

RELEVAMIENTO DE ZONAS CONTAMINADAS POR INDUSTRIAS BORATERAS EN SALTA

S. Albarracín Franco, G. Larenas Parada., M. Quiroga, M de Viana
Instituto de Ecología y Ambiente Humano. Universidad Nacional de Salta,
Buenos Aires N° 177, 4400, Salta, Argentina. albarracin_silvia@yahoo.com.ar

RESUMEN. El boro es un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza en bajas concentraciones. Generalmente menos del 5% del boro contenido en el suelo está disponible para las plantas. Los yacimientos de boratos de mayor importancia económica se encuentran en un reducido número de regiones geográficas en el mundo, todas zonas volcánicas y desérticas. Argentina es el tercer productor mundial de boratos siendo Salta la provincia más importante. En esta, existen numerosos yacimientos de boratos y el refinamiento se produce en la ciudad de Salta y Campo Quijano. La intensa actividad productiva que se desarrolla tiene un impacto ambiental importante en suelos y aguas. En el presente informe se da a conocer los problemas derivados de la contaminación por boro, otorgándose algunos datos de concentraciones que afectan la salud humana, plantas y animales. Se propone para solucionar este problema el uso de vegetación nativa, técnica conocida como fitorremediación.

Palabras clave: boro, contaminación, industrias, aspectos legales, fitorremediación.

INTRODUCCIÓN

El boro es un elemento no metálico que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente en bajas concentraciones, no superando las 10 ppm (Chang, 2001). En la naturaleza las rocas sedimentarias contienen más boro que las ígneas (Alonso, 1986; Flores, 2004). El boro es un constituyente de turmalina, axinita, ulexita, colemanita y kermita (Evans y Sparks, 1983). Sin embargo, el boro en rocas no está fácilmente disponible para las plantas, que obtienen su dosis principalmente de la descomposición de la materia orgánica y del boro adsorbido y precipitado de la superficie de las partículas del suelo (Bingham, 1973). Generalmente, menos del 5 % del total de boro del suelo está disponible para las plantas. El boro nativo en la mayoría de los suelos de las regiones húmedas se encuentra como borosilicato que contiene cantidades variables de hierro, aluminio, magnesio, manganeso, calcio y sodio. La axinita, $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mn})\text{A}_2[\text{BO}_3(\text{OH}), \text{Si}_4\text{O}_{12}]$ y la turmalina, $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Al})(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mn})_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH}, \text{F})_4$, son dos buenos ejemplos. La turmalina es una sustancia resistente a la meteorización, de bajísima solubilidad en agua a baja temperatura. Esto hace que la liberación del boro desde este material sea lenta, justificando así el aumento de frecuencia con que aparecen síntomas de deficiencia de boro en las plantas (Gupta, 1968).

YACIMIENTOS DE BORATOS

Los yacimientos de boratos de mayor abundancia e importancia económica se encuentran solamente en un reducido número de regiones geográficas en el mundo, todas zonas volcánicas y desérticas: Anatolia (Turquía), California y Nevada (suroeste de Estados Unidos), la Puna Sudamericana (sur de Perú, suroeste de Bolivia, norte de Chile y noroeste de Argentina), Inder (Rusia) y Asia Central (China y Rusia), (Garret, 1998). En la Argentina, los boratos están ubicados en la Puna que abarcan unos 100.000 km² del noroeste del territorio con una elevación promedio de 3.700 m.s.n.m y ocupa parte del occidente de la provincia de Jujuy, Salta y Catamarca. En la provincia de Salta existen numerosos yacimientos de boratos (Tabla 1, Figura 1). Los depósitos terciarios principales son Tincalayu donde la empresa Bórax Argentina S.A extrae tincal, y Sijes explotado por Bórax Argentina S.A y Ulex S.A, quienes extraen colemanita e hidroboracita. Los mayores depósitos cuaternarios se encuentran en el Salar del Hombre Muerto, Cauchari y Diablillos.

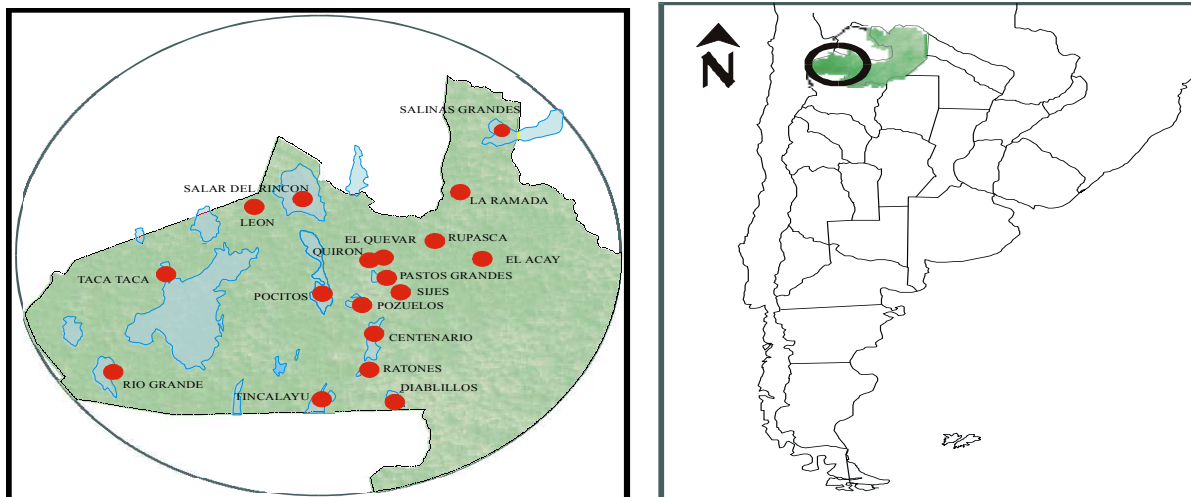


Figura 1. Yacimientos mineros de Salta (Secretaría de Minería, 2007).

Depósitos	Ubicación geográfica	Mineralogía
Monte Gris, Playa 2, 3, Alejandro	Flanco Sur Oriental de la Serranía de Sijes	Ulexita, inyoíta
Anita, Prico, Maribel, Playa 1, Monte Marrón y Sorpresa 3	Extremos Austral de la Serranía de Sijes	Ulexita, hidroboracita, inyoíta, colemanita
Esperanza	Flanco oriental de la Serranía de Sijes	Colemanita, inyoíta, ulexita hidroboracita
La Paz I, II, III, y IV, Santa Elena y Santa Elvira	En el norte de la Serranía de Sijes	Ulexita, inyoíta, hidroboracita
Niño Muerto	Salinas Grandes	Ulexita
Grupo Minero Maggie	Salar Centenario, Los Andes	Ulexita
Adela, Amalia, María Luisa	Salar de Llullaillaco	Boro en Salmuera
Gripo Minero Santo Domingo	Salar Diablillo, Los Andes	Ulexita
Mina Apalacheana I, II y III	Salar Pastos Grandes, Los Andes	Hidroboracita, inyoíta
Boralpa I a IV, Eduardo III, Maquiavelo, Sócrates, San Antonio	Salar del Hombre Muerto	Ulexita, bórax
Monte Verde	Se accede desde Monte Amarillo, serranía de Sijes	Colemanita, inyoíta, ulexita, hidroboracita
Monte Blanco	Serranía de Sijes, región sur	Inyoíta
Monte Amarillo	Serranía de Sijes	Hidroboracita, inyoíta, ulexita
Monte Azul	Serranía de Sijes	Hidroboracita, inyoíta
Santa Rosa	Serranías de Sijes	Hidroboracita, colemanita, inyoíta, ulexita
Julián, Marita, Ratones I y II, Jacinta, María Luisa, Julio César, Leonardo	Salar de Ratones, continuación austral del Salar Centenario	Ulexita
Mina Ona	Distrito Sijes, Los Andes	Colemanita, inyoíta
Mucus IV, El Gallego, Futuro I, Pozuelo, San Mateo y San Marcos	Salar Pozuelos, al oeste del Salar Pastos Grandes	Ulexita
Tincalayu	Extremos NO del salar del Hombre Muerto, península de Tincalayu	Bórax, kernita, incalconita, ulexita, probertita, inyoíta, ezcurrita, rivadarita
La despreciada, San Juan, San Pedro, San Pablo, Pascual, San Marcelo, Tosca	Salar Diablillos, límite entre Salta y Catamarca	Ulexita
El Hornero, Toro Muerto, El Surí, Arunco, La Cobriza, La Nuestra, Carolina, Tincal, Viamonte, Izmir, otras	Salar de Rincón	Ulexita, bórax

Tabla 1. Depósitos de boratos en la provincia de Salta (SEGEMAR, 2002).

IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA BORATERA

Argentina es el tercer productor mundial de boratos, muy por debajo de Estados Unidos y de Turquía. La producción abastece a la industria nacional y exporta a otros 29 países. Alrededor del 70% de la producción salteña de boratos se exporta a Brasil, tanto en forma industrializada como en forma natural. El 30% restante se comercializa a Australia, China y a otros países asiáticos y europeos (Alonso, 2007).

La producción minera de Salta se encuentra limitada actualmente al campo de los minerales no metalíferos, y los boratos constituyen el principal rubro. En el año 2005 la producción alcanzó las 302.741 toneladas, correspondiendo de estas 104.022 toneladas a la ulexita de los salares; 88.769 toneladas al bórax de mina Tincalayu; y el distrito de Sijes con una producción de 39.533 toneladas de hidroboracita y 70.417 toneladas de colemanita (Secretaría de Minería, 2007) (Tabla 2).

Mineral (Tn)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ulexita	52.537	35.403	71.477	90.046	130.731	104.022	99.704	74.789
Tincal	115.882	116.402	56.704	78.015	71.951	88.769	54.841	113.663
Hidroboracita	56.941	49.973	137.975	48.351	66.095	39.533	53.145	48.322
Colemanita	40.338	18.896	33.264	26.668	47.636	70.417	58.349	40.782
Total	265.698	220.674	299.420	243.080	316.413	302.741	266.039	277.556

Tabla 2. Producción de boratos en la provincia de Salta en el período 2000-2007 (Secretaría de Minería, 2007).

De acuerdo al grado de procesamiento, los productos comerciales derivados de minerales de boro pueden clasificarse en dos tipos: 1.- Productos naturales (son las menas naturales provenientes del tincal, colemanita, ulexita e hidroboracita) y 2.- Productos refinados (se obtienen a partir de los boratos naturales mediante procesos hidrometalúrgicos como bórax penta y decahidratado, bórax anhidro, ácido bórico, octoborato de sodio y pentaborato de sodio) (Flores, 2004). El destino de estos productos es el mercado de exportación, observándose para el año 2006 un volumen total de 121.788 toneladas de diversos productos no metalíferos, correspondiendo el 30,5 % al ácido bórico (producto refinado) y el 28 % a la hidroboracita (producto natural). El valor en dólares de lo exportado fue de 33.035.825, representando el ácido bórico el 45 % y la hidroboracita el 11% del valor total exportado (Tabla 3). Los productos de mayor valor en dólares fueron el bórax anhidro y el octoborato de sodio (Secretaría de Minería, 2007).

Producción	Toneladas	P.O.B (US\$)
Acido bórico	37.152	15.036.970
Acido bórico Podwer	475	206.352
Bórax anhidro	282	251.075
Bórax decahidratado	7.825	1.876.901
Bórax pentahidratado	7.264	2.986.398
Colemanita	20.251	3.192.966
Hidroboracita	33.672	3.611.439
Octoborato de sodio	4.104	3.545.330
Pentaborato de sodio	989	775.010
Ulexita	5.261	374.835
Ulexita anhidra	4.513	1.178.549
Total	121.788	33.035.825

Tabla 3. Exportaciones de boratos en el año 2006 (Secretaría de Minería, 2007).

Según el Censo Minero del año 2004, la industria de los boratos ocupa en forma directa 778 personas, además del ingreso de divisas en inversiones, lo que le representa un gran aporte económico. Como las proyecciones para la industria minera son muy importantes para la provincia, se deben generar políticas de saneamiento y que se implemente y cumpla la ley de Protección Ambiental para la Actividad Minera N° 24.585, para reducir el impacto ambiental.

IMPACTO DE LA INDUSTRIA BORATERA

Aspectos legales

En Salta está en vigencia la Ley Nacional N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera y la Ley Nacional N° 24.051 sobre Residuos peligrosos, que en su decreto reglamentario N° 831/93 considera al boro un residuo peligroso señalando un valor límite de 2 µg/g peso seco para suelos de uso agrícola. No existe ningún valor límite para las categorías de suelos de uso residencial y uso industrial. El mismo decreto establece como niveles guía de calidad de agua para consumo humano de 1000 µg/l, para irrigación de 500 µg/l y para bebida de ganado 5000 µg/l. Estos datos son sorprendentes, ya que podría pensarse que el nivel máximo permisible para consumo humano debería ser menor que el permitido para irrigación. Sería interesante conocer los criterios que se han empleado para establecer estos valores guía (Albarracín Franco, 2008).

Origen de la contaminación antrópica

Las empresas borateras de Salta que actualmente extraen, concentran y/o refinan minerales de boratos están listadas en la Tabla 4, donde se detallan los productos por empresa y el lugar de la planta industrial. La actividad de estas empresas producen contaminación antrópica de boro por tres aportes: 1) la producida por la extracción de los boratos, 2) la originada por el transporte hasta su lugar de procesamiento (la falta de infraestructura en la Puna por ej. llevó a las empresas a instalar sus plantas de procesamiento en la ciudad de Salta y Campo Quijano) y 3) la ocasionada por el proceso de industrialización (obtención de refinados a partir de un borato mineral: lixiviación, separación sólido-líquido y cristalización por enfriamiento del producto útil; colas o residuos de las operaciones de concentración y purificación).

El tratamiento actual que se realiza para disminuir la contaminación ambiental producida por el beneficio y la industrialización de productos de boro, se orienta a la disposición de residuos in situ, reciclado de corrientes de proceso,

reutilización de desechos y reingeniería de operaciones y procesos. Así, se emplean diferentes métodos por un lado para disminuir la contaminación con polvo y por otro, para el tratamiento de los efluentes (intercambio iónico, extracción con solventes orgánicos, adsorción sobre hidróxidos metálicos, precipitación alcalina, procesos con membranas y otros) con el objeto de evitar los efectos nocivos de presentes y futuras explotaciones (Flores, 2004).

Empresa	Producto/Mineral	Lugar de la Planta
Agenor S.A	Pentaborato de Sodio, MycroBor® (Octoborato de Sodio), Ácido Bórico Refinado (Pureza 99.9%	Parque Industrial Salta
Bórax Argentina S.A	Optibor® (Acido Bórico), Dehybor® (Bórax Anhidro), Neobor (Bórax Pentahidratado), Bórax deca y pentahidratado Boroglas® (ulexita calcinada)	Campo Quijano
	Tincal concentrado	Quijano: Refinación - Tincalayu: Concentración mecánica
	Colemanita, Hidroboracita	Sijes - Concentración mecánica y magnética
	Ulexita	Centenario (Maggie): concentración mecánica
Minera Santa Rita S.R.L.	Ácido Bórico Grado Técnico Granular y Powder, Bórax Decahidratado, Octoborato de Sodio, Pentaborato de Sodio Nonahidratado, Fritango® (Ulexita Calcinada), Ulexita fundida, Ulexita Granulada 2 a 5 mm (Boro 10, B 12)	Campo Quijano
	Ulexita Natural Concentrada	Pozuelos (San Mateo), Pastos Grandes (San Cayetano), Ratones (Isla)
Manufacturas Los Andes	Ácido Bórico Pureza: 99,5%	Diablillos - Planta Olacapato (usa Gasoducto de la Puna)
ULEX S.A.	Colemanita, Hidroboracita	Sijes (Sol de Mañana): Concentración mecánica - Planta El Paso
Moncholi Mario Angel Blas - Boro 2000	Ulexita 30	Distrito Quiron: procesos mecánicos
EUROBOR (Fusión Boro 2000 y AGENOR)	Bórax Decahidratado (próximo a producir)	Parque Industrial de San Antonio de los Cobres
MAKTUB Cía. Minera SRL	Ulexita (proveedor Min. Santa Rita)	Salar del Hombre Muerto

Tabla 4.Principales zonas con contaminación antrópica de boro en la provincia de Salta.

Contaminación de suelo

Debido a la ausencia de políticas de saneamiento ambiental, se contaminan zonas urbanas que luego son abandonadas. En la Ciudad de Salta, existe un predio de 6 ha donde funcionaba la empresa boratera Industrias Químicas Baradero S.A, que fue cerrada en el año 1990 por denuncias de vecinos por la contaminación del aire, suelo y aguas. Esta planta estuvo ubicada en el sector sudoeste de la ciudad de Salta, cercano a los barrios San Francisco, El Tribuno y ampliación Bancario (24°50' S; 65°26' O; a una altitud de 1.200 m.s.n.m), fue adquirida por la empresa Industrias Químicas Baradero S.A en el año 1980, dos años después de su instalación en la zona. Los productos finales de la planta eran bórax anhidro y ácido bórico obtenidos a partir de tincal y ulexita respectivamente. Los desechos de la producción fueron depositados en el mismo predio, en un área de alrededor de 250 x 200 m. Debido al crecimiento urbano y a quejas y denuncias de los vecinos, la planta fue cerrada en el año 1990, sin que se realicen las tareas de saneamiento correspondiente, por lo que en el sitio permanecieron las instalaciones, los desechos y depósitos de minerales con boratos. En 1996 y 1997 la municipalidad de la ciudad eliminó en forma parcial los desechos. En 1997, un estudio realizado por INTA, Minería y la Municipalidad de Salta en el mismo predio, reportó concentraciones de boro que variaron entre 80 y 9700 ppm (Suarez et al., 1997). Con posterioridad el suelo fue mezclado y, en 2004, la concentración promedio detectada en este estudio fue de 985 ppm (Albarracín Franco, 2008). Por lo tanto, el área se encuentra muy degradada y la contaminación se ha extendido a terrenos circundantes. La situación es aún más grave si se tiene en cuenta que la contaminación ha alcanzado los cursos de aguas superficiales y subterráneos: en el área ya fueron clausurados tres pozos por la alta concentración de boro (los valores oscilan entre 1 a 8.3 mg/l de B) (Romero, 2003). Actualmente el área de emplazamiento del la planta es utilizada por los niños como un lugar recreativo ya que no crece ningún tipo de vegetación (Albarracín Franco, 2008).

TOXICOLOGÍA DEL BORO

El boro es un micronutriente esencial para el normal crecimiento de las plantas (Karen y Bingham, 1985). Concentraciones de 0.2 mg B/l son necesarias para la germinación, crecimiento y reproducción de la mayoría de las plantas (Davis et al., 2002). Sin embargo, no se conocen que cumplan alguna función en el organismo humano ni en animales y su presencia se debe a la ingesta de frutas o vegetales, o a través de fuentes de agua. Los boratos pueden actuar sobre hongos e insectos como insecticidas, bactericidas, fungicidas o venenos dependiendo de su concentración. Los límites entre deficiencia y toxicidad son muy estrechos (Gupta, 1983). Concentraciones de 0.3 ppm pueden resultar tóxicas para especies sensibles (Bohn et al.,

1993). Los síntomas de toxicidad en las plantas incluyen una reducción del vigor, disminución del desarrollo, necrosis de las hojas y disminución en el número, tamaño y peso de los frutos (Nable et al. 1997; Paull et al. 1992). Si bien son escasos los trabajos sobre los efectos asociados a las altas concentraciones de boro para la salud humana, diversos estudios realizados en animales de laboratorio por organismos internacionales como la USEPA (United States Environmental Protection Agency), han evidenciado efectos tóxicos resultantes de la exposición oral crónica al boro, entre ellos atrofia testicular, alteración de la espermatogénesis, disminución de la masa corporal en ratas preñadas y malformaciones fetales (Murray, 1995). La absorción a nivel de piel, produce eczemas, descamaciones e irritaciones, también se evidenciaron problemas crónicos en las vías respiratorias (Flores, 2002). A partir del índice NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) ensayado para distintas especies, se ha calculado un dosaje de referencia para humanos de 0.3 mgB/kg peso por día, resultando aceptable una ingesta diaria de 18 mgB/día (Flores, 2004).

Estudios realizados por investigadores de la Universidad Nacional de Salta han registrado contaminación con boro de aguas superficiales y subterráneas en la zona de influencia de dos de las borateras radicadas en la zona sur de la ciudad de Salta, las cuales vierten sus desechos en suelo y cauce del Río Arenales (Musso, 2003; Baudino, 2001; Lomniczi, 1994). Actualmente se están realizando experimentos en laboratorio para probar la tolerancia de especies nativas en sustratos contaminados con distintas concentraciones de boro, para posteriormente realizar experimentos piloto a campo (Albarracín Franco, 2008; de Viana y Albarracín Franco, 2008; Albarracín Franco et al., 2007).

PROPUESTA

La actividad minera de compuestos de boratos es de gran importancia económica en la provincia de Salta. Es una explotación intensiva que impacta en el medioambiente, a pesar del empleo de métodos para mitigar la contaminación. Una técnica para descontaminar suelos es la fitorremediación que se basa en la capacidad de algunas especies de absorber, transformar, secuestrar o degradar directa o indirectamente algunos contaminantes que se encuentran en la zona radicular (EPA, 2000; Cunningham y Ow, 1996; Raskin, 1996). Una ventaja de la fitorremediación comparada con otras técnicas es que restituye las propiedades funcionales y estructurales del suelo, promueve la actividad de los microorganismos de la rizósfera y es de menor costo comparativo (Trapp y Karlson, 2001). Sin embargo es necesario destacar que esto implica un proceso a largo plazo y que los sitios, si se encuentran en el radio urbano, no pueden ser utilizados en otras actividades relacionadas especialmente con la urbanización, que es más redituable.

REFERENCIAS

- Albarracín Franco S. (2008). Fitorremediación: evaluación del potencial de especies nativas en la remediación de suelos contaminados con boro. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.
- Albarracín Franco S, de Viana M y Flores H. (2007). Germinación y supervivencia de dos especies vegetales en altas concentraciones de boro. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol 11: 49 – 56.
- Alonso R. N (comp.) (2007). Minería de Salta, Crisol Ediciones, Salta.
- Alonso R. N. (1986). Ocurrencia, posición, estratigráficos y génesis de los depósitos de boratos de la Puna Argentina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Baudino G. (2001). Relevamiento georeferenciado y clasificación de los pozos de agua subterránea en explotación en función del riesgo actual o potencial de degradación del recurso hídrico subterráneo en las subcuencas Arias-Arenales y Toro-Rosario, Provincia de Salta. Informe final. Consejo Federal de Inversiones. Argentina.
- Bingham, F. T. (1973). Boron in cultivated soils and irrigation waters. In *Trace Elements in the environment*. Advances in Chemistry, Serie 123. Ed. E. L. Kothnz pp 130 -138. Am. Chem. Soc., Washington, DC, USA.
- Bohn H.L, McNeal B.L. y O'Connor G.A. (1993). *Química del suelo*. Ed. Limasa.S.A.
- Chang R. (2001). *Química*. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México. S.A
- Cunningham S.D. y Ow D.W (1996). Promises and prospects of phytoremediation. *Plant Physiol*. 110: 715-719.
- Davis S., Drake K. y Maier K. (2002). Toxicity of boron to the duckweed, *Spirodella polyrrhiza*. *Chemosphere* 48: 615-620.
- de Viana M. y Albarracín Franco, S. (2008). Evaluación de la tolerancia de especies vegetales al boro. *Biología Tropical*, en revisión.
- EPA (Environmental Protection Agency) (2000). Introduction to Phytoremediation. EPA-report EPA/600/R-99/107. Mai 2003 at <http://clu-in.org/techpubs.htm>
- Evans, C. y Sparks, D. (1983). On the chemistry and mineralogy of boron in pure and in mixed systems: A review. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 14: 827 – 846.
- Flores H. R. (2004). *El Beneficio de los Boratos*. Historia, Minerales, Yacimientos, Usos, Tratamiento, Refinación, Propiedades, Contaminación, Análisis Químicos. Crisol Ediciones, INBEMI, Salta.
- Flores H. R. (2002). *Industria Boratera del Noroeste Argentino*. INBEMI. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta, Argentina
- Garret D.E. (1998). *Borates*. Handbook of Deposits, Processing, Properties and Use. Academic Press.
- Gupta U.C. (1983). Boron deficiency and toxicity symptoms for several crops as related to tissue boron levels. *Plant Nutrition* 6: 387-395.
- Gupta U.C (1968). Relationship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of Podzol soils. *Soil Science Society American Proc.* 32: 45-47.
- Karen E. y Bingham F.T. (1985). Boron in Water, Soils and Plants. *Advances in Soil Science* 1: 230-276.
- Lomniczi L. (1994). Estudio de la concentración de boro en las aguas del Valle de Lerma, Informe Final Proyecto N° 289 al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta. Argentina.

- Murray F.J. (1995). A human health risk assessment of boron (boric acid and borax) in drinking water. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 22: 221-230.
- Musso H. (2003). Impacto del Municipio de Salta sobre la contaminación del río Arenales. Tesis de Magíster en Ciencias Químicas, Facultad de bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Nable R.O., Bañuelos G.S. y Paull J.G. (1997). Boron toxicity. *Plant Soil* 198: 181-198.
- Paull J.G., Nable R.O. y Rathjen A.J. (1992). Physiological and genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boron and implications for plants breeding. *Plant Soil* 146: 251-260.
- Raskin I. (1996). Plant genetic engineering may help with environmental cleanup. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 93: 3164-3166.
- Romero O. (2003). Proyecto de valoración económica del impacto ambiental producido por la industria del boro sobre los acuíferos del cuadrante sur de la ciudad de Salta. Tesina de grado. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Secretaría de Minería y Recursos Energéticos de Salta (2007). Minería de Salta. Prospección, Producción y Exportaciones. Padrón de Minas, Canteras y Cateos, Salta.
- SEGEMAR (2002). Publicación Técnica – UNSAM N° 8, Salta.
- Suarez, O, Camacho, C & Visuara, M. 1997. Estudio de impacto ambiental del predio de la ex – planta de fabricación de ácido bórico de la empresa “Industrias Químicas Baraderos” Salta, Capital. Trabajo inédito.
- Trapp S. y Karlson U. (2001). Aspects of Phytoremediation of organic pollutants. *Soil & Sediments* 1 1: 37-43.

ABSTRACT. The boron is an element that is distributed widely in the nature in low concentrations. Generally less than 5% of boron contained in the soil is available for the plants. The deposits the borates of mayor economic importance are in a reduced number of geographical regions in the world, all volcanic and desert zones. Argentina is the third world producer of borates, being Salta the most important province. In this, numerous deposits exist of borates and the refinement is produced in the city of Salta and Campo Quijano. The intense productive activity that develops has an important environmental impact in soils and waters. In the present report there are announced the problems derived from the pollution by boron, there being granting some data of concentrations that affect the human health, plants and animals. We propose to solve this problem the use of native vegetation, technology known like phytoremediation.

Key words: boron, pollution, industries, legal aspects, phytoremediation.