realizados en la misma zona en maíz se observaron mayores efectos cuando la fertilización se realizó sobre la semilla (Fontanetto y Keller, 2006).

Entre los años 2004 y 2010, Ferraris et al. (2010) realizaron 32 experimentos en la Pampa Ondulada evaluando la aplicación de Zn a la semilla (12 experimentos.), foliar (16 experimentos) y al suelo (4 experimentos) (**Figura 1**). Se observaron respuestas con los tres métodos de aplicación: en promedio el tratamiento a la semilla incrementó el rendimiento en un 4.7%, la aplicación foliar un 5.7% y al suelo un 7.2%. Las respuestas no son del todo comparables porque no se realizaron los mismos tratamientos en todos los ensayos. Las dosis aplicadas fueron distintas en cada ensayo, pero en general fueron inferiores cuando se aplicaron a la semilla, intermedias cuando se aplicaron al follaje y superiores cuando se aplicaron al suelo. Por lo tanto, evaluado en términos de eficiencia agronómica (kg de respuesta kg de Zn aplicado⁻¹), el método más eficiente fue la aplicación a la semilla. Sin embargo, la fertilización foliar o al suelo permite aplicar mayores dosis, lo que podría ser una ventaja en términos económicos en los casos en donde se esperen mayores respuestas en el sitio de producción.

Boro

La deficiencia de B se ha observado en cultivos de girasol (**Foto 2**). Las principales fuentes de B empleadas en la Argentina son el ácido bórico y los boratos de sodio (Melgar, 2006). El ácido bórico y algunas formas

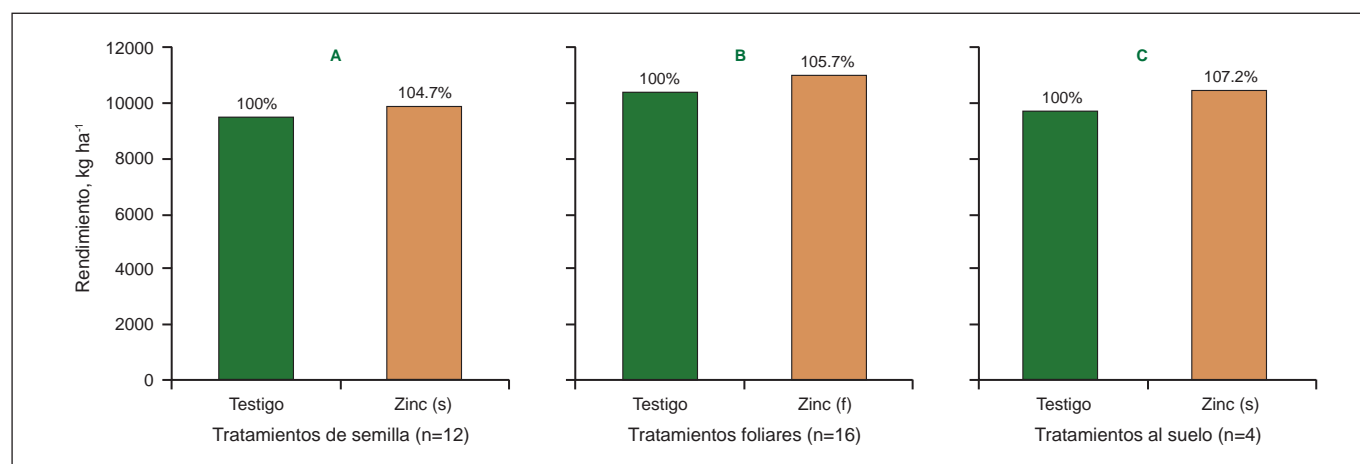


Figura 1. Rendimiento base y con aplicación de Zn en maíz por medio de: A) tratamientos de semilla (0.1-0.2 kg Zn ha⁻¹); B) aplicaciones foliares entre V5-V7, (0.3-0.5 kg Zn ha⁻¹) y C) aplicaciones al suelo entre V0-V6 (0.4-3.5 kg Zn ha⁻¹) (Ferraris et al., 2010).



Foto 1. Sintomatología de deficiencia en Zn en: a) Izquierda: Centro-oeste de Buenos Aires (Vedia), y b) Derecha: Norte de Buenos Aires (Pergamino).

de borato de sodio (e.g. $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) son solubles en agua y aptas para la aplicación foliar. Sin embargo, algunos boratos de sodio son menos solubles y no son aptos para la aplicación foliar. Existen distintos minerales con B que pueden ser aplicados como fertilizantes. El más difundido es la colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) que, si bien es soluble en agua, presenta una menor solubilidad que los boratos de sodio hidratados y por ello se los aplica a suelo (Bell y Dell, 2008).

En la región pampeana se han reportado respuestas a la fertilización con B en cultivos de girasol y maíz (Balboa et al., 2010; Melgar et al., 2001). La aplicación de B puede realizarse al suelo o vía foliar (Scheid Lopes, 2006). La fertilización foliar es la forma más habitual en la que se aplica el B en la región pampeana y la que ha sido empleada en, prácticamente, todas las investigaciones publicadas. Por el contrario, la aplicación al suelo en bandas con alta concentración de B puede provocar fuertes efectos fitotóxicos, aunque se coloque separado de las semillas en germinación.

Las aplicaciones foliares pueden realizarse en diversos momentos. Así, en girasol se aplica desde V2 hasta V12 (Balboa et al., 2010; Díaz Zorita y Duarte, 1998). En dos experimentos realizados en girasol en el sudeste de Córdoba, Balboa et al. (2010) detectaron efectos significativos de la fertilización foliar con 750 g B ha^{-1} en etapas tempranas (2-3 pares de hojas) mientras que la aplicación de 150 g B ha^{-1} en aplicaciones más tardías (10-12 pares de hojas) sólo tendió a incrementar los rendimientos de manera no significativa (Figura 2).

Entre las campañas 2005/06 y 2009/10, Ferraris (2011b) realizó 19 ensayos en soja aplicando una dosis al menos de 50 g B ha^{-1} . El 52% de los experimentos mostraron diferencias significativas en favor de los tratamientos aplicados ($p < 0.10$ en 10 de 19 ensayos).

La respuesta media al B alcanzó al 8.0% en años con precipitaciones inferiores a la media regional (Figura 3a) y un 5.8% en los años sin déficit hídrico durante todo el ciclo (Figura 3b). La frecuencia y magnitud de la respuesta al B superó a la obtenida con otros micronutrientes. Estos resultados señalarían al B como el micronutriente que con mayor probabilidad limitaría los rendimientos de soja en la Región Centro Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe.

Cobalto y molibdeno

El cobalto (Co) y el molibdeno (Mo) son dos nutrientes esenciales que participan en la fijación biológica del N. Son requeridos en cantidades muy bajas, por lo cual la manera más práctica de aplicarlos es juntamente con las semillas. En la región pampeana se han reportado respuestas a estos nutrientes aplicados a través de este método en el cultivo de soja (Fontanetto et al., 2006a) (Figura 4).

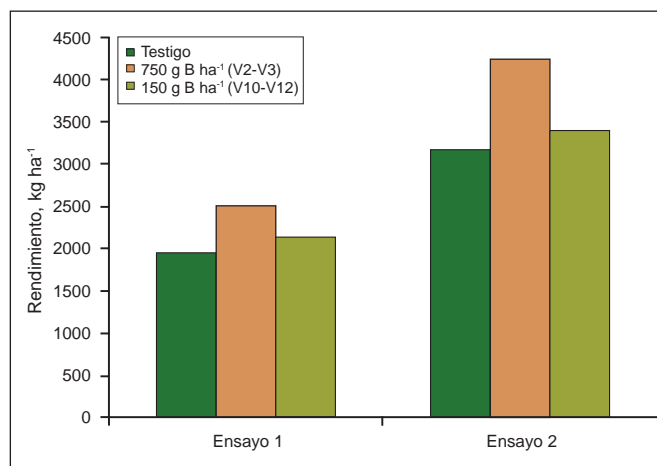


Figura 2. Respuesta a la fertilización foliar con $750 \text{ g de B ha}^{-1}$ aplicados en 2-3 hojas y con $150 \text{ g de B ha}^{-1}$ aplicados en 10-12 hojas en cultivos de girasol en el sur de la Provincia de Córdoba, Argentina (Balboa et al., 2010).

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a la información experimental disponible en la región pampeana argentina, el Cl, el Zn y el B son los micronutrientes que en mayor medida pueden limitar el rendimiento de los cultivos en algunas situaciones. Se han probado exitosamente diferentes fuentes, formas y momentos de aplicación. No obstante a ello, la fertilización de cultivos de granos con micronutrientes es aún una tecnología que ha sido adoptada moderadamente en la región pampeana. Asimismo, aún es limitada la información experimental local disponible en tópicos vinculados con fuentes y métodos de aplicación de micronutrientes.



Foto 2. Retorcimiento de hojas terminales y desprendimiento de capítulo de girasol como consecuencia de una deficiencia de B en la región pampeana arenosa. Huinca Renancó, Córdoba (izquierda); y Buena Esperanza, San Luis (derecha).

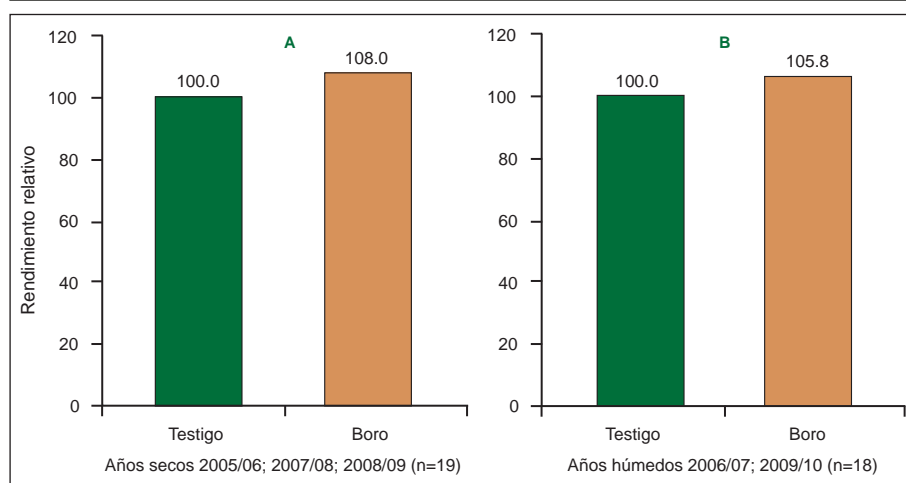


Figura 3. Rendimiento relativo al Testigo (Testigo = 100) como resultado de la aplicación de fertilizantes foliares aportando al menos 50 g B ha⁻¹ en soja entre las campañas 2005/06 y 2009/10, en la región Centro Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe, Argentina: A) años 2005/06, 2007/08 y 2008/09, con al menos 150 mm de déficit y B) años 2006/07 y 2009/10, sin déficit hídrico. (n) representa el número de casos considerado para cada estadio.

La selección de la fuente y el método de aplicación dependerá de diferentes factores:

- Tipo de micronutriente (e.g. movilidad en suelo y planta).
- Tipo de suelo (e.g. textura, pH, etc.).
- Cultivo (e.g. sensibilidad específica del genotipo utilizado).
- Manejo (e.g. sistema de labranza, rotaciones, etc.).
- Características agro-ecológicas de la zona de producción (e.g. distribución de lluvias).

En base a la información generada en la región pampeana sobre tecnología de la fertilización con micronutrientes, es posible definir los siguientes lineamientos para el manejo de las fuentes y métodos de aplicación:

■ **Cl en cultivos de invierno:** Seleccionar la fuente en base a factores económicos ya que se no se han observado diferencias importantes en efectividad de fuentes. El método frecuente de aplicación del Cl es al suelo, debido a que las dosis son relativamente altas dentro de las utilizadas con micronutrientes. Se puede aplicar desde siembra a fin de macollaje sin esperar diferencias relevantes en respuesta o eficiencia de uso.

■ **B en girasol:** Utilizar fuentes solubles en agua para aplicación foliar en estadios vegetativos (e.g. V2-12). La aplicación a suelo es viable, pero se debe analizar la eficiencia de la práctica, considerando que el B es móvil en el suelo. Una importante zona de producción del girasol (Oeste de la región pampeana) se realiza sobre suelos con texturas arenosas (e.g. Hapludoles y Haplustoles), donde pueden ocurrir pérdidas por lavado. Asimismo, por las bajas dosis utilizadas, no es sencillo lograr una aplicación uniforme en aplicaciones al suelo.

■ **Zn en maíz:** Se disponen de diferentes alternativas de fuentes y métodos de aplicación viables agronómicamente. Las dosis más

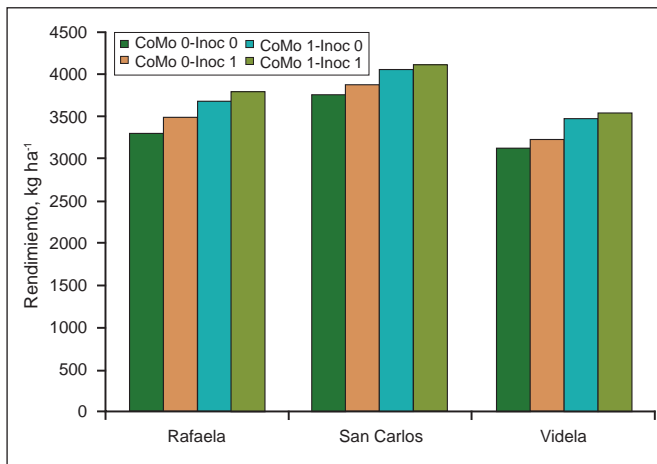


Figura 4. Respuesta a la combinación de inoculación y de agregado de cobalto (Co) y molibdeno (Mo) aplicado a la semilla en cultivos de soja en tres localidades de la Provincia de Santa Fe, Argentina (Fontanetto et al., 2006a).

elevadas se pueden aplicar vía foliar o al suelo, mientras que los tratamientos de semillas limitan las dosis utilizadas. También es posible utilizar combinaciones de métodos.

Bibliografía

Balboa, G.R., G.P. Espósito, C. Castillo, y R. Balboa. 2010. Estrategias de fertilización con boro en girasol. Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Actas del XX Congreso de la Ciencia del Suelo (en CD).

Bell, R.W., y B. Dell. 2008. Types of micronutrient fertilizer products: advantages and disadvantages of the different types. In: *Micronutrients for sustainable food, feed, fiber and bioenergy production*. IFA (International Fertilizer Industry Association): 53-66.

Díaz Zorita, M., y G.A. Duarte. 1998. Aplicaciones foliares de boro en girasol en el noroeste bonaerense. Actas de la III Reunión Nacional de Oleaginosas. Bahía Blanca: 123-124.

Díaz Zorita, M., G.A. Duarte, y M. Barraco. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy Pampas region, Argentina. *Agron. J.* 96:839-844.

Ferraris, G.N. 2011a. Micronutrientes en cultivos extensivos. ¿Necesidad actual o tecnología para el futuro? En: *Simposio Fertilidad 2011*: García, F.O., y A.A. Correndo (Eds.). La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción. Actas Simposio Fertilidad 2011. 18 y 19 de Mayo del 2011. Rosario, Santa Fe, Argentina, IPNI Cono Sur - Fertilizar AC: 121-133.

Ferraris, G.N. 2011b. Fertilización con micronutrientes en soja. Experiencias en la región Centro - Norte de Buenos Aires y Sur de Santa Fe. En: *Actas Mercosoja 2011. Un grano. Un universo (Versión digital)*. 14 al 16 de Septiembre de 2011.

Ferraris, G.N., L.A. Couretot, L.A. Ventimiglia, y F. Mousigne. 2010. Respuesta al zinc en maíz utilizando diferentes tecnologías de aplicación en la región Centro Norte de Buenos Aires. IX Congreso Nacional de Maíz. Mesa de Fertilidad y Nutrición del cultivo. AIANBA. Rosario, Noviembre de 2010.

Fixen, P., R. Gelderman, J. Gerwing, y F. Cholik. 1986. Response of spring wheat, barley, and oats to chloride in potassium fertilizers. *Agron. J.* 78:664-668.

Fontanetto, H., y O. Keller. 2006. Manejo de la fertilización de maíz en experiencias en la región pampeana Argentina. INTA. EEA Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Publicación miscelánea 106.

Fontanetto, H., O. Keller, C. Negro, L. Belotti, y D. Giailevra. 2006a. Inoculación y fertilización con cobalto y molibdeno sobre la nodulación y la producción de soja. Actas del III Congreso de soja del Mercosur: 553-556.

Fontanetto, H., O. Quaino, O. Keller, L. Belotti, C. Negro, y D. Giailevra. 2006b. 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.

García, F.O. 2008. Cloro en trigo: Resultados de las experiencias en la región pampeana argentina. Años 2001 a 2006. *Informaciones Agronómicas* 38:17-21. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Melgar, R. 2006. Fertilizantes con micronutrientes en el mercado argentino. En: Vazquez, M. (Ed.). *Micronutrientes en la agricultura. Diagnóstico y fertilización en Argentina. La experiencia brasilera*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires: 167-175.

Melgar, R., J. Lavandera, M. Torres Duggan, y L. Ventimiglia. 2001. Respuesta de la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del Suelo* 19:109-114.

Prochnow, L.I., M. Ferreira de Moraes, y S.R. Stipp. 2009. Micronutrientes. En: García, F.O., e I. Ciampitti (Eds.). *Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos*. Actas Simposio Fertilidad 2009. 12 y 13 de Mayo del 2009. Rosario, Santa Fe, Argentina. IPNI Cono Sur - Fertilizar AC: 60-77.

Quintero, C.E., E.S. Arévalo, N.G. Boschetti, y N.M. Spinelli. 2006. Clorosis en suelos con calcáreo. Experiencias en el cultivo de arroz en Entre Ríos. En: Vazquez, M. (Ed.). *Micronutrientes en la agricultura. Diagnóstico y fertilización en Argentina. La experiencia brasilera*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires: 113-125.

Sainz Rozas, H., H.E. Echeverría, P.A. Calviño, P.A. Barbieri, y M. Redolatti. 2003. Respuesta del trigo al agregado de zinc y cobre en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 21: 51-58.

Scheid, Lopes. A. 2006. Micronutrientes. La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. En: Vazquez, M. (Ed.). *Micronutrientes en la agricultura. Diagnóstico y fertilización en Argentina. La experiencia brasilera*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires: 29-78.

Torri, S., S. Urricarriet, G.N. Ferraris, y R.S. Lavado. 2010. Micronutrientes en agrosistemas. En: Alvarez, R., G. Rubio, C.R. Alvarez, y R.S. Lavado (Eds.). *Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la región pampeana*. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires: 395-423.

Ventimiglia, L.S., S.N. Rillo, H.G. Carta, y P.E. Richmond. 2003. Efectos de la fertilización con potasio y cloro sobre el rendimiento de trigo en 9 de Julio. En: Ventimiglia, L.S., H.G. Carta, S.N. Rillo, P.E. Richmond, y L. Lull de Elizade (Eds.). *Experimentación en campo de productores*. Campaña 2002/2003. INTA. EEA Pergamino. U.E.E.A. 9 de Julio: 53-58. □