

IMPORTANCIA DEL APORTE DE BORO DE LAS AGUAS DE RIEGO DE DISTINTAS FUENTES, A LAS NECESIDADES NUTRICIONALES ESPECÍFICAS DE VIÑEDOS EN MENDOZA

Martí¹, L.; Lipinski¹, V.; Venier¹, M.; Filippini¹, M.F.; Bermejillo¹, A.; Cónsoli¹, D.; Valdés¹, A.; Michelletti¹, A.; Díaz Nodaro¹, L.; Lobato¹, A.; Porta¹, A. e-mail: lmarti@fca.uncu.edu.ar

Cátedra de ¹Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500 (5505) – Chacras de Coria, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Resumen

El Boro (B), micronutriente esencial para las plantas, puede presentar deficiencias o toxicidades en diferentes cultivos. Su déficit inhibe los tejidos de crecimiento, en especial las estructuras reproductivas que representan aproximadamente el 80% de los productos agrícolas que se consumen en el mundo. En las aguas de riego, niveles elevados limitan su uso agrícola debido a que la gran mayoría de los cultivos evidencian problemas de toxicidad a partir de una concentración superior a los 3 mg.L⁻¹. En la vid el B posee muy baja movilidad, a diferencia de otros frutales, y más del 90% del mismo se encuentra en las paredes celulares. Visualmente la deficiencia de boro en esta especie, se identifica por: hojas con necrosis y tonos amarillentos o rojizos según la variedad, entrenudos cortos, ensanchados, brotación lateral profusa y múltiple, crecimiento retrasado y en zig zag, médula necrosada, mal cuaje por fecundación defectuosa con racimos y bayas des uniformes, millerandage y corrimiento, disminuyendo producción y calidad.

Con el objeto de estimar el potencial aporte de B a través del riego, se han monitoreado sus niveles en las aguas y se han asociado con las necesidades, contenidos tisulares de los viñedos y de los suelos correspondientes. Para tal fin se seleccionaron trece propiedades situadas en la zona Este de Mendoza y en el Valle de Uco, cultivadas con Malbec.

Se determinó el B, en el agua de riego (subterránea y/o superficial), en el suelo a dos profundidades, pecíolos en primavera (plena floración) y en hoja entera en verano (fin de envero), utilizando en todos los casos el método colorimétrico de la azometina,

En los resultados del primer año de investigación se han detectado bajos valores de B en las aguas de irrigación superficiales (0.24 mg L⁻¹) y subterráneas (0.28 mg L⁻¹); en los extractos de saturación de los suelos, el boro soluble presentó concentraciones bajas, menores a 0.50 mg L⁻¹. En análisis tisulares prevalecen los niveles bajos en primavera y verano, siendo menores o cercanos a los límites inferiores de normalidad (30 mg kg⁻¹).

Los valores obtenidos permiten afirmar que las aguas de riego estudiadas no provocarían algún efecto tóxico aún para cultivos muy sensibles. Paralelamente se observa poco significativo el aporte nutricional de B como elemento esencial, por el agua de riego y los suelos, siendo recomendable su aplicación en forma preventiva, en poscosecha, prefloración y pos cuaje en los viñedos que se cultivan en las zonas del ensayo.

Palabras clave: Boro-agua de riego-nutrición vid

Introducción:

Muchos investigadores consideran que las deficiencias de B son más comunes de lo que se cree y específicamente en Mendoza, en los últimos años se ha incrementado notablemente la solicitud de análisis de contenidos de B en vides y frutales. Es probable que la utilización de fertilizantes de elevada pureza (fertirrigación), el actual ciclo de escasez de agua, sumado a suelos calcáreos (ricos en Ca y elevado pH) con bajos contenidos de B, hayan incrementado la aparición de casos de deficiencia, cuya naturaleza rápida y transitoria hace que tenga efectos significativos en la productividad. Como se ha mencionado, una de las razones de la importancia de su déficit es que su carencia inhibe los tejidos de crecimiento de las plantas, en especial las estructuras reproductivas que representan aproximadamente el 80% de los productos agrícolas que se consumen en el mundo. En California la aplicación de formas foliares de B se ha transformado en un tratamiento profiláctico común en muchos frutales, ya que es difícil prevenir la deficiencia y una vez que esta ocurre, los daños son muy elevados. (P. Brown 2011)

El boro desempeña un rol primario en la biosíntesis y estructura de la pared celular y en la integridad de la membrana plasmática (Marschner, 2002); asimismo está involucrado en el transporte de azúcares, la lignificación de la pared celular (Loomis y Durst, 1992, O'Neill et al 2004), la elongación celular, la síntesis de ácidos nucleicos y las respuestas hormonales (Taiz y Zeiger, 2006).

Por otro lado, el B y el Ca deben estar balanceados para un correcto crecimiento de las plantas. Las plantas no pueden metabolizar adecuadamente el calcio cuando el boro está en niveles bajos y viceversa. La inhibición de la extracción de boro por el calcio ha sido detectada en suelos de pH altos como los de Mendoza. Bajos niveles de B en las plantas afectan también la incorporación de fósforo y sus compuestos a las células. La absorción de P puede ser reducida a la mitad en las raíces de plantas deficitarias en B. Altos niveles de Nitrógeno y/o Potasio pueden reducir la disponibilidad de B en las plantas. Al incrementar N y/o K se disminuye los niveles de Ca y la relación Ca:B en las plantas. La mayoría de los cultivos requieren de 2-3 kg/ha de B elemental. No obstante existen cultivos que tienen un alto requerimiento de B como ser las brásicas: brócoli, coliflor, col y repollo de bruselas; también la alfalfa, trébol, espárrago, remolacha, apio, manzana, pera y vid. (Brown, 2011)

Para el B, en la mayoría de los cultivos se fija una concentración óptima foliar de 30 a 40 ppm (siempre en el muestreo de verano). Para el caso de la vid existen escalas que correlacionan los niveles de B en el extracto a saturación con los posibles efectos de toxicidad, al igual que niveles de deficiencia, adecuados y de toxicidad en hojas. (Christensen et al. 1978).

Respecto a las aguas de riego, las escalas de B están establecidas para detectar valores peligrosos de acuerdo a la sensibilidad de los cultivos (Cadaña, 1997). Se califica a las aguas como “*muy buenas*” hasta “*muy malas*” y a los cultivos como “sensibles” – “*semitolerantes*” y “*tolerantes*” con valores extremos que van desde 0,33 mg.L⁻¹ de B, hasta mayor de 3,75 mg.L⁻¹. Las aguas consideradas “*muy buenas*” por su bajo contenido de B, para los objetivos del presente trabajo serían de muy bajo aporte nutricional de este elemento.

Existen muy pocos estudios sobre B en nuestra región y estos están orientados a los problemas de toxicidad, debido a los contenidos en agua y suelo, fundamentalmente en las provincias de San Juan y La Rioja (Batistella y Vita 2007). Paralelamente, el elevado costo de

los análisis de agua, suelo y foliares no permite realizar relevamientos amplios durante un mínimo de dos a tres temporadas para diversas especies y variedades bajo manejos modernos de conducción y técnicas de riego, en al menos dos momentos dentro del ciclo de crecimiento. Creemos que estudios de esta naturaleza, modificarían sustancialmente la interpretación en varias regiones y por ello es que se realiza el presente ensayo, para el principal cultivo de Mendoza y para dos importantes regiones de cultivo que producen aproximadamente el 70% del total provincial.

El equipo de trabajo que está desarrollando este proyecto posee dilatada experiencia en trabajos relacionados a la nutrición vegetal y específicamente en micronutrientes sobre cultivos intensivos, como así también en análisis de calidad de aguas de riego, estando integrado por analistas especializados en las técnicas que se utilizan y en la operación del instrumental. Se cuenta con el laboratorio de análisis agronómicos de la Cátedra de Química Agrícola el cual posee el soporte instrumental necesario.

Este trabajo pretende realizar un importante aporte en lo que se refiere a la evaluación de los contenidos de B en las aguas de riego y su asociación con el contenido del suelo y foliares de B en viñedos de los principales oasis irrigados de Mendoza. El estudio de los contenidos en las aguas de riego, su asociación con los niveles en los suelos y foliares permitirá conocer si son necesarias programaciones de fertilizaciones de tipo preventivo y/o profilácticas que aseguren una producción sin el efecto detrimental de la deficiencia de B.

Para la realización del presente proyecto se han considerado dos regiones de Mendoza que presentan diferentes características edafológicas y de calidad de las aguas de riego. Estas zonas en conjunto producen más del 70% de la uva de vinificar de alta calidad enológica y aproximadamente el 80% de las uvas para consumo en fresco, elaboración de vinos comunes y producción de mosto concentrado.

La particularidad del B de poseer un estrecho margen entre deficiencia y toxicidad, nos obliga a trabajar con suficiente cautela al fijar los valores deficientes, los adecuados y los que podrían provocar toxicidad sobre las vides que, paradójicamente, son clasificadas como exigentes de B pero también sensibles a este elemento. Si bien esta investigación se realiza sobre el principal cultivo provincial (Aprox. 150.000 has. en producción - 2011), los resultados a obtener podrán hacerse extensivos a otros frutales y hortalizas cuyos cultivos también son importantes para la provincia.

Material y Método

El ensayo se ha realizado seleccionando seis propiedades (en tres departamentos) situadas en la zona Este de Mendoza que integran el oasis norte y son regadas con aguas superficiales del Río Mendoza, Tunuyán inferior o con aguas subterráneas de los acuíferos correspondientes. Con idéntica metodología se seleccionaron otras siete propiedades ubicadas en el Valle de Uco, (en los tres departamentos) integrantes del oasis centro, irrigadas con aguas superficiales del Río Tunuyán y con aguas subterráneas de acuíferos no confinados.

Sobre las aguas de riego utilizadas en cada viñedo se realizó el análisis normal de aptitud agronómica que comprende CEA, CEE, pH, Coeficiente K, RAS, cationes y aniones normales, Boro por colorimetría, cálculo de durezas y clasificación de aptitud agronómica.

En los suelos correspondientes se realizó la caracterización (salinidad y fertilidad), determinando N total por el Método Kjeldahl, Fósforo disponible por el Método Arizona de

extracción carbónica 1:10, Potasio Intercambiable extractable con acetato de amonio 1 M, Materia Orgánica por oxidación Método (Walkley y Black) y Textura por Volumen de Sedimentación. Los datos de salinidad obtenidos son CE del extracto a saturación, tenor de Ca y Mg, tenor de Na, tenor de Cl^- , tenor de B en el extracto por colorimetría con Azomethina H, pH en pasta y determinación de la RAS.

En cada propiedad se limitaron parcelas de tres hileras y tres claros, que involucraron un total de aproximadamente 60 plantas, en todos los casos del cultivar Malbec. Se efectuaron análisis foliares en cada una de la propiedades realizando la extracción del pecíolo de la hoja opuesta al primer racimo, contando desde la base, para el muestreo de primavera en floración y para el análisis en enero se recolectaron hojas completas. Las valoraciones tisulares de B se realizaron sobre los extractos clorhídricos (1:50) de los peciols y hoja entera, utilizando el mismo método colorimétrico con Azomethina H.

A los contenidos de B del agua, suelo, peciols en floración y hoja entera en enero se les realizó una descripción estadística (media, varianza, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos). Luego, para determinar el grado de asociación entre las distintas variables, se realizó el análisis de correlación simple lineal. También se realizarán pruebas de hipótesis para una media, prueba de t-Student para establecer si existen o no diferencias del contenido de B con los valores críticos indicados por la bibliografía para agua, suelo y tisulares.

Resultados y Discusión

En la provincia de Mendoza las condiciones climáticas están caracterizadas por la elevada temperatura ambiental, períodos de estrés hídrico o sequía provocados por la periodicidad de los riegos y la escasez de agua. Los suelos poseen, frecuentemente tenores importantes de K, tienen un pH superior a 7,5, con elevado contenido de calcáreo, texturas livianas o arenosas y en muchos casos con alto contenido de piedras. La composición del agua de riego se caracteriza por sus importantes contenidos de Ca y bicarbonatos y muy bajos tenores de B. Las prácticas de fertilización casi siempre incluyen aportes excesivos de nitrógeno y casi nunca aportes de B.

De acuerdo a lo detallado precedentemente; los suelos, el clima, el agua y las prácticas de fertilización en nuestro medio confluyen para que se presenten condiciones predisponentes a la aparición de deficiencias de B.

Las aguas de la Zona Este presentan muy bajos contenidos de B, tanto las superficiales como las subterráneas, con una media de $0,178 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,194 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente y una media general de $0,187 \text{ mg.L}^{-1}$. Si nos remitimos a la calificación de agua por B de Cadahia (1997), en todos los casos se trata de aguas “*Muy Buenas*” en cuanto a la peligrosidad de toxicidad por B para cultivos sensibles, ya que tienen un contenido inferior a $0,33 \text{ mg.L}^{-1}$, salvo en un solo caso en que apenas lo supera.

Esta apreciación es opuesta a la aptitud de las aguas para el aporte de B a los cultivos irrigados, por lo que podrían identificarse como “*muy pobres*” en cuanto al aporte mencionado. (Figura 1)

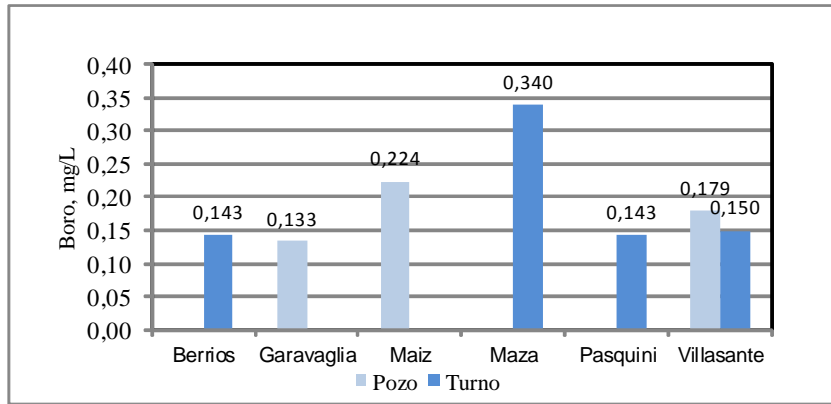


Figura 1. Contenido de boro en agua de riego – Zona Este

En la Zona Valle de Uco, la situación es similar aunque los niveles de B son por lo general superiores a las aguas de la Zona Este. Las subterráneas tienen un contenido medio de B de $0,351 \text{ mg.L}^{-1}$, las superficiales una media de $0,272 \text{ mg.L}^{-1}$ y la media general es de $0,316 \text{ mg.L}^{-1}$

En la clasificación Cadahia todas las aguas de pozo están superando por muy poco el límite de $0,33 \text{ mg.L}^{-1}$ y una de ellas presenta un valor inferior. En las superficiales solo una supera el límite mencionado y las demás están por debajo. De acuerdo a esto todas clasifican como “*muy buenas*” ó “*buenas*” en cuanto a su peligrosidad de toxicidad, pero como aportantes de B al cultivo serían “*muy pobres*” ó “*pobres*” (Figura 2)

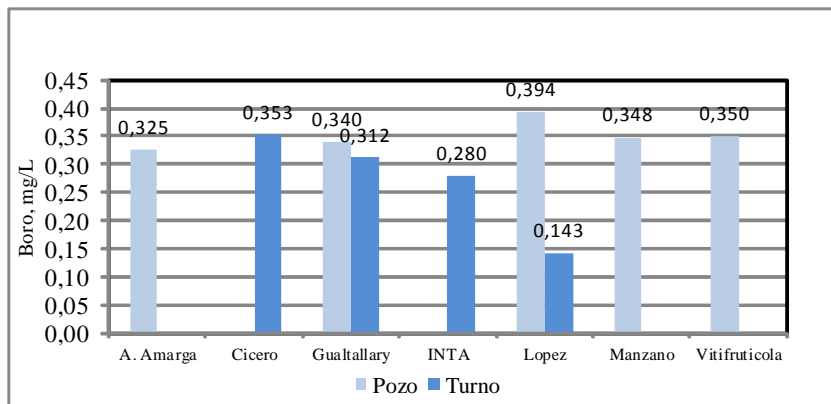


Figura 2. Contenido de boro en agua de riego – Zona Valle de Uco

Estos contenidos de boro en el agua de riego permitirían incorporar durante un ciclo de cultivo con un volumen de riego de $6000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ entre 800 a $2300 \text{ g de B ha}^{-1}$

En lo que respecta a contenido de B en los extractos a saturación de los suelos de la Zona Este, se han detectado valores medios de $0,66 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para la capa superficial (0-30 cm) y de $0,371 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para la capa más profunda (30-60 cm), para la media general el tenor es de $0,515 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Si nos remitimos a la calificación de suelos por su contenido de B soluble (Liu Zheng 1989) el 67% (8) de suelos calificarían como “*Deficiente muy bajo*” ó “*Deficiente bajo*”, el 25% (3) de los suelos como “*medio*” y uno de los suelos como “*Alto*”, dato éste último que está sujeto a confirmación en este nuevo ciclo vegetativo . Todos los suelos del ensayo son de textura franco arenosos o francos y solo uno es franco limoso. Son suelos no salinos a moderadamente salinos, no sódicos y todos moderadamente alcalinos. La mayoría de estos parámetros mencionados, además de su origen, justifican los bajos contenidos de B soluble. (Figura 3)

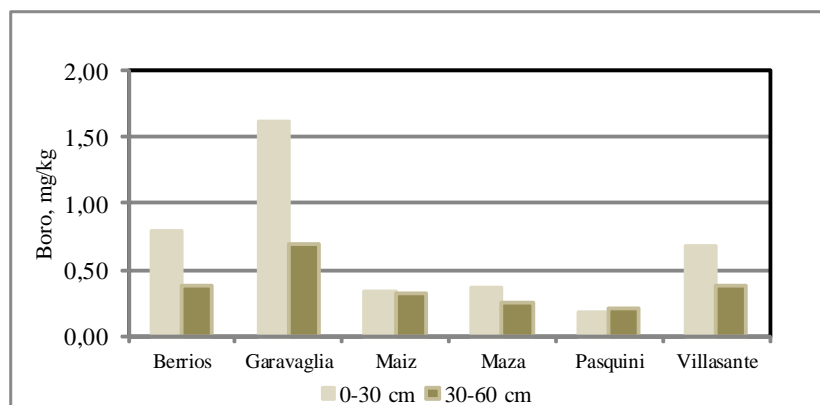


Figura 3. Contenido de boro en extracto a saturación – Zona Este

En Valle de Uco (Figura 4) el 93% de los suelos califican como “*Deficiente muy bajo*” ó “*Deficiente bajo*”, y solamente un suelo es “*Alto*”, valor también sujeto a confirmación.

La media para la capa superficial (0-30 cm) es de 0,345 mg.Kg⁻¹, para la capa más profunda (30-60 cm) la media es de 0,402 mg.Kg⁻¹ y la media general es de 0,374 mg.Kg⁻¹

Todos los suelos del ensayo son de texturas franco arenosa o francos, no salinos ó muy ligeramente salinos, no sódicos y moderadamente alcalinos o neutros. En esta zona también la mayoría de estos parámetros mencionados, además de su origen, justifican los bajos contenidos de B soluble.

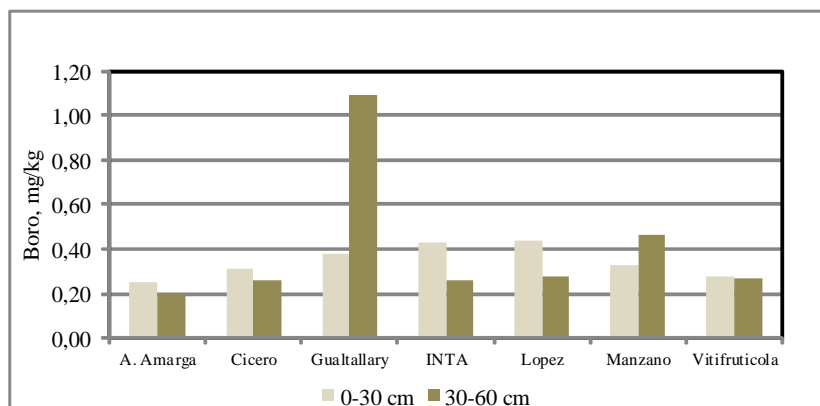


Figura 4. Contenido de boro en extracto a saturación – Zona Valle de Uco

Los contenidos foliares de B en los viñedos han sido determinados en primavera sobre peciolos y en verano sobre hoja entera y en ambos casos los valores se encuentran próximos a

los límites inferiores de los considerados “*contenidos normales*” (30 a 70 mg.kg⁻¹), teniendo en cuenta al clasificación establecida para el Valle de San Joaquín por la Universidad de California (Publicación 4087- Div. of Agriculture and Natural Resources).

Las medias correspondientes a los viñedos de Zona Este (Figura 5) son de 19,35 mg.kg⁻¹ de B para peciolo y de 41,16 mg.kg⁻¹ para hoja entera. En peciolo el 83% de las muestras presentan valores inferiores a 25 mg.kg⁻¹ que es considerado como “*deficiente*” y el resto califica como “*cuestionable*”. Para el muestreo de verano la mayoría de los viñedos presentan valores cercanos al límite inferior de los contenidos normales fijados por diferentes autores.

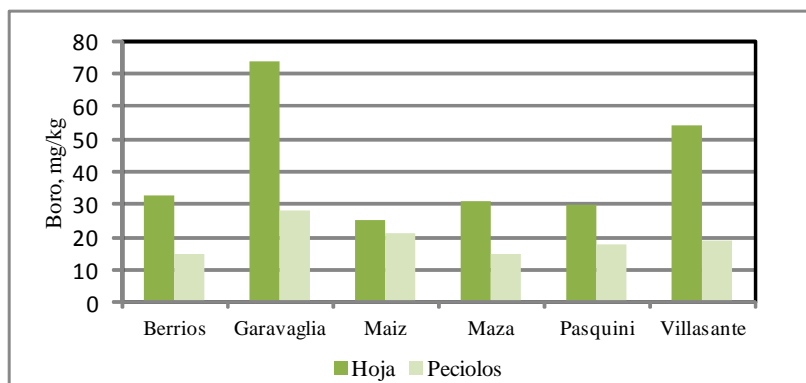


Figura 5. Contenido de boro en hoja y peciolo de vid – Zona Este

En el Valle de Uco la situación es muy similar tanto para los contenidos de peciolo y los de hoja entera (Figura 6).

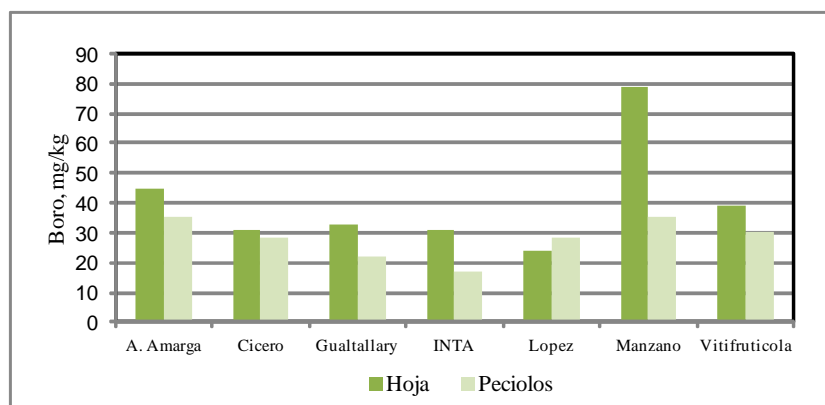


Figura 6. Contenido de boro en hoja y peciolo de vid – Zona Valle de Uco.

El análisis de correlación entre las variables consideradas de todas las propiedades en conjunto sin distinguir las dos zonas muestreadas permitió determinar una correlación negativa significativa entre el contenido de boro en suelo a 0-30 cm de profundidad y el contenido de boro en agua. (Figura 7).

Este dato en cierto modo va en contra de lo esperado. Se supone que al haber más B en el agua debería haber más B en el suelo. Pero las cantidades aportadas por el agua son bajas y los cultivos parecen utilizarlos en forma más activa. Por lo tanto esta correlación debería tomarse más como una coincidencia aleatoria que deberá ser confirmada o rechazada en los futuros muestreos.

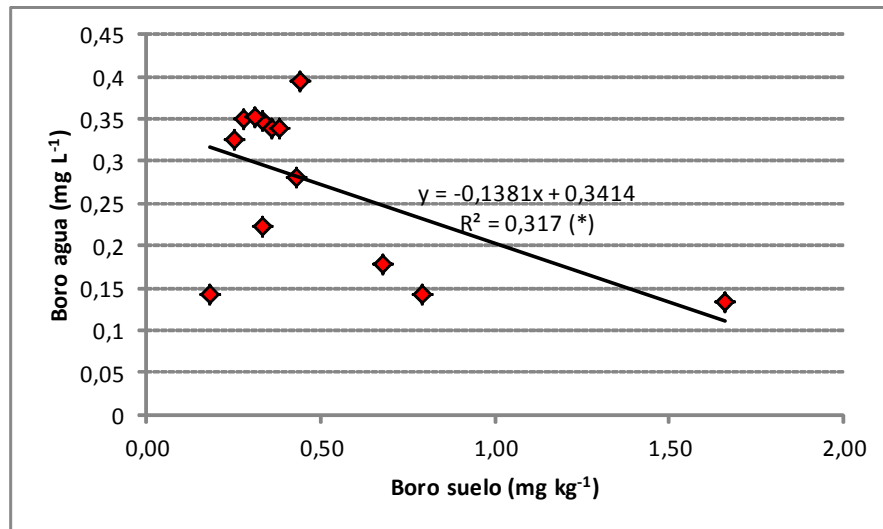


Figura 7. Correlación entre el B del suelo en la capa de 0-30 y el contenido de B en agua

Con respecto a los contenidos de B del suelo en la capa de 30-60 no hubo ninguna correlación con el B del agua. Tampoco hubo correlación entre el B de suelo en las dos profundidades con el contenidos de B en los peciolo de las hojas.

En lo que respecta al B en hoja completa si bien no significativo al 5 % dio una tendencia positiva significativa al 10% cuando se correlacionó con el B del suelo a 0-30 cm de profundidad (Figura 8)

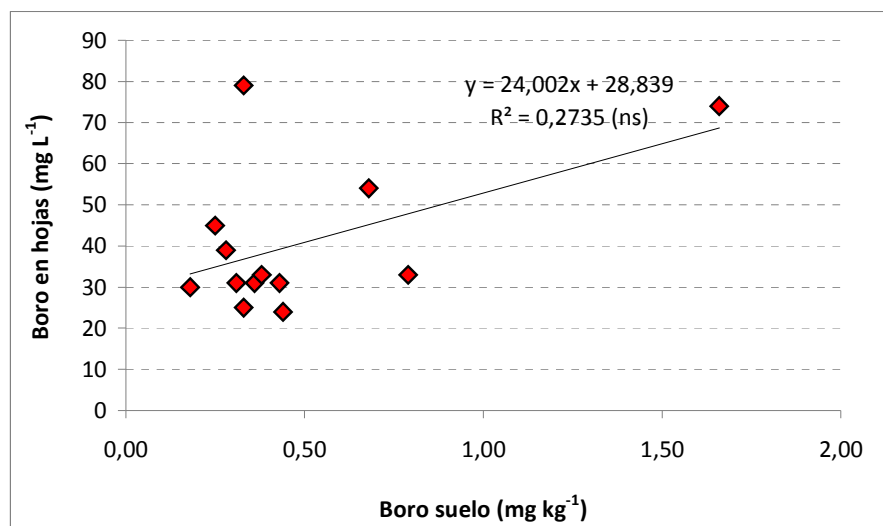


Figura 8. Correlación del contenido de B del suelo a 0-30 cm y el contenido de B de las hojas de Vid Malbec.

No hubo correlación entre los contenidos de B en agua con los contenidos de B en hojas y pecíolos. En cambio si bien no significativo hubo una tendencia a correlacionar los datos de B en pecíolo con el B en hojas (Figura 9), lo cual tendría cierta lógica.

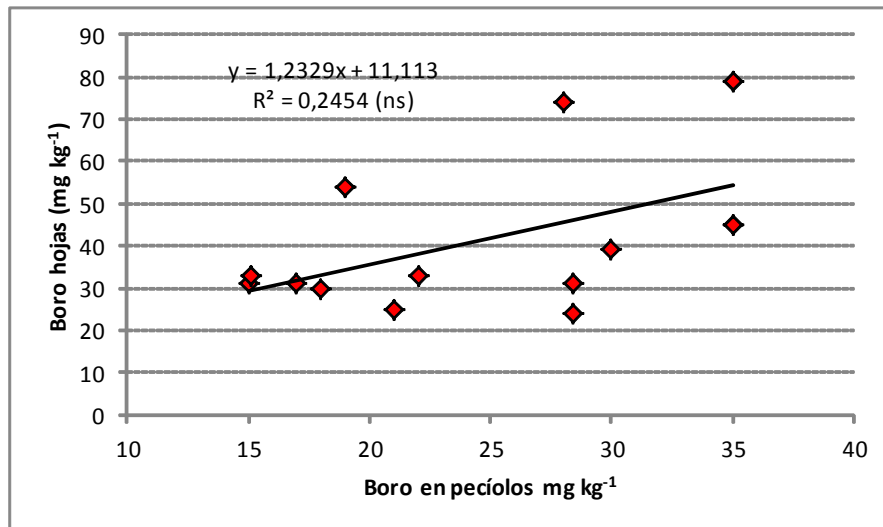


Figura 9. Correlación entre el B en pecíolos y el B en hojas.

Conclusiones

- Se han detectado bajos valores de Boro en las aguas de irrigación superficial y subterránea, en los dos oasis bajo estudio. Al respecto puede concluirse que el aporte de B por irrigación es mínimo e insuficiente para las necesidades nutricionales de la vid en todas las propiedades bajo estudio.
- Se han detectado muy bajos a bajos valores de Boro soluble en los extractos a saturación a distintas profundidades, en los dos oasis estudiados. El material originario de estos suelos está caracterizado por bajos contenidos de B, a diferencia de los que ocurre en San Juan, donde frecuentemente los suelos presentan importantes tenores desde origen. Para los oasis en estudio se puede afirmar que los suelos no contienen niveles adecuados a las exigencias de la mayoría de los cultivos y que esta situación se mantendrá al no haber aportes de importancia del agua de riego.
- Los bajos valores de B en análisis tisulares de primavera y verano, menores o cercanos a los límites inferiores de normalidad, son la consecuencia lógica y la confirmación de lo expresado en las conclusiones anteriores respecto al aporte de las aguas y suelos. La aparición de síntomas de deficiencia dependería de las condiciones climáticas de cada ciclo.
- Con estos resultados parciales, aparentemente el balance nutricional del B es negativo y sería recomendable la aplicación de Boro en forma preventiva, en poscosecha, prefloración y poscujaje. Agua con 0,7 ppm de B es ideal.

- Se considera necesaria la repetición del ensayo en 2012/2013 a los fines de confirmar los resultados preliminares obtenidos en 2011/2012.

BIBLIOGRAFIA

- Batistella, M y Vita, F. 2007. Efecto del riego en vid con agua de alto contenido en B. Biblioteca virtual http://www.inta.gov.ar/sanjuan/actualidad/Boro_SensibilidadVid.pdf
- Bermejillo, A.; Marti, L., Salcedo, C; Llera, J.; Filippini, M. Cónsoli, D.; Valdés, A.; Venier, M; Troilo, S. 2011“Calidad agronómica de aguas subterráneas de Mendoza en nuevas perforaciones (período 2004/2011). XXII Jornadas de Investigación y IV Jornadas de Posgrado- SeCTyP- UNCuyo –Inédito
- Brown, PH and Shelp, BJ. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil* 193: 85-101.
- Brown, PH. 2011. Boro: Probablemente el mayor mercado de micronutrientes por desarrollar en el mundo. Biblioteca virtual de fertilidad y fertilizante (en línea) <http://www.fertilizando.com> (consulta: 02/06/2011)
- Callejas R; Gutiérrez C; Canaves L. 2006. Efecto de las aplicaciones foliares de B y Zn en otoño invierno, sobre el corrimiento y millerandage en vides Carménere. Congreso Uchilecrea CEVID.
- Chaplin, M. H., R. L. Stebbins, and M. N. Westwood. 1977. Effect of fall-applied boron sprays on fruit set yield of Italian prune. *HortScience* 12:500-501.
- Christensen, L.P., A.N. Kasimatis y F.L. Jensen. 1978. Grapevine nutrition and fertilization in the San Joaquin Valley. Div. Agric. Sci. University of California, Publication 4087. Davis CA
- Gupta UC, Stewart, JW. 1975. The extraction and determination of plant available boron in soil. *Schweizerische landwirtschaftliche Forschung* 14: 153-169.
- Hu, H, Brown, P. 1997. Absorption of boron by plants roots. *Plant and Soil* 193: 49-58
- Kobayashi M, Mutoh T, Matoh T. 2004. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells IV. Genes induced under low boron supply. *Journal of Experimental Botany* 55: 1441-1443.
- Lipinski, V; Martí, L; Roig, J, Filippini, M.F; Bermejillo, A; Troilo, S; Venier, M; Cónsoli, D; Valdés, A. 2010. Efectos de riego, fertirriego y aplicación foliar con bajas dosis de boro y cinc en cultivo de pimiento. V Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego- 11, 12 y 13 de agosto de 2010, Mendoza. Inédito
- Loomis, W.D. y R.W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *BioFactors* 3, 229-239
- Martí, L.; Salcedo, C.; Llera, J. Valdés, A. 2003. Características físico químicas y aptitud agronómica de aguas subterráneas periodo 1997/2001 (Mendoza Argentina) *Re. FCA UNCuyo*. Tomo XXXV N° 2 (63-70)
- Martí, L; Lipinski, V; Bermejillo, A; Filippini, MF; Venier, M; Cónsoli, D; Troilo, S; Valdés, Roig, J. 2010: Efecto de la fertilización con boro y cinc sobre el rendimiento y la calidad de cultivares de pimiento. XXII Jornadas de Investigación y IV Jornadas de Posgrado- SeCTyP- UNCuyo – Inédito.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- O'Neill, MA, Ishii, T, Albersheim, P, Darvill, AG. 2004. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. *Annual Review of Plant Biology* 55: 109-139.

- Ron,MM;De Bessutti,SG;Loewy,T. 1999.Boro extraíble en suelos del sudoeste bonaerense. Revista de la Ciencia del Suelo17(1) Comunicación 54-57.
- Sánchez, E.E. y T. L. Righetti. 2002. Misleading zinc deficiency diagnoses in pome fruit and inappropriate use of foliar zinc sprays. Acta Horticulturae 594: 363-368.
- Sánchez, E.E. 2004. Utilidad de los Análisis Foliare en Frutales de Hoja Caduca. Artículo publicado en Revista fertilizar Numero 34.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 2a ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Takano J, Miwa K, Fujiwara T. 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. Trends in Plant Science 13: 451-457