



## C3P10. RESPUESTA DEL CULTIVO DE SOJA (*Glycine max.*) AL AGREGADO DE ZINC Y BORO

Barbieri, Pablo A.<sup>1,2</sup>; Sainz Rozas, Hernán R.<sup>1,2</sup>; Echeverría, Hernán E.<sup>1</sup>; Salvagiotti, Fernando<sup>3</sup>; Ferraris, Gustavo H.<sup>4</sup>; Sánchez, Héctor A.<sup>5</sup>; Cáceres Díaz, Raúl O.<sup>6</sup> y Bústos, Ana N.<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Unidad Integrada INTA-FCA, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina (7620); <sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); <sup>3</sup>Estación Experimental Agropecuaria Oliveros – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta 11 km 353, Oliveros, Argentina (2206); <sup>4</sup>Estación Experimental Agropecuaria Pergamino – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Av. Frondizi Km 4,5, Pergamino, Buenos Aires, Argentina (2700); <sup>5</sup>Estación Experimental Agropecuaria Famaillá – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta Prov. 301 km 32, Famaillá, Tucumán, Argentina (4132); <sup>6</sup>Estación Experimental Agropecuaria Salta – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta Nac. 68 - Km 172, Cerrillos Salta, Argentina (4403); <sup>7</sup>Estación Experimental Agropecuaria Manfredi – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta Nac. 9 km 636, Manfredi, Argentina (5988)

Autor de contacto: barbieri.pablo@inta.gob.ar

### RESUMEN

El zinc (Zn) y el boro (B) son los principales micronutrientes que se mencionan como factibles de producir mermas en el rendimiento. Existe escasa información sobre modelos de diagnóstico y estrategias de fertilización con Zn y B para soja y sobre la influencia de otros factores edáficos que afectan su disponibilidad. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la respuesta en rendimiento en grano (RG) al agregado de Zn y B en el cultivo de soja y evaluar la contribución de algunas variables edáficas a modelos de diagnóstico. Se condujeron 14 experimentos en la región pampeana y extrapampeana evaluando cuatro tratamientos: Testigo (sin la aplicación de Zn y B), y con aplicación foliar de: Zn, B y Zn +B, dispuestos en un diseño en bloques completos aleatorizados. Se tomaron muestras de suelo a 0-20 cm y se analizó: pH, MO, PBray<sup>-1</sup>, contenido de Zn-DTPA y B extractable con agua caliente. Se determinó un amplio rango de valores de disponibilidad de Zn y B en los sitios experimentales, oscilando entre 0,8 y 7,1 mg kg<sup>-1</sup> y 0,6 a 2,1 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Los rendimientos promedios a través de los sitios variaron desde 1,89 a 5,49 Mg ha<sup>-1</sup> y no fueron afectados por la fertilización con Zn, B o Zn+B. Se comprobó una interacción significativa ( $P \leq 0,01$ ) entre sitio\*fertilización para el RG, y se observó una respuesta diferente a través de los sitios (desde -0,524 hasta 0,488 Mg ha<sup>-1</sup>). La inclusión del pH, MO y P-Bray a un modelo de diagnóstico de Zn y B extractables, no fue significativa ( $P \geq 0,01$ ). Para el cultivo de soja, los umbrales internacionales de Zn y B en suelo serían adecuados para el diagnóstico de su deficiencia y no serían limitantes para las condiciones edafoclimáticas evaluadas en esta experiencia.

**Palabras claves: micronutrientes; fertilización; disponibilidad**

### INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max.*) es el principal cultivo de grano en Argentina y el de mayor producción, cuya superficie sembrada representa el 54% de las casi 35 millones de hectáreas sembradas (2006-2016) (SIIA, 2017). El incremento sostenido de su producción se ha basado fundamentalmente en el aumento del área sembrada en la región pampeana, desplazando al maíz y al girasol, y en regiones extra pampeanas, ya sea desplazando a otros cultivos o abriendo nuevas áreas de producción (García F.O, 2015). Pese a esto, el rendimiento promedio nacional presenta una brecha del 32% respecto a rendimiento potencial que puede alcanzar dicho cultivo en secano (Aramburu Merlos *et al.*, 2015). Una de las causas de la brecha productiva, es la escasa aplicación de tecnología y bajo nivel de fertilizantes utilizados en años favorables, lo que resulta en balances negativos de nutrientes.

La agricultura argentina se desarrolló inicialmente, basándose en la alta fertilidad natural de los suelos, con bajo uso de fertilizantes y, en el caso de la región pampeana, con rotaciones de cultivos anuales y pasturas perennes. El deterioro progresivo de la capacidad de abastecimiento de nutrientes, como resultado de pérdidas de materia orgánica (MO) y de balances negativos de nutrientes, generó deficiencias de N, P, S y, recientemente, de micronutrientes como boro (B) y zinc (Zn) (García & Díaz Zorita, 2015). Además, esta caída se ha producido fundamentalmente a expensas de las fracciones más lábiles de la misma, las que poseen mayor capacidad de liberar nutrientes. Si bien se emplean fertilizantes con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), los cultivos exportan otros nutrientes que no son repuestos como es el caso de algunos micronutrientes como Zn y B, que podrían afectar el rendimiento de los mismos. Teniendo en cuenta que, las plantas de soja obtienen alrededor del 60% del N a través de la fijación biológica y que el requerimiento



de P, para alcanzar el 90% del rendimiento máximo, es considerablemente más bajo que para el trigo y el maíz, es relevante considerar los requerimientos de otros nutrientes como el S y de micronutrientes, como Zn y B. Dichos micronutrientes, son elementos esenciales en la nutrición de las plantas, requeridos en pequeñas cantidades, pudiendo su deficiencia limitar las funciones metabólicas y con ello, provocar disminución en el rendimiento y calidad de grano. Dichas deficiencias son menos frecuentes que para el caso de N, P y S en los suelos de la región pampeana, ya sea por no manifestarse en forma aguda, o porque debido a la falta de investigación, no se las ha detectado e informado (Fontanetto *et al.*, 2009).

Recientemente, en un relevamiento de los niveles de Zn y B en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana, Eyherabide *et al.* (2012) y Sainz Rozas *et al.* (2012), determinaron que los niveles de Zn en suelos bajo agricultura han disminuido notablemente (65 al 74%, respecto de la condición prístina), encontrándose cercanos a los umbrales de deficiencia mencionados en la bibliografía. Para el caso de B, se produjo una reducción de los niveles en los suelos bajo agricultura siendo la misma de menor magnitud respecto a Zn, y en gran parte de la región pampeana, estos niveles de B no serían limitantes. En cambio, principalmente al norte de dicha región, se han determinado valores cercanos o por debajo de los umbrales críticos internacionales, en coincidencia con lo reportado por Torri *et al.* (2011) y Miretti *et al.* (2012). En este contexto, se comenzaron a realizar estudios de respuesta a la aplicación de B y Zn en cultivos extensivos, como maíz, trigo y girasol en distintas áreas de la región pampeana (Ratto *et al.*, 1999; Melgar *et al.*, 2001; Sainz Rozas *et al.*, 2003; Ferraris *et al.*, 2009; Espósito *et al.*, 2010; Barbieri *et al.*, 2017).

Existe escasa información sobre modelos de diagnóstico y fertilización con Zn y B en el cultivo de soja, debido particularmente a que, en los estudios realizados a campo no se determinaron respuestas o los métodos de diagnóstico utilizados no fueron efectivos para predecir la misma (Enderson *et al.*, 2015). En este contexto, la baja correlación entre los niveles extraídos y la respuesta a la fertilización, sugieren que otras variables edáficas tales como la MO, pH, y P-Bray (Havlin *et al.*, 1999; Catlett *et al.*, 2002; Alloway, 2009) pueden afectar la disponibilidad de Zn y B; por lo que su inclusión a los modelos de diagnóstico podría mejorar las estimaciones de respuesta en el cultivo de soja.

El Zn y el B son los principales micronutrientes que se mencionan como factibles de producir mermas en el rendimiento, ya que se encuentran por debajo del rango de suficiencia en gran parte de los suelos agrícolas de la región pampeana argentina. Es escasa la información que existe sobre la respuesta a la fertilización en el cultivo soja, por lo que surge la necesidad de explorar su ocurrencia en dicho cultivo, que representa más del 50% de la superficie sembrada en nuestro país. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la respuesta en rendimiento al agregado de Zn y B en el cultivo de soja y evaluar la contribución de algunas variables edáficas (pH, MO, P-Bray) a modelos de diagnóstico, para mejorar la precisión en las predicciones de respuesta bajo condiciones de campo, prevenir deficiencias y promover un manejo racional de la fertilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 14 experimentos en la región pampeana y extrapampeana (provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Santiago del Estero, Tucumán y Chaco) evaluando cuatro tratamientos: Testigo (sin la aplicación de Zn y B), Zn (foliar aplicado en V6 750 g ha<sup>-1</sup>, (Fehr & Caviness, 1977), B (foliar aplicado en R1 150 g ha<sup>-1</sup>, (Fehr & Caviness, 1977) y Zn +B (foliar aplicados en V6 y R1, respectivamente) dispuestos en un diseño en bloques completos aleatorizados. A la siembra se realizó un muestreo de suelo (0-20 cm) y se determinó: pH, MO (Walkey & Black, 1934), P disponible (Bray & Kurtz, 1945), contenido de Zn extractable con DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) y B extractable con agua caliente (Bingham, 1982).

Las prácticas de manejo como variedades, densidad de plantas, espaciamiento entre hileras, control de malezas e insectos fueron las que comúnmente son utilizadas por los productores de cada región. Al momento de la siembra, todos los experimentos fueron fertilizados con 20 kg P ha<sup>-1</sup> y 15 kg S ha<sup>-1</sup>. En madurez fisiológica se determinó el rendimiento en grano y fue ajustado al 13,5% de humedad.

Los datos fueron analizados ( $p=0,05$ ) usando un diseño en parcelas divididas en donde la parcela principal fue el sitio experimental y la sub parcela los tratamientos de fertilización mediante el uso del procedimiento PROC MIXED del programa SAS 9.2 (SAS Inst., 2008). Se realizaron análisis de regresión entre el rendimiento relativo (RR) y las variables edáficas medidas (Zn-DTPA, B, pH, MO, y P-Bray) utilizando las rutinas del programa SAS 9.2 (SAS Inst., 2008). El RR se calculó como el cociente entre el rendimiento en grano promedio de cada tratamiento testigo dividido por el rendimiento promedio de cada tratamiento fertilizado, multiplicado por 100.



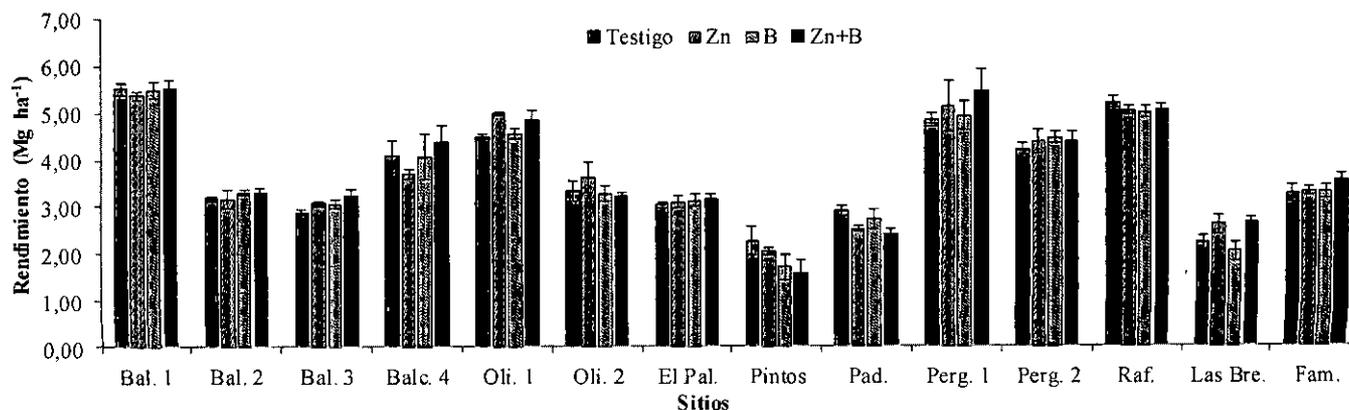
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sitios en donde se llevaron a cabo los experimentos abarcan una gran área de condiciones edafoclimáticas de la Región Pampeana, esto se ve reflejado en los valores de pH, P disponible y MO de los suelos (Tabla 1). Se determinó un amplio rango de disponibilidad de Zn y B en los sitios experimentales, oscilando entre 0,8 y 7,1 mg kg<sup>-1</sup> y 0,6 a 2,1 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Similar comportamiento se observó para pH (5,4 -7,8), contenido de MO (1,3-6,2 %) y P disponible (11,2-222,3 mg kg<sup>-1</sup>) (Tabla 1). Teniendo en cuenta los umbrales de Zn (0,4-0,9 mg kg<sup>-1</sup> Sims & Johnson, 1991) y B (< 0,5 mg kg<sup>-1</sup> Gerwing & Gelderman, 2005) citados en la bibliografía, ningún sitio presentaría deficiencias de dichos nutrientes (Tabla 1).

**Tabla 1:** Características de suelo de los sitios experimentales

Sitio	pH	P	MO	Zn-DTPA	B
		mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Balcarce 1	6,0	25,4	4,7	1,8	1,27
Balcarce 2	6,2	35,6	6,2	4,0	1,2
Balcarce 3 Secano	6,0	26,3	4,3	1,7	1,0
Balcarce 3 Riego	6,3	32,2	5,1	1,5	1,0
Oliveros 1	5,9	16,1	2,3	1,8	0,7
Oliveros 2	6,3	34,5	2,0	1,6	0,8
El Palomar, Santiago del Estero	8,0	84,2	2,3	3,8	1,4
La Cocha Pintos, Tucumán	7,0	11,2	2,8	1,9	0,7
La Cocha Padovani, Tucumán	7,8	110,3	2,1	7,1	1,7
Pergamino 1	5,5	19,7	3,7	0,8	1,5
Pergamino 2	5,4	15,7	3,4	0,9	0,6
Rafaela	5,8	52,9	2,6	6,3	1,1
Las Breñas, Chaco	7,1	222,3	2,3	2,3	1,8
Famailla, Tucumán	8,0	80,0	1,3	1,8	2,1

El rendimiento en grano fue afectado por la interacción ( $P \leq 0,01$ ) sitio x fertilización. Dicha interacción fue consecuencia de la diferente respuesta a la fertilización a través de los sitios. A pesar de esta interacción, el rendimiento en grano no fue significativamente afectado ( $P \geq 0,01$ ) por la fertilización con Zn, B o Zn+B, siendo la respuesta en redimiendo desde -0,524 hasta 0,488 Mg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento en grano fue afectado significativamente por la variable sitio ( $P \leq 0,01$ ) (Figura 1). Los rendimientos promedios a través de los sitios variaron desde 1,89 a 5,49 Mg ha<sup>-1</sup>. Como fue mencionado, utilizando los umbrales citados en la bibliografía para ambos micronutrientes ningún sitio se encontraría bajo dicho umbral y por lo tanto, no sería de esperar respuesta a la aplicación de Zn y B.



**Figura 1:** Rendimiento promedio en Mg ha<sup>-1</sup> del cultivo de soja en 14 sitios de la región pampeana. Bal.= Balcarce (Bs As), Oli.= Oliveros (Santa Fe), El Pal.= El Palomar (Stgo del Estero), Pad. Padovani (Tucumán), Perg.= Pergamino (Bs As), Las Bre.= Las Breñas (Chaco), Fam.= Famailla (Tucumán). Las líneas verticales indican el desvío estándar para cada tratamiento.



Los resultados obtenidos mostraron que no se determinó respuesta a la aplicación de Zn y B. Cuando se relacionó el RR del cultivo de los tratamientos Testigos con el contenido de Zn y B en suelo (0-20 cm) no se determinó ninguna asociación (Figuras 2 y 3), por lo tanto, sería posible inferir que para los sitios evaluados los umbrales informados en la bibliografía internacional serían adecuados para predecir la respuesta a la aplicación de dichos micronutrientes en el cultivo de soja. En investigaciones futuras, se deberían incluir sitios con bajos contenidos de Zn y B en suelo con el objetivo de determinar la respuesta del cultivo a la aplicación de estos micronutrientes. A su vez, sería factible analizar la variación del contenido de estos micronutrientes en los tejidos foliares y grano, ya que podrían correlacionarse con la respuesta del cultivo a la fertilización, y podría utilizarse como herramienta complementaria al análisis de suelo para mejorar la precisión en la recomendación de fertilización.

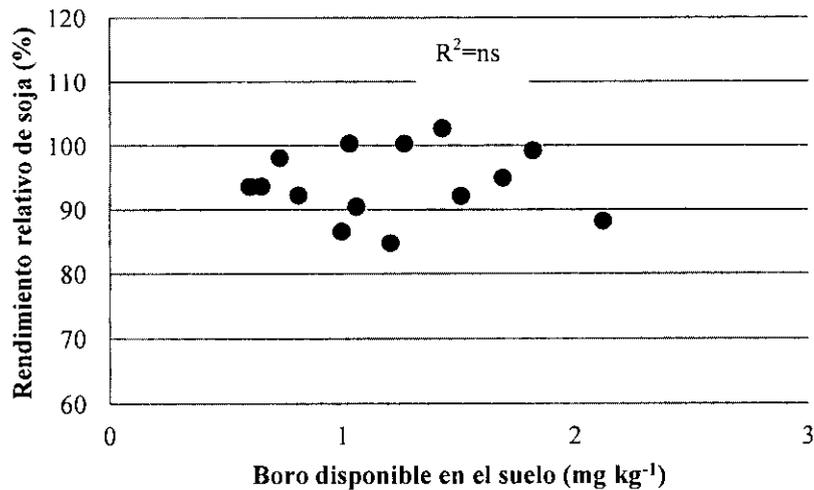


Figura 2: Relación entre el rendimiento relativo de soja en parcelas testigo y el contenido inicial de B disponible en el suelo (0-20 cm) en los 14 sitios experimentales.

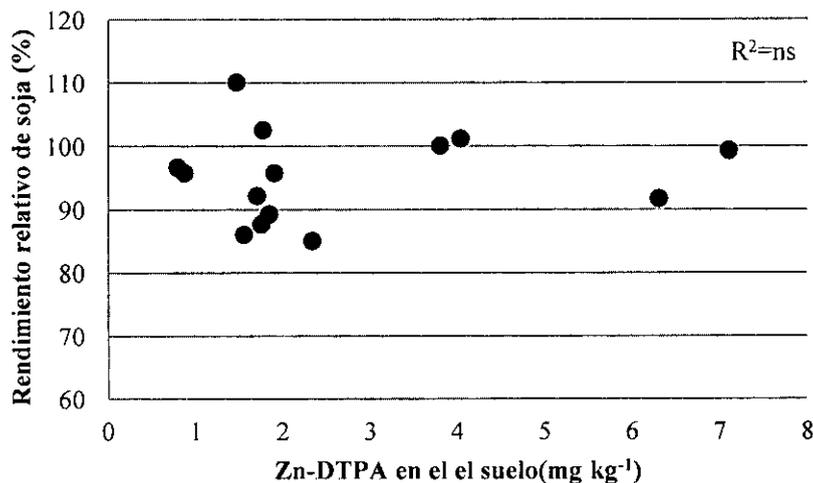


Figura 3: Relación entre el rendimiento relativo de soja en parcelas testigo y el contenido inicial de Zn-DTPA disponible en el suelo (0-20 cm) en los 14 sitios experimentales.

La baja capacidad para predecir la magnitud de la respuesta al Zn y B puede deberse en parte, a la influencia de factores relacionados con la disponibilidad potencial de estos nutrientes que no pueden cuantificarse durante la extracción. Nuestros resultados arrojaron que no fue significativa ( $P \geq 0,01$ ) la adición de las variables edáficas pH, MO,



contenido de P-Bray al Zn y B extractables al ajustar modelos de regresión, resultados que se explican principalmente por la falta de respuesta al agregado de Zn y B. Sillampaa (1982) y Barbieri *et al.* (2017) informaron que la predicción de la respuesta a Zn en trigo y maíz no mejoró por la inclusión del pH por lo que su inclusión en un modelo de diagnóstico no mejoró la predicción de la respuesta a la fertilización; este mismo resultado fue hallado en maíz, donde Larsen *et al.* (2016) informaron que la inclusión dichas propiedades junto con el Zn extraído con DTPA no mejoró la predicción de la respuesta, respecto a solo considerar el Zn. Para el caso del fósforo (P), en experimentos de larga duración, Richardson *et al.* (2011) comprobaron que, ante aumentos en la disponibilidad de P, la variación en la disponibilidad de Zn no fue significativa. Por otra parte, mientras algunos trabajos sugieren relación entre el B extraído con agua caliente con algunas propiedades edáficas, tales como la textura del suelo, MO, pH, P-Bray<sup>-1</sup> y concentración de CaCO<sub>3</sub> (Sims & Jhonson, 1991; Havlin *et al.*, 1999; Rashid *et al.*, 2004), otros autores, Arora *et al.* (2014), informaron que el B extractable se correlacionó con la MO (0,93), contenido de arcillas (0,62) y CIC (0,63). Por lo tanto, la inclusión de dichas variables a un modelo basado sólo en el B extractable no contribuiría a mejorar el diagnóstico de la disponibilidad de B.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta experiencia indican que para el cultivo de soja, los umbrales de Zn y B en suelo mencionados en la bibliografía serían adecuados para el diagnóstico de la deficiencia de dichos nutrientes. La falta de respuesta a la fertilización condicionó la posibilidad de analizar si la incorporación del pH, P-Bray<sup>-1</sup> y MO a un modelo que considera Zn y B extractables podría la capacidad predictiva.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con subsidios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Proyecto PNSUELO-1134024) y CONICET PIP D3169.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht J, D Gialivera; C Negro & L Belotti. 2009. Manejo de la fertilización de la soja en la región pampeana norte y en el NOA Argentino. Mejores Prácticas de Manejo. Simposio Fertilidad 2009 (Santa Fe, Rosario, mayo 13-14). 109-118.
- Aramburu Merlos F, JP Monzon; JL Mercu; M Taboada; FH Andrade; AJ Hall; E Jobbagy; KG Cassman & P Grassini. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *F. Crop. Res.* 184: 145–154. Available at <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429015300599>
- Arora S & D Chahal. 2014. Forms of Boron in Alkaline Alluvial Soils in Relation to Soil Properties and Their Contribution to Available and Total Boron Pool. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 45(17): 2247-2257.
- Barbieri, PA; HR Sainz Rozas; N Wyngaard; M Eyherabide; NI Reussi Calvo; F Salvagotti & JC Colazo. 2017. Can Edaphic Variables Improve DTPA-Based Zinc Diagnosis in Corn?. *Soil Science Society of America Journal.*
- Bingham FT. 1982. Boron. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* 431-447.
- Bray RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* (59): 360-361. Brussels, Belgium and Paris, France, 2008.
- Brennan RF, JD Armour & DJ Reuter. 1993. Diagnosis of Zn deficiency. In: *Zinc in soils and plants* A.D. Robson (ed.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 167-181.
- Catlett KM; DM Heil; WL Lindsay & MH Ebinger. 2002. Soil chemical properties controlling Zinc+2 activity in 18 Colorado soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1182-1189.
- Enderson JT, AP Mallarino & MU Haq. 2015. Soybean yield response to foliar-applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. *Agron. J.* 107(6): 2143-2161.
- Espósito G, G Balboa; C Castillo & R Balboa. 2010. Disponibilidad de zinc y respuesta a la fertilización del maíz en el sur de Córdoba. *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* Rosario, Santa Fe. Argentina. Junio 2010.
- Eyherabide MH, HR Sainz Rozas; HE Echeverría; J Velasco; M Barraco; G Ferraris & H Angelini. 2012. Niveles de cinc disponibles en suelos de la región pampeana Argentina. In *XIX Congreso Latinoamericano de la ciencia del suelo.* XXIII Congreso Argentino de la ciencia del suelo.
- Fehr WR & CE Caviness. 1977. Stages of soybean development. *Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn., Special Report n° 80.* Iowa State Univ. Ames. 12p.
- Ferraris G & L Couretot. 2009. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria con zinc, boro y otros nutrientes. *Revista Agromercado.* ISSN. 22-24.



- Fontanetto H, O Keller; J Albrecht; D Giailevra; C Negro & L Belotti. 2009. Manejo de la fertilización de la soja en la región pampeana norte y en el NOA Argentino. In Simposio Fertilidad.109-118.
- García FO & M Díaz Zorita. 2015. La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina. En: Casas, R.R y Albarracín G.F. (eds) El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. v.1:183-198.
- Gerwing J & R Gelderman. 2005. Fertilizer recommendations guide. South Dakota State University Extension. EC750.
- Gupta SK. & JWB Stewart. 1975. The extraction and determination of plant-available boron in soils. Schweiz Landw Forsch. 14(2/3):153-169.
- Havlin JL, J.D Beaton; SL Tisdale & WL Nelson. 1999. Micronutrients. En Soil fertility and fertilizers, An Introduction to Nutrient Management. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 254-279
- Larsen B.; HR Sainz Rozas; M Meyherabide; H Echeverría; EA Rampoldi; P Barbieri; N Reussi Calvo; F Salvagiotti; G Ferraris & P Barbagelata. 2016. Diagnóstico de disponibilidad de cinc en suelo para el cultivo de maíz: comparación de extractantes. Actas XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Río Cuarto Ordenamiento territorial. Un desafío para la ciencia del suelo. Río Cuarto, Córdoba. 51 p.
- Lindsay WL & WA Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42(3): 421-428
- MAGyP. 2013. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Base de datos sistema integrado de información agropecuaria. [En línea] <<http://www.minagri.gob.ar>> [consulta: agosto 2013].
- Mandal B, GC Hazra & AK Pal. 1988. Transformation of Zinc in soils under submerged conditions and its relation with zinc nutrition of rice. Plant Soil 106:121-126.
- Melgar RJ, J Lavandera; MT Duggan & Ventimiglia, L. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. Ciencia del Suelo. 19(2): 109-114.
- Pais I & J Benton. 2000. The handbook of trace elements. ST. Lucie Press, Boca Raton, p 223.
- Rashid A & J Ryan. 2004. Micronutrient constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics: a review. J. Plant Nutr. 27(6): 959-975.
- Ratto De Míguez S, C Diggs & C Ras. 1999. Effect of some soil properties on extractable boron content in Argentine Pampa Soils. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 30(15&16): 2083-2100.
- Richards JR, H Zhang; JL Schroder; JA Hattey; WR Raun & ME Payton. 2011. Micronutrient availability as affected by the long-term application of phosphorus fertilizer and organic amendments. Soil Sci. Soc. Am. J. 75(3): 927-939.
- Sainz Rozas HR & HE Echeverría. 2008. Relevamiento de la concentración de fósforo asimilable en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana. Simposio Fertilidad 2009. Organizado por IPNI y Fertilizar Asociación Civil. Rosario, 12 y 13 de Mayo de 2009. Actas. 221-223
- Sainz Rozas HR, HE Echeverría; M Eyherabide; M Barraco; HG Ferraris & HP Angelini. 2012. Niveles de boro disponible en suelos de la Región Pampeana Argentina. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 6 pp
- Sainz Rozas HR, HE Echeverría; PA Calviño; P Barbieri & M Redolatti. 2003. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de zinc y cobre en el sudeste bonaerense. Ciencia del Suelo. 21: 52-58.
- Sainz Rozas HR, HE Echeverría & HP Angelini. 2011. Niveles de materia orgánica y de pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana Argentina. Ciencia del Suelo 29:29-37.
- SAS INSTITUTE. 2008. SAS/STAT user's guide, Version 9.2. SAS Inst., Cary, NC
- SIIA. 2017. Sistema integral de información administrativa. Datos abiertos agroindustria. Ministerio de Agroindustria. Consultado mayo 2017. [http://www.siaa.gob.ar/sst\\_pcias/estima/estima.php?Apellido1, NN & NN](http://www.siaa.gob.ar/sst_pcias/estima/estima.php?Apellido1, NN & NN)
- Sims JT & GY Johnson. 1991. Micronutrient soil tests. In: Micronutrients in agriculture (Book series 4): 427-476. Mortvedt, J.J, Cox F.R., Shuman L.M. & M.R. Welch (Eds.) Ed. SSSA Madison, Wisconsin, USA.
- Miretti MC, M Pilatti; RS Lavado & S Del Carmen Imhoff. 2012. Historia de uso del suelo y contenido de micronutrientes en Argiudoles del centro de la provincia de Santa Fe (Argentina). Ciencia del suelo. 30(1): 67-73.
- Torri S, AS Urricariet & R Lavado. 2011. Micronutrient availability in crop soils of the Pampas region, Argentina. En: Soil Nutrients. M. Miransari, Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY 11788. In press, ISBN: 978-1- 61324-785-3
- ALLOWAY, B.J. 2009. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. Environ. Geochem. Health 31: 537-548.
- Walkley A & Y Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-37.