



ENSAYO DE FERTILIZACIÓN Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOJA EN LA PAMPA ONDULADA: ¿BORO O NITRÓGENO?

Benjamín Ballvé Bengolea¹ y Silvia E. Ratto^{1*}

1Cátedra de Edafología Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires,
Avda. San Martín 4453, CABA *sratto@agro.uba.ar

Recibido: 30-12-14

Aceptado: 13-05-15

RESUMEN

Para evaluar la respuesta del cultivo de soja al agregado de boro (B) como fertilizante foliar se realizó un ensayo en la localidad de Capilla del Señor (Pcia. Buenos Aires) en la campaña 2012-2013. Se aplicaron 3 tratamientos: T0 (testigo), T1 (55 mg B ha⁻¹) y T2 (110 mg B ha⁻¹). Los lotes elegidos para llevar a cabo el ensayo tienen muchos años de agricultura y bajo contenido de carbono y B. Hubo diferencia significativa entre tratamientos: mayor rendimiento, mayor número de granos por unidad de superficie y mayor número de granos por vaina en T2 que en T0. La hipótesis que surge es si la respuesta se debe al B como nutriente para estimular el crecimiento celular y formación de estructuras o a la influencia del B sobre el metabolismo del nitrógeno (N) por el cultivo.

Palabras clave. Fertilización foliar - Boro - Respuesta - Soja - metabolismo del N.

FERTILIZATION TRIAL ON SOYBEAN IN ARGENTINE PAMPA: BORON OR NITROGEN?

SUMMARY

A field experiment was carried on at Capilla del Señor (Buenos Aires province) to assess the effect of foliar boron (B) fertilization on soybean yield in the 2012-2013 growing season. Two B doses were applied at R3, resulting in a control (T0), T1 (55 mg B ha⁻¹) and T2 (110 mg B ha⁻¹). The soil where the experiment was planted had many years of continuous cropping and low carbon and B contents. T2 increased yield and this increase was associated to a higher grain set and more grains per pod, as the number of pods per unit area did not increase. The question that arises is if yield increase was due to the effect of B on cell growth and new plant structures or if it was a side effect on nitrogen metabolism.

Key words. Boron foliar fertilization, yield, soybean, N metabolism.

INTRODUCCIÓN

Los macronutrientes que se encuentran con mayor déficit en los suelos de la Región Pampeana son el N, el fósforo (P) y el azufre (S). En el cultivo de soja el primero es compensado en gran parte por la fijación biológica (FBN), mientras que los otros dos son agregados al suelo, conformando la fertilización de base utilizada comúnmente por el productor agropecuario (Fontanetto, *et al.*, 2009). En relación a los micronutrientes, la información de provisión en suelos es parcial, aunque se confirmó que en el área pampeana, donde se produce la mayor parte de la cosecha de granos, el B y el cinc (Zn) son los microelementos cuya disponibilidad en solución está estrechamente ligada a la del carbono oxidable y presentan valores cercanos al rango de suficiencia (Ratto de Miguez y Fatta, 1990; Ratto de Miguez y Diggs, 1991).

El B es considerado un micronutriente esencial en la nutrición de las plantas desde hace muchos años y se lo ha vinculado al transporte de los hidratos de carbono. Hay un gran número de compuestos biológicos que forman complejos con el B, tanto en el citoplasma como en la pared celular (Raven, 1980; Loomis y Durst, 1992). La deficiencia de B causa variados efectos sobre diversos procesos en plantas vasculares, tales como elongación de las raíces, la actividad oxidasa IAA, la translocación de azúcares, el metabolismo de carbohidratos, la síntesis de ácidos nucleicos y el crecimiento del tubo polínico (Blevins y Lukaszewski 1998; Goldbach y Wimmer, 2007; Camacho Cristobal y González Fontes, 2007).

El B es imprescindible para: el metabolismo de carbohidratos y transporte de fotosintatos a través de las membranas, la síntesis de ácidos nucleicos y hormonas, la formación de paredes celulares y la división celular. Tiene un papel fundamental en la formación de anteras y en la germinación del tubo polínico. Aumenta la adherencia de flores y disminuye la caída de frutos. En leguminosas es esencial para el desarrollo de nódulos radiculares y la fijación simbiótica del N₂

(Bassil *et al.*, 2004). Las leguminosas se consideran plantas exigentes en cuanto a la demanda de B, a diferencia de las gramíneas, (Mengel y Kirkby, 2001). La inhibición rápida y específica de crecimiento de la planta ante una deficiencia de B es una consecuencia de dos características importantes de la fisiología del B: el papel que juega el B en las estructuras específicas de la pared celular (Loomis y Durst, 1992, Hu y Brown, 1994) y la limitada movilidad del B en la mayoría de las especies. Como resultado de su papel crítico en la expansión de los tejidos y su movilidad limitada, el B tiene que ser suministrado continuamente durante toda la vida de la planta. Por esta razón, el conocimiento de la fisiología de la absorción de B es esencial. En los últimos años se han descubierto nuevas interacciones como la influencia del B sobre el potencial de membrana y los flujos de iones a través de membranas (Blaser-Grill *et al.*, 1989; Goldbach *et al.*, 2001), la acumulación de compuestos fenólicos y poliaminas y el metabolismo del N (Camacho-Cristóbal y González-Fontes, 2007).

Hay evidencias de una absorción pasiva de B del suelo por la planta, (Raven, 1980). Aunque hay mucha información acerca de la falta de movilidad interna del B en la planta, hay nuevas evidencias que indican que habría una porción de B que podría retraslocarse.

En los últimos años se ha estudiado el impacto del B en la fisiología de las leguminosas y especialmente de la soja. Bellaloui *et al.* (2010), encontraron aumento de la concentración de B en hoja y semilla de soja como consecuencia de la fertilización foliar con B. Midieron un aumento de la actividad de la nitrato reductasa en las plantas que recibieron aplicación de B en forma foliar. La fertilización excesiva, de cuatro veces la dosis comercial sugerida, disminuyó la fijación de N y aumentó la actividad de la nitrato reductasa. Estos resultados sugieren que la fertilización con B afecta el metabolismo de N. Las aplicaciones de B foliar afectaron la composición de la semilla, especialmente las proteínas y los ácidos grasos insaturados.

El cultivo de soja (*Glycine max*) no es considerado de alta sensibilidad a la deficiencia de B. Sin embargo, esta aseveración debe ser considerada en cada situación, porque el tipo de suelo, condiciones climáticas y variedad de soja cultivada confluyen en un modelo único que puede dar una respuesta diferente.

EIB soluble en suelo está estrechamente asociado a la materia orgánica (Gupta, 1968; Stevenson, 1986) y esta aseveración general ha sido demostrada en los suelos del área pampeana junto con el efecto de la textura, la acidez y presencia de calcio (Ratto de Miguez *et al.*, 1999). Los ensayos de fertilización con B foliar en cultivo de girasol, llevados a cabo en una extensa área pampeana durante varios años, permitieron detectar síntomas de deficiencias de B no registrados por la bibliografía internacional y se encontró respuesta del cultivo de girasol en ciertas condiciones y variedades (Diggs *et al.*, 1988 y 1992).

En los últimos años se han comenzado a observar deficiencias y respuestas a la aplicación de B en General Arenales, San Antonio de Areco y Pergamino (Buenos Aires) (Ferraris y Couretot, 2007). Estos autores atribuyen la respuesta al proceso de agotamiento del suelo o a la incapacidad de los mismos de reponer las formas solubles.

EIB es uno de los micronutrientes que mayor interés presenta, pues se ha encontrado respuesta, sobre todo en zonas con larga historia de monocultivo, donde predominan suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica (Salvaggiotti, 2010).

El cultivo de soja, debido al aumento en sus rendimientos potenciales, logrados a partir de mejores genotipos y mejoras en las prácticas de cultivo para los diferentes ambientes, presenta

cada vez mayores requerimientos en nutrientes esenciales. El objetivo principal de este trabajo es obtener información acerca de la importancia del B como factor generador de rendimiento del cultivo de soja en la zona relevada y como objetivo específico detectar diferencias en los componentes del rendimiento entre testigo y tratamientos con fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se efectuó en el establecimiento "Bancalari", ubicado a 34°15'24,27" S - 59° 06'03,59" W en el departamento de Exaltación de la Cruz, (a pocos kilómetros de Capilla del Señor, provincia de Buenos Aires) en la campaña 2012-13. Los suelos corresponden a la Sub-región Pampa Ondulada alta, Serie Capilla del Señor (Argiudol Vértico).

Los tratamientos establecidos fueron:

T0: Testigo (0 mL ha⁻¹ de B); T1: Tratamiento 1 (500 mL ha⁻¹ de B); T2: y Tratamiento 2 (1000 mL ha⁻¹ de B). El B foliar se aplicó cuando el cultivo se encontraba en el estado fenológico R3 (primera vaina). La aplicación se realizó con una pulverizadora autopropulsada de 20 m de ancho de trabajo. Durante la aplicación, las condiciones atmosféricas fueron óptimas con una HR > 60, T < 25 °C y baja velocidad del viento. El producto utilizado para dicho tratamiento fue una suspensión concentrada líquida a base de B, especialmente diseñada por una compañía de fertilizantes para ese uso con una concentración de producto de 11% p/v.

El diseño del experimento consistió en bloques completos al azar con tres repeticiones cada uno, en parcelas de 20 m por 100 m y una superficie total del ensayo de 1,8 ha. Se hicieron análisis de suelo de las parcelas y los datos promedio se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de suelo promedios para las parcelas del ensayo.

Nt %	P Bray mg kg ⁻¹	pH	Cox %	S-SO ₄ mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
0,22	18,8	6,3	1,3	8	0,48

El cultivo antecesor fue soja de primera. Las parcelas fueron implantadas el 8 de noviembre en siembra directa, en surcos distanciados 0,40 m entre sí y con una densidad de 350.000 semillas ha⁻¹. La variedad utilizada fue LDC 3,8 (grupo intermedio corto). Se la trató con un inoculante líquido que contiene cepas de *Bradyrhizobium japonicum* con el fin de asegurar mayor fijación biológica de N, y las parcelas fueron fertilizadas con fósforo (P) y azufre (S) aplicando una dosis de 70 kg ha⁻¹ de una mezcla arrancadora (30 P - 6 S) en la línea de siembra y en banda, de acuerdo al criterio de suficiencia. Los ensayos fueron mantenidos libres de malezas y plagas durante todo el ciclo.

Se realizó análisis foliar para conocer la eficiencia de la aplicación sobre muestras de los folíolos superiores en todas las parcelas, con el fin de detectar diferencias en los contenidos de B a nivel tejidos entre los diferentes tratamientos. Se evaluó el rendimiento por hectárea y sus componentes en número de granos y vainas en cada uno de los tratamientos realizados y estos datos se contrastaron con la composición foliar.

A los resultados se les aplicó un análisis de la varianza, con un nivel de significación del 5% ($\alpha=0,05$) y en los casos de diferencias significativas se utilizó el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La discusión parte de la premisa de que los lotes del ensayo tuvieron una fertilización de base adecuada a partir de los resultados del análisis de suelo y de la fertilización. El valor promedio de B en suelo es ligeramente inferior al considerado de suficiencia (0,5 mg kg⁻¹). Se estimó que para la campaña y zona del ensayo las condiciones climáticas serían favorables en cuanto a la disponibilidad hídrica por precipitaciones, puesto que se pronosticó un año “niño” leve a neutro (INA, 2012). También se llevó a cabo un manejo agronómico exhaustivo con el fin a evitar mermas en rendimiento debido a malezas, plagas y/o enfermedades y mantener al cultivo en condiciones sanitarias óptimas.

En la observación visual a campo del cultivo se pudo apreciar un buen desarrollo inicial, la implantación bien lograda y la supervivencia de plantas muy favorable, encontrándose el ensayo en condiciones óptimas y homogéneas. Luego, en la etapa de floración y formación de vainas, las temperaturas extremas y las escasas precipitaciones (Fig. 1) pudieron haber afectado al cultivo. Justo cuando comienza a determinarse el núme-

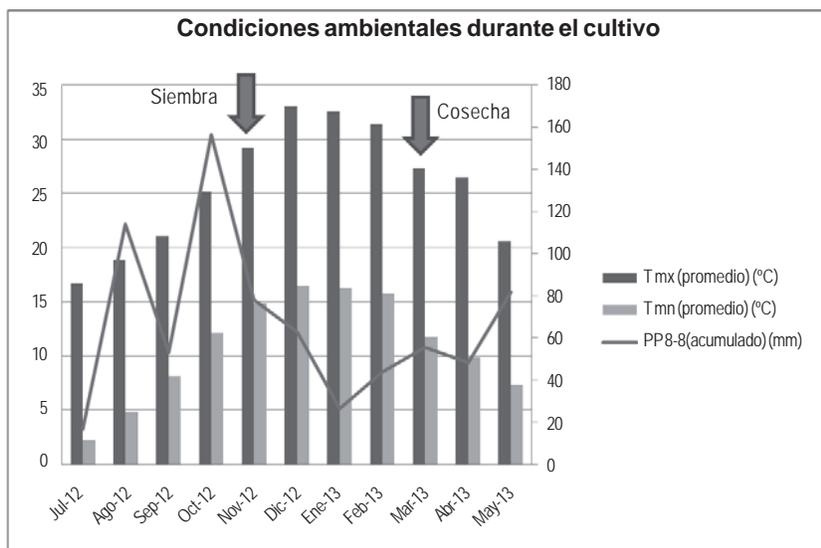


Figura 1. Condiciones ambientales de la campaña en la zona del ensayo. (SIGA - Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico; INTA, <http://siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos>)

ro de granos, principal componente del rendimiento, se observaron plantas estresadas y poca turgencia durante un período considerable, lo que pudo haber generado aborto de vainas.

En el Cuadro 2 se presentan los datos del rendimiento medido para los tres tratamientos y sus repeticiones. La dosis mayor de B, T2, generó un mayor rendimiento de cosecha. Para entender las razones se evaluaron los resultados obtenidos de los componentes del rendimiento y contenido de B en hoja para los diferentes tratamientos (Cuadro 3).

La fertilización foliar incrementó el contenido de B en hoja, especialmente en T2. Los valores son, al igual que en suelo, bajos y cercanos al nivel de suficiencia. En el testigo, los valores son cercanos a 20 mg kg⁻¹, considerado crítico (http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/soybean_analysis.htm)

Considerando el papel prominente del B en el transporte de los carbohidratos y constitución de la pared celular (Loomis y Durst, 1992; Hu y Brown, 1997; Bassil, *et al.*, 2004), se esperó una mayor cantidad de vainas cuajadas en el tratamiento con la mayor dosis de B así como un

mayor rendimiento, debido a la importancia del B en la etapa de cuaje de los granos. Contrariamente a lo esperado, el número de vainas logradas no presentó diferencias significativas entre tratamientos y en la cosecha manual se pudieron observar muchas vainas vanas, de allí la relación negativa entre ambas variables (Cuadro 3). El número de granos fue significativamente mayor en T2. Se calcularon: 1,9 granos por vaina para T0; 2,3 granos por vaina para T1 y 2,9 granos por vaina para T2. El mayor número de granos cuajados por vaina fijada explica la diferencia en el rendimiento y puede atribuirse parcialmente a la aplicación del fertilizante.

Considerando que las condiciones climáticas fueron limitantes para los tres tratamientos, es indudable que hubo un efecto de los tratamientos. Es interesante destacar que, aunque se está haciendo referencia sólo a un año de ensayo, los resultados pueden inducir a pensar que faltan elementos para explicar los efectos, tal como plantean Hu y Brown (1997). En las experiencias realizadas se puede observar que la deficiencia del B impacta fundamentalmente en el cuaje de los frutos, afectando de manera notable el número de

Cuadro 2. Rendimiento del cultivo de soja para cada una de las parcelas y tratamientos. Letras diferentes indican significancia estadística P: 0,03.

Rendimiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	
T0	3486	3079	2720	3095	a
T1	3159	3038	2847	3014,67	a
T2	3821	3550	3676	3682,33	b

Cuadro 3. Datos promedio de contenido de B en muestras trifoliadas, número de granos total por hectarea y número de vainas cuajadas por hectarea. Letras diferentes indican significancia estadística P: 0,03.

Resultados	B foliar mg kg ⁻¹	Número de granos miles ha ⁻¹	Número de vainas cuajadas ha ⁻¹
T0	20,49 a	23.285,7 a	12.080,2 a
T1	23,63 ab	24.471,9 a	10.479,73 a
T2	25 b	27.634,6 b	9467 a

granos, variable principal en la generación de rendimiento del cultivo de soja. Esta sería la primera explicación a la diferencia encontrada. Otra alternativa, que no es excluyente, es el efecto del B sobre el metabolismo del N en la planta de soja (Nacer *et al.*, 2010) y su efecto en la capacidad de FBN por los nódulos. Esto constituye un llamado de atención al efecto de una limitante de B. Se ha descrito un número menor de nódulos desarrollados y de la capacidad para fijar N₂ en las leguminosas con deficiencia de vitamina B (Bolaños *et al.*, 1994; Yamagishi y Yamamoto, 1994), que podría ser atribuible a la función del B en la interacción de la superficie celular de Bradyrhizobium-leguminosa (Bolaños *et al.*, 1996). Específicamente, el B es necesario para la orientación de las glicoproteínas derivadas de plantas-nódulo específico (Bolaños *et al.*, 2001) que son cruciales como señales de diferenciación bacteroide en una forma de fijación de N₂ (Bolaños *et al.*, 2004).

También se han hecho estudios sobre el B y la expresión génica. Aparentemente la deficiencia de B afecta la expresión de genes relacionados con el metabolismo del N (Redondo-Nieto *et al.*, 2001; Camacho-Cristóbal y González-Fontes 2007), el estrés oxidativo (Kobayashi *et al.*, 2004), la captación del B (Takano *et al.*, 2006;

Kasajima y Fujiwara 2007), y la pared celular (Camacho-Cristóbal *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

La respuesta en este ensayo muestra el efecto del B sobre rendimiento del cultivo. Es esperable que ante diferencias de rendimiento entre testigo y tratamiento con B, las mismas se puedan detectar con mayor nitidez en los componentes del rendimiento que tienen que ver con el número que con el peso de granos. Se espera que los mayores rendimientos en el tratamiento fertilizado, si los hubiera, estén asociados a un mayor número de semillas cuajadas, como sucedió en esta experiencia.

Asimismo, se hipotetiza que la respuesta observada se deba al efecto del B sobre el metabolismo del N en la planta de soja y su efecto en la capacidad de FBN por los nódulos, lo cual podría ser un llamado de atención acerca del manejo de la nutrición nitrogenada en las leguminosas que puede estar afectada por algún nutriente en forma lateral, como en este caso el B. El efecto año impide sacar otras conclusiones que no sean la inquietud de profundizar en el tema.

BIBLIOGRAFÍA

- Bassil, E.; H.N. Hu and P.H. Brown. 2004. Use of phenylboronic acids to investigate boron functions in plants. Possible role of boron in transvacuolar cytoplasmic strands and cell-to-wall adhesion. *Plant Physiology* 136(2): 3383-3395.
- Bellaloui, N.; K.N. Reddy; A.M. Gillen and C.A. Abel. 2010. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. *Plant and Soil*. 336: 143-155.
- Blaser-Grill, J.; D. Knoppik; A. Amberger and H. Goldbach. 1989. Influence of boron on the membrane potential in *Elodea densa* and *Helianthus annuus* roots and H⁺ extrusion of suspension cultured *Daucus carota* cells. *Plant Physiol.* 90: 280-284.
- Blevins, D.G. and K.M. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 481-500.
- Bolaños, L.; M. Redondo-Nieto; R. Rivilla; N.J. Brewin and I. Bonilla. 2004. Cell surface interactions of *Rhizobium* and other bacterial strains with symbiosomal and peribacteroid membrane components from pea nodules. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 17: 216-23.
- Bolaños, L.; N.J. Brewin and I. Bonilla. 1996. Effects of boron on *Rhizobium*-legume cell-surface interactions and nodule development. *Plant Physiol.* 110: 1249-1256.
- Bolaños, L.; N.J. Brewin and I. Bonilla. (1996) Effects of boron on *Rhizobium*-legume cell-surface interactions and nodule development. *Plant Physiol.* 110: 1249-1256.

- Brown, P.H. and H.N. HU. 1994. Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells. *Physiol. Plant.* 91: 435-441.
- Camacho-Cristóbal J.; J. Rexach and A. González-Fontes. 2008. Boron in plants: deficiency and toxicity. Running title: Boron deficiency and toxicity. Departamento de Fisiología, Anatomía y Biología Celular, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad Pablo de Olavide, E-41013 Sevilla, España.
- Diggs C.A.; S. Ratto de Miguez and V.M. Shorrocks. 1988. Boron deficiency in sunflower Studies on field crops in the pampas of Argentina. Proc. 12th Int. Sunflower Conf. Novisaad, (Yugoeslavia) 1: 307-313.
- Diggs C.A.; S. Ratto de Miguez y V.M. Shorrocks. 1992. La evaluación de síntomas de deficiencias de B. El método más confiable para decidir fertilizaciones de B en girasol. 13th International Sunflower Conference, Palazzo dei Congressi. Paccini Editore. Pisa. Italy.
- Ferraris, G.N. y L.A. Couretot. 2007. Evaluación de la fertilización complementaria con nitrógeno y boro en soja. Desarrollo Rural EEA Pergamino, Proyecto Regional Agrícola.
- Fontanetto, H.; O. Keller y J. Albrech. 2009. Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja. EEA INTA Rafaela, Santa Fe; Centro Primario AFA María Juana (SCL), Santa Fe.
- Goldbach, H.E. and M. Wimmer. 2007. Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 39-48.
- Camacho-Cristóbal J.J.; M.B. Herrera-Rodríguez; V.M. Beato; J. Rexach; M.T. Navarro-Gochicoa; J.M. Maldonado and A. González-Fontes. 2008. The expression of several cell wall-related genes in Arabidopsis roots is down-regulated under boron deficiency. *Env. Exp. Bot.* 63: 351-358.
- Goldbach H.E.; Q. YU; R. Wingender; M. Schulz; M. Wimmer M.; P. Findelee and F. Baluska. 2001. Rapid response reactions of roots to boron deprivation. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164: 173-181.
- González-Fontes A.; J. Rexach; M.T. Navarro-Gochicoa; M.B. Herrera-Rodríguez; V.M. Beato; J.M. Maldonado and J.J. Camacho-Cristóbal. 2008. Is boron involved solely in structural roles in vascular plants? *Plant Signal. Behav.* 3: 24-26.
- Gupta. U.C. 1968. Relationship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added B to properties of podzol soils, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 45-48.
- Hu, H. and P.H. Brown .1997. Absorption of boron by plant roots. *Plant and Soil* 193: 49-58, Chapter 4 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- INA 2012. Goniadzki, D.; J. Borús; G. Almeida; L. Díaz; V. Núñez y G. Contreras. 2012. Posibles escenarios hidrológicos en la Cuenca del Plata durante el período octubre-noviembre-diciembre 2012. Instituto Nacional del Agua (INA) <http://www.ina.gov.ar/trunk/archivos/escenario2012noviembre.pdf>
- Kasajima, I. and T. Fujiwara. 2007. Identification of novel Arabidopsis thaliana genes which are induced by high levels of boron. *Plant Biotech.* 24: 355-360.
- Kobayashi M; T. Mutoh and T. Matoh. 2004. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. IV. Genes induced under low boron supply. *J. Exp. Bot.* 55: 1441-1443.
- Loomis and Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors* 3: 229-239.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers.
- Ratto de Miguez, S. y C. Diggs. 1991. Niveles de boro en suelos de la Pradera Pampeana-Aplicación al cultivo de girasol». *Ciencia del Suelo* 8(2): 93-100.
- Ratto de Miguez, S.; C. Diggs y 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.
- Ratto de Miguez, S. y N. Fatta. 1990. Disponibilidad de micronutrientes en suelos del área maicera núcleo. *Ciencia del Suelo.* 8(1): 9-15.
- Raven, J.A. 1980. Short- and long-distance transport of boric acid in plants. *New Phytol.* 84: 231-249.
- Redondo-Nieto M.; R. Rivilla; A. EL-Hamdaoui; I Bonilla and L Bolaños (2001) Boron deficiency affect early infection events in the pea-Rhizobium symbiotic interaction. *Aust J Plant Physiol.* 28: 819-823
- Takano, J.; M.Wada; U. Ludewig; G. Schaaf; N. Von Wirén and T. Fujiwara. 2006. The Arabidopsis major intrinsic protein NIP5;1 is essential for efficient boron uptake and plant development under boron limitation. *Plant Cell* 18: 1498-1509.
- Yamagishi, M. and Y. Yamamoto. 1994. Effects of boron on nodule development and symbiotic nitrogen fixation in soybean plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40: 265-274.
- Stevenson, F. 1986. Cycle of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients, John Wiley & Sons New York, NY.
- Salvagiotti, F. 2010. Respuesta a la fertilización con boro en soja al sur de Santa Fe. Nutrición Vegetal y Fertilidad de suelos, EEA Oliveros INTA. http://www.omafr.gov.on.ca/english/crops/facts/soybean_analysis.htm

