

## **ASPIDOSPERMA QUEBRACHO BLANCO Y LOLIUM MULTIFLORUM: DOS ESPECIES CAPACES DE REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS CON BORO**

**S Albarracín Franco & M de Viana**

INEAH (Instituto de Ecología y Ambiente Humano). Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150. Salta CP 4400. Argentina. (albarracin\_silvia@yahoo.com.ar)

**Resumen** Salta presenta superficies contaminadas con boro. Una técnica para descontaminar suelos es la fitorremediación. El primer paso es detectar plantas tolerantes, lo que constituye el objetivo de este trabajo. Se realizó un experimento en laboratorio para evaluar germinación, supervivencia y crecimiento de especies en diferentes concentraciones de boro. Se determinó la concentración de boro en sustrato y en tejido vegetal para cada tratamiento. Se encontraron diferencias significativas debidas al tratamiento, la especie y la interacción especie\*tratamiento. Hubo una disminución en el porcentaje y velocidad de germinación, en los tratamientos de suelo Baradero mezclado con mantillo. En cambio la supervivencia fue mayor en el suelo Baradero mezclado con arena. La disminución de boro en sustrato fue máxima cuando fue mezclado con arena. En cambio en el tejido vegetal se detectó mayor contenido de boro cuando fue mezclado con mantillo, siendo superior en *L. multiflorum*. Se concluye que son prometedoras en remediación.

**Palabras claves:** boro, contaminación, plantas tolerantes, fitorremediación.

### **INTRODUCCIÓN**

Argentina es el tercer productor mundial de boratos, se explotan y procesan principalmente en las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca. En el Valle de Lerma (donde se encuentra la ciudad de Salta), existen cuatro plantas procesadoras de boratos y otros derivados (Flores 2004) que contaminan grandes extensiones de suelos y aguas (superficiales y subterráneas) con sales y desechos con boro que superan los niveles permitidos en la legislación vigente (de Viana & Albarracín Franco 2008).

Debido a la facilidad de movimiento del boro en el suelo, una práctica para bajar los niveles del contaminante era lixiviarlo con una excesiva cantidad de agua (Tanji 1970). Sin embargo, esta práctica debe ser cuidadosamente considerada por los grandes volúmenes de agua requeridos en una intensiva lixiviación (especialmente en suelos con altos niveles de boro) y los sitios donde se depositaran los lixiviados (Bañuelos et al. 1995). Otros procesos que han sido estudiados para la remoción del boro son la precipitación – coagulación, intercambio iónico, uso de resinas selectivas de boro, y la adsorción de varios compuestos o materiales (Simonnot et al. 2000; Ferreira et al. 2006; Dionisiou et al. 2006). Todos estos métodos implican un alto costo en la operación y mantenimiento y el empleo de compuestos químicos.

La fitorremediación, es un método desarrollado para remover los contaminantes del ambiente usando plantas, es de bajo costo, efectiva a mediano y largo plazo (dependiendo de las concentraciones del contaminante y del ciclo de vida de las plantas), puede ser utilizada “in situ” y es ambientalmente aceptable (Schnoor et al. 1995; Raskyn et al. 1997). Una ventaja especial de la fitorremediación comparada con otras técnicas es que restituye las propiedades funcionales del suelo ya que promueve la actividad de la flora y fauna del mismo (Trapp & Karlson 2001). En este sentido diversos investigadores han sugerido la fitorremediación con el empleo de plantas perennes y anuales como una estrategia para remover el contaminante del suelo (Bañuelos et al. 1995; Babaoglu et al. 2004; Robinson et al. 2007; del Campo & Oron 2007; de Viana & Albarracín Franco 2008).

En la Ciudad de Salta, existe un predio de 6 ha donde funcionó hasta el año 1990, una empresa procesadora de boratos. Este predio está dentro de una zona urbana. La Municipalidad compró el terreno y con excavadoras y aplanadoras mezcló los residuos y escombros del sitio, pero no exigió ni realizó ningún trabajo de remediación, a pesar de las denuncias de los vecinos por contaminación (Albarracín Franco 2008). En la actualidad en el sitio no crece ninguna especie vegetal y las determinaciones de boro en el suelo superan los 980 ppm (Albarracín Franco 2008). Es interesante destacar que La Ley Nacional 24.051, considera al boro un residuo peligroso, estableciendo un valor límite de 2 ppm para suelos de uso agrícola. Por lo tanto, el estudio y la experimentación acerca de las posibles formas de contrarrestar este impacto constituyen una prioridad. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de dos especies de remediar suelos contaminados con boro. También se estudio el efecto de la concentración del boro sobre el crecimiento de las plantas y la capacidad de acumulación del tóxico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron experimentos previos de corta duración en germinadores con fotoperíodo de 12 h, temperatura media de  $25 \pm 2.1^\circ\text{C}$ , humedad relativa media de  $63 \pm 5.2\%$ , para seleccionar especies con tolerancia a elevadas concentraciones de boro. El criterio de selección fue la respuesta de germinación y supervivencia a los 60 días. Se probaron quince especies nativas de hierbas, arbustos y árboles de crecimiento rápido, seleccionadas por sus características bioecológicas (*Acacia aramo*, *Acacia caven*, *Acacia praecox*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Bahuinia forficata*, *Canna indica*, *Caesalpinia paraguarienses*, *Crotalaria insignis*, *Crotalaria micans*, *Dichondra sericea*, *Jacaranda mimosifolia*, *Nicotiana glauca*, *Opuntia sp.*, *Sesbania punicea* y *Tecoma stans*) y, tres especies comerciales tolerantes (*Medicago sativa*, *Spinacea oleracea l.* y *Lolium multiflorum Lam.*).

Las semillas de las especies mencionadas se colocaron en bandejas con el suelo proveniente de la planta procesadora Baradero con una concentración de 980, 500, 200, 100 y 50 ppm de boro, mezclado con mantillo o con arena previamente esterilizada en autoclave (1 atm y  $120^\circ\text{C}$ , durante 1 h y posteriormente secada en estufa a  $130^\circ\text{C}$  durante 18 h). Este experimento fue la base de selección de las concentraciones de boro y de las especies a probar en el bioensayo de mayor escala temporal. De este experimento, sólo dos especies *A. quebracho blanco* y *L. multiflorum*, presentaron una supervivencia superior al 80% en suelo de Baradero con 50 ppm de boro. Por lo tanto, estas fueron las especies y concentración de boro que se seleccionaron para el bioensayo de mayor escala temporal.

En el bioensayo de mayor duración se siguió un diseño en bloques completos al azar con dos factores: especie vegetal (*A. quebracho blanco* y *L. multiflorum*) y sustrato (arena y mantillo), con diez repeticiones para cada tratamiento. Por lo tanto, en el diseño experimental se utilizaron dos controles (arena y mantillo), debido a que se emplearon dos sustratos diferentes.

En cada unidad experimental (recipientes plásticos de 18 x 14 x 4 cm), se colocaron 10 semillas (las semillas se lavaron con una solución de NaClO al 10% para evitar el ataque de hongos durante el experimento) que se sembraron en 200 g de sustrato (arena o mantillo). El sustrato se mezcló con el suelo proveniente de la planta procesadora de boratos con una concentración de 50 ppm de boro. El riego se realizó diariamente con agua destilada y se complementó una vez por semana con 55 ml de solución nutritiva Rorisson sin boro, a partir de la emergencia de las plántulas (Hendry & Grime 1993). Durante un período de 30 días se registró diariamente el número de semillas germinadas, tomando como indicador el brote de la radícula.

### Determinación de boro en sustrato y en tejido vegetal

El boro se determinó por colorimetría a 420 nm (4802 UV/VIS Double Beam Spectrophotometer) con el método de Azomethina-H (Gupta & Stewart 1975). Las determinaciones de boro en el sustrato se realizaron por triplicado al comienzo y final del bioensayo y en las plántulas al finalizar el bioensayo en ambos casos, para cada tratamiento. En las plántulas de *A. quebracho blanco* las determinaciones se realizaron por triplicado, pero en *L. multiflorum* debido a la cantidad de tejido vegetal necesario para el análisis, se realizó sólo un análisis para cada tratamiento.

### Análisis de los datos

Para cada especie y tratamiento se estimó el porcentaje y la velocidad de germinación hasta los 30 días y el porcentaje de supervivientes a intervalos mensuales hasta finalizar el experimento (210 días). La velocidad de germinación (S), se estimó según Ahmed & Wardle (1994) como:

$$S = [N_1/1 + N_2/2 + N_3/3 + \dots + N_n/n] \times 100$$

donde  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ , es la proporción de semillas que germinaron en los días 1, 2, 3, ..., n durante el bioensayo. S varía entre 100 (si todas las semillas germinan el primer día) y 0 (si las semillas no germinaron al final del experimento).

Las variables respuesta (porcentaje de germinación a los 30 días, velocidad de germinación y porcentaje de sobrevivientes a los 210 días), se compararon para las especies y los tratamientos con M (ANOVA) de dos factores.

## RESULTADOS

*A. quebracho blanco* y *L. multiflorum*, mostraron diferencias en las variables respuesta analizadas. En *A. quebracho blanco* la germinación comenzó en el segundo día de iniciado el experimento en todos los tratamientos. Al comienzo del bioensayo el control arena presentó un alto número de semillas germinadas, pero a partir del sexto día el control mantillo presentó el máximo porcentaje de germinación. En los tratamientos de suelo Baradero mezclado con arena hubo un mayor número de semillas germinadas que en el mismo suelo mezclado con mantillo, sin embargo no se detectaron diferencias. La germinación en *L. multiflorum* comenzó también a partir del segundo día en todos los tratamientos. En el control arena germinaron más semillas que en el control mantillo pero a partir del sexto día no se encontraron diferencias. En los tratamientos con suelo Baradero hubo un retraso en la germinación más pronunciado en la mezcla con mantillo, pero al noveno día del experimento la germinación fue máxima y sin diferencias entre los tratamientos (Figura 1).

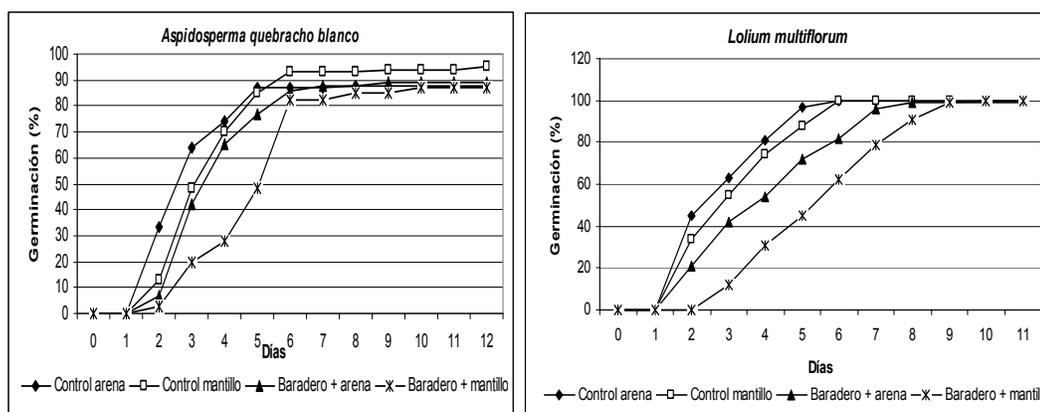


Figura 1. Porcentaje acumulado de germinación de las especies en los tratamientos con boro.

Respuestas fenotípicas notorias se registraron en los distintos tratamientos a partir de la tercera semana: los ápices de los cotiledones y de las hojas presentaron clorosis, que se mantuvo hasta el final del experimento. Al principio la toxicidad del boro comenzó con una clorosis en el ápice de las hojas viejas. Posteriormente, la clorosis se extendió al resto del limbo foliar, desde el ápice hacia la base (clorosis marginal) y de las márgenes del limbo hacia el nervio principal (clorosis intervenal). Las raíces de las plántulas de *A. quebracho blanco* presentaron mayor longitud en los tratamientos con boro y no presentaron raicillas laterales en comparación a los controles.

Se encontraron diferencias significativas en la germinación a los 20 días con relación a la especie ( $F=27.376$ ,  $p<0.0005$ ) aunque no con relación al tratamiento ( $F=1.300$ ,  $p=0.281$ ) y a la interacción especie\*tratamiento ( $F=1.141$ ,  $p=0.339$ ). La germinación fue menor en *A. quebracho blanco* en comparación con *L. multiflorum*. *A. quebracho blanco* mostró una ligera disminución en la germinación en el tratamiento de suelo Baradero con mantillo, comparado con arena. En cambio *L. multiflorum* presentó un comportamiento opuesto, con menor germinación en el suelo Baradero mezclado con arena. (Tabla 1).

*A. quebracho blanco* no presentó diferencias significativas en el porcentaje germinación según los tratamientos ( $F=1.224$ ,  $p=0.315$ ), con una alta tolerancia al contaminante. Esta especie mostró un comportamiento germinativo diferente con respecto al tipo de sustrato. El control mantillo presentó un mayor porcentaje (8%) de semillas germinadas que el control arena. En los tratamientos suelo Baradero mezclado con mantillo hubo una disminución del 9% con respecto a su control. En cambio, en el tratamiento del mismo suelo mezclado con arena no se encontraron diferencias en la germinación con relación al control arena. Comparando los tratamientos con suelo Baradero, hubo una disminución del 9% de semillas germinadas cuando se mezcló con mantillo. *L. multiflorum* mostró una gran tolerancia al boro en todos los tratamientos probados. Tampoco se registraron diferencias significativas en el porcentaje de germinación según los tratamientos ( $F=1.000$ ,  $p=0.404$ ) (Tabla 1).

En cuanto a la velocidad de germinación se encontraron diferencias significativas, con relación a la especie ( $F=14.323$ ,  $p<0.0005$ ) y al tratamiento ( $F=57.483$ ,  $p<0.0005$ ) y no en la interacción especie\*tratamiento ( $F=2.056$ ,  $p=0.114$ ). La velocidad de germinación fue menor en *A. quebracho blanco* en comparación con *L. multiflorum*. Ambas especies mostraron una disminución en la velocidad de germinación en el tratamiento suelo Baradero mezclado con mantillo comparado con suelo de Baradero mezclado con arena (Tabla 1).

En el análisis para cada especie *A. quebracho blanco* presentó diferencias significativas ( $F=12.016$ ,  $p<0.0005$ ) entre tratamientos. La velocidad de germinación en el tratamiento suelo Baradero mezclado con mantillo fue un 31% menor que su control y en el tratamiento suelo Baradero mezclado con arena se registró un 22% menos de semillas germinadas que en su control (Tabla 1).

*L. multiflorum* también presentó diferencias en la variable analizada ( $F=110.151$ ,  $p<0.0005$ ). En el tratamiento suelo Baradero mezclado con mantillo la variable analizada disminuyó un 42% con respecto a su control, mientras que en el tratamiento del mismo suelo mezclado con arena la disminución fue menor, en relación a su control (23%). Es decir que el tratamiento suelo de Baradero mezclado con mantillo produjo una disminución en la velocidad de germinación (Tabla 1).

Tratamiento / var. respuesta	<i>A. quebracho blanco</i>		<i>L. multiflorum</i>	
	Germinación (%)	Velocidad de germinación	Germinación (%)	Velocidad de germinación
Control arena	88 (3.3)	32.1 (1.4)	100	36.7 (0.6)
Control mantillo	96 (1.6)	28.1 (0.8)	100	33.6 (1.0)
Baradero+ arena	88 (4.7)	25.2 (1.9)	99 (1.0)	28.1 (0.7)
Baradero+ mantillo	87 (4.7)	19.5 (1.8)	100	19.4 (0.4)

Tabla 1. Porcentaje y velocidad de germinación de las especies en los tratamientos a los 20 días del experimento (Media con error estándar entre paréntesis).

Con relación al porcentaje de sobrevivientes se encontraron diferencias significativas debidas a la especie ( $F=47.583$ ,  $p<0.0005$ ), aunque no con relación a los tratamientos ( $F= 1.667$ ,  $P= 0.182$ ), o a la interacción especie\*tratamiento ( $F=1.667$ ,  $p=0.182$ ). La supervivencia hasta los 210 días del experimento fue elevada en todos los tratamientos. *A. quebracho blanco* no presentó diferencias significativas ( $F=1.667$ ,  $p=0.191$ ) en la variable analizada. Un patrón similar se encontró con *L. multiflorum* ( $F=1.017$ ,  $p= 0.390$ ), aunque la supervivencia fue mayor (Tabla 2).

Tratamiento	Plántulas sobrevivientes (%)	
	<i>A. quebracho blanco</i>	<i>L. multiflorum</i>
Control arena	79	100
Control mantillo	89	100
Baradero + arena	72	99
Baradero + mantillo	84	100

Tabla 2. Plántulas sobrevivientes (porcentaje) en los distintos tratamientos hasta los 210 días.

#### Determinación del boro en el sustrato

Se encontraron diferencias en la concentración de boro en los sustratos al final del experimento, con una gran reducción de la concentración de boro en los tratamientos suelo Baradero con arena para ambas especies (Figura 3).

En el mantillo se determinó inicialmente una concentración de 4 ppm de boro. La adición de boro con la solución nutritiva Rorison durante el bioensayo, da una concentración total de 12 ppm. Al final del experimento se detectó en estos controles una disminución del 68% de boro para las dos especies. En el control arena no se detectó presencia de boro al comienzo del experimento, es decir que la concentración de boro total adicionada fue de 7 ppm. Al finalizar el experimento se detectó una disminución de boro menor con *A. quebracho blanco* (59%) que con *L. multiflorum* (71%) (Figura 3).

En los tratamientos suelo Baradero mezclado con mantillo la disminución del contaminante fue de un 61% para ambas especies. Mientras que en los tratamientos suelo Baradero con arena, la reducción de boro fue de un 59% con *A. quebracho blanco* y de un 54% con *L. multiflorum* (Figura 3).

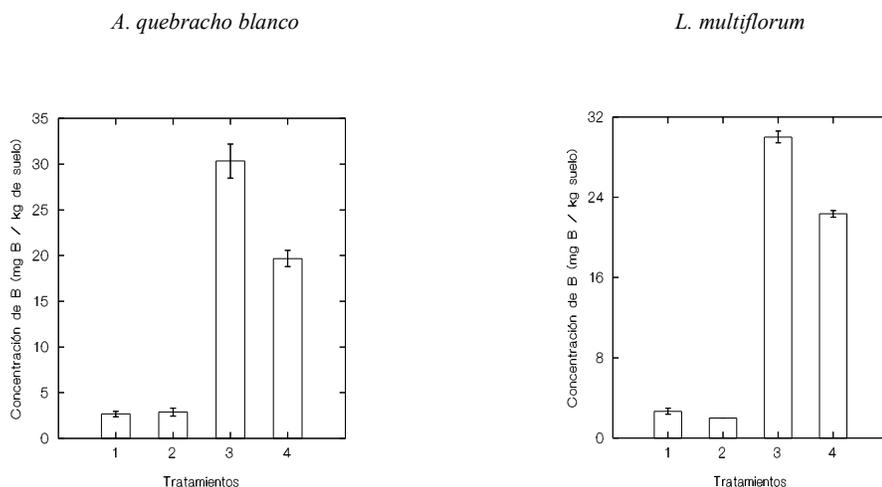


Figura 3. Concentración de boro (ppm) determinada en los sustratos de las distintas especies y tratamientos al final del experimento.

Tratamientos: 1: control mantillo, 2: control arena, 3: Baradero+mantillo, 4: Baradero+arena.

#### Determinación de boro en el tejido vegetal

En el material vegetal de *A. quebracho blanco* del control arena sin agregado de solución Rorison el contenido de boro fue de  $2.12 \text{ mg kg}^{-1}$ . En los controles (con agregado de solución nutritiva Rorison) el tejido presentó mayor cantidad de boro:  $51 \text{ mg kg}^{-1}$  en el control arena y  $56 \text{ mg kg}^{-1}$  en el control mantillo. En los tratamientos suelo Baradero, el mezclado con arena presentó una mayor concentración de boro en el tejido que el mezclado con mantillo ( $304.3 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $76.3 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente) (Tabla 4). Es decir que el contenido de boro en el tejido vegetal es menor cuando el sustrato es mantillo.

En *L. multiflorum* la concentración de boro en el tejido vegetal no fue diferente en los distintos tratamientos. El tejido vegetal de las plantas crecidas sin el agregado de boro presentó  $1.18 \text{ mg kg}^{-1}$ . En los controles arena y mantillo regadas con solución nutritiva, las concentraciones fueron  $73 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $69 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente. En las plantas que crecieron en suelo

Baradero mezclado con arena se determinó una mayor cantidad de boro que cuando el suelo Baradero se mezcló con mantillo (Tabla 4).

Tratamiento / var. respuesta	Contenido de boro (mg / kg materia seca)	
	<i>A. quebracho blanco</i>	<i>L. multiflorum</i>
Planta natural	2.12	1.18
Control mantillo	56.3 (4.5)	69
Control arena	51 (4.4)	73
Baradero + mantillo	76.3 (15.8)	329
Baradero + arena	304.3 (96.2)	433

Tabla 4. Concentración de boro determinada en el tejido vegetal al final de experimento. (Media con error estándar entre paréntesis). Análisis por triplicado en *A. quebracho blanco*.

## DISCUSIÓN

Son escasos los trabajos publicados de los que tenemos conocimiento, que traten la tolerancia al boro. En este trabajo se encontró que ambas especies mostraron una alta tolerancia al suelo contaminado con boro. Bañuelos et al (1999), emplearon *Lycopersicon esculentum*, *Zea mays*, *Daucus carota* y *Medicago sativa* reportaron que el incremento en la concentración de boro (20 y 40 mg l<sup>-1</sup>), disminuye el porcentaje de germinación. Albarracín Franco & de Viana (2006), también obtuvieron una disminución en el porcentaje de germinación y supervivencia de plántulas en concentraciones con 10, 20 y 30 ppm de boro, en cinco especies probadas (*Jacaranda mimosifolia*, *Nicotiana glauca*, *Tecoma stans*, *Medicago sativa* y *Spinacea oleracea*). Los síntomas de toxicidad que presentaron las especies utilizadas son semejantes a los reportados en los diferentes trabajos para distintas especies (Gupta 1983; Eaton 1944; Nable et al. 1997; Papadakis et al. 2004 a, b; Apostol & Zwiazek 2004; Albarracín Franco & de Viana 2006; de Viana & Albarracín Franco 2008). El peso fresco y seco de las plántulas no fue afectado con la concentración de boro. Resultados similares fueron reportados por Albarracín Franco & de Viana (2006) y Papadakis et al (2004 a, b) en plántulas de *Citrus sinensis* y *C. paradisi*; *C. clementina* L. y *C. aurantium* L.

La disminución de boro en el sustrato luego de 210 días fue elevada con ambas especies y superior a la reportada para otras especies en tratamientos con menores concentraciones de solución de boro (de Viana & Albarracín Franco 2008). Bañuelos et al (1999) detectaron reducciones que variaron entre un máximo de 81% con *Z. mays* y un mínimo de un 59% con *M. sativa* luego de 204 días.

En este trabajo, encontramos en el tejido vegetal concentraciones de boro muy superiores a las adicionadas inicialmente en cada tratamiento, siendo mayor en *A. quebracho blanco* que en *L. multiflorum*. Nos sorprenden estos resultados ya que resulta difícil explicarlos. Sin embargo, Apostol & Zwiazek (2004), Papadakis et al (2004 a, b) y Bañuelos et al (1999), reportaron la misma tendencia. Por ejemplo, Apostol & Zwiazek (2004) estudiaron la absorción de distintas concentraciones de boro (0.5 mM, 1 mM y 2 mM B) por plántulas de *Pinus banksiana* al cabo de seis semanas y, determinaron en el tejido vegetal 400, 800 y 1400 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. Papadakis et al (2004) evaluaron la toxicidad del boro en dos especies de mandarina. Ellos aplicaron una concentración de 2.50 mg l<sup>-1</sup> y a los 204 días determinaron 758.5 mg kg<sup>-1</sup> en el tejido vegetal de *Citrus clementina* L. y 860.8 mg kg<sup>-1</sup> en el de *Citrus aurantium* L. Los mismos autores estudiaron los efectos del boro (2.50 mg l<sup>-1</sup>) en algunas características fisiológicas y anatómicas de dos especies de naranja y a los 204 días determinaron en el tejido vegetal de *Citrus sinensis* 731 mgB kg<sup>-1</sup> y en *C. paradisi* 848 mgB kg<sup>-1</sup>. Bañuelos et al (1999) aplicaron durante 135 días una concentración total de boro en el agua de riego de 324 mg l<sup>-1</sup> y determinaron en el tejido vegetal de *Z. mays* L. de USA, 2347 mg kg<sup>-1</sup> y en *Z. mays* L. de Chile, 969 mg kg<sup>-1</sup>. La misma tendencia fue reportada en las otras especies que emplearon.

Teniendo en cuenta tanto la supervivencia, la reducción del boro en el sustrato y la acumulación del contaminante en el tejido vegetal, podemos concluir que *Aspidosperma quebracho blanco* y *Lolium multiflorum* son especies con potencial para iniciar programas de remediación de suelos contaminados con hasta 50 ppm de boro. Estas plantas tienen características ecológicas que son de importancia a la hora de seleccionar especies tolerantes para remediación *in situ*, ya que son de amplia distribución, de rápido crecimiento (en *L. multiflorum*), las raíces se extienden en profundidad y horizontalmente y son longevas (en *A. quebracho blanco*), por lo que podrían secuestrar y mantener el contaminante en su biomasa, por un período de tiempo interesante (superior a los 20 años), con la ventaja adicional que se podría incorporar la recuperación de sitios contaminados en programas relacionados con secuestro de carbono, en el marco del Protocolo de Kyoto (de Viana & Albarracín Franco 2008). Además, la combinación de especies comerciales de ciclos de vida más cortos y extensión más superficial de las raíces, con especies de ciclos de vida más largo podría tener efectos sinérgicos en la absorción del contaminante. Sin embargo se deberían realizar experimentos de mayor duración ya que la respuesta de las plantas puede ser diferente en distintas etapas del ciclo vital y para profundizar aspectos relacionados con variaciones fenotípicas y genotípicas en la tolerancia al boro.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahmed, M & DA Wardle. 1994. Allelopathic potencial of vegetative and flowering ragwort (*Senecio jacobea* L.) plants against associated pasture species. *Plant Soil* 64: 61 - 68.
- Albarracín Franco, S. 2008. Fitoremediación: evaluación del potencial de especies nativas en la remediación de suelos contaminados con boro. Tesis de grado. Universidad Nacional de Salta. 36 pp

- Albarracín Franco, S & M L de Viana. 2006. Evaluación de la tolerancia de especies nativas al boro. Sociedad Boliviana de la Ciencia del Suelo, Selección de Trabajos del IV Congreso Nacional de Bolivia.
- Apostol, K & J Zwiazek. 2004. Boron and water uptake in jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings. *Environmental and Experimental Botany* **51**: 145 – 153.
- Babaoglu, M; S Gezgin; A Topal; B Sade & H Dural. 2004. *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat.: A boron hyperaccumulator plant species that may phytoremediate soils with toxic B levels. *Journal Botany Turkish* **28** (3): 273-278.
- Bañuelos, GS; HA Ajwa; L Caceres & D Dyer. 1999. Germination responses and boron accumulation in germplasm from Chile and United States grown with boron-enriched water. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **43**: 62 - 67.
- Bañuelos, GS; B Mackey; L Wu; S Zambruski & S Akohoue. 1995. Bioextraction of soil boron by tall fescue. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **31**: 110-116.
- Del Campo Marín, C & G Oron. 2007. Boron removal by the duckweed *Lemna Gibba*: a potential method for the remediation of boron-polluted water. *Water Research* **41**: 4579-4584.
- de Viana, ML & S Albarracín Franco. 2008. Tolerancia experimental de las especies vegetales *Nicotiana glauca*, *Jacaranda mimosifolia*, *Tecoma stans*, *Medicago sativa* y *Spinacea oleracea* al boro, en Argentina. *Revista de Biología Tropical* **56** (3): 1053 - 1061.
- Dionisiou, N; T Matiz & N Misopolinos. 2006. Use of magnesia for boron removal from irrigation water. *Journal Environmental Quality* **35**: 2222-2228.
- Eaton, FM. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *Journal Agronomic Research* **69**: 237-277.
- Ferreira, O; S Gomes de Moraes; N Duran; L Cornejo & O Alves. 2006. Evaluation of boron removal from water by hydrotalcite-like compounds. *Chemosphere* **62**: 80-88.
- Flores, HR. 2004. Beneficio de los Boratos: Historia, minerales, yacimientos, usos, tratamientos, refinación, propiedades, contaminación, análisis químico. Ediciones Crisol. Universidad Nacional de Salta, Argentina. 400 pp.
- Gupta, UC. 1983. Boron deficiency and toxicity symptoms for several crops as related to tissue boron levels. *Plant Nutrition* **6**: 387 - 395.
- Gupta, UC & JWB Stewart. 1975. The extraction and determination of plant-available boron in soil. *Schweiz Landwirtschaftsforch* **14**: 153-169.
- Hendry, GAF & JP Grime. 1993. Methods in comparative plant ecology. Chapman & Hall. First edition. London.
- Nable, RO; GS Bañuelos & JG Paull. 1997. Boron toxicity. *Plant Soil* **193**:181-198.
- Papadakis, I; K Dimassi; A Bosabalidis; I Therios; A Patakas & A Giannakoula. 2004. Effects of boron excess on some physiological and anatomical parameters of “Navelina” orange plants grafted on two rootstocks. *Environmental and Experimental Botany* **51**: 247 – 257.
- Papadakis, I; K Dimassi; A Bosabalidis; I Therios; A Patakas & A Giannakoula. 2004. Boron toxicity in “Clementine” mandarin plants grafted on two rootstocks. *Plant Science* **166**: 539 – 547.
- Raskyn, I; R Smith & D Salt. 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinion in Biotechnology* **8**: 221-226.
- Robinson, BH; SR Grenn; B Chancerel; TM Mills & BE Clothier. 2007. Poplar for the phytomanagement of boron contaminated sites. *Environmental Pollution* **150**: 225-233.
- Schnoor, JL; LA Licht; SC McCutcheon; NL Wolfe & L Carreira. 1995. Phytoremediation of contaminated soils and sediments. *Environmental Science Technology* **29**: 318 - 323.
- Simonnot, ME; Ch Castel; M Nicolai; Ch Rosin; M Sardin & H Jauffret. 2000. Boron removal from drinking water with a boron selective resin: is the treatment really selective? *Water Research* **34** (1): 109-116.
- Systat. 1992. Systat for Windows, version 5. Systat, Evanston, Illinois, USA.
- Tanji, K. 1970. A computer analysis on the leaching of boron stratified soil. *Soil Science* **110**: 44-51.
- Trapp, S & U Karlson. 2001. Aspects of Phytoremediation of organic pollutants. *Soil & Sediments* **1** (1): 37 - 43.

**ABSTRACT** Salta there are extensive areas polluted with boron. A relatively new technology for reducing soil pollution is phytoremediation. The first step in phytoremediation is to detect tolerant plant species, which is the objective of this work. A laboratory experiment to assess the germination, survival and growth of different species at different boron concentrations. Boron concentrations were determined at the beginning and the end of the experiment, taking into account substrates and plant with and without vegetation. We found significant differences for treatment, species and the interaction species\*treatment. Both species presented in the treatments of soil Baradero mixed with humus, a decrease in the percentage and speed of germination. On the other hand the survival was major in the treatment of soil Baradero mixed with sand. The decrease of boron in the substrates was maximum when it was mixed by sand. On the other hand in plant major content of boron was detected when it was mixed by humus, being a maximum in *L. multiflorum*. We conclude can be considered in remediation plants.

**Key words:** boron, pollution, tolerance plant, phytoremediation.