

DISPONIBILIDAD DE BORO EN UN SUELO DE JUSTINIANO POSSE Y RESPUESTA A LA APLICACIÓN FOLIAR EN SOJA

RUBIO Francisco

VANZETTI Gustavo

TUTOR: Ing. Agr. (M.Sci.) BUFFA, Eduardo

AREA DE CONSOLIDACIÓN

SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN EXTENSIVOS

AÑO 2014

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

RESUMEN

En un suelo Hapludol Típico en Justiniano Posse, se realizó una aplicación foliar con Boro (BO_3H_3) con cinco tratamientos (0, 30, 60, 120, 240 B mg kg^{-1}) y cuatro repeticiones. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables rendimiento, peso de mil granos, peso hectolítrico y contenido de B en grano. El contenido de B en planta y grano se halló en el límite inferior del rango normal para todos los tratamientos lo que indicaría que podría haber una respuesta a futuro. Se analizó la disponibilidad ($n=3$), a través de 5 métodos diferentes de extracción, dando diferencias entre ellos. Se realizó un nuevo muestreo para determinar variabilidad ($n=30$) de B en superficie mediante el método CaCl_2 dando valores altos a muy altos superando el umbral crítico (0,5 mg kg^{-1} B) justificando la poca respuesta en rendimiento. Se obtuvo una correlación positiva entre B (0-10 cm) y el contenido de materia orgánica.

INTRODUCCIÓN

Años de agricultura extensiva, caracterizados por una baja reposición de nutrientes y un aumento de la extracción de los mismos debido al incremento de rendimientos, han llevado a la degradación química de los suelos. En las últimas décadas esta tendencia comienza a reducirse con la intensificación agraria, nuevas prácticas agrícolas y el incremento de las cantidades fertilizadas, sin embargo esta mirada abarcaba solo a los macro elementos, siendo prácticamente nula la preocupación por la condición de los micro nutrientes en nuestros suelos. Ya en los últimos 15 años las empresas han incentivado la aplicación de azufre y micro nutrientes, especialmente cinc (Zn) y boro (B), existiendo en el mercado una amplia oferta de productos con varios elementos acompañantes de los nutrientes principales pero sin existir información precisa de la verdadera respuesta de los mismos. Autores como Ferraris, Couretot, Montoya, Fontanetto, Salvagiotti, entre otros, han realizado numerosas experiencias en Boro, sin embargo los resultados son variables y las metodologías planteadas ponen en duda el verdadero efecto del Boro, lo que trae más dudas a la situación.

Una parte del boro se encuentra en la solución del suelo o débilmente adsorbido por los componentes edáficos. Esta fracción de boro es fácilmente disponible para la absorción de las plantas. Otra parte se asocia de forma más específica con arcillas, materia orgánica, hidróxidos de Mn, hidróxidos de Fe siendo menos disponible para las plantas ya que se va liberando más lentamente. Otra parte del boro está ocluída en hidróxidos de Al y Fe (cristalinos y amorfos) y silicatos, formando la fracción de boro relativamente no disponible para los vegetales (Doncel Unanua et. al., 1996). El Boro disponible en el suelo tiene alta vulnerabilidad a lixiviar, principalmente en suelos de textura gruesa o bien en zonas húmedas siendo además las deficiencias de B frecuentes en suelos con $\text{pH} > 6,5$, ya que es adsorbido (Montoya et. al., 2003). La concentración de boro total en el suelo se encuentra alrededor de 30 mg kg^{-1} del cual menos del 5 % es, generalmente, disponible para los cultivos (Doncel Unanua et. al., 1996). En Argentina, estudios de disponibilidad de micronutrientes en el área maicera núcleo mostraron que 30 % de los suelos considerados corresponden a la categoría de “deficientes”, tomando un nivel crítico de 0,5 mg kg^{-1} (Montoya et. al., 2003).

La absorción de boro por las plantas superiores es probablemente un proceso pasivo actuando en respuesta a la concentración externa de ácido bórico, a la permeabilidad de la membrana, a la formación de complejos internos y a las tasas de transpiración (Browm y Hu, 1998). Además como indica Bevilaqua et. al. (2000) el Boro es inmóvil en la mayoría de las plantas, presentándose la deficiencia nutricional en los órganos más nuevo. Es transportado vía xilema, pero se retransporta con dificultad vía floema (Alarcón, 2001). Es un micro nutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soja (Fontanetto et al., 2009) desempeñando una función esencial en la polinización y cuajado de los frutos. Mejora el tamaño y la fertilidad de los granos de polen y tiene un importante papel en la germinación del polen y el crecimiento de los tubos polínicos. También una correcta nutrición en boro facilita la resistencia a un gran número de enfermedades fúngicas, bacterianas, diversas virosis e incluso a insectos, al parecer por que el boro promueve la síntesis de leucocianidina que actúa como sustancia inmunológica, y a factores climáticos (resistencia a daños causados por heladas) (Alarcón, 2001). Aunque no se pueda hablar de deficiencias, un contenido sub-óptimo de Boro puede significar un rendimiento menor al potencial de un cultivo bajo condiciones favorables de suelo, clima y manejo. El contenido de Boro en cultivo puede resultar un importante indicador de disponibilidad de Boro en suelo. El mismo presenta gran variabilidad de acuerdo al sector de la planta que se seleccione siendo el contenido de Boro a nivel foliar el de mayor uso. Considerando los cultivos más representativos de nuestra región sus valores normales serían Alfalfa 30-80 mg kg^{-1} , Garbanzo 25-50 mg kg^{-1} , Girasol 35-150 mg kg^{-1} , Maíz 6-35 mg kg^{-1} , Maní 25-60 mg kg^{-1} , Soja 20-60 mg kg^{-1} , Sorgo 10-25 mg kg^{-1} , Trigo 5-20 mg kg^{-1} (Alarcón, 2001).

Como objetivo general se busca determinar la disponibilidad y variabilidad de boro en un suelo de Justiniano Posse y su respuesta a la aplicación foliar del micronutriente en el cultivo de soja.

Objetivos específicos del trabajo:

- Cuantificar disponibilidad de B en un perfil de suelo serie Ordóñez representativo de la región.
- Estudiar la variabilidad de B en superficie.
- Realizar un ensayo experimental de aplicación foliar de B en soja evaluando su respuesta.
- Analizar el contenido de B en planta y granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en un establecimiento agrícola localizado a 13 km al SO de Justiniano Posse (Dpto. Unión, Prov. de Córdoba - Coordenadas GMS: 32° 55' 49.05" S, 62° 46' 02,67" W – Altitud 124msnm).

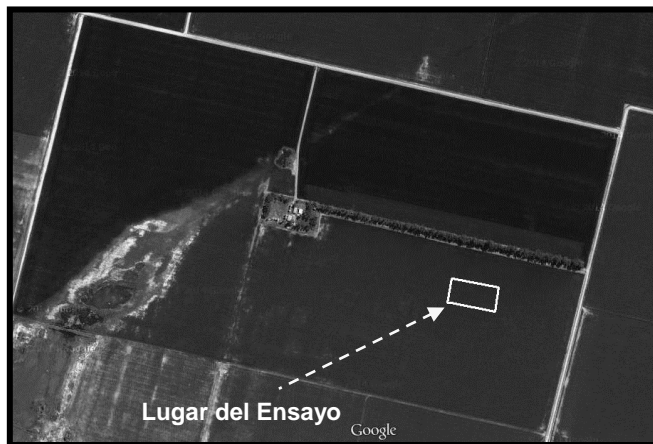


Ilustración 1 - Ubicación del sitio experimental

La temperatura media estival (enero) es de 23,9°C y la temperatura media invernal (julio) posee un valor de 9,5°C. Las heladas ocurren todos los años con fecha media de ocurrencia el 22/05 para las primeras heladas y el 11/09 para las últimas heladas. El periodo medio libre de heladas es de 255 días.

En el área experimental se lleva un registro de precipitaciones desde el año 1992, las mismas reflejan una precipitación promedio de 883 mm con una gran variabilidad pero rara vez encontrándose por debajo de los 700 mm. Se presenta una distribución pluviométrica de régimen monzónico.

Lo que respecta al ciclo del cultivo, al momento de la siembra (23 de octubre) se encontraba el perfil saturado desde los 30 cm, acumulando desde la fecha de siembra hasta su madurez fisiológica (3 de marzo) 754 mm.

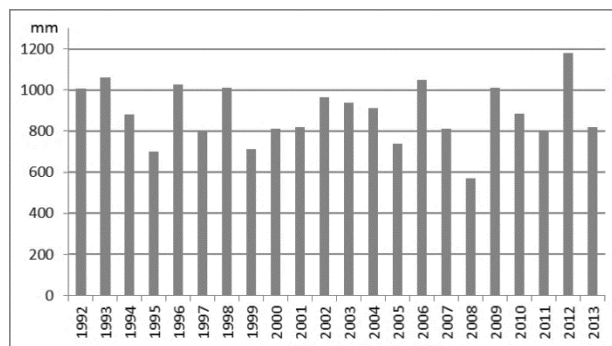


Ilustración 2 – Promedio Histórico de precipitaciones

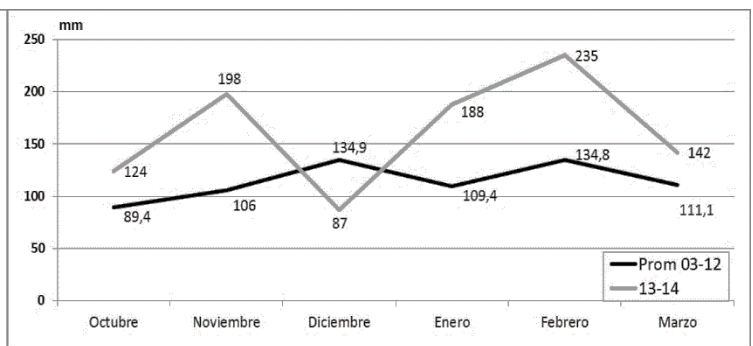


Ilustración 3 – Comparativa campaña actual con promedio 2003-2012

El suelo es un Hapludol típico, Serie Ordoñez (Unidad Cartográfica MNud-3), oscuro y bien drenado de lomas casi planas y vías de escurrimiento poco manifiestas, dentro de un paisaje de lagunas y charcas intercomunicadas. Presenta una fisiografía de Lomas extendidas de la Pampa Loésica Baja, pendiente del 3 al 10 %, bien drenado, profundo (mayor de 120 cm), franco limoso en todo el perfil. Índice de Productividad 85. Clase de uso IIc.

Tabla 1. Datos analíticos del perfil típico Serie Ordoñez

Horizonte	A	Bw	BC	C	Ck
Profundidad (cm)	0-22	22-43	43-70	70-97	97-110
Materia Orgánica (%)	2,95	0,75	0,39	---	---
Carbono Orgánico (%)	1,72	0,447	0,237	0,165	0,94
Nitrógeno Total (%)	0,17	0,078	0,061	0,045	0,0345
pH en pasta	6,0	6,4	6,7	7,0	7,9
Suma de Bases (S) (m.e 100gr ⁻¹)	19,1	19,8	18,9	19,0	---
CIC (m.e 100gr ⁻¹) (T)	20,5	20,7	18,6	17,8	16,6
Saturación con bases (S/T)	93	95	100	100	---

Tabla 2. Datos analíticos del sitio experimental

Profundidad (cm)	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Materia Orgánica (%)	2.51		---	---	---
Fosforo (mg kg ⁻¹)	15.9		---	---	---
Nitrógeno – NO ₃ (mg kg ⁻¹)	25.6		---	---	---
Azufre (mg kg ⁻¹)	6.8		---	---	---
pH en pasta	5.8		---	---	---
pH 1:2	5.14	5.12	5.29	5.50	5.60
Carbonatos (HCl reacción)	0	0	0	0	+
CE 1:2 (dS m ⁻¹)	0.14	0.09	0.09	0.08	0.05
CE – Extracto Soluble (dS m ⁻¹)	0.56	0.36	0.36	0.32	0.20
K intercambiable+soluble (cmol kg ⁻¹)	1.36	1.34	1.11	1.20	1.14
Na intercambiable+soluble (cmol kg ⁻¹)	0.08	0.08	0.10	0.19	0.12
PSI –calculada- (% T25)	0.30	0.32	0.39	0.77	0.50

PARTE I –BORO EN SUELO

DISPONIBILIDAD

Se realizó un muestreo de suelo para disponibilidad con un barreno de torsión en la zona del ensayo. Se tomaron tres muestras de 0-80 cm con cinco submuestras en 0-10 y 10-20 cm. Con las muestras obtenidas se realizó un análisis químico y se determinó la disponibilidad de boro en suelo. La extracción de boro se realizó mediante 5 métodos. En todos los casos, se utilizó una relación suelo-solución 1 a 2 en peso, correspondiente al método más frecuentemente utilizado que es el primero de la lista. La determinación del B en los extractos se realizó mediante colorimetría en el espectro visible (420 nm), luego de la reacción con azometina (Shanina et al., 1967), donde el color amarillo del complejo azometina-B es directamente proporcional a la concentración del elemento.

Métodos de extracción de boro disponible en un perfil de suelo de Justiniano Posse.

1- CaCl₂ 0,02 M a 100°C, 10 minutos (Sparks, 1996): Esta solución contiene cloruro de calcio en baja concentración pero suficiente para facilitar la clarificación del extracto, especialmente en muestras arcillosas u orgánicas. Es el método más utilizado en el mundo y se considera el más apropiado para los cultivos tradicionales. El problema de este método es que requiere calentar la solución a ebullición durante el tiempo de agitado. Esta condición provoca alta variabilidad en los resultados analíticos.

2- Acetato de amonio 1 M, pH 7, 30 minutos (Sparks, 1996): Este método es el más utilizado para evaluar disponibilidad de calcio, magnesio y potasio. Es una solución fuertemente regulada en pH 7 y se incluyó como alternativa de extracción simultánea de B con los nutrientes intercambiables citados.

3- Acetato de amonio 1 M, pH 5, 30 minutos (Ron et al. 1999): Método similar al anterior pero en este caso, regulado en pH 5. Se incluyó en este trabajo porque se está aplicando en suelos del sur de Buenos Aires. Tiene la ventaja de no requerir calentamiento, pero su bajo pH puede liberar boro de los carbonatos, que no se considera disponible.

4- Mehlich-3 (Mehlich, 1984): Este método se ha propuesto como extractor universal, ya que, exceptuando nitratos y amonio, puede extraer todos los demás nutrientes requeridos por los cultivos. Se compone de los siguientes solutos: Ácido Acético 0.2 M + NH_4NO_3 0,25 M + NH_4F 0,015 M + EDTA.2Na 0,001 M (pH 2.5). El tiempo de agitado es 5 minutos. En nuestro país se ha incrementado su aplicación y por eso fue incluido en este trabajo, aunque se recomienda para suelos ácidos a neutros. El ácido acético acidifica la solución y favorece la extracción de los nutrientes más solubles (S-SO_4^- , Cl^- , Mo, B), el amonio extrae los cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K), el fluoruro extrae P adsorbido y el EDTA.2Na (sal disódica del ácido etilén-diamino-tetraacético) extrae los micronutrientes metálicos Fe, Cu, Zn y Mn en forma de quelatos.

5- Kelowna (Van Lierop, 1989): Se compone de Ácido Acético 0,25 M + NH_4F 0,015 M (pH 3.4). El tiempo de agitado es 5 minutos. Método similar al anterior, aunque menos ácido y, al no contener EDTA, no extrae micronutrientes metálicos. Se incluyó en este trabajo porque algunos investigadores lo están probando para extraer azufre y fósforo en suelos de la región pampeana.

VARIABILIDAD

Se tomaron 30 muestras al azar con un barreno de torsión en las profundidades 0-5 cm y 5-10 cm en el sector del ensayo. La extracción del B se hizo con el método de CaCl_2 0,02 M a 100°C, 10 minutos, posteriormente la determinación se realizó mediante colorimetría en el espectro visible (420 nm), luego de la reacción con azometina.

RELACION DEL BORO DISPONIBLE CON MATERIA ORGÁNICA

La determinación de la materia orgánica en las muestras de suelo se realizó mediante digestión con dicromato de potasio normal y ácido sulfúrico concentrado a 80°C durante una hora con lectura colorimétrica del cromo reducido a 620 nm (Bowman et al. 1991).

PARTE II – FERTILIZACIÓN FOLIAR EN SOJA

En julio de 2013 se aplicaron al voleo 150 kg ha⁻¹ de superfosfato simple (SPS: N:0; P:20; K:0; S:12) sin fertilización a la siembra. La variedad utilizada fue Don Mario 3810 de hábito de crecimiento indeterminado, fue sembrada el 23 de octubre de 2013 a 42 cm entre surcos con una densidad de 370.000 pl ha⁻¹ (18-19 pl m⁻¹ – 70 kg semilla). Estuvo inoculada y curada con Rizopack 102 (Rizobacter). Se realizaron 5 pulverizaciones con productos fitosanitarios: 1 Barbecho: Glifosato (Round Up Full) 1,5 l ha⁻¹ – Cletodim (Select) 250 cc ha⁻¹ – Dicamba 150 cc ha⁻¹. 2 Presiembra: Glifosato (Round Up Full) 2,0 l ha⁻¹ – 2,4D 1,1 l ha⁻¹. 3: Glifosato (Round Up Ultra Max) 1,8 kg ha⁻¹. 4: Glifosato (Round Up Ultra Max) 1,24 kg ha⁻¹ – Cletodim (Select) 250 cc ha⁻¹ – Cipermetrina 100 cc ha⁻¹. 5 Aéreo: Azoxitrobin+Ciproconazol (Amistar Xtra) 273 cc ha⁻¹ – Rynaxypyr (Coragen) 29 cc ha⁻¹.

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con 5 dosis de boro foliar (incluyendo el testigo sin boro) y 4 repeticiones. La superficie de cada unidad experimental fue de 20 m² (2,95 m de ancho, abarcando 7 líneas separadas a 0,42 m, y 6,8 m de largo). La superficie de cada bloque (5 parcelas) fue de 100 m², ocupando el ensayo una superficie total de 400 m².

Tratamientos:

Las dosis de boro aplicadas en R2 (19 de diciembre de 2013) fueron de 0, 30, 60, 120 y 240 g B ha⁻¹ como ácido bórico (BO₃H₃). De acuerdo a Rivero E., et al. (2006), en la región este de Córdoba se estima una extracción de B de 15 a 30 g ha⁻¹ año⁻¹. Así, la dosis B30 cubre esta cantidad y las demás se duplican sucesivamente hasta un valor próximo a 300 g ha⁻¹ que es un máximo de recomendación a nivel foliar. La fertilización foliar se realizó con una mochila de caudal continuo provista con un tubo de gas carbónico. El botalón de 1,47 m de ancho con cuatro picos aspersores de cono hueco provista por la EEA INTA Marcos Juárez. Se optó por aplicar 200 l ha⁻¹ por lo que para cada parcela se emplearon 400 cm³ de agua (Q = 28.5 cm³ seg⁻¹). El agua con la que se realizó el experimento contenía 2,5 mg l⁻¹ de Boro.

La cosecha se realizó manualmente en todas las parcelas del ensayo el 13 de marzo de 2014, en el momento de madurez fisiológica. En cada parcela se cosecharon 72 plantas normales (3.2 m²) preferentemente de las hileras centrales. La trilla fue realizada manualmente, separando primero las vainas de las plantas y luego extrayendo los granos. Se igualó humedad a 10.5 % para luego calcular rendimiento, peso de 1000 granos y peso hectolítrico de cada parcela.

PARTE III – CONTENIDO DE BORO EN PLANTA Y GRANO

Se extrajeron manualmente 30 hojas por tratamiento en el estado R6. El material vegetal fue secado en estufa de aire forzado a 50°C, 48 hs., y molido en molinillo de café con cuchillas de acero inoxidable. Una alícuota de 1 a 2 g (±0,0001 g) se pesó en crisoles de porcelana de 25 ml, formato alto, y se llevó a cenizas en mufla a 500°C durante 4 hs. El residuo se disolvió en 5 ml de HCl 2N y finalmente, se diluyó a 25 cm³ en matraces volumétricos. El boro contenido en los extractos de acenización se determinó con el mismo procedimiento que en los extractos de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARTE I - BORO EN SUELO

DISPONIBILIDAD

El método de CaCl₂ (0,02 M a 100°C, 10 minutos), actualmente utilizado en Argentina y en el cual se basan los umbrales críticos de referencia, es el que extrae los menores valores de B en el suelo. Los valores mayores a 0,5 mg kg⁻¹ se observaron tanto en superficie como a la mayor profundidad estando los niveles intermedios apenas por debajo del umbral. Esto parece indicar que pueden existir sustancias edáficas que afectan la disponibilidad como la MO en superficie y algunos minerales de baja cristalinidad en profundidad (Doncel Unanua A., 1996). Los métodos de Acetato de Amonio muestran mayor extracción de Boro, diferenciándose con el método anterior en que el valor decrece a profundidad. El método Mehlich, menos extractivo que NH₄Ac pero más que CaCl₂, demuestra también el mayor valor en superficie decreciendo gradualmente en los extractos inferiores, siendo claramente más bajos en profundidad que en superficie. Por último el método Kelowna es el menos sensible de todos dando valores más altos que los métodos anteriores, con disminución del contenido de B con la profundidad al igual que los tres métodos anteriores.

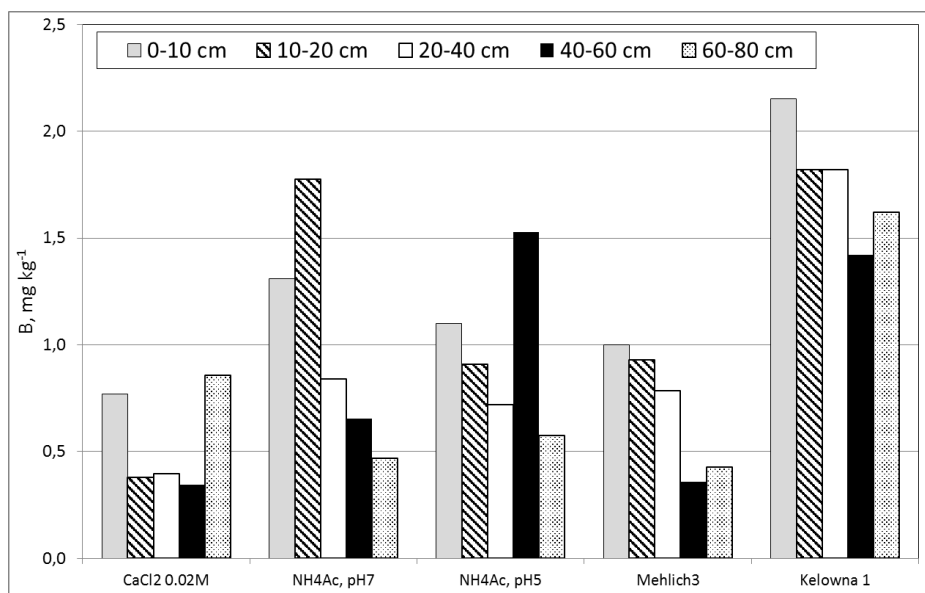


Ilustración 4 – Comparativa de métodos de extracción.

VARIABILIDAD

El contenido de B en las 30 muestras analizadas para 0-5 cm resultó con una media de 1,12 mg kg⁻¹ (CV = 27.35) mientras que para 5-10 cm la media fue de 0.85 mg kg⁻¹ (CV = 49.05). Esta disminución es estadísticamente significativa (p = 0,10) y puede asociarse al contenido de MO que es mayor en superficie. Además, a mayor profundidad, la variabilidad es mayor.

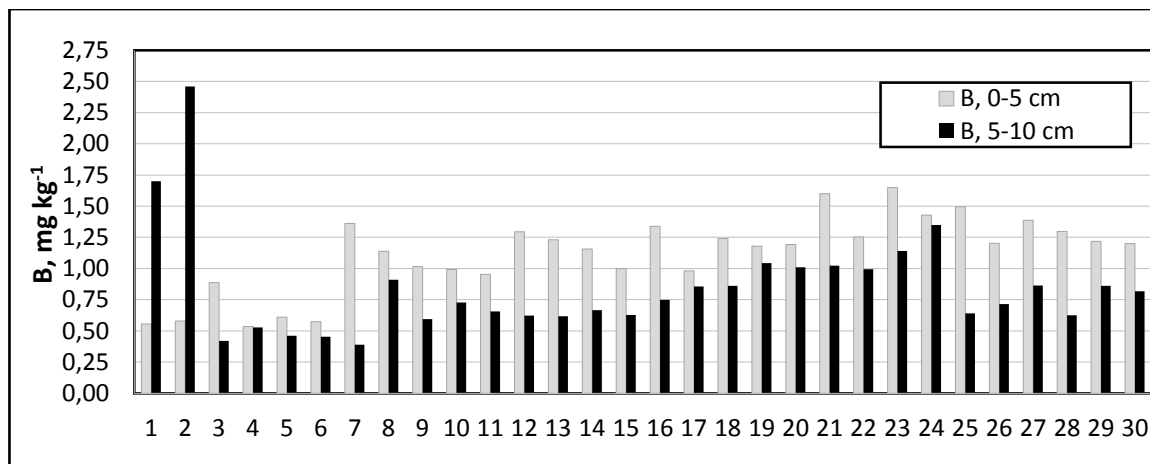


Ilustración 5 – Variabilidad de B en suelo (n = 30).

Analizando los contenidos de B disponible, entre 0 y 5 cm, el 83.4 % de los muestreos se encuentran al menos en un nivel alto de B y próximos a la media, con un CV bajo. Entre 5 y 10 cm se observa un aumento de la dispersión obteniéndose un 56,6 % de los muestreos cercanos a la media.

Tabla 3 - Niveles de Boro. Distribución en el perfil.

Boro Disponible en el suelo (mg kg ⁻¹)	Clasificación del Boro	Distribución	
		0-5 cm	5-10 cm
<0.20	Muy Bajo (MB)	0,0%	0,0%
0.21 – 0.40	Bajo (B)	0,0%	3,3%
0.41 – 0.60	Medio (M)	16,7%	16,7%
0.61 – 0.80	Medio Alto (MA)	0,0%	33,3%
0.81 – 1.00	Alto (A)	16,7%	23,3%
> 1.00	Muy Alto (MA)	66,7%	23,3%

RELACION DEL BORO DISPONIBLE CON MATERIA ORGÁNICA

La correlación entre el contenido de B con Materia Orgánica en las 30 muestras de cada profundidad demostraron que entre ambos parámetros se encuentra una relación directa (R² general 0,36). Esto concuerda con Doncel Unanua, et al. (1996) y Montoya et. al.(2003) que afirman que la disponibilidad de B depende del contenido de Materia Orgánica.

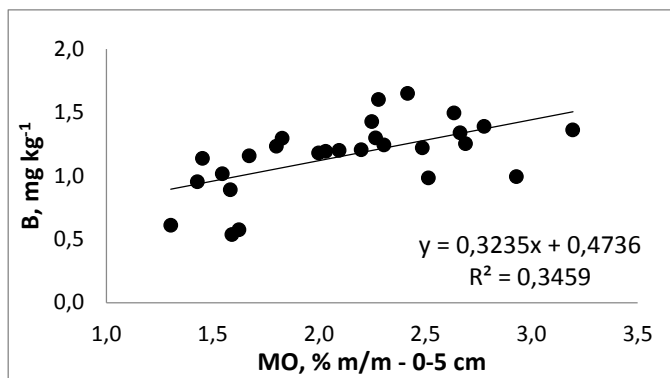


Ilustración 7 – Correlación B y MO entre 0-5 cm.

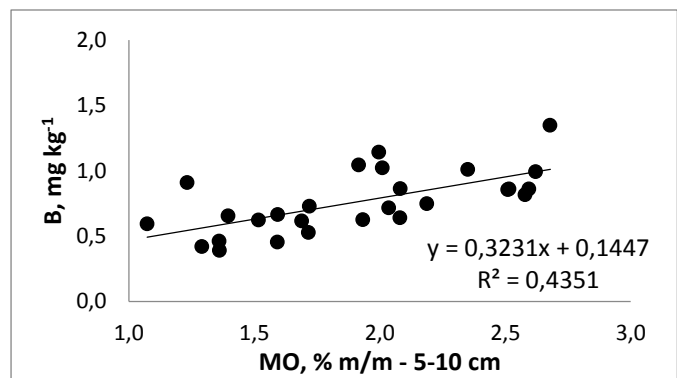


Ilustración 6 – Correlación B y MO entre 5-10 cm.

PARTE II – FERTILIZACIÓN FOLIAR EN SOJA

Respecto al testigo los tratamientos mostraron diferencias no siendo las mismas significativas ($p < 0.1$) para ninguna de las tres variables mostradas en la Tabla 3.

En cuanto al rendimiento, el B30 demostró la mayor producción superando por 119 kg ha⁻¹ al testigo, a partir de B30 los rendimientos empiezan a decrecer siendo el B240 inferior a todos los tratamientos (426 kg ha⁻¹ menos respecto al testigo y 532 kg ha⁻¹ menos a B30). Esta ausencia de respuesta al B puede deberse a la aplicación de fungicidas en el sitio del ensayo (Salvagiotti, 2013), al contenido de boro por encima del umbral en superficie (0-10 cm), al pH ácido del ensayo y a la textura del suelo (Montoya et. al., 2003).

Hay una tendencia de disminución del peso de 1000 granos a medida que aumenta la cantidad de B aplicado, estando inversamente relacionado con el P. Hectolítrico que es mayor en los tratamientos de mayor contenido de B. La disminución en el peso de los 1000 granos puede deberse al aumento del número de granos favorecidos por el efecto sobre el cuajado que ejerce el B como lo indica Fontanetto et al. (2010).

Tabla 4 Tratamientos de fertilización, comparación de medias de rendimiento, peso hectolítrico y peso de 1000 granos.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)	Peso 1000 granos (g)
Testigo	4598,64 a	669,75 a	150,13 a
B30	4709,36 a	673,75 a	149,10 a
B60	4254,44 a	671,00 a	147,55 a
B120	4433,43 a	675,00 a	146,88 a
B240	4172,80 a	674,25 a	146,53 a

Medias de tratamiento con la misma letra en sentido vertical, no difieren entre sí (LSD Fisher $P < 0,10$)

PARTE III – CONTENIDO DE BORO EN PLANTA Y GRANO

El contenido de B encontrado en grano no difiere significativamente entre tratamientos. El mayor contenido se encuentra en B60, no respondiendo a ningún patrón en los cinco tratamientos. A su vez para los cinco tratamientos los contenidos de boro en grano son superiores a 14 – 20 mg B kg⁻¹, umbral que es indicado por Rerkasem, et al. (2006) para una normal germinación en suelos con bajo contenido de B.

En limbo los valores fueron notablemente superiores a los de peciolo y nervadura. Esto puede deberse a la acumulación de B en las puntas y márgenes de las hojas por ser un nutriente poco móvil translocado por xilema (Alarcón, 2001). Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado por Yamada (2003), el cual afirma que la falta de correlación entre el contenido de B en las hojas y el rendimiento se debe a la dificultad de remoción del B retenido en la cutícula foliar o ligado a la capa péptica de la pared celular.

Los niveles foliares se encuentran dentro de lo normal, encontrándose en el límite inferior de los mismos (Alarcón, 2001), indicando que en los cinco tratamientos no hay efecto de deficiencia ni toxicidad de B a nivel foliar.

Tabla 5 - Contenido de B en grano, limbo y peciolo y nervadura

Tratamientos	Grano (mg kg ⁻¹)	Limbo (mg kg ⁻¹)	Peciolo y Nervadura (mg kg ⁻¹)
Testigo	26.1 a	28.6	12.5
B30	24.9 a	27.7	17.6
B60	30.0 a	28.0	13.9
B120	24.9 a	29.6	22.9
B240	28.8 a	31.0	22.4
Promedio	26,9	29,0	17,9

Medias de tratamiento con la misma letra en sentido vertical, no difieren entre sí (LSD Fisher P < 0,10)

Comparando el contenido de B en grano del ensayo con otras muestras de Soja de la región pampeana se observa que hay una gran variabilidad pero siempre sobre el umbral citado anteriormente. Además se observa que en oleaginosas el contenido de B es notablemente superior a los cereales, en correlación con los requerimientos de los cultivos y sus niveles foliares (Alarcón, 2001).

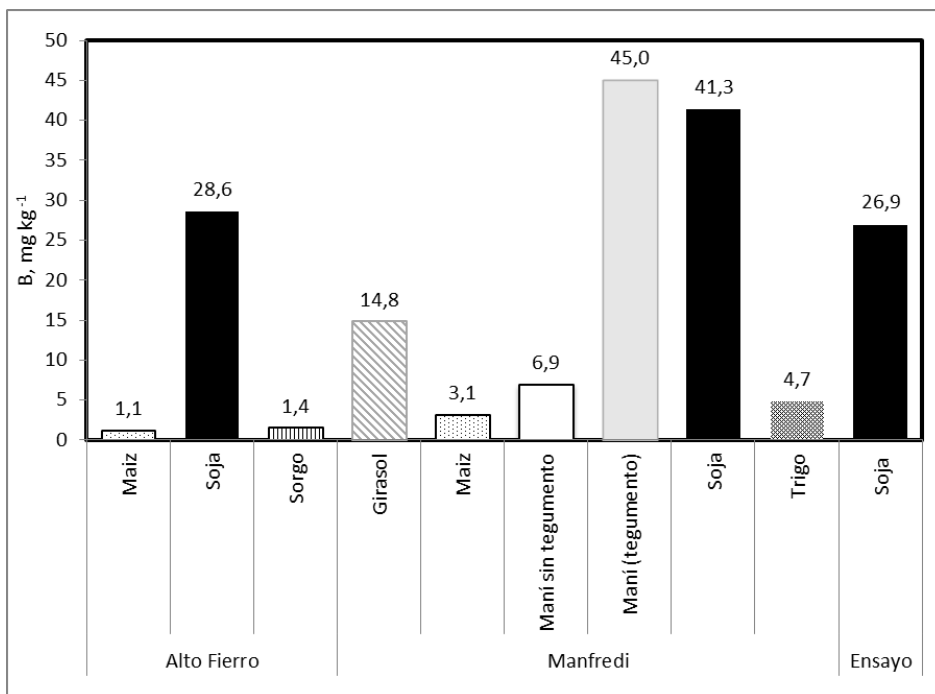


Ilustración 8 – Contenido de B en grano de diferentes especies.

CONCLUSIONES

- La extracción de B fue diferente con los métodos aplicados, donde el método de CaCl_2 a ebullición extrajo una cantidad inferior a los restantes métodos, siendo el único en el que el B extraído aumenta en profundidad.
- La cantidad de B disponible extraída con CaCl_2 sobre 30 muestras superficiales fue $1,12 \text{ mg kg}^{-1}$ de 0 a 5 cm y $0,85 \text{ mg kg}^{-1}$ de 5 a 10 cm, calificándose de muy alto y alto respectivamente.
- Los valores de B disponible estuvieron significativamente correlacionados con Materia Orgánica en ambas profundidades con un R^2 general de 0,36.
- La aplicación foliar de B en el cultivo no dio respuesta positiva lo que se explica por el alto nivel de B disponible en superficie, espesor que influye decisivamente en la implantación del cultivo.
- El boro en planta estuvo en el nivel inferior del rango normal ($29,0 \text{ mg kg}^{-1}$), mientras que en grano fue de $26,9 \text{ mg kg}^{-1}$, superior a 20 mg kg^{-1} considerado el mínimo para una correcta germinación.
- De acuerdo a los resultados obtenidos es evidente que el suelo utilizado para el ensayo está muy por encima del nivel crítico de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ que puede justificar la fertilización. Sin embargo, el contenido de B en planta y grano se halló en el límite inferior del rango normal para todos los tratamientos lo que indicaría que podría haber una respuesta a futuro.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor, Ing. Agr (M.Sci.) Eduardo Buffa que dedicó muchas horas de su trabajo a esta presentación, a las familias Rubio y Vanzetti por el apoyo incondicional, al Ing. Agr. Federico Pagnan del INTA J. Posse, a la EEA INTA Marcos Juárez, al Ing. Agr. Mario Steinberg, Director del Laboratorio de Forrajes de la FCA, al Laboratorio de Semillas de la UNC y al establecimiento Las Tres Marías Agrop. S.R.L. por el espacio brindado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A. 2001. El Boro como nutriente esencial. *Horticultura*. N° 155: 36-46.
- Balboa, G.R., G.P. Espósito, C. Castillo y R. Balboa. 2010. Estrategias de fertilización con boro en girasol. *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Rosario.
- Bevilaqua, G. A. P., Silva Filho, P. M., Possenti, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciência Rural*, v.32, n.1, 2002.
- Bowman, R.A., W.D. Guenzi and D.J. Savory. 1991. Spectroscopic method for estimation of soil organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* vol. 55, issue 1:563-566
- Brown, P., and H. Hu. 1998. Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops* 82(2): 28-31.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doncel Unanua, A.J., Iñiguez Herrero, J., Val Legaz, R.M. 1996. Relación del contenido de boro soluble con distintos parámetros edáficos y ambientales del suelo de Navarra. *Munibe Ciencias Naturales. Natur zientziak*. N°48: 21-38
- Fontanetto, H., Keller O., Albrecht J. 2010. Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja. *IPNI. Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 47:19-22
- Gorgas, J.A. y J.L. Tassile (Editores). 2002. *Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba. Serie C, Publ. Técnicas*. Agencia Córdoba Ambiente. Gobierno de Córdoba. Ferreyra Ed. 97 ps.
- Melgar R. 2005. Aplicación foliar de micronutrientes. En: <http://www.fertilizando.com>
- Mehlich, A. 1984. Mehlich III soil test extractant: A modification of Mehlich II extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1409-1416.
- Montoya, A., A. Bono, M. Barraco y M. Díaz Zorita. 2003. Boro, un nutriente que crea incertidumbre: Experiencias de fertilización en la región pampeana. *Bol. Divul. Técnica* N° 78, ISSN 0325-2167
- Parra, R.R. 2005. Fertilización foliar con boro en girasol en Reconquista, campañas 2001-2, 2002-3 y 2004-5. *Publ. Técn.* N° 24. ISSN 1329-8094.
- Ratto de Míguez, S. y C. Diggs. 1990. Niveles de boro en suelos de la pradera pampeana. Aplicación al cultivo de girasol. *Ci. Suelo* 8(2):93-100.
- Rerkasem, B., Bell, R.W., Lodkaew, S., Loneragan, J.F. 2006. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (t *Glycine max*) *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Volume 48. Issue 3. pp 217-223.
- Rivero, E., G.A. Cruzate y R. Turati. 2006. Azufre, Boro y Zinc: Mapas de disponibilidad y reposición en suelos de la región pampeana. *XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta-Jujuy, Argentina.
- Ron, M.M.; S.G. de Bussetti y T. Loewy. 1999. Boro extraíble en suelos del SO bonaerense. *Ci. Suelo* 17(1):54-57.
- Salvagiotti, F. 2013. Respuesta a la fertilización con boro en soja en el sur de Santa Fé. *EEA Oliveros INTA*.
- Shanina, T.M.; N.E. Gelman and V.S. Mikhailovskaya. 1967. Quantitative analysis of heteroorganic compounds. Spectrophotometric microdetermination of boron. *J. Anal. Chem. (USSR)* 22:663-667.
- Sparks, D.L. (Ed.). 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods*. Soil Sci. Soc. Amer. Books series 5, Madison, Wis., USA. 1390 ps.
- Van Lierop, W., Gough, N. A. 1989. Extraction of potassium and sodium from acid and calcareous soils with the Kelowna multiple element extractant. *Can. J. Soil Sci.* 69:235-242.
- Yamada, T. 2003. BORO: Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas?. *Informaciones Agronómicas*. N°41.