



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Máster en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

**Presencia de boro en las aguas de riego del valle Calchaquí (Salta, Argentina),
variable limitante para la producción agrícola y el desarrollo.**

Ing. Agr. Pablo Alberto Walter

Tesis para optar el grado académico de
Magister en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

Salta, 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Máster en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

**Presencia de boro en las aguas de riego del valle Calchaquí (Salta, Argentina),
variable limitante para la producción agrícola y el desarrollo.**

Ing. Agr. Pablo Alberto Walter

Tesis para optar el grado académico de
Magister en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

Salta, 2016

Walter, Pablo Alberto

Presencia de boro en las aguas de riego del valle Calchaquí, Salta, Argentina, variable limitante para la producción agrícola y el desarrollo / Pablo Alberto Walter. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Pablo Alberto Walter, 2016.

137 p. ; 30 x 22 cm.

ISBN 978-987-42-3031-7

1. Desarrollo Agrícola. 2. Contaminación Ambiental. 3. Aguas Territoriales. I. Título.
CDD 338.9

Esta tesis es parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas, de la Universidad Nacional de Salta y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta universidad u otras. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Durante 2010 y hasta el 13 de agosto de 2015 bajo la dirección de la Ing. Agr. (Dra.) Adriana E. Ortega y miembros consejeros Lic. (M.Sc.) María Isabel Tort e Ing. Agr. (Dr.) Hernán J. Trebino, del INTA. A partir del 14 de agosto de 2015 toma la dirección de este trabajo la Lic. (M.Sc.) María Isabel Tort y la co-dirección la Ing. Agr. (M.Sc.) Alicia M. Justo.

Agradezco a todas las personas por su ayuda y apoyo que me han brindado para la realización de este trabajo y en especial:

Al personal de la Universidad: Alicia Zapater, Alfredo Pais, Miriam Serrano y María Elena Rodrigo; del INTA: Alejandra Moreyra, Diego Ramilo, Adriana Ortega, María Isabel Tort, Alicia Justo, Hernán Trebino, Eduardo Corvalán; Fernando Arraya, Alcira Figueroa, Laura Vale, Karina Gómez, Federico Chocobar, Gloria Payo y Ana Bonafiglia; de la zona del valle Calchaquí: Berta Reales y el equipo de la AER Seclantás, en especial, Eloísa Ferro, Pedro Carmona, Marta Renfijes y Paula Olaizola; del MAGyP: Daniela Saul, Cecilia Conde, y a mis amigos y familia que me brindan su cariño y apoyo.

Ing. Agr. Pablo Alberto Walter

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA

RESUMEN

Esta tesis, de carácter exploratorio, busca analizar el nivel de toxicidad que se da en distintas áreas del Valle Calchaquí y la relación de dicha situación con la orientación productiva y consecuentes posibilidades de desarrollo del mismo.

El valle Calchaquí se encuentra al oeste de la provincia de Salta, Argentina, regado por el río Calchaquí que, junto con sus afluentes, forma una cuenca que se extiende de norte a sur. En algunos de estos ríos se detectó la presencia de boro (B) con niveles mayores a 1 mg L^{-1} . Se considera que a estos niveles de toxicidad se ve limitada la capacidad de diversificación productiva y, consecuentemente, la potencialidad económica de la zona.

Se estudia el impacto productivo y económico-social que las limitaciones asociadas a diferentes niveles de toxicidad provocan en distintas áreas de dicha zona.

Por otro lado, se revisan algunos antecedentes de políticas de intervención relacionadas con esta problemática llevadas adelante en otros países como posible aporte a la elaboración de políticas públicas para mitigar el problema de la contaminación de sus aguas y suelo irrigado, como instrumentos tendientes a generar condiciones que promuevan el desarrollo de la región.

Valle Calchaquí-Boro-Ríos-Toxicidad-Desarrollo

ABSTRACT

This thesis, of exploratory nature, seeks to analyze the level of toxicity that is present in different areas of the Calchaquí valley and the relationship of this situation with the productive orientation and consequent possibilities of development in this area.

The Calchaquí valley is located west of the province of Salta, Argentina, and it is watered by the Calchaquí river, which along with its tributaries forms a basin that stretches from north to south. In some of these rivers the presence of boron (B) with levels higher than 1 mg L^{-1} was detected. Given these levels of toxicity, it is considered that the possibilities of production diversification and consequently the economic potential of the area are limited.

The productive and social economic impact of the limitations associated with different levels of toxicity caused in different areas of the zone are studied.

On the other hand, an examination is made of some of the intervention policies followed in other countries related to this issue with a view to make a possible contribution to the development of public policies aimed at mitigating the problem of water and irrigated soil pollution, that serve as instruments to create conditions promoting the development of the region.

The Calchaquí Valley-Boron-River-Toxicity-Development

INDICE

I. Introducción	10
I.1. Presentación del tema y objetivos de la investigación	10
I.2. Justificación de la importancia de la investigación	11
I.3. Esquema de la presentación.....	13
II. Antecedentes	15
II.1. El Boro	15
II.2. Los yacimientos	16
II.3. Los boratos en la Puna Salteña.....	18
II.4. El boro en el suelo.....	20
II.5. El boro en la vegetación	20
II.6. El boro en la producción animal	26
II.7. El boro en la salud humana	27
III. Hipótesis y objetivos del trabajo.....	29
IV. Materiales y métodos.....	30
IV.1. Descripción de las características de la zona de estudio	30
IV.1.A.a El valle Calchaquí	30
IV.1.A.b. La estructura geológica.....	31
IV.1.A.c. Los suelos.....	31
IV.1.A.d. El clima	32
IV.1.A.e.El río Calchaquí	33
IV.1.B.a. Los departamentos de Cachi y Molinos	35
IV.1.B.b. La población.....	36
IV.1.B.c. Estructura agraria	38
IV.1.B.d. Actividad agrícola	40
IV.1.B.e. Existencias ganaderas.....	41
IV.1.B.f. Tecnología para la producción	43
IV.1.B.g. Los servicios de comunicación	44
IV.1.B.h. Energía	44
IV.1.B.i. Área de riego bajo estudio	45
IV.1.C. Las transformaciones para la innovación tecnológica de los valles Calchaquí salteños.....	47
IV.2. Descripción de Materiales y métodos	53
V. Resultados	62

VI. Discusión y conclusiones.....	84
VII. Bibliografía.....	90
APENDICE.....	98
Apéndice I. La provincia de Salta.....	99
Apéndice II. Algunas transformaciones para la innovación tecnológica.....	103
Apéndice III Análisis estadístico	104
Apéndice IV. Los métodos de explotación y procesamiento de B.	106
Apéndice V: Tablas	109
Tabla 1. Sensibilidad de los cultivos a algunos factores limitantes de la aptitud agrícola del suelo.	109
Tabla 2. Clasificación agronómica de los contenidos de boro en el extracto a saturación de suelos (mg L^{-1}) y sensibilidad de los cultivos.	110
Apéndice VI: Datos	111
Tabla 1. Muestras de Suelos del área de estudio en 2011.....	111
Tabla 2. Muestras de aguas en profundidad en el área de estudio.....	111
Tabla 3 Muestra de aguas en superficie en el área de estudio.	111
Apéndice VII: Mapas.....	113
Figura A. Departamento de Molinos. Provincia de Salta.	113
Figura B. Departamento de Cachi. Provincia de Salta.	114
Apéndice VIII: Fotos Arica, Chile.....	115
Apéndice IX: Fotos Ríos del valle Calchaquí.....	116
Apéndice X: Figuras de la zona de estudio.....	117
Apéndice XI: Entrevistas y encuesta económica	120
Apéndice XII: Programas de intervención.....	122
Apéndice XIII. Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)	124
Apéndice XIV Análisis de varianza (ANOVA)	132

Listado de Tablas

Tabla 1. Valores de umbral de B y pendiente según cultivos.....	23
Tabla 2. Guía de interpretación de calidad de agua según autores.	24
Tabla 3. Clasificación de cultivos según nivel de B en las aguas de riego.....	24
Tabla 4. Tratamiento para remoción de B en las aguas según tecnologías	25
Tabla 5. Clasificación de calidad de suelo según las aguas de riego.....	26
Tabla 6. Condiciones de calidad de B para consumo humano según fuente.....	28
Tabla 7. Registros disponibles del río Calchaquí.	34
Tabla 8. Derivación de Río Calchaquí. Departamento de Cachi y Molinos.....	34
Tabla 9. Sistema de riego permanente (PP) o eventual (TE) según fuente y área.....	34
Tabla 10. Suministro de agua para consumo humano en los departamento de Cachi y Molinos.	35
Tabla 11. Variación de la población censada entre 2001 a 2010.....	37
Tabla 12. Cantidad de población de VCSC Urbana, Rural y dispersa.	37
Tabla 13. Cantidad de EAPs con y sin límite, según departamento.	39
Tabla 14. Cantidad y superficie de las explotaciones agropecuarias con superficie definida, clasificadas por escala de extensión y departamento, 2002.....	39
Tabla 15 Superficie implantada de las EAP con límites definidos, por grupo de cultivos, según departamento y período de ocupación.....	40
Tabla 16. Frutales. EAP con límites definidos. Superficie implantada por especie según departamento y cantidad de plantas en el total de la provincia.	41
Tabla 17. Cantidad de EAPs con ganado y número de cabezas, por especie según departamento y total provincial.	42
Tabla 18. Riego. Superficie efectivamente regada, por tipo de sistema, según departamento.....	43
Tabla 19. Características químicas, estadística descriptiva y observaciones de B de los ríos en estudio.	62
Tabla 20. Guía de interpretación de calidad de agua según autores.	68
Tabla 21. Guía de interpretación de calidad de suelo según autores.	70
Tabla 22. Simulación de producción de Cebolla en zona de estudio con presencia de B. ..	77
Tabla 23. Escenario 1.2 optimista: producción de cebolla en zona de estudio con B, con aumento en precio.....	78
Tabla 24. Escenario 2.1 probable: producción de cebolla en zona de estudio con mitigación del B, con aumento estimado de rendimiento.....	79
Tabla 25. Escenario 2.2 optimista: producción de cebolla en zona de estudio con tratamiento de B e incremento en el precio de venta.....	80
Tabla 26. Financiación de programas destinado a capacitación e inversión en riego.	82
Tabla 27. Comparación de inversión de los programas de Argentina y Chile.	83
Tabla 28. Valor exportado de productos de origen salteño según rubro.	100

Listado de Figuras

Figura 1. Codo de Santa Cruz en los límites de tres países: Argentina, Chile y Bolivia.....	16
Figura 2. Departamento de Los Andes. Provincia de Salta.	17
Figura 3. Provincia de Salta y el valle Calchaquí salteño centro.....	36
Figura 4. El río Calchaquí y sus afluentes en los departamentos de Cachi y Molinos.	46
Figura 5. Puntos de muestreo de los ríos de los departamentos Molinos y Cachi.....	54
Figura 6. Puntos de muestras de agua subsuperficial en el área estudiada.	58
Figura 7. Salinidad media (CE) de los ríos estudiados*.....	63
Figura 8. pH medio de los ríos estudiados*.....	64
Figura 9. Comparación de las medias de la Riverside de Na entre los ríos estudiados.	64
Figura 10. Comparación de medias de B entre los ríos estudiados.	65
Figura 11. Biplot de PCA de los ríos estudiados. Elaboración propia.....	66
Figura 12. Dendrograma de conglomerados de los ríos estudiados. Elaboración propia....	67
Figura 13. Valor de la media de B en las aguas de los ríos en mg L ⁻¹ . Fuente de elaboración propia	69
Figura 14. Comparación de datos medios de boro en aguas y nivel acumulado de B en suelo. Elaboración propia.	71
Figura 15. Áreas estimadas para la producción en las márgenes del río Calchaquí y sus afluentes. Elaboración propia.	72
Figura 16. Producto bruto geográfico de la provincia de Salta.	99
Figura 17. Producción de boratos (Tn) en la provincia de Salta del 2001 al 2012.	101
Figura 18. Materia prima y método de obtención de los principales productos comerciales del boro.	106
Figura 19. Transformación del ácido bórico y bórax 5 ó 10.....	107
Figura 20. Detalle del proceso de concentración de ulexita a ulexita concentrada anhidra.	108

I. Introducción

I.1. Presentación del tema y objetivos de la investigación

El valle Calchaquí se encuentra en la provincia de Salta, Argentina, y está regado por el río Calchaquí, que forma una cuenca de norte a sur junto con sus afluentes. Sus aguas se utilizan para el regadío de los departamentos: La Poma, Cachi, Molinos y San Carlos. Este río tiene aguas todo el año al igual que el resto de sus afluentes. Las subsuperficiales son utilizadas para consumo humano (solo con un tratamiento de decantación, filtración y cloración) y riego.

En esta región los habitantes se han ido asentando en las márgenes de los ríos, formando pueblos y algunas ciudades y conformando oasis de riego para la producción, rodeados por desierto y montañas. La población rural es mayoritaria, con un alto porcentaje de pequeños agricultores. Se la puede caracterizar como una región de precariedad y pobreza rural generalizada. En ella predomina el latifundio combinado con minifundio.

Se producen cereales para grano, legumbres, principalmente el poroto pallar, hortalizas y aromáticas destinadas al mercado fuera de la región. También forrajes, ya que es una zona con alta carga de ganado. La mayor parte de los productores posee una reducida cantidad de hacienda caprina, ovina y, en algunos casos, vacuna. El ganado es alimentado gran parte del año en campos comuneros o en campos privados donde el campesino debe pagar un canon por pastaje (País, 2011).

En la zona se observó que en los diferentes oasis de riego de los valles, no estaban presentes las diferentes especies cultivables -principalmente frutales- que se esperaría para esta zona (Papadakis, 1974). Cuando estas aparecían se observó que se presentaban en malas condiciones, no aptas para una producción comercial: deficiente crecimiento vegetativo y pobre cantidad de frutos lo cual impedía lograr una producción estable en condiciones aceptables para el mercado.

Estas observaciones permitieron generar la pregunta de investigación: ¿Hay alguna relación entre estas carencias, que derivan en menor potencialidad económica de la región y la presencia de B detectada por algunos estudios realizados sobre sus cursos de agua?

A fin de avanzar en la confirmación de esta hipótesis, así como en la construcción de alternativas de solución a dicha problemática¹, se desarrolló un proceso de investigación de

¹ No se aborda el problema del agua para el consumo humano.

diseño exploratorio con enfoque cuanti-cualitativo. Recurriendo a fuentes bibliográficas, a relevamiento de información de primera mano en terreno tanto respecto a la calidad de las aguas o contenido del ión boro en suelos como a las características de los sistemas productivos que se desarrollan en la región.

I.2. Justificación de la importancia de la investigación

Este trabajo es producto de observaciones realizadas en el valle Calchaquí salteño. Allí se pudo constatar que tratándose de un paisaje de la provincia fitogeográfica de Monte, con precipitaciones que no superan los 300 mm anuales, un relieve variado y temperaturas promedio que no pasan los 17 ° C (Cabrera, 1994), en los distintos oasis de riego de los valles, no estaban presentes las diferentes especies cultivables que se esperaba, principalmente frutales, como señala Papadakis (1974) para esta zona. Sí se identificaron frutales en las áreas regadas por los ríos Las Arcas (Cachi Adentro), Brealito (Seclantás Adentro) y Cuchiyaco (Refugio) y poca a nula existencia de los mismos en las áreas de producción de regadío con aguas de los ríos Calchaquí y Luracatao. En este caso, si estaban presentes, era en malas condiciones para una producción comercial, manifestando una caída en el crecimiento vegetativo, con una cantidad pobre de frutos, sin poder alcanzar una producción estable en condiciones aceptables.

Los aspectos como clima, hidrología, geología fisiográfica y la influencia de actividades antrópicas en diversos ámbitos, afectan la calidad física, química y biológica de las aguas destinadas al riego de vegetales, pudiendo generar alteraciones en su desarrollo biológico debido a la concentración de elementos tóxicos contenidos en este líquido.

El agua destinada al riego de plantas como frutales, legumbres, hortalizas o cereales, entre otros, necesita satisfacer un patrón de calidad, no debiendo contener sustancias como el boro o metales pesados que resultan ser tóxicos también para el suelo.

Investigaciones realizadas en el Valle (Cachi).dan cuenta de ello. Una, sobre respuesta a la fertilización en pimiento para pimentón, detectó presencia de boro con valores significativos en suelo y agua (Salvador, 1988 y Ortega, 1990) y la otra señaló intoxicación con boro en cultivos de poroto (Ortega, 1992).

A estas observaciones directas se le sumó información recabada a través de dichas investigaciones y evidencia empírica recogida a través de entrevistas a productores de esta zona sobre aspectos productivos (Apéndice XI.A).

Un informe de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, en 2003, también avala la presencia de boro en las aguas, sosteniendo que:

“En la Argentina, para ciertos cuerpos superficiales de agua de la provincia de Salta han sido reportadas concentraciones altas de B atribuibles a la geología natural. Es el caso del río Guachipas (Las Conchas, en su sección sur) y de su principal sistema tributario, conformado por el río Calchaquí y sus afluentes, para algunos de los cuales las concentraciones de B registradas son superiores a 10 mg L^{-1} (Lomniczi et al., 1997).

El agua es uno de los componentes principales para el desarrollo de los cultivos. Por este motivo se debe contar con una calidad óptima de este recurso para riego, en cuanto a sus propiedades químicas, físicas y biológicas.

La calidad del agua vendrá determinada, fundamentalmente, por las sales que en ella se encuentran y dependerá de la naturaleza de estas, así como de sus concentraciones para que el desarrollo de la planta sea el adecuado. En el caso de las aguas superficiales, éstas están expuestas a factores que pueden alterarla en diferentes niveles de intensidad y de maneras simples o complejas.

Por todo lo antes expuesto, y considerando su condición de cuerpo receptor y que su uso sea potencialmente destinado para riego de vegetales o consumo de personas y animales, es muy importante y necesario contar con Estándares de Calidad Ambiental de agua para establecer niveles de concentración máxima de contaminantes.

A nivel internacional existen antecedentes de Guías de calidad de agua, como la de FAO para el riego, o las Guías canadiense y de la OMS, basadas en estudios sobre la toxicidad de elementos contaminantes para consumo humano, actualizadas periódicamente con el fin de incorporar nuevos conocimientos sobre evaluación y gestión de riesgos.

Si bien el trabajo es analizar presencia de boro en suelo y agua visualizando el posible impacto en la productividad y la diversidad de especies, se busca aportar elementos para solucionar problemas que limitan la capacidad:

a.-Dada la importancia del tema de la baja calidad de las aguas, es probable que se presenten otros problemas concomitantes al pretender incorporar cultivos nuevos, en el manejo del suelo y con los cultivos existentes. Este inconveniente puede ser una de las causas importantes de la reducción de los rendimientos, afectándose por extensión los ingresos económicos y en última instancia la viabilidad de la empresa agropecuaria en esta zona.

Se debe tener en cuenta que en el término calidad está implícita la idoneidad para su

uso, y una buena calidad contribuye a que se exprese el mayor potencial del cultivo siguiendo prácticas adecuadas de manejo.

b.- Teniendo presente todos los datos precedentes vertidos en el apartado, se infiere que es importante el aporte que hace este trabajo al llegar a establecer e identificar factores fisicoquímicos limitantes para los cultivos como es la presencia de B en determinadas cantidades tanto en suelo y agua, cuánto esto detiene o limita la capacidad de desarrollo de plantas en la zona seleccionada. Así se delimitaría un espacio de alerta de intoxicación vegetal, animal y humana, que con el auxilio de un manejo antrópico adecuado, mejoraría sustancialmente la calidad de vida en el Valle.

c.- Los resultados de este trabajo permitirán inducir líneas nuevas de investigación que den respuestas tendientes a generar políticas de mitigación por la presencia de B que propendan a una mayor producción, a una mayor diversidad productiva, así como a elaborar propuestas sociales sustentables para el desarrollo territorial, posibilitando el diseño e implementación de acciones propicias, que incluya la incorporación de nuevas tecnologías, para contribuir en un todo a mejorar la zona.

I.3. Esquema de la presentación

En el capítulo I se realiza la Contextualización del problema a investigar y la Justificación del proyecto.

En el capítulo II se desarrolla la Problemática asociada a la presencia de Boro en el agua de riego, vegetal, animal y en humanos.

En el capítulo III se presentan las Hipótesis y objetivos del trabajo.

En el capítulo IV se describe los Materiales y Métodos utilizados en transcurso de la investigación: las características de la zona de estudio, las observaciones realizadas en el Valle, más el producto de aportes de datos empíricos y del material bibliográfico vinculados con estudios de laboratorio, análisis estadístico de datos, encuestas, visitas en terreno locales e internacionales proveyendo experiencias en el tema.

En el capítulo V se presentan los Resultados obtenidos.

En el capítulo VI se realiza una Discusión acerca de las diferentes hipótesis que se han encontrado en relación a la pregunta de investigación planteada, se mencionan

restricciones del trabajo, se ven los resultados y líneas abiertas de investigación y extensión y las Conclusiones donde se tratan los resultados haciendo énfasis en los más importantes de acuerdo a los objetivos planteados.

En el capítulo VII se presenta la Bibliografía.

Por último se acompaña una serie de Apéndices con detalle de la información trabajada.

II. Antecedentes

En este capítulo, se presenta al mineral Boro, sus características y su origen en la región estudiada y también cómo afecta en el suelo, en los vegetales, a los animales y a los humanos.

II.1. El Boro

El boro²(B) es el primer elemento del grupo IIIA de la Tabla periódica y su nombre proviene del mineral bórax. Llega a la hidrosfera desde los continentes, mediante el ciclo del agua, los procesos de erosión de rocas y por la circulación hidrotermal desde la corteza oceánica. A la corteza terrestre llega a través de diferentes vías: la precipitación atmosférica, la actividad geológica y el vulcanismo, que este último libera roca fundida con concentraciones variables de B. También hay flujos del océano a la corteza oceánica en forma de sedimentación y diagénesis³. Las vías de salida del B cortical son la erosión y los procesos de subducción de placas⁴.

Sus principales fuentes son un pequeño número de minerales de borato (óxido de B), incluyendo a la ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), el bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), la colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), la hidroboracita ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), tincalconita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y kernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_6(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). También existen importantes minerales del B en forma de yacimientos de rocas ígneas, la datolita, el chorlo y la elbanita. Estos minerales se clasifican en el grupo de los boratos (sales inorgánicas compuestas por B y otros iones), exceptuando los dos últimos minerales mencionados, los cuales pertenecen al grupo de las turmalinas, que aparecen especialmente en filones del tipo pegmatítico.

Los principales depósitos de estos minerales se encuentran en los Estados Unidos, Turquía, Chile, Bolivia y la Argentina. Existen además ciertos minerales de B silicato en China y Rusia, entre otros. El uso de los compuestos de B tiene aplicación tanto en la

² Los átomos de boro presentan propiedades semimetálicas, que se evidencian en una leve conductibilidad eléctrica, su número atómico es 5. Tiene el símbolo B. su masa es 10,811. Es el único elemento liviano que posee 2 isotopos abundantes, B¹⁰ y B¹¹.

³ La diagénesis es el proceso de formación de una roca sedimentaria a partir de sedimentos sueltos que sufren un proceso de compactación y cementación.

⁴ La subducción de placas es el proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente, según teoría de tectónica de placas.

industria como en el hogar. Se utiliza principalmente en la fabricación de vidrio, cerámicas y esmaltes, incluyendo a la fibra de vidrio para aislación. También se utilizan los compuestos de B para la fabricación de ablandadores de agua, jabones y detergentes. Otros usos del B se encuentran en los productos químicos agrícolas, agentes de control de plagas, retardadores de fuego, fuegos artificiales, medicamentos, y diversas aplicaciones menores (SEGEMAR-USAM, 2003).

II.2. Los yacimientos

En el ámbito mundial, los salares son los yacimientos con mayor concentración de boratos, como también los de más simple explotación. En la Argentina sólo se encontraron depósitos de boratos en evaporitas continentales y su génesis está relacionada con: un vulcanismo activo, cuencas endorreicas y clima árido. Los depósitos de boratos se producen por precipitación química-evaporítica a partir de soluciones sobresaturadas en iones B.

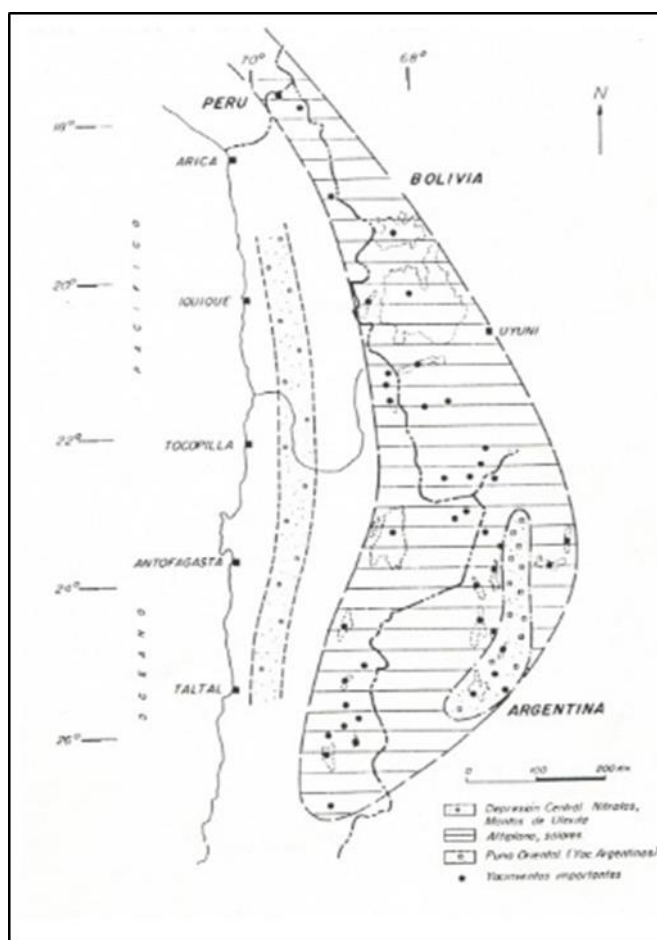


Figura 1. Codo de Santa Cruz en los límites de tres países: Argentina, Chile y Bolivia
Fuente: Chong Díaz et al., 1989.

Según Chong Díaz y García Millas (1989) los salares, depósitos de Sudamérica, tienen las reservas más importantes de minerales económicos de B conocidas en este continente y existe un sector andino conocido como el Codo de Santa Cruz (Figura 1) que se encuentra ubicado aproximadamente entre los 14° y 27° latitud sur.

Este sistema orogénico andino puede alcanzar hasta 600 km de ancho, y está caracterizado por numerosas cuencas cerradas que sirven como niveles de base locales a sistemas de drenajes de la Alta Cordillera, conocida también como puna o altiplano. Es importante señalar que esta área de salares se extiende a tres países: Chile, Bolivia y la Argentina.

En Argentina, los yacimientos de boratos están en Salta en el departamento de Los Andes (Figura 2).

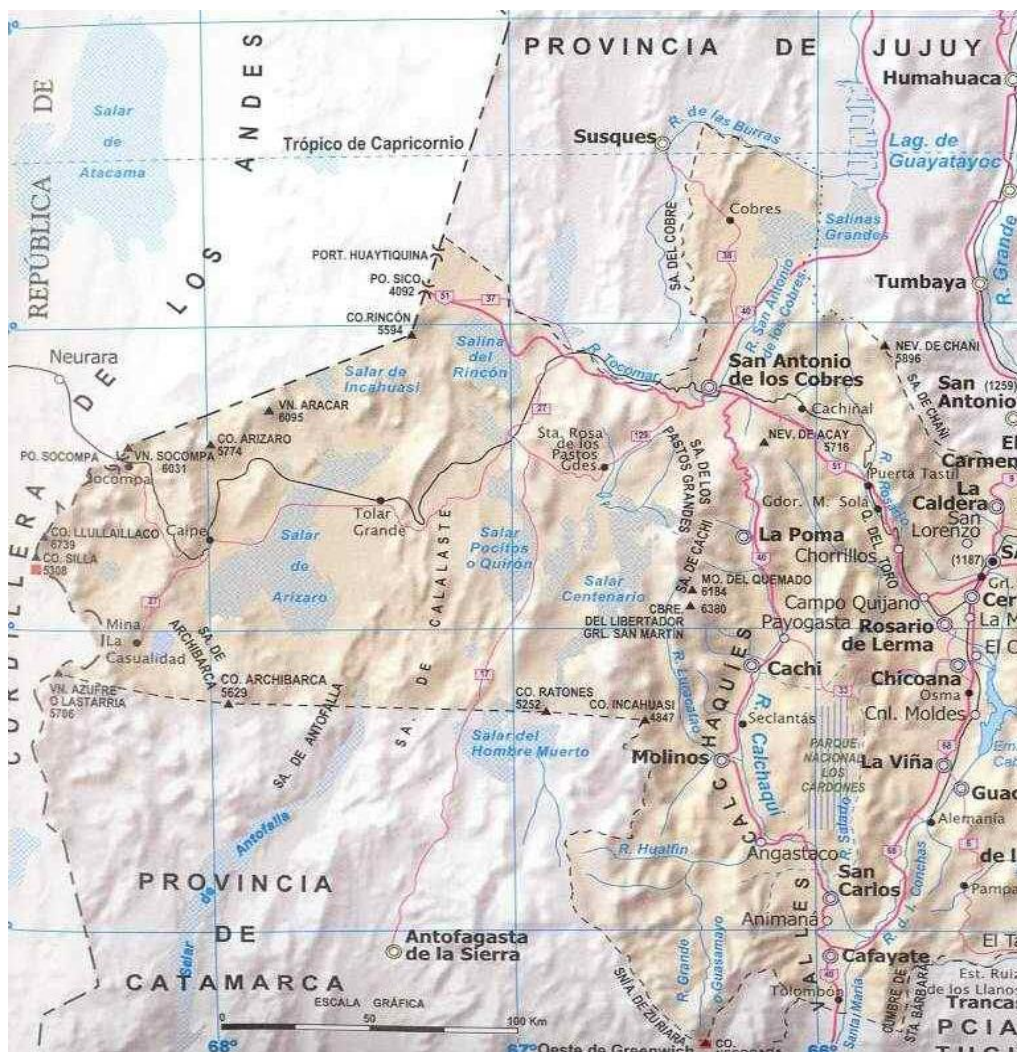


Figura 2. Departamento de Los Andes. Provincia de Salta.

Fuente: http://www.zonu.com/argentina_maps/Salta_Province_Map_Argentina_2.htm

Los salares lo atraviesan de norte a sur y se encuentran en línea paralela a los departamentos del valle Calchaquí (La Poma, Cachi y Molinos) en la puna salteña: Los Andes. Según Ros Moreno (2009), la puna sudamericana posee las terceras reservas mundiales de boratos, después de Turquía y la costa de EE.UU.

Los boratos constituyen la primera fuente natural del elemento B. Son sales o esteres de ácido bórico, los cuales contienen el radical B_2O_3 . Las concentraciones económicas de boratos se encuentran limitadas a salares, salmueras y skarns⁵ (SEGEMAR-USAM, 2003).

En el proceso de explotación y obtención de B, muchas sales de este mineral se transforman en desechos, por lo cual esta situación requiere de una eliminación adecuada de todos esos productos. Por otro lado, la ubicación geográfica de este tipo de yacimientos se encuentra en zonas áridas y desérticas. Zonas en las cuales es sabido que el recurso agua es escaso y el uso de pozas de evaporación solar, en grandes extensiones, facilita la evaporación. Estas pozas representan un evidente riesgo de filtración y, por ende, una constante amenaza de contaminación ambiental.

Esto lleva a pensar que este proceso es poco amigable con el medioambiente, por lo cual se requiere de su debido tratamiento, para evitar provocar contaminación a las napas de agua en dichas zonas desérticas (Ros Moreno, 2009).

II.3. Los boratos en la Puna Salteña

La puna salteña tiene una cuenca endorreica que atraviesa los salares de gran aprovechamiento para la actividad minera, muchos de esos salares poseen depósitos de boratos de edades terciarias (mioceno - plioceno) y cuaternarias (pleistoceno - actual). El sector central y sur incluyen las cuencas del salar de Pocitos o Quirón, de Pastos Grandes, Juanita Rita y Pozuelos, La Laguna Barreal y Centenario, del Diablo, Ratones, Diablillos y Hombre Muerto (SEGEMAR-USaM, 2002).

En esta cuenca endorreica, según el Instituto de Recursos Naturales (IRN) de Salta (2014), todos los arroyos nacen de los aportes que descienden de las estribaciones de las

⁵Skarn refiere a una roca o zona metamorfizada alrededor de una intrusión ígnea que se caracteriza por consistir en una roca carbonatada con minerales producto de metasomatismo.

Sierras de Pastos Grandes, Nevados de Pastos Grandes, Cumbres del Luracatao, Sierras de Aguas Calientes, Cordón de Pozuelos, Sierra de los Ratones y otros. Los nacimientos están a 5000 msnm, formándose por las aguas de deshielo de las altas cumbres y por las escasas precipitaciones. Siguen por las vaguadas y quebradas, arrastrando durante su curso escombros de las laderas, desprendidos por la disgregación mecánica, y productos de levigación⁶ –sales y boratos en disolución– hacia las cuencas más bajas.

En la zona de los salares, según Alonso (2008), el B asciende y se mezcla con las aguas termales, las cuales ocurren abundantemente alrededor de los volcanes. Al llegar a la superficie, el agua cargada de B se derrama en los salares, donde se enfría y evapora rápidamente. El B se mezcla entonces químicamente con otros elementos y produce los boratos.

Esta zona está separada del valle Calchaquí por sierras y nevados. Se comunican a través de abras como la del cerro El Quemado, abra del Tolar que comunica con el departamento de Cachi y las del cerro Cueva Grande, Del Diablo y de la Cueva se comunica con el departamento de Molinos.

La explotación minera en B se realiza en la puna desde hace mucho tiempo (Apéndice IV). Según Tinte et al. (2011) en el departamento de los Andes, existe una explotación minera de Bórax Argentina, la más antigua instaladas en el país, explotando el yacimiento de Tincalayu desde la década del cincuenta. Las PyMes instaladas, tanto en Salta como en Jujuy, cuentan con una antigüedad de alrededor de veinte años y la mayoría de las empresas⁷ explotan minas en la Puna.

“La Puna Argentina ha sido reconocida internacionalmente como un excelente laboratorio natural para estudiar el origen de los boratos. En la Puna tenemos una gran

⁶ Levigación: proceso físico que consiste en separar las partículas dependiendo de su masa y como consecuencia de su granulometría.

⁷ Boro 2000 provee de ulexita a Electroquímica El Carmen, Agenor, Manufactura Los Andes, Minera Santa Rita y Bórax Argentina. Otras empresas proveedores de mineral crudo son: Viento Blanco SRL, explotando ulexita en mina María Luisa (Salar de Ratones, Salta) y la procesa en la planta de concentración de mina Mario (Salar de Olaroz, Jujuy) obteniendo ulexita 30 y ulexita 34 para uso agrícola. Fernández SH: ulexita en minas Blanca y Vicuña (ambas en Salar Centenario, Salta). La empresa Oro Blanco Minera Industrial, recientemente ubicada en el Parque Industrial Minero de San Antonio de los Cobres (Salta), produce ácido bórico a partir de ulexita y ácido clorhídrico. El ácido bórico producido por Electroquímica El Carmen también es obtenido a base de ácido clorhídrico.

cantidad de volcanes, un clima muy árido y muchos lagos secos o salares. Los volcanes producen numerosos gases, entre ellos, el boro” (Alonso, 2008).

II.4. El boro en el suelo

Se distinguen dos fuentes importantes de B: 1-boro de origen mineral o boro relacionado con coloides inorgánicos (arcillas e hidróxidos de Fe y Al); 2-boro procedente de la alteración y descomposición de la materia orgánica, siendo ésta una importante fuente de boro en suelos ácidos.

Otras fuentes secundarias que introducen boro en el suelo son el agua de lluvia, las aguas de irrigación, el agua del mar y los abonos.

También pueden provenir de la actividad humana, la fertilización con boro y utilización de aguas residuales ricas en este elemento que dan problemas de toxicidad (Unana et al., 1996).

La toxicidad de boro es frecuente en suelos salinos y sódicos. También se da en áreas deprimidas, zonas mal drenadas o con drenaje impedido o en aquellas que presentan una capa freática superficial (Unana et al., 1996).

II.5. El boro en la vegetación

El B es un micronutriente esencial en el desarrollo de las plantas superiores. En el suelo lo encontramos como intercambiable en forma de ácido bórico (H_3BO_3) soluble conformando boratos cálcicos ($Ca_3 (BO_3)_2$) y magnésicos ($Mg_3 (BO_3)_2$) y fijo como constituyente de silicatos muy insolubles de hierro y aluminio.

Este elemento es utilizado como fertilizante vegetal para su crecimiento y desarrollo. La falta de B, producto de la deficiencia en los vegetales, se observa principalmente en las hojas y puntos de crecimiento en raíces y tallos (Ortega, 2006).

Se lo relaciona con muchas funciones implicadas en diversos mecanismos fisiológicos como: el transporte de los azúcares, la síntesis de la pared celular, la lignificación, la estructura de la pared celular, el metabolismo de los carbohidratos, el metabolismo del ácido ribonucleico, la respiración, el metabolismo de ácido indol acético, en el metabolismo de los fenoles y como componente de las membranas (Gil Martínez, 1995).

Es absorbido de la solución del suelo por las raíces de la solución del suelo, como ácido bórico sin disociar, y su disponibilidad depende de la concentración de este elemento y el rango de pH -máxima absorción entre 5,5 y 7,5-(Malavolta et al.1997).

La naturaleza del proceso de absorción todavía está en duda si es activo o pasivo (Malavolta et al.1997). La velocidad de absorción de B aumenta rápidamente a temperaturas que oscilan de 10 a 30 °C y es marcadamente reducida por encima de 35 °C (Reisenauer& Cox, 1971; Smallwood, 1998).

En la planta, su distribución está gobernada principalmente por el flujo transpiratorio -de forma pasiva- que es transportada en el xilema. El B en la mayoría de las especies es relativamente inmóvil en el floema, redistribución dentro de la planta, pero existen otras del género Malus, Prunus y Pyrus, en donde el B es móvil en el floema (Kohl y Oertli, 1961; Hanson 1991a, 1991b; Malavolta et al., 1997; Meléndez y Molina, 2002). La movilidad del B, en esas especies, está relacionada con la presencia del sorbitol que es el principal fotosintato que es translocado, y el B forma complejos con ese compuesto y así se moviliza (Brown y Hu, 1993; Meléndez y Molina, 2002).

El B se acumula en las hojas y con concentraciones más bajas en raíces, tallos y frutas. Los síntomas de acumulación se manifiestan sobre todo en las hojas más maduras. Este proceso aparece generalmente como manchas, franjas o puntos cloróticos en los cuales se desarrollan lesiones necróticas que pueden coalescer⁸ pero estas pueden aparecer sin la clorosis, cuando hay exceso y es severo los síntomas son similares a los de carencia de nutrientes (Ortega, 2006).

El análisis foliar es utilizado para el diagnóstico de la disponibilidad de B. Existen efectos diferenciales en las plantas con respecto a la presencia de B (de sensibles a tolerantes). Se producen problemas de exceso por B cuando se acumula a un nivel que puede dañar a la planta.

Se han identificado plantas indicadoras para situaciones de exceso como son las plantas pertenecientes a la familia de la mostaza (crucíferas) y de la arveja (papilionoideas)

⁸ Son lesiones que se pueden unir, formando una lesión mayor.

(Ortega, 2006).

La tolerancia de los vegetales varía mucho entre especies y entre cultivares de una misma especie, Ortega (2006). Este mecanismo, con alto contenido de B en el suelo, se basa en la restricción a la entrada en el nivel radicular, al transporte en los brotes y a la disminución de la velocidad de absorción y no en la resistencia de los tejidos a altas concentraciones de este elemento en el suelo (Nable y Paul, 1991; Malavolta et al., 1997).

En cuanto a la sensibilidad en general, los cultivos anuales son menos sensibles que la mayoría de los cultivos arbóreos y forestales (Prieto, 2008). En el caso del Nogal tiene defoliación de ramas y junto al álamo y sauce puntos y manchas necróticas en puntas y márgenes de hojas inferiores que avanzan hacia la nervadura central (Ortega, 2006). Esta pérdida de área foliar, importante para la fotosíntesis, debilita a la planta y disminuye el rendimiento y calidad.

Según investigaciones realizadas se encontró diferencias en rendimiento entre variedades de vid Cabernet y vid Chardonnay midiendo la concentración de B en el tejido foliar, en Jáchal⁹ (Battistella et. al. 2006); en el valle Calchaquí de Salta se observó una intoxicación bórica ocasionada por el riego continuo con aguas de dos ríos (Trancas y Cachi) en poroto pallar y alubia (Ortega, 2006) y en Arica –Chile–, se comparó la calidad de los tomates del valle de Lluta con la calidad de los tomates del valle Azapa, y se encontró que el mejor producto que se dio fue con aguas de riego de baja concentración en B. Utilizando en el primero, aguas de riego con 23 mg L⁻¹ y en el segundo con 1,03 mg L⁻¹ de B (Albornoz y Cartes, 2009).

Según Maas y Grattan (1999) citado en SRH RA (2003) se puede estimar el efecto del exceso de B soluble en el rendimiento de cultivos utilizando el modelo de Maas-Hoffman, diseñado para relacionar la respuesta de cultivos con la salinidad, aplicando la siguiente fórmula:

⁹Norte de la provincia de San Juan, Argentina.

$$Y=100- m (X - A)$$

Y= rendimiento de la cosecha.

X= boro presente (mg L⁻¹).

A= máximo de boro tolerante sin daño a la cosecha (valor umbral) (mg L⁻¹).

m= porcentaje de disminución de cosecha (factor de pendiente).

En la Tabla 1 se ven valores para A y m calculados según cultivos para la fórmula mencionada anteriormente.

Tabla 1. Valores de umbral de B y pendiente según cultivos.

Nombre	Botánico	Valor umbral (A) mg L ⁻¹	F. Pendiente (m) %
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	0,75-1,0	3,3
Poroto	<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.0	12
Brocoli	<i>Brassica olearacea gotytis</i>	1,0	1,8
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	1,3	1,7
Coliflor	<i>B. Olearacea botytis</i>	4	1,9
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	5,7	3,4
Apio	<i>Apium graveolens var.dulce</i>	9,8	3,2
Rabanito	<i>Raphanus sativus</i>	1	1,4

Fuente: Prieto y Angueira (1996); Ortega (2006).

Estas concentraciones máximas (Valor límite A) de la Tabla 1 es una tolerancia relativa de B sin pérdida de rendimiento o reducciones de crecimiento vegetativo y el porcentaje de disminución de cosecha (factor de pendiente m) se calcula por unidad de incremento de B sobre el valor umbral. El rendimiento decrece linealmente a partir del valor límite. La tolerancia de los cultivos a B varía dependiendo del clima, de las condiciones del suelo y las variedades de cultivos. (Ayers y Westcot, 1985).

Existen varios autores que definen rangos de concentración de B relacionado con la respuesta de las especies vegetales. Estos las han clasificado en: muy sensible a muy tolerante. En la Tabla 2 se encuentran los rangos definidos según autor para las diferentes especies productivas. Ciertos cultivos sensibles al B, en los primeros años crecen normalmente pero luego de períodos prolongados de irrigación pueden sufrir efectos tóxicos al elevarse la concentración de B en la solución del suelo (SRH de RA, 2003).

Tabla 2. Guía de interpretación de calidad de agua según autores.

Calidad de aguas para riego	Tolerancia relativa de cultivos y plantas ornamentales		
	Muy sensibles y/o Sensibles	Moderadamente sensible /o Tolerantes	Tolerantes y/o Muy tolerantes
Wilcox (1960)	0,3 a 1 mg L ⁻¹	1 a 2 mg L ⁻¹	2 a 4 mg L ⁻¹
Maas 1984 ;Ayers RS y Westcot DW 1985)	< 0,5 a 1 mg L ⁻¹	1 a 4 mg L ⁻¹	4 a 15 mg L ⁻¹

Fuente: Maas (1984); Ayers y Westcot (1985); Wilcox (1960)

En la Tabla 3 se puede encontrar una clasificación de cultivos según rango de nivel de B. A nivel menor a 0,5 mg L⁻¹ se podrán cultivar todo tipo de cultivos y a niveles mayores de 6 mg L⁻¹ solo los muy tolerantes (Apéndice V, T.1).

Tabla 3. Clasificación de cultivos según nivel de B en las aguas de riego

Cultivos						
Muy sensible	Sensible 1	Sensible 2	Moderadamente sensible	Moderadamente Tolerante	Tolerante	Muy tolerante
mg L ⁻¹						
< 0,5	0,5-0,75	0,75-1,0	1,0-2,0	2,0-4,0	4,0 -6,0	6,0-15,0
<i>Citrus limón</i> (Limon), <i>Rubus ssp</i> (Zarza mo-ra)	<i>Persea Americana</i> (Palta), <i>Citrus X paradise</i> (Pomelo), <i>Citrus sinensis</i> (naranja), <i>Prunus armeniaca</i> (Damasco), <i>Prunus pérsica</i> (Durazno), <i>Prunus domestica</i> (Ciruelo), <i>Diospyrus kaki</i> (Caqui), <i>Ficus carica</i> (Higo), <i>Vitis vinifera</i> (Uva), <i>Juglans regia</i> (Nogal), <i>Carya illinoensis</i> (Pecan), <i>vigna unguiculata</i> (caupi), <i>Allium cepa</i> (Cebolla)	<i>Allium sativum</i> (Ajo), <i>Ipomoea batatas</i> (Batata), <i>Triticum eastivum</i> (trigo), <i>Hordeum vulgare</i> (Cebada), <i>Helianthus annuus</i> (Girasol), <i>Vigna radiate</i> (Poroto chino), <i>sesamun indicum</i> (Sésamo), <i>Lupinus hartwegii</i> (Lupino), <i>Fragaria spp</i> (Frutilla), <i>Helianthus tuberosus</i> (Tupinambo), <i>phaseolus vulgaris</i> (Poroto), <i>phaseolus lunatus</i> (Poroto pallar), <i>Arachis hypogaea</i> (Maní)	<i>Capsicumm annium</i> (Pimiento rojo), <i>Pisum sativa</i> (Arveja), <i>Daucus Carota</i> (Zanahoria), <i>Raphanus sativus</i> (Rabano), <i>Solanum tuberosum</i> (Papa), <i>Cucumis sativus</i> (pepino)	<i>Lactuca sativa</i> (Lechuga), <i>Brassica olearacea capitata</i> (Repollo), <i>Apium graveolens</i> (Apio), <i>brassica rapa</i> (Nabo), <i>Poa pratensis</i> (Pasto azul), <i>Avena sativa</i> (Avena), <i>Zea mays</i> (maiz), <i>Cynara scolymus</i> (Alcahucil), <i>Nicotiana tabacum</i> (Tabaco), <i>brassica juncea</i> (Mostaza), <i>Melilotus indica</i> (Melilotus), <i>Cucurbita pepo</i> (Calabacita), <i>Cucumis melo</i> (Melón).	<i>Sorghum bicolor</i> (Sorgo), <i>Solanum Lycopersicum</i> (Tomate), <i>Medicago sativa</i> , <i>Vicia benghalensis</i> (Arveja roja), <i>Petroselinum crispum</i> (Perejil), <i>Beta vulgaris</i> (Remolacha).	<i>Gossypium hirsutum</i> (Algodón), <i>Asparagus officinalis</i> (Espárragos).

Fuente: Maas (1984); Ayers y Westcot (1985)

Por otra parte, existen métodos para la remoción de B en las aguas. Estos métodos

están asociados a diversas tecnologías y los tratamiento van desde la remoción de un 70% a más de 97% (Tabla 4).

Tabla 4. Tratamiento para remoción de B en las aguas según tecnologías

Referencias	Tratamiento	Remoción esperable	Observaciones
Waggot, 1969	Convencional para aguas superficiales	Sin especificar	Está basada en la coagulación con sales de aluminio o de hierro (+2) ha sido reportada como inefectiva
Choi and Chen, 1979	Adsorción en carbón activado granular	70 a >90%	La mayor eficiencia es obtenible para concentraciones en el agua cruda no superiores a 5mg L ⁻¹
CCME, 1996	Intercambio iónico	70 a >90%	
Hernon et al.,2000	Electro deionización	>95%	
Universidad Tarapacá (2006)	Osmosis Inversa ¹⁰	>97%	

Fuente: SRH de la RA (2003); FIA (2006).

También se han definido rangos de tolerancia de cultivos según los niveles presentes de B en el extracto a saturación de suelo. Esta presencia produce factores limitantes para el desarrollo de los cultivos. Según Ortega (2006) en cantidades menores a 1 mg L⁻¹ no existe restricción para realizar cultivos sensibles¹¹ tampoco para los restantes.

En la Tabla 5 se presenta, según Ortega (2006), la clasificación de suelos según presencia de B y tipo de cultivo se puede realizar (Apéndice V, T.2).

¹⁰ Osmosis inversa y/o tratamiento de columnas de intercambio. El sistema de tratamiento está formado por una unidad de filtrado físico (anillas y cuarzo) y la unidad de abatimiento de boro, a través de las cuales una bomba impulsa el agua desde una toma (preferentemente ubicada en un estanque o en una zona especialmente adaptada del canal de riego); el agua tratada se recolecta en un estanque que abastece la red de riego. (Apéndice VII F.5)

¹¹ Ajo, Álamo, Alcaucil, Batata, Bergamota, Cebolla, Damasco, Durazno, Frutilla, Girasol, Pecan, Nogal, Peral, Limonero, etc.

Tabla 5. Clasificación de calidad de suelo según las aguas de riego.

Autor	Calidad de suelos por presencia de B		
	Sin limitaciones Muy sensibles y/o Sensibles	Mediana limitación Moderadamente sensibles y tolerantes	Con limitaciones Tolerantes y/o Muy tolerantes
Ortega (2006)	<0,5 a 1 mg L ⁻¹	1 a 4 mg L ⁻¹	4 a 8 mg L ⁻¹
Maas (1984)	<0,5 a 1 mg L ⁻¹	1 a 4 mg L ⁻¹	4 a 6 mg L ⁻¹

Fuente: Maas (1984); Adaptado de Ortega (2006).

Por último, Nable y Paul (1990) define que la toxicidad con B natural es más común en las zonas áridas y semiáridas y en cultivos que crecen en suelos formados con material de origen marino, o relacionado a la utilización de agua de riego con alto contenido de B.

II.6. El boro en la producción animal

Los animales pueden asimilar B por la ingesta y la bebida. El B ha sido encontrado en los tejidos animales, pero no parece ser que se acumule en ellos. Cuando los animales absorben grandes cantidades de B, en un periodo de tiempo corto por comer o beber de agua, los órganos reproductivos masculinos son afectados. Según Bustos-Obregón et al. (2007) estudió en varios órganos en mamíferos, principalmente órganos reproductivos y mostraron que el B induce alteraciones como vacuolización epitelial, taponamiento y atrofia del lumen testicular. En consecuencia, se concluye que el B actúa como un tóxico testicular.

También cuando los animales son expuestos al B durante la preñez, sus descendientes pueden sufrir defectos de nacimiento y fallos en el desarrollo. Smith & Anders (1989) estudiaron el efecto sobre la reproducción en ánades reales¹² alimentados con dietas suplementadas con 0, 30, 300 o 1000 mg L⁻¹ de B como ácido bórico. Los adultos fueron alimentados con esta dieta antes del apareamiento y durante la incubación de los huevos, y los patitos fueron alimentados con esta dieta después de la eclosión. En el grupo de 1000 mg L⁻¹, el éxito de los huevos fértiles para incubar y supervivencia de los polluelos se reduce significativamente y la mortalidad embrionaria fue significativamente mayor (Smallwood,

¹²Anas platyrhynchos. Es un pato de superficie muy común y extendida. Habita áreas de temperatura templada de Norteamérica, Europa, Asia y el norte de África.

1998).

Algunos peces han sobrevivido durante 30 minutos en una solución saturada de ácido bórico y pueden sobrevivir más tiempo en soluciones de bórax. Los boratos son más tóxicos para los insectos que para los mamíferos. El borano y algunos compuestos gaseosos similares son muy venenosos (Smallwood, 1998).

Según Williams et al. (2010) existen estudios sobre efectos en la salud animal por inhalación de B con resultados que permanecen en forma crónica, por vía oral que pueden producir la muerte o problemas neurológicos o cáncer y la intoxicación por vía dermal, puede afectar al sistema animal en forma aguda.

II.7. El boro en la salud humana

Los humanos pueden ser expuestos al B a través de consumo de frutas y vegetales, el agua, aire y el consumo de otros productos. Metabolizar los boratos inorgánicos por los sistemas biológicos no es factible debido a la energía excesiva que se necesita (523 kJ/mol) para poder romper la unión de boro-oxígeno (Emsley, 1989; Smallwood, 1998). Estos boratos inorgánicos, en baja concentraciones, se convierten en ácido bórico a pH fisiológico en la capa acuosa superficial de la mucosa subyacente antes de la absorción. El 90% de la dosis administrada de borato se excreta como ácido bórico. La eliminación de los boratos de la sangre es en gran medida por la excreción de >90% de la dosis administrada a través de la orina, independientemente de la ruta de administración (Smallwood, 1998).

El cuerpo humano contiene al menos 0,7 mg por kilo de peso de B obtenido del consumo de agua y vegetales. Un humano consume en su ingesta diaria unos 0,8 a 2,5 mg de B por kilo de peso. Científicamente no se ha demostrado que el B sea una sustancia considerada esencial en la dieta humana o que sea un requerimiento dietario en vertebrados e invertebrados, o al menos de la misma importancia que ocupa en los vegetales.

La exposición al B a través del aire y del agua no es muy frecuente que ocurra, pero el riesgo de exposición al polvo de B en el lugar de trabajo sí. Cuando los humanos consumen grandes cantidades de comida que contiene B, la concentración de B en sus cuerpos puede aumentar a niveles que causan problemas de salud.

Según Williams et al., (2010) los estudios que existen han identificado efectos de B

en la salud humana por inhalación con resultados que tienen consecuencias crónicas; por vía oral que producen efectos dérmicos, gastrointestinales, hepáticos, renales, neurológicos, a un nivel agudo y también efectos cancerígenos y/o muerte.

La Organización Mundial de la Salud (2014) ha estimado que el nivel aceptable de B en el agua es $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (Lubell, 2009). En Europa, los estándares locales oscilan entre $1-2 \text{ mg L}^{-1}$ y en Canadá, 5 mg L^{-1} .

Por último en la Tabla 6 se muestran los valores que establece la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la República Argentina (2003), que define la condición de calidad según fuente de provisión de agua para consumo humano en función de las concentraciones de B.

Tabla 6. Condiciones de calidad de B para consumo humano según fuente.

Fuente	Categoría por tratamiento	Condición de calidad
Superficial	Calidad apropiada Con tratamiento convencional (Waggott, 1969)	$\leq 0,26 \text{ mg L}^{-1}$
Subterránea	Calidad apropiada. para consumo directo o para cuando el uso esté condicionado a la aplicación de cloración u otra técnica	

Fuente: SRH de la RA (2003).

III. Hipótesis y objetivos del trabajo

Este trabajo partió de la siguiente hipótesis: la alta presencia de B en las aguas de los ríos que atraviesan los departamentos de Cachi y Molinos constituye una limitación con impacto en la cartera productiva agrícola de la zona.

El objetivo general del presente estudio es analizar el efecto del B en la productividad, en la diversidad agrícola, en los resultados económicos y en consecuencia en el desarrollo del valle Calchaquí.

Los objetivos específicos propuestos para llevar adelante este trabajo son:

- a) Evaluar los contenidos de B presentes en las aguas del río Calchaquí y algunos de sus afluentes destinados para riego en los departamentos de Cachi y Molinos.
- b) Analizar la gradación de toxicidad en la zona estudiada, según los niveles de B identificados en suelo y agua.
- c) Identificar el área de riego con niveles de B potencialmente tóxicos.
- d) Evaluar la posibilidad de desarrollo del área al incorporar tecnologías y medidas de mitigación que posibiliten mejorar la producción de los valles.
- e) Comparar proyectos de intervención que sean potenciales ejecutores de medidas de mitigación de los efectos del B en aguas de riego.

IV. Materiales y métodos

IV.1. Descripción de las características de la zona de estudio

IV.1.A.a El valle Calchaquí

La zona del valle Calchaquí salteño (Apéndice I) se compone de cinco departamentos y se caracteriza en valles y bolsones con oasis de riego y ganadería menor, con aproximadamente 36.227 ha. Lo integran los departamentos de La Poma, Cachi (Apéndice VII, M.B), Molinos (Apéndice VII, M.A), San Carlos y Cafayate. Comprende también, los valles prepuneños del río Calchaquí, Toro y Escoipe. Las fuentes de riego son superficiales, existen fuentes subterráneas en menor proporción. Las actividades agrícolas se realizan bajo riego sobre terrazas vecinas a los ríos o aprovechan el agua de los arroyos que bajan de la montaña hasta el río principal (Bravo et al., 2001).

La región se encuadra como de clima árido de sierras y bolsones. Tiene cumbres en el flanco occidental superior a los 5.000 msnm y con nevados de 6.000 msnm. Los valles y bolsones se adosan a la puna, en forma de escalón topográfico, constituyendo bajadas naturales de ésta. Los bolsones pampeanos ocupan un escalón más bajo y son relativamente planos con escasa pendiente. La topografía de la zona de estudio es de montaña, sólo un 3% de la superficie es utilizable con fines agrícolas. Se caracteriza por ser muy estrecha en el extremo norte, debido a la proximidad entre las sierras del este y oeste.

Según Cabrera (1994), la composición florística del Valle se encuentra en los lineamientos del dominio chaqueño y por los elementos observados pertenece a la provincia fitogeográfica “Monte”¹³. La vegetación del Valle se hace más diversa y de mayor porte en las zonas donde el agua se encuentra más cercana a la superficie del suelo, esto ocurre comúnmente en el fondo de los valles o en sitios donde naturalmente se acumula el agua de lluvia o deshielo. En la mayoría de los ambientes andinos se hallan especies aromáticas y medicinales. La flora es la típica de la formación del monte occidental xerofítico, arbustivo, leñoso y de escaso follaje (jarilla, brea, chañar, y alpataco).

Las especies de mayor porte son el algarrobo, arca, churqui, entre otras. Son una

¹³Corresponde a la región neo tropical comprendiendo: sur de Salta (valle Calchaquí), centro-oeste La Rioja, centro-oeste San Juan este de Mendoza, río Negro y Neuquén y noroeste de Chubut.

característica de la zona las poblaciones de cardones que le dan un aspecto particular al paisaje vallisto. La tala indiscriminada y los desmontes para realizar actividades agrícolas, han causado una importante disminución de especies arbóreas.

En cuanto a las especies animales aún se pueden encontrar guanaco, vicuñas y llamas y existen como una importante población que se cría en estado salvaje como cóndores, reptiles, pumas, zorros, liebres, y exóticos cotorras, roedores y burros (Bianchi y Bravo, 2008).

IV.1.A.b. La estructura geológica

La estructura geológica está constituida por un basamento cristalino de la era precámbrica que forma las cadenas montañosas a ambos lados del río. Existen sedimentos marinos del paleozoico, plegados con posterioridad. También se encuentran arcillas rojizas, amarillentas y conglomerados grises del mesozoico y cenozoico. Por último, se deposita el material de acarreo fluvial en la desembocadura de los ríos que bajan de las quebradas (Failde de Calvo y Fernández, 2007).

Las principales unidades geomorfológicas presentes son los extensos depósitos de piedemonte, constituidos por conos aluviales, bajadas y varios niveles de terrazas labradas por el río Calchaquí a lo largo de su historia geológica. Afloramientos rocosos que encierran al valle Calchaquí y en el Valle propiamente dicho, se originan geformas como conos y terrazas, por efecto de la deposición de los materiales transportados por el río y sus afluentes (Paoli, 2002).

IV.1.A.c. Los suelos

Los suelos son de textura media a gruesa, arenosos, pobres en materia orgánica, por lo tanto con baja retención hídrica, alcalinos y en situación de bajos con abundantes sales. El 4% de los suelos tienen aptitud agrícola con riego, y el resto aptitud ganadera menor.

Según el sistema de clasificación de suelos del USDA predominan suelos aptos a todo tipo de cultivos con pocas a severas limitaciones de un 0,6% a 0,8% (clase V), no aptos para cultivos de un 44% a 70% (clase VI y VII), le siguen suelos no aptos para producción agropecuaria en un 30% a 41% (clase VIII) (Vargas Gil, 1990).

En los fondos de los valles y bolsones los materiales de origen aluvional más gruesos como arenas y pequeñas rocas se depositan en las áreas cercanas a las laderas montañosas, y las arcillas en las partes bajas donde también por evaporación del agua se forman depósitos salinos. En los lugares con mayor velocidad del viento, como a las salidas de las quebradas, la erosión eólica produce acumulaciones medanosas (Bianchi y Bravo, 2008).

Según Bayón y Monti (1993), la totalidad de los suelos del valle Calchaquí pertenecen a los órdenes aridisoles y entisoles. Son suelos nuevos de poco desarrollo de perfil. En general son de tipo franco a franco arenosos, de texturas gruesas, a veces con presencia de gravilla (5 mm) y en profundidad de bloques de piedra (a los 45 cm) de hasta 40 cm de diámetro.

En general, los suelos de la zona son muy bien drenados, con elevada presencia de carbonatos y cerca del 80% con muy poca materia orgánica, menos del 2,5%.

El 85% de los suelos son limitantes en nitrógeno ($1,5 \text{ g kg}^{-1}$) y en fósforo, el 40%, son de limitación moderada para realizar cultivos. Más del 60% de los suelos son alcalinos (pH de 7 a 8). El 30% de los suelos son salinos para especies sensibles y semi-tolerantes (mayor a 4 dS m^{-1} a 25°C). Se encuentran bien provistos de potasio (mayor $0,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$) (Ortega, 2014).

IV.1.A.d. El clima

El clima es árido con gran amplitud térmica, con inviernos fríos y heladas de marzo a setiembre. Está determinado por su relieve, existiendo altos índices de radiación solar, lluvias estacionales y nevadas en las altas cumbres (Baldini y Villamayor, 2007). Las precipitaciones medias anuales de 180 a 250 mm, muy concentradas, en el verano son inferiores a los 200 mm.

En las laderas montañosas orientales al este, las lluvias en general son de tipo torrencial, las que causan un proceso de erosión de los suelos y producción de corrientes rápidas en los cauces de ríos temporarios que arrastran importantes cantidades de escombros, rocas y barros.

El hecho de que las lluvias coincidan con el período de temperaturas elevadas, determina un menor aprovechamiento del agua por el suelo a causa de la elevada

evaporación. Aunque no se dispone de registros con tomas sistemáticas, se producen algunas nevadas que aportan humedad a los suelos como consecuencia de su derretimiento. (Paoli, 2002). La temperaturas de los fondos de los valles y bolsones descienden al aumentar la altitud, oscilando las temperaturas medias, entre los 7 y 9°C en el mes más frío, y 18 a 22°C en el más cálido, con grandes amplitudes térmicas diarias y anuales (Bianchi y Bravo, 2008).

IV.1.A.e.El río Calchaquí

Este río integra la alta cuenca del Río Juramento. Nace en el nevado del Cerro Acay –al norte–, y sus aguas se utilizan para el regadío de los departamentos: La Poma, Cachi, Molinos y San Carlos.

Esta red fluvial, a lo largo de su recorrido, se alimenta de escasas precipitaciones de carácter torrencial. Las mismas caen durante los meses de diciembre, enero y febrero, con una pendiente media fuertemente accidentada del 26%. Los aportes de aguas son por cursos temporarios y no temporarios. Las aguas de las quebradas, arroyos y ríos de margen izquierda tienen menor importancia y son cursos de agua temporarios principalmente, básicamente de origen pluvial. Mientras que el lado derecho son pluviales y producto de deshielo (Paoli et al., 2011).

El río Calchaquí atraviesa un área que se caracteriza por ser una fosa tectónica de orientación norte-sur, atravesada en su totalidad por la fosa Calchaquí. Este río tiene aguas todo el año al igual que el resto de sus afluentes que se describirán en este trabajo.

En relación a la información hidrométrica registrada en la zona, solo proviene del río Calchaquí, de estaciones de aforos que funcionaron hasta el desmembramiento de la empresa Aguas y Energía Eléctrica de la Nación (AyEE). Estas estaciones se ubicaron en el departamento de San Carlos e indican la superficie ocupada por la cuenca hasta el nivel de cada estación de aforos. Ahí se puede observar un caudal medio o módulo del río de 7,07 a 8,54 m³/s (Tabla 1).

Por otro lado existen datos de los años 1977 a 1979 de aforos tomados mensualmente, de la estación de Cachi¹⁴, resultando un caudal medio, en época de estiaje, de 1,8 m³/s. El

¹⁴ Proyecto NOA hídrico. Aforos mensuales con molinete y lectura diaria.

caudal medio de crecidas y medio de estiaje es muy variable (Salusso, 2005).

Tabla 7. Registros disponibles del río Calchaquí.

Río	Superficie en Km ²	Modulo en m ³ /s	Derrame en Hm ³ /año	Potencia cuenca en l/s/km ²	Lugar de aforo
Calchaquí	10.500	8,54	299,87	0,8	Las flechas
Calchaquí	13100	7,04	222,01	0,5	Los sauces

Fuente: AGAS (1996) Paoli (2002). Est. "Las flechas" de 1946 a 1954 y Est. "Los Sauces" de 1930 a 1959.

En la Tabla 8 se puede observar el caudal de las derivaciones del río Calchaquí medido en distintas tomas de Cachi y Molinos, variando de 80 a 100 l/s. Esta variación se debe que de norte a sur tiene varios afluentes que proveen aguas abajo producto de deshielo y lluvias de verano.

Tabla 8 Derivación de Rio Calchaquí. Departamento de Cachi y Molinos.

Río	Toma	Caudal* (l/s)
Calchaquí	El Colte de Seclantás	80
	El Molino	80
	Montenueva y Pichanal	100
	El Molino y El Monte	100
	El Churcal	100
	La Banda Grande	100

Fuente: AGAS (1996). Paoli (2002) *Caudales derivados por Toma o canal de Riego

También existe información de relevamiento de Administración General de Aguas de Salta (AGAS) de las distintas áreas regadas en el sistema de Cachi Adentro con aguas de riego de provisión permanente y de forma eventual de los afluentes del río Calchaquí según información disponible en el año 1996 (Tabla 9).

Tabla 9. Sistema de riego permanente (PP) o eventual (TE) según fuente y área.

Sistema	Fuente de agua	Superficie bajo riego (ha)	
		PP	TE
Cachi Adentro	Arcas	610	8
	Trancas	575	7
	Cachi	131	16
Brealito	Brealito	370	-
Molinos	Luracatao	1000	-
	Molinos	555	-

Fuente: AGAS (1996); Paoli (2002).

El recurso hídrico subterráneo (RHS) es cargado por las aguas de los ríos en los Valles y son el recurso más importante. Según Kleine-Hering (1999) existe disponibilidad (RHS) y calidad según zonas. En la zona de Payogasta, La Paya, Cachi Adentro el potencial de explotación del RHS es muy limitado. En cambio en las áreas de riego de Cachi, Seclantás y Molinos, cercano a las márgenes del río Calchaquí, el área está conformada por potentes depósitos cuaternarios que albergan importantes acuíferos.

Estas aguas subsuperficiales son utilizadas para consumo humano y riego. En la Tabla 10, se ve como es el suministro de agua potable para los habitantes radicados en las principales localidades del Valle. Estas aguas para consumo humano tienen un tratamiento de decantación, filtración y cloración solamente.

Tabla 10. Suministro de agua para consumo humano en los departamentos de Cachi y Molinos.

Localidad	Departamento	Habitantes por localidad	Fuente	Producción diaria m ³	Tratamiento
El Monte	Molinos	255	-	180	D.F.C.*
Cachi	Cachi	1550	Subterráneo	1050	D.FC.
San José	Cachi	70	-	50	D.F.C.
Escalchi	Cachi	70	-	40	D.F.C.

Fuente: Aguas de Salta S.A. (1994); Paoli (2002). *Decantación-Filtración-Cloración

IV.1.B.a. Los departamentos de Cachi y Molinos

Los departamentos de Cachi y Molinos (Apéndice VII M.A y M.B), son integrantes del valle Calchaquí Salteño y se encuentra en la zona centro. A esta región la denominaremos valle Calchaquí salteño centro (VCSC). Están administrados políticamente por cuatro Municipios. El departamento de Cachi que lo integra las municipalidades de Payogasta¹⁵ y de Cachi¹⁶ y el departamento de Molinos por las municipalidades de Seclantás¹⁷ y de

¹⁵El Municipio de Payogasta con los parajes de: Palermo, Tonco, Puil, Bella Vista, Buena Vista, La Ciénaga, El Saladillo, Pucará, Punta de Agua, Ojo de Agua, Cortadera, Quipón, San Jerónimo, abarcando una población de 845 habitantes.

¹⁶ El Municipio de Cachi, lo integra al Pueblo e incluye los parajes de San José, Vallecito, Escalchi, Rancagua, la Paya, Cachi Adentro, Las Pailas, Algarrobal, Santuario, De las Arcas, Fuerte Alto, Las trancas, San Miguel, La Hoyada, Ciénaga, Encrucijada y El Barrial. Abarcando una población de 5.340 habitantes.

¹⁷En el Municipio de Seclantás, ya en el Depto. de Molinos, incluye la localidad de Seclantás y los parajes de Pichanal, Montnieva, La Bolsa, el Monte, San Isidro, El Colte, Seclantás Adentro, Brealito, tiene un total de 1275 habitantes y también la finca Luracatao: la Puerta y los parajes de Cóndor Huasi, Alumbre, La sala- Luracatao, Buena esperanza,

Molinos¹⁸ (PReT de Valles Áridos de la EEA INTA 2013) (Apéndice I) (Figura 3).

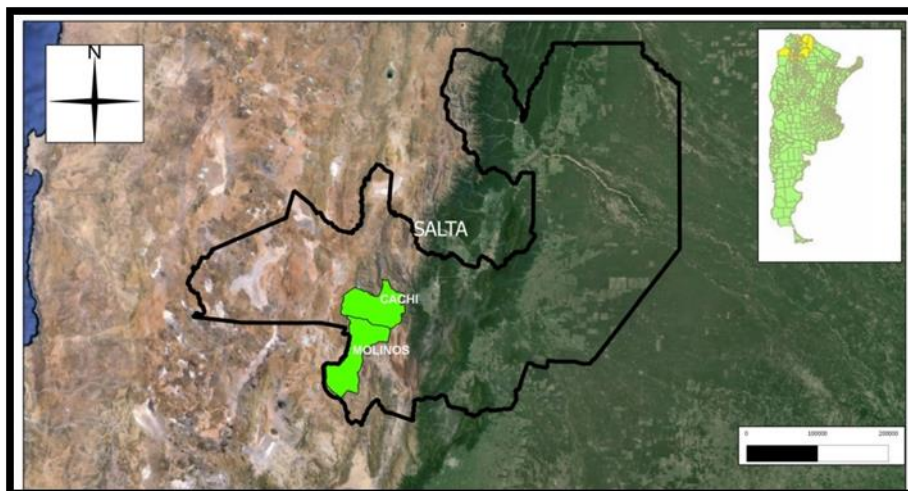


Figura 3. Provincia de Salta y el valle Calchaquí salteño centro.
Fuente: Elaboración propia

A esta región se puede acceder por medio de la red vial provincial y nacional y por vía aérea, por una pista ubicada a las márgenes del pueblo de Cachi. La red vial sale desde la ciudad de Salta por la Ruta Nacional N° 68 hasta tomar la ruta provincial N° 33. Pavimentada hasta el inicio de la cuesta del Obispo, continúa sin pavimentar hasta la cima de ésta y se llega a las localidades de Payogasta y Cachi, distante unos 157 km de Salta. En este punto se conecta con la Ruta Nacional N° 40 que la recorre íntegramente de norte a sur, como un eje troncal constituido en la que confluyen las restantes rutas provinciales.

IV.1.B.b. La población

La población del VCSC está compuesta por 12.967 habitantes, de acuerdo al último Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda INDEC (2010). Estos representan el 1% de la población provincial. En esta región los habitantes se han ido asentando en las márgenes de los ríos, formando pueblos y ciudades y conformando oasis de riego para la producción, rodeados por un amplio desierto y montañas.

La cantidad de habitantes es estable. Entre los censos 2001 a 2010 no hubo una alta

Churquiu, Cabrería, Patapampa, Cieneguilla, Cuchiyaco y La laguna, con un total de habitantes de 2.800

¹⁸En el Municipio de Molinos se organiza en torno a la localidad de Molinos e incluye los parajes de Gualfín, Humanaos, Tomuco, Colomé, San Lucas, Amaicha, Tacuil, Rumibola, Angostura, las Tres Torres, la banda Grande, El Churcal, Aguadita, La Esquina, Entre Ríos y Pucarilla. Tiene un total de 2.376 habitantes.

variación en el número de personas, comparada con la provincial. En la Tabla 11, se ve que Cachi y Molinos, tienen valores de 0,5% a 1,6% de variación relativa, es decir que tuvieron pocos movimientos migratorios.

Tabla 11. Variación de la población censada entre 2001 a 2010.

Departamento	Población		Variación relativa (%)
	2001	2010	
Total	1.079.051	1.214.441	12,5
Cachi	7.280	7.315	0,5
Molinos	5.565	5.652	1,6

Fuente: INDEC. Cifras definitivas del CNPHyV 2001, y del CNPHyV 2010.

Esta área tiene características de contar con una población rural mayoritaria. Se puede observar (Tabla 12) que existe un gran número de familias radicadas en área rural y un bajo número en zona urbana. Resultando ser inversa la proporción a nivel provincial.

Tabla 12. Cantidad de población de VCSC Urbana, Rural y dispersa.

Departamento/provincia	Urbano	%	Rural agrupado ¹⁹ y disperso	%
Total VCSC	2616	11	10.351	79
Total de la P. Salta	1.057.951	87	156.490	13

Elaboración propia. Fuente INDEC, CNPHyV2010.

Los VCSC tiene un valor porcentual alto de personas con necesidades básicas insatisfechas (NBI) los valores para Cachi son de 22% y Molinos de 27% respectivamente. Se observa dentro la provincia valores mayores al promedio provincial (19%) INDEC (2010). Según Pais, (2011) Esta región se caracteriza por una polarización entre los propietarios de los recursos y el resto de la población, mayoritariamente rural y muy pobre. La región es de precariedad y pobreza rural generalizada.

En cuanto a servicios sanitarios para los habitantes de VCSC, los valles tienen falta de infraestructura sanitaria. La provisión de agua, fuera de las viviendas y desde afuera de su terreno, es de un 41% para los habitantes de Cachi y un 48% para los habitantes de Molinos. Es decir estas poblaciones recurren a la recolección de agua mediante los recursos:

¹⁹Poblaciones que no llegan a 2000 habitantes.

lluvia, río, canal, arroyo o acequia para este fin INDEC (2010).

En el caso de la salud²⁰ cuentan con tres hospitales: en Cachi, Seclantás y Molinos y un programa atención primaria de la Salud APS atendida con agentes comunitarios no profesionales.

Existe un movimiento de organizaciones formales de pequeños y medianos productores que son de índole gremial, como los consorcios de riego, centros vecinales y las asociaciones civiles vinculadas a los derechos de los pueblos originarios y también las económicas-sociales que son las cooperativas agropecuarias, las asociaciones y mutuales.

El valle Calchaquí se ha convertido en una oferta turística de Salta a partir de la década de los '90, referenciando a Cachi como el principal centro atractivo. Este desarrollo favoreció la apertura de numerosos servicios como hoteles, algunos con un alto grado de excelencia en el ramo, restaurantes y casas de comercio de productos artesanales regionales.

Esta zona fue incorporada dentro de una política provincial, con alta afluencia de turismo nacional e internacional. Por todo esto, algunos campesinos se han organizado en una red de turismo que les permite tener un trato directo con el visitante. La oferta campesina consiste en la posibilidad de compartir la vida cotidiana con la familia, venta de artesanías, recorridos por lugares de interés, etc.

IV.1.B.c. Estructura agraria

Las explotaciones agropecuarias (EAPs) con límite definido, que son las que se ubican a las orilla de los ríos y son de producción agrícola (Apéndice X, A y C), eran representadas por 731 EAPs. El total de explotaciones, para los dos departamentos, es de 1.236. Asimismo, las explotaciones sin límite definido, representaron una proporción alta en los dos departamentos. En Molinos la proporción es mayor. Estos valores altos son coincidentes con el valor provincial (46%) INDEC (2002) (Tabla 13).

²⁰En el Valle no existe sede de Instituto Nacional de Servicios Sociales para Jubilados y Pensionados (PAMI-Programa de Atención Médica Integral). El programa primeros años no actúa en los valles y si el programa nacional de seguridad alimentaria con los proyectos Agua en Cachi y Molinos.

Tabla 13. Cantidad de EAPs con y sin límite, según departamento.

Departamento	Total EAP	EAP con límites definidos	EAP sin límites definidos	s/lim/total (%)
Cachi	680	416	264	36%
Molinos	556	315	241	63 %
Total	1236	731	505	41%

Fuente: Elaboración propia. Nota: el período de referencia del CNA 2002 es el comprendido entre el 1° de julio de 2001 y el 30 de junio de 2002. INDEC (2002).

En la Tabla 14 se ve la distribución de las explotaciones agropecuarias con su superficie definida en los valles. Existen 7 explotaciones con el 97% de la superficie y 724 EAPs con un 3% de la superficie restante (11.611 ha) INDEC (2002).

Tabla 14. Cantidad y superficie de las explotaciones agropecuarias con superficie definida, clasificadas por escala de extensión y departamento, 2002.

Estratos por ha	Total	Hasta 1 ha		+1 a 5 ha		+5 a 25 ha		+25 a 100 ha	
Departamento	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha
Cachi	416 28.264	65 54	244 783	93 773	10 467				
Molinos	315 401.347	63 44	183 489	57 557	0 0				
Total	731 429.611	128 98	427 1272	150 1330	10 467				

Estratos por ha	+100 a 200 ha		+200 a 400 ha		+400 a 1000 ha		+1000 a 5000 ha		+5000	
Zona y departamento	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	EAPs Ha	
Cachi	1 120	0 0	0 0	1 1066	2 25.000					
Molinos	2 320	2 550	1 485	2 5903	5 393.000					
Total	3 440	2 550	1 485	3 6969	7 418.000					

Fuente: Elaboración propia en base a tabulados finales del CNA INDEC (2002). DGE Salta.

También se encuentra que el 96% de las explotaciones totales de los VCSC son de 25 ha. a menor dimensión. De esta manera se puede inducir una característica y es que la región está compuesta de un alto porcentaje por pequeños agricultores. En toda esta zona predomina el latifundio combinado con minifundio.

En relación al régimen de tenencia de la tierra, de las 418.000 hectáreas que abarca los dos departamentos, el 99% es de propiedad y en menor grado sucesión indivisa. Existiendo solo un 1% con las demás formas de tenencia: arrendamiento o aparcería o contrato accidental u ocupación. INDEC (2002).

IV.1.B.d. Actividad agrícola

En los VCSC, la superficie implantada es de 2.608 ha, destinada a la actividad agrícola. En la Tabla 15 se observa que el departamento de Cachi tiene mayor implantación en todos los rubros, esto se debe al mejor acceso por la red vial al mercado de Salta, que hace más accesible el comercio fuera de los valles.

Se produce cereales para grano, legumbres, principalmente el poroto pallar, hortalizas y aromáticas destinadas para el mercado fuera de la región. En cuanto a la producción de forrajes, se realiza por igual en los dos departamentos. Esto se debe a que es una zona con una alta carga de ganado en el territorio. Esta producción forrajera tiene mayormente destino de venta en el Valle y para consumo de animales. Las producciones más rentables son la de pimiento para pimentón, hortalizas y la actividad vitivinícola que ha crecido considerablemente.

Tabla 15 Superficie implantada de las EAP con límites definidos, por grupo de cultivos, según departamento y período de ocupación.

Depto. /prov.	Período de ocupación	Superficie implantada por grupo de cultivos							
		Total	Cereales para grano	Legumbres	Forrajas anuales y perennes	Hortalizas	Aromáticas, medicinales y condimentarias	Frutales	Viveros, Bosques y montes
Cachi (A)	Total	1.639	80,3	176,8	691,1	317,7	332,2	40,3	1,1
Molinos (B)	Total	969	64,8	15,7	486,8	208,5	65,0	112,6	15,5
VCSC (A+B)	Total	2608	145,1	192,5	1177,9	526,2	397,2	152,9	16,6

Fuente: elaboración propia. Nota: el período de referencia del CNA 2002 es el comprendido entre el 1° de julio de 2001: INDEC (2002).

Esta zona tiene características óptimas para las aromáticas y la producción de pimiento para pimentón es la especialidad de la zona. En Molinos y Cachi se realiza también otra aromática principal que es el comino. También se produce orégano en Cachi y Molinos, y algunos productores plantan anís (Molinos) (INDEC, 2002).

La producción hortícola en fresco, la integran: pimientos, tomate, cebolla, choclo, zanahoria, papa, haba y zapallito. Estas se producen en los dos departamentos y en menor medida se cultiva acelga, ajo, chaucha y lechuga. Cachi posee la mayor superficie implantada (317 ha). Molinos es más diversificada con melón, perejil, repollo, sandía, zapallo anco.

Todas estas producciones destinadas para abastecer el mercado local INDEC (2002).

La zona es apta agroecológicamente para la producción de frutales, sin embargo, existe poca producción relativa. Molinos tiene mayor implantación donde se han desarrollado viñedos para la industria del vino. En los últimos años se ha expandido la inversión vitivinícola llegando incluso al departamento de Cachi con nuevos emprendimientos destinados a la producción de vinos de altura (País, 2011).

La implantación existe en diferentes oasis de riego. Cachi tiene 40,3 ha y Molinos 112,6 ha. Existen hectáreas implantadas con tuna (frutal característico de zona árida) y la encontramos en los dos departamentos. También hay presencia de frutales de carozo como el cuaresmillo²¹, en menor medida manzano y peral. Existen higueras y damascos en Molinos. El nogal se desarrolla en zonas características: en Cachi Adentro regado por el río Las Arcas, en Seclantás Adentro regado por el río Brealito, y en Refugio regado por el río Cuchiyaco (Tabla 16).

Tabla 16. Frutales. EAP con límites definidos. Superficie implantada por especie según departamento y cantidad de plantas en el total de la provincia.

Departamento	Total	Vid		De Carozo	Tuna	Nogal
		De mesa	Vinífera	Otros duraz.		
Hectáreas (ha)						
Cachi	40,3	11,6	2,9	10,9	0,5	11,6
Molinos	112,6	16,6	63,1	14,2	1,6	15,7
Salta	11.447,0	131,1	1.755,4	199,0	79,1	151,3

Nota: el período de referencia entre el 1° de julio de 2001 y el 30 de junio de 2002. Fuente: INDEC (2002).

IV.1.B.e. Existencias ganaderas

En los valles la agricultura se complementa con la cría de animales. El sector ganadero está representado por la cría de bovinos, equinos, ovinos, caprinos y porcinos. La mayor parte de los productores posee una reducida cantidad de hacienda caprina, ovina y, en algunos casos, vacuna. El ganado es alimentado gran parte del año en campos comuneros o en campos privados donde el campesino²² debe pagar un canon por pastaje (País, 2011).

²¹Durazno típico de la zona que se utiliza en comidas y postres regionales.

²²La explotación campesina familiar es una unidad de producción agrícola donde la propiedad y trabajo están íntimamente ligados a la familia.

La Tabla 17 muestra la existencia ganadera a junio 2002. Se observa que la cantidad de ganado bovino criado en los valles es un porcentaje menor al 1,6% de la producción provincial. Este bajo porcentaje y la distancia a los mercados, explica el destino de su producción al comercio interno, mayormente. También se puede ver cómo en Molinos se destaca la producción en cantidad de cabezas de bovinos.

Mientras que en caprinos es similar en los dos departamentos, con 12.694 cabezas en total en Cachi y 16.096 cabezas en Molinos. Un atributo de los sistemas caprinos tradicionales es el porcentaje de hembras jóvenes que representa un indicador de su idiosincrasia (economía de “ahorro”) valor que significan las majadas para los campesinos (Paz, 2002). Es relevante observar que en las explotaciones sin límites definidos es donde más se realizan las producciones ganaderas.

Tabla 17. Cantidad de EAPs con ganado y número de cabezas, por especie según departamento y total provincial.

Depto./Salta		Bovinos			Ovinos			Caprinos		
		Total	EAP		Total	EAP		Total	EAP	
			C/ lím def.	S/ lím. Def.		C/ lím def.	S/ lím. Def.		C/ lím def.	S/ lím. Def.
Total	EAP	5.496	1.812	3.684	2.649	637	2.012	2.834	587	2.247
	Cab	493.804	334.831	158.973	160.782	26.861	133.921	197.347	42.525	154.822
Cachi	EAP	97	23	74	210	43	167	187	18	169
	Cab	1.351	371	980	7.116	1.366	5.750	12.694	884	11.810
Molinos	EAP	138	41	97	191	49	142	200	24	176
	Cab	5.126	2.770	2.356	6.529	1.437	5.092	16.095	1.371	14.724

Nota: la fecha de referencia del CNA para determinar las existencias ganaderas es al 30-6-02 INDEC (2002).

Estos departamentos también realizan cría de otras producciones ganaderas como los equinos, asnales y mulares y los auquénidos–llamas y vicuñas. Estos últimos representan un porcentaje muy bajo de la producción provincial. Pero, a diferencia de las principales producciones ganaderas, la actividad se concentra más en las EAPs con límite definido. Sólo menos del 7% de las EAPs sin límite definido se dedicada a la cría de auquénidos, debido a la incorporación de esta actividad a los servicios de turismo para cabalgata, y las llamas y las vicuñas a la visualización como animal característico de la zona.

IV.1.B.f. Tecnología para la producción

Por su clima árido los valles dependen del uso de riego para la producción. La mayoría de las hectáreas regadas son con uso de riego gravitacional, existe muy poca presencia de otras técnicas de riego, como por goteo, aspersión, etc. (Tabla 18). Las Tomas de los ríos y las canalizaciones para riego, por donde circula el agua hacia las áreas a regar, no son revestidas con material impermeable y necesitan mantenimiento permanente. Existen problemas importantes con la gestión del riego (Bianchi y Bravo, 2008), también hay carencia de información acerca de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, falta de cartografía básica de los sistemas de riego, etc.

Tabla 18. Riego. Superficie efectivamente regada, por tipo de sistema, según departamento.

Departamento	Total	Gravitacional	Localizado Goteo
		Hectáreas	
Cachi	1.633,6	1.632,6	1,0
Molinos	944,7	944,7	-

Nota: el período de referencia del CNA 2002 es el comprendido entre el 1° de julio de 2001 y el 30 de junio de 2002. Fuente: INDEC (2002).

Con respecto a la provisión de agua por pozo y bomba para riego de acuerdo al censo 2002 (INDEC, 2002) no hay en la zona. Pero, según información del laboratorio de suelos, agua y fertilizantes (LabSAF), de la EEA Salta, con fecha posterior a este censo, los productores declararon contar en los formularios de análisis de agua con pozos con bomba para riego en Molinos, en Banda Grande, y en Cachi, en Finca San Rafael (LabSAF, 2014).

El VCSC representa 3 jurisdicciones con 1167 usuarios que riegan una superficie de 6871 ha en forma permanente y 81 ha en forma eventual. La provincia cuenta con 8071 regantes registrados en la actividad agropecuaria, con 153.939 ha bajo riego de ejercicio permanente, y 107.813 ha, bajo riego de ejercicio eventual. Esto representa el 17% de los regantes de la provincia según Secretaria de Recursos Hídricos (Ortiz de Urbina, 2009).

Según el INDEC (2002), la mayor proporción del parque de maquinaria autopropulsada en los valles tenía una antigüedad mayor a 15 años. De las 731 EAPs con límites definidos, solo el 77% poseían 104 tractores. Esto indicaba por ese entonces que existía poca inversión en herramientas para uso agrícola en el área.

En cuanto a los implementos de labranza, el 65% de las EAPs poseían implementos de trabajo. Está en primer lugar el arado manquera (266) y arado y vertedera (9). La presencia de cincel para la labranza es baja (15) comparado con el total de las explotaciones, esta herramienta es importante para producir mayor infiltración subsuperficial. Por último solo en Molinos existen 5 sembradoras en solo 3 explotaciones INDEC (2002).

IV.1.B.g. Los servicios de comunicación

En los valles incorporaron en la década del 90, líneas telefónicas con centrales automáticas en Seclantás y Cachi. También se incorporaron en los parajes de serranía algunas cabinas en puntos de la línea telefónica como en Escalchi, pero la más usada de las comunicaciones está relacionada con los puestos sanitarios que cuentan con radios VHF y también servicio de telefonía móvil. Se complementa la comunicación con otros medios, como las emisoras de radio FM (aproximadamente unas 10) y televisión por cable en Cachi, así como TV satelital. En los establecimientos bancarios existe red radioeléctrica, también en la Policía provincial, delegación del Ministerio de Bienestar Social; Correos y Telégrafos de las localidades más importantes. Existe en Cachi una sucursal de un banco privado con cajero automático, este último, también en Molinos y Seclantás.

Se dispone de empresas de transporte que acceden a la zona, compuesta por una línea de colectivos con frecuencia diaria y vehículos de servicio colectivo particulares (remís y combis) de puerta a puerta. En lo que respecta al tramo que une el departamento de Molinos con San Carlos, no se cuenta con ningún tipo de servicio de transporte. En cuanto a servicios sanitarios, cerca de los poblados existen obras de desagües y cloacas realizadas en los últimos tiempos, no así en los parajes de la serranía, donde habita la mayor parte de la población y son vertidas al río sin tratamiento.

IV.1.B.h. Energía

En los departamentos de Cachi y Molinos existe una central generadora de energía aislada en Cachi, equipada con motogeneradoras tipo diésel que abastece, a través de líneas de media tensión, a las localidades de Payogasta, San José de Cachi, Seclantás y Molinos. El eje de la traza de infraestructura de redes de media tensión acompaña a la traza de la Ruta Nacional N° 40, en el tramo Payogasta-Molinos. La energía eléctrica disponible sólo se encuentra en los pueblos y en algunas comunidades aledañas a estos, en la mayoría de las

comunidades de serranía no disponen de recurso energético. En los años 90 aumentó la disponibilidad de paneles solares, resolviendo limitadamente el problema de la energía. No existe red de gas natural, por lo que las familias deben disponer de garrafas, en el mejor de los casos. La mayoría de la población cocina y se calefacción a través del consumo de leña.

IV.1.B.i. Área de riego bajo estudio

El área de riego estudiada comienza siguiendo el curso del río Calchaquí, desde el norte al límite con La Poma, desciende hacia el sur, pasando a las orillas del pueblo de Payogasta, continuando hacia el Pueblo de Cachi (Apéndice IX, F5). Aquí se suma, por el oeste, las aguas del río Cachi que es la unión de los ríos Las Arcas y el río Las Trancas, al primero lo alimentan los ríos Las Pailas y Salvia. Este conjunto de ríos conforman el paraje Cachi Adentro, de gran desarrollo agrícola-frutal en la región. Estos cursos de agua provienen de la Quebrada de las Conchas, de la Quebrada de las Arcas y de la Quebrada de las Cuevas, tienen sus nacientes en zona de hielo permanente.

El río Calchaquí continúa hacia el sur, en el departamento de Molinos, recibiendo las aguas por el oeste del río Brealito (Apéndice IX, F4). Este río riega un área muy agrícola frutal que recibe el nombre Seclantás Adentro, tiene características de alta productividad y buenas condiciones agroecológicas para la producción. Continuando hacia el sur pasa por el pueblo de Seclantás (Apéndice IX, F6) y más al sur vierte sus aguas el río Molinos que es la conformación del río Angosto de Amaicha y el río Luracatao.

El río Luracatao, ubicado al oeste del río Calchaquí, tiene su nacimiento en el departamento de Cachi y su mayor área productiva está desarrollada en departamento de Molinos. Este espacio es dedicado a la ganadería y a la producción de forrajes y en menor medida a la horticultura. Posee cuatro parajes muy poblados, determinados por los conglomerados de casas cercanos a las escuelas de: Alumbre, La Sala (Apéndice X, FC), La Puerta y Refugio. El río Luracatao es el más importante, de régimen permanente, con derrame anual considerable, mayor longitud y una cuenca que abarca una superficie de 151.000 ha (Baldini, 2007) (Figura 4).

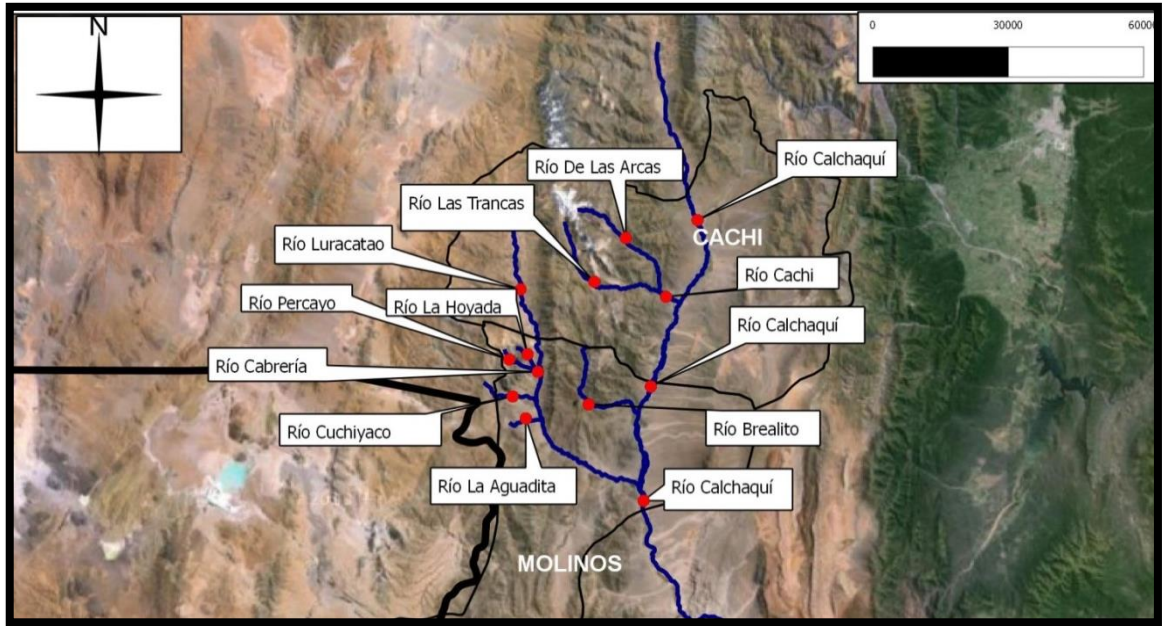


Figura 4. El río Calchaquí y sus afluentes en los departamentos de Cachi y Molinos.
Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo el curso del río Luracatao, hacia el sur, desde el límite con Cachi, pasa por Alumbre y desciende con sus aguas llegando al pueblo de La Puerta. Posteriormente, por el oeste, desembocan las aguas del río Cabrería, que es alimentado por los ríos La Hoyada y Percayo (Apéndice X, F.A), Continuando hacia el sur encontramos el Paraje El refugio (Apéndice IX, F.3), área similar a Seclantás Adentro, agrícola y frutal, que es regado por las aguas del río Cuchiyaco. Este último vierte sus aguas al Luracatao por el oeste. Siguiendo hacia el sureste, camino hacia el pueblo de Molinos, encontramos el río La Aguadita, que es un curso de agua que proviene de la Quebrada de El Pozo y este último vuelca sus aguas en el Luracatao.

IV.1.C. Las transformaciones para la innovación tecnológica de los valles Calchaquí salteños

Los valles Calchaquí salteños han tenido la característica de lugar aislado a pesar de estar a corta distancia de la ciudad principal (157 km a Cachi) y ha desarrollado un proceso de desarrollo más lento a los avances provinciales (Apéndice II). Esto podría atribuirse a su ubicación geográfica²³, a su dificultoso acceso²⁴, a su estructura económica social²⁵ y/o a su gobernabilidad política²⁶ que le dio características particulares a esta región, sin embargo, con las mismas características La Quebrada de Humahuaca, en Jujuy, tiene un desarrollo más avanzado. Para el INTA esta zona pertenece a la zona extra-pampeana y en la difusión de tecnología, ha tenido, desde su creación, intervenciones aisladas al igual que la política provincial.

Sin embargo, en los valles, en los años '70 comienzan a actuar e intervenir programas y a realizarse acciones para el desarrollo de la población rural, como en todo el país, uno que podemos señalar es el del proyecto de la Campaña Mundial contra el Hambre de la Dirección de Promoción y Asistencia a la Comunidad dependiente del Ministerio de Bienestar Social Provincial, que sostenían el trabajo de promoción y asesoramiento en los valles. Éste tuvo una acción importante, en el Departamento de Molinos, en el paraje El Churcal. El programa permitió que un grupo de trabajadores campesinos sin tierra asesorados por la FUSTCA²⁷, en el año 1973, conformaran una cooperativa de trabajo y producción con acceso a la tierra y comenzaron un proceso productivo acompañado hasta el año 1976²⁸ (Cieza, 2008).

También otra acción, fue en el año 1979, donde la gobernación provincial²⁹ creó una

²³ Valle inter-montano aproximadamente a los 2.000 msnm.

²⁴ Para llegar hay que atravesar los 3800 msnm por la cuesta del Obispo ruta provincial que comenzó su pavimentación a partir de finales de la década de los noventa. Por otro lado, esta zona es atravesada por la ruta nacional N.º 40, que no está asfaltada en Salta.

²⁵ Las estructuras agrarias de los valles van desde relaciones de sometimiento, pasando por un vasto sector de arrendatarios, hasta llegar al campesinado libre y con ciertas posibilidades de acumulación y propietarios latifundistas y de Pymes agropecuarias.

²⁶ Fenómenos de enfrentamiento político entre líneas de un mismo partido que utilizan el organismo estatal y las ONGs para competir desautorizando la institucionalidad del Estado.

²⁷ Federación Única de Sindicatos de Trabajadores Campesinos y Afines.

²⁸ Año de comienzo del último golpe militar en la Argentina con gran impulso a políticas neoliberales.

²⁹ Gobierno de facto (1976-1983)

cooperativa en Cachi con el objeto de mejorar la comercialización de los pequeños y medianos productores de la zona. El gobierno no quiso subsidiar a la cooperativa y dio créditos por el banco provincial ignorando esta información los pequeños productores, quedando los mismos endeudados. Paralelamente se creó la junta provincial de pimentón y especias, por un sector del gobierno con el fin de regular el mercado, acaparando la comercialización del producto Pimiento para Pimentón y dos años después los productores no habían podido levantar los documentos de deuda porque la junta no pudo vender el pimiento elaborado (Basco y Álvarez, 1988).

“Con el retorno de la democracia, en el año 1984, se volvió la mirada hacia este sector (campesino) y de pronto se descubrió una problemática prácticamente desconocida, tanto desde la esfera política como desde los espacios académicos y de investigación, como es el caso de las Universidades” (Pais, 2011).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (SAGyP) emprendió el programa de apoyo a los pequeños productores del norte argentino. En este marco, en la provincia de Salta surgió el proyecto de pequeños productores de Cachi, donde el INTA participó en el trabajo de diagnóstico conjuntamente con la SAGyP, el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA), el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y la Secretaría de Asuntos Agrarios de Salta (SAAS).

A partir del año 1985, las instituciones participantes, comprometen un presupuesto, que en el caso del INTA, está destinado al componente generación y transferencia de tecnología (Salvador, 1988).

En el año 1988 se realiza un convenio entre el INTA y el Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación y el proyecto de INTA se enmarca, junto a once proyectos más extra-pampeanos, en la Unidad de Planes de Investigación y Extensión para productores Minifundista del INTA³⁰. Se instala una oficina técnica en Cachi con un técnico a medio tiempo y un vehículo para trabajar con la Asociación de Pequeños Productores Agropecuarios de Cachi (A.P.P.A.C.) en la parcela demostrativa donada por el gobierno provincial en 1987 (INTA, 1986). Según Basco y Álvarez et al. (1988), “resulta interesante

³⁰Creada en 1987 por el INTA para trabajar con los proyectos de desarrollo con los productores minifundistas y continua sus acciones desde 2003 en el Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Sustentable PROFEDER.

marcar esta política de un ministerio claramente asistencialista por definición, que vuelca su apoyo a los sectores rurales de menores ingresos a través de un organismo tecnológico y apuntando a acciones de desarrollo y no de bienestar³¹. Estas acciones duraron hasta comienzo de los años noventa.

En la década del año `90 se acelera fuertemente el proceso de concentración de la tierra (Basualdo y Teubal, 1998) e intensificación de la actividad agrícola tanto en la pampa húmeda como en regiones extra-pampeanas (Noroeste y Noreste). El gobierno nacional a principio de la década de los noventa, a través de la SAGyP, crea el Programa Federal de Reconversión Productiva para la pequeña y mediana empresa Agropecuaria (Cambio Rural)³² y Programa Social Agropecuario (PSA)³³ y, por otro lado, el INTA, con financiamiento del Ministerio de Salud y Acción Social, crea el Proyecto Pro Huerta³⁴, teniendo el instituto la responsabilidad técnica del primero y el tercero, y de los tres la administrativa.

El PSA³⁵ y el Pro Huerta³⁶ con baja infraestructura³⁷, desarrollan una cobertura en los dos departamentos, mayoritariamente en Cachi. Desde el año 1992 comenzó a operar en el territorio provincial el Proyecto de Desarrollo Agroforestal en Comunidades Rurales del NOA³⁸, este Proyecto intervino en distintas zonas de la provincia con propuestas de forestación y manejo del bosque para indígenas y campesinos (Pais 2011) este proyecto fue financiado por GTZ³⁹. También algunos políticos crearon ONGs con objetivos de desarrollo como la Fundación Calchaquí vinculada al municipio de Seclantás y Amanecer vinculada al

³¹ Welfare.

³² Destinado a productores con características de pymes agropecuarias ofreciendo asistencia técnica grupal, capacitación y financiamiento (etapa que nunca se ejecutó).

³³ Destinado a pequeños productores en asistencia técnica grupal, capacitación y financiamiento por créditos y subsidios.

³⁴ Destinado población con necesidades bajas insatisfechas principalmente, y en la seguridad alimentaria ofreciendo capacitación asistencia técnica y un kit de semillas para la realización de la huerta familiar y también un plantel de pollitos bebes para la cría y alimentación familiar

³⁵ En 2008 pasa integrar la Subsecretaría de Agricultura Familiar de la SAGPyA.

³⁶ Este programa y Cambio Rural pasa integrar en el 2003 el programa PROFEDER.

³⁷ Solamente en la ciudad capital y en territorio contratando técnicos privados con el pago por el uso de sus vehículos para movilizarse.

³⁸ Objetivo trabaja con comunidades (planificación de actividades agroforestales), investigación y experimentación, coordinación institucional, programas de educación forestal, comunicación, capacitación y redes de cooperación

³⁹ La GTZ es una sociedad de responsabilidad limitada sin fines de lucro, propiedad del gobierno de la República Federal Alemana.

Municipio de Cachi. También, en el 1994, se desarrolló en el Valle el Programa Agua Potable a Pequeñas Comunidades (APAPC) destinado para la Comunidad educativa y productiva para uso de excedentes de agua (Bayón y Monti, 1993).

A partir del año 1998 el INTA inicia un proyecto de la Unidad de Planes de Investigación y Extensión para productores Minifundista⁴⁰, en el departamento de Molinos, en el municipio de Seclantás e instala una oficina en convenio de la Municipalidad en presencia del presidente del Consejo Local Asesor⁴¹ de la EEA Salta, creando la Agencia de Seclantás con responsabilidad de accionar en los departamentos de La Poma, Cachi y Molinos. Asimismo la cooperación alemana⁴² (GTZ), definió una segunda etapa del proyecto apoyó financieramente a las ONGs que participaron en la primera etapa y conformaron una Fundación, estas apoyando las acciones de la AER Seclantás. En el año 2000, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación (SAGyP)⁴³ incorpora en su estrategia otro programa, el Proyecto de Desarrollo de Pequeños Productores Agropecuarios⁴⁴ (PROINDER), financiado con fondos externos⁴⁵, lo ejecuta conjuntamente con los técnicos del PSA en los valles Calchaquíes (Carballo González, 1994).

En el año 2003 el consejo directivo del INTA aprueba la creación del programa PROFEDER que incorpora a los proyectos de la unidad de minifundio, las actividades del Pro Huerta, las actividades del convenio con la SAGPyA por Cambio Rural e incorpora el PROFAM⁴⁶ diseñado en el año 1997, sin ejecución y dos nuevas propuestas Apoyo al Desarrollo Local⁴⁷ y proyectos Integrados⁴⁸ destinados a diferentes tipos de audiencias e organizaciones del medio rural (INTA, 2002).

En abril del año 2008 se crea la Subsecretaría de Desarrollo Rural y Agricultura

⁴⁰ La misma unidad había actuado en el Cachi 10 años atrás, con un proyecto.

⁴¹ Presidente Sr. Miguel Torino.

⁴² Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.

⁴³ Hoy Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación

⁴⁴ Destinado a pequeños productores en asistencia técnica grupal, capacitación y financiamiento por subsidios.

⁴⁵ BIRF y Banco Mundial.

⁴⁶ Programa familiar que trabaja en forma grupal con 30 familias que utilizan su mano obra familiar en la producción.

⁴⁷ Trabaja con las organizaciones del medio rural que tiene como objetivo en desarrollo local.

⁴⁸ Trabaja con audiencias de diferente tamaño y capital en post de un mismo objetivo.

Familiar (SsDRyAF) en la SAGPyA. La Subsecretaría tiene su origen en la definición política del Estado nacional de contener y hacer efectiva las demandas de las organizaciones de base de la agricultura familiar, proceso que implicó el reconocimiento formal del Foro Nacional de Agricultura Familiar como interlocutor del Estado para la elaboración y concreción de políticas para el sector. Posteriormente, el Gobierno Nacional crea por Decreto del PEN N° 1366/09 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación⁴⁹, y dentro de su ámbito se crea la Secretaría de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar y al interior las Subsecretarías de Agricultura Familiar y Economías Regionales⁵⁰.

Posteriormente a partir de la resolución 45/2009 el MAGyP crea la unidad para el cambio rural (UCAR) con miras al desarrollo agropecuario y rural. La creación de la UCAR permitió la centralización de las funciones relacionadas con planeamiento, negociación, formulación, administración, finanzas, control de gestión, monitoreo y evaluación del conjunto de los programas y proyectos sujetos a los convenios de préstamo o donación en la esfera de acción del Ministerio.

Esta unidad tiene 9 programas vigentes: Programa de Desarrollo Acuícola y Pesquero Sustentable (Acuicultura), Conservación de la Biodiversidad, Manejo Sustentable de los Recursos Naturales, Programa para el Desarrollo de Nuevas Áreas de Riego en Argentina (etapa 1), Programa para el Desarrollo de la Agricultura Familiar (PRODAF), Programa de Desarrollo de Áreas Rurales (PRODEAR), Programa de Desarrollo Incluyente (PRODERI), Programa para Incrementar el Sector Azucarero del NOA (PROICSA), Programa de Servicios Agrícola Provinciales (PROSAP) y Sustentabilidad y Competividad forestal. Estos programas en funcionamiento cofinanciados por organismos internacionales como el Banco interamericano de desarrollo (BID), Banco Internacional Regional de fomento (BIRF), Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), Corporación Andina de Fomento (CAF), Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) por un monto de US\$ 1.582.320.287 (UCAR, 2014).

⁴⁹ A cargo del Sr. Julián Domínguez.

⁵⁰ De esta manera se jerarquiza la política pública para el sector rural en su conjunto y particularmente para la agricultura familiar, elevando el rango de Subsecretaría a Secretaría. Y al interior de la Secretaría, se expresa la voluntad política de confluir los ejes de trabajo como son la economía regional y la agricultura familiar, entendiendo la participación activa del sector en las economías regionales.

En Salta existen en ejecución y ejecutados 9 proyectos por PROSAP⁵¹ y PROICSA⁵² por un valor de US\$ 27.874.781. Existe otro programa como PRODERI⁵³ que actúa en 5 provincias de la Argentina, entre ellas Salta. Tiene un financiamiento disponible total 112,6 millones de dólares (UCAR, 2014).

Actualmente los organismos trabajando en la zona son el INTA AER Seclantás, con un plantel de 8 técnicos con movilidad oficial e infraestructura edilicia en breve y en coordinación con los programas de la SSAF con sede en Salta, los municipios y las ONGs del ámbito rural⁵⁴. Desarrollándose proyectos regionales (PR), proyectos regionales territoriales (PReT) e implementan desde 2003 el PROFEDER. También los municipios tiene la gestión de los programas asistencialista⁵⁵ y de programas del Ministerio de Desarrollo Social de la Nación⁵⁶ y del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la Nación⁵⁷ que contribuyen a los procesos de desarrollo rural.

En el caso del Ministerio de Desarrollo Social, tiene establecido dos Ferias Permanentes (FP)⁵⁸ una en Payogasta y la otra en Seclantás, y los demás programas actúan en los valles a través de los cuatro municipios o sus sedes en la capital y en el caso de Pro Huerta con la AER Seclantás y/o EEA Salta.

⁵¹El PROSAP implementa, a nivel provincial y nacional, proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables, incrementando la cobertura y la calidad de la infraestructura rural (rehabilitación de sistemas de riego, mejoramiento de caminos terciarios, y electrificación rural, entre otros), y de los servicios agroalimentarios. En el ámbito de la inversión privada, el PROSAP también financia iniciativas que impulsan la competitividad de los pequeños y medianos productores agropecuarios y de las MIPyMEs (micro, pequeñas y medianas empresas) agroindustriales y de servicios de todo el país.

⁵²El PROICSA tiene como objetivo promover la competitividad de la industria azucarera del noroeste argentino (Tucumán, Salta y Jujuy), a través de una estrategia de transformación y diversificación productiva, fundamentada en la creación de incentivos a la producción de etanol en un marco de sostenibilidad ambiental y social, y el apoyo a los pequeños productores de caña de azúcar.

⁵³ Destinado a mejorar las condiciones sociales y productivas de las familias rurales pobres. Este programa busca mejorar el ingreso, la producción y oportunidades; fortalecer la organización y cooperativismo e inserción en la cadena de valor.

⁵⁴ Red de Valles de Altura conformada por técnicos.

⁵⁵ La Argentina existen políticas asistenciales de larga data, como son el sistema previsional, las asignaciones familiares y el seguro por desempleo.

⁵⁶Los principales programas sociales nacionales y provinciales son programa jefas y jefes de hogar desocupados, programa familias por la inclusión social, seguro de capacitación y empleo, el plan nacional de seguridad alimentaria (PNSA), conocido también como El hambre más urgente; El plan nacional de desarrollo local y economía social “Manos a la obra”.

⁵⁷ Planes sociales y de empleo provinciales como Salta Trabaja y Salta Solidaria.

⁵⁸ Espacios de encuentro e intercambio para la comercialización de productos de emprendedores de la economía social.

IV.2. Descripción de Materiales y métodos

A) Evaluar los contenidos de B presentes en las aguas del río Calchaquí y algunos de sus afluentes destinados para riego en los departamentos de Cachi y Molinos.

Para evaluar el contenido de B presente en aguas fluviales que se destinan a riego, se seleccionaron los ríos Calchaquí, Las Arcas, Las Trancas, Cachi, Brealito, Cuchiyaco, Luracatao y Cabrería donde se realizaron los trabajos de campo en puntos específicos de colecta de muestras, cuyas coordenadas están detalladas en la Figura 5.

Las mismas se tomaron de la parte media del cauce de los cursos fluviales, siguiendo el “protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples”, elaborado por técnicos del INTA, disponible en la Red INTA de laboratorios de suelo, agua y material vegetal (Apéndice XIII).

Para tal fin se planifica primero un diseño de muestreo cumpliendo con el objetivo principal en la recolección de muestras de agua: ser representativa del sistema del cual se capta.

En el trabajo se consideraron los ríos que mantenían sus caudales constantes en el año⁵⁹, desestimándose algunos cursos de agua como los pequeños arroyos con exiguos caudales, no permanentes e irrelevantes a los efectos de su aprovechamiento.

Para todos los casos se extrajeron como mínimo tres muestras por punto de análisis (Apéndice VI, T.3), en un horizonte temporal que abarcó entre 1988 y 2013⁶⁰, entre marzo y diciembre de cada año estudiado. Todos siguieron los mismos protocolos de recolección antes descriptos, como exigencia del laboratorio de suelos, agua y fertilizantes de la EEA

⁵⁹ Quedaron excluidos de la muestra los ríos Amaicha y Molinos por no estar incluidos en el área seleccionada pese a que sus caudales de aguas son permanentes e importantes durante el año

⁶⁰ Se incluyeron datos de muestras realizadas en el año 1988 para el río Cachi, Las Arcas y Las Trancas del proyecto de pequeños productores de Cachi, del 2011 colectadas por técnicos de la AER Seclantás⁶⁰ en los ríos: Cabrería, La Hoyada, Percayo y La Aguadita del departamento de Molinos y otras de 2013 del río Calchaquí, muestreado por técnicos de la EEA Salta. Estas muestras también siguieron el “protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples”, elaborado por técnicos del INTA, disponible en la Red INTA de laboratorios de suelo, agua y material vegetal. Los puntos de muestreo coincidieron en todos los años estudiados. Todos estos datos fueron analizados con las mismas técnicas de laboratorio por el laboratorio de suelos, agua y fertilizantes de la EEA Salta (LabSAF).

Salta (LabSAF).

El caso de Cachi y Trancas se diferenci6 del resto porque se tomaron muestras en momentos de estiaje y crecida.

El total de datos considerados fue de 56 (Ap6ndice VI.T3), correspondientes a 15 sitios⁶¹(Figura 5).

Se estim6 presencia de B en el LabSaf, con los m6todos de rutina: B (mg L-1): Colorimetría- azometina-H, (Sadzawka, 2006); Na: Fotometría de llama (clasificaci6n de Riverside); pH: Potenciometría; CE (dS m-1 a 25°C): Conductimetría.

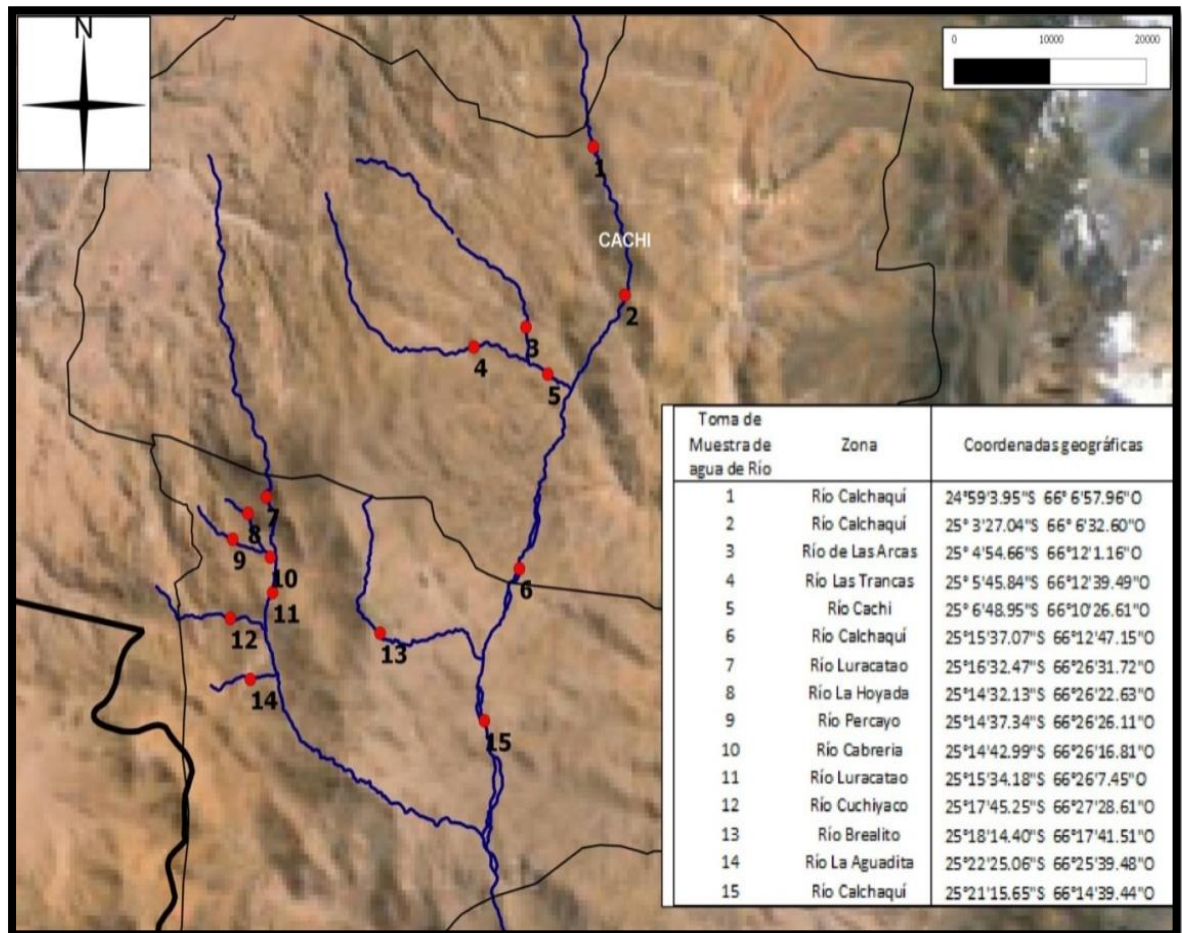


Figura 5. Puntos de muestreo de los ríos de los departamentos Molinos y Cachi
Fuente: Elaboraci6n propia.

⁶¹ Incluye los ríos La Hoyada, Percayo y La Aguadita

Por otro lado se destaca que se capturó una sola muestra en los casos de los ríos La Hoyada, La Aguadita y Percayo del departamento de Molinos (2011).

Cabe aclarar que se sumó información de distintos años (con muestras tomadas en las mismas coordenadas, siempre) porque se consideró que, al ampliar el horizonte temporal enriquecía la investigación, contabilizando un número suficiente de muestras como para definir los resultados en términos estadísticos.

Se indagó sobre la relación que existía entre el contenido de boro y otras variables que determinan la calidad del agua de riego. Para ello se realizó un análisis estadístico con las siguientes variables: lugar de muestreo (río), salinidad (conductividad eléctrica-CE), potencial hidrógeno (pH), contenido de sodio (Na) en tres niveles Riverside⁶² y contenido de boro (B).

Con estas variables se construyó una matriz con los datos correspondientes a ocho ríos: Arcas, Brealito, Cabrería, Cachi, Calchaquí, Cuchiyaco, Luracatao, Trancas. Los ríos Cachi y Trancas se evaluaron en dos observaciones A (Alto caudal) y B (Bajo caudal) según momento de estiaje.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo para ordenar y analizar el conjunto de datos con el fin de describir apropiadamente características, y un análisis exploratorio para examinar los datos previamente a la aplicación de las técnicas estadísticas, con la idea de conseguir un entendimiento básico de los mismos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas.

Los resultados de los datos de las variables CE, pH y Na fueron estudiados mediante análisis de varianza ANOVA (Apéndice XIV) en un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). El factor fue el río. Las comparaciones entre tratamientos se efectuaron utilizando la prueba de Duncan⁶³. El supuesto de normalidad⁶⁴ se estudió mediante el método de

⁶² Bajo= 1, Medio=3 y Alto=5

⁶³ La prueba de Duncan permite comparar tratamientos no relacionados, es decir todos los tratamientos contra todos a fin de establecer un orden de méritos.

⁶⁴ La distribución normal es un caso particular de probabilidad de variable aleatoria continua. La función de densidad tiene forma de campana. Dos parámetros determinan una distribución normal: su media (μ) y su desviación estándar (σ).

Shapiro-Wilks⁶⁵ y el de homocedasticidad⁶⁶ utilizando el método de Levene. Se consideraron como estadísticamente significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$

Para la variable B se utilizó un análisis de varianza no paramétrica empleando el método de Kruskal Wallis⁶⁷ (Apéndice XIV) y también se consideraron como significativas aquellas pruebas con $p < 0,05$.

Con la finalidad de detectar diferencias entre los ríos evaluados, se sometieron los datos de las variables pH, CE, Na y B a análisis multivariado⁶⁸. Se utilizaron simultáneamente las técnicas de análisis de Componentes Principales (PCA)⁶⁹ y análisis de clasificación o agrupamiento (ACA)⁷⁰.

Todos los análisis estadísticos fueron efectuados utilizando el programa Infostat (2014).

El propósito de usar el análisis de clasificación (ACA) es definir grupos según su nivel de similitud, permitiendo encontrar relaciones desconocidas o verificar la hipótesis.

Una vez que se seleccionaron las variables a considerar, cada uno de los ríos (o sujetos de análisis) se representarán por los valores que tomen estas variables en cada uno de ellos. Este es el punto de partida de la clasificación, determinando lo similar o no que son entre sí,

⁶⁵ El test de Shapiro-Wilk es un contraste de ajuste que se utiliza para comprobar si los datos han sido extraídos de una población normal. Un contraste de ajuste tiene como objetivo comprobar si con base en la información suministrada por una muestra se puede aceptar que la población de origen sigue una determinada distribución de probabilidad, en nuestro caso, la distribución normal.

⁶⁶ La homocedasticidad es una propiedad fundamental del modelo de regresión lineal general y está dentro de sus supuestos clásicos básicos. Se dice que existe homocedasticidad cuando la varianza de los errores estocásticos de la regresión es la misma para cada observación.

⁶⁷ El proceso de aceptación o rechazo de la hipótesis lleva implícito un riesgo que se cuantifica con el valor de la "p", que es la probabilidad de aceptar la hipótesis alternativa como cierta, cuando la cierta podría ser la hipótesis nula. El valor de "p" que indica que la asociación es estadísticamente significativa ha sido arbitrariamente seleccionado y por consenso se considera en 0.05. Una seguridad del 95% lleva implícito una $p < 0.05$ y una seguridad del 99% lleva implícita una $p < 0.01$.

⁶⁸ El análisis multivariado es un método adecuado para analizar un conjunto de variables que se encuentran correlacionadas entre sí (Manly, 1994).

⁶⁹ El método de ordenamiento (componentes principales o PCA) permite encontrar un patrón de relaciones entre la totalidad de los ríos evaluados, como así también identificar las variables involucradas con la dispersión en el espacio de los ríos.

⁷⁰ El análisis de clasificación permite agrupar a los ríos estudiados en función del grado de similitud existente entre los mismos. A diferencia del método de agrupamiento, el ordenamiento no establece límites fijos de separación entre los grupos, el mismo queda a cargo del investigador al interpretar los resultados (Crisci y López Armengol, 1983).

en función de lo diferente que resulten ser sus representaciones en el espacio de las variables.

Este método de agrupamiento (ACA) se basa en una medida de distancia para medir la similitud entre los grupos. Los grupos o clusters que se encuentren dependerán del tipo de distancia utilizada. En este caso se tuvo en cuenta la distancia euclídea (absoluta). Como estrategia de agrupamiento se utilizó el “ligamento promedio”⁷¹, método más empleado debido a que usualmente es el que arroja mejores resultados.

B) Analizar la gradación de toxicidad en la zona estudiada, según los niveles de B identificados en suelo y agua.

En primer término, se procedió a un trabajo de búsqueda y análisis de bibliografía y fuentes secundarias de información, seleccionándose la producción bibliográfica de distintos autores que han definido la calidad de las aguas de riego para comparar en forma analítica los datos obtenidos y definir su gradación. El material correspondiente a los temas suelo y agua subsuperficial también recibió el mismo tratamiento.

Las fuentes secundarias que se emplearon provinieron tanto de bibliotecas especializadas como la bases de datos institucionales, así como de búsquedas en Internet.

Para establecer gráficamente el gradiente de los niveles de B en agua, se consideraron los valores medios de B estimados con el método estadístico descriptivo de cada uno de los ríos muestreados (Apéndice VI T3).

Simultáneamente, se consideraron: a) los valores de B presente en el agua obtenidos en el 2011 de los ríos Calchaquí, Luracatao, La Hoyada, Cabrería y Percayo (Apéndice VI T3), cuyas coordenadas geográficas están descriptas en Figura 5, b) muestras de suelos irrigados por los ríos del apartado anterior, extraídas en el 2011 (Apéndice VI T1), siguiendo el protocolo de muestreo de INTA (Santos et al., 2012) determinando B soluble en el extracto a saturación por colorimetría- azometina-H realizado en el laboratorio LabSAF.

Se elaboró un gráfico de dispersión, a fin de obtener la relación entre el contenido del ión en el agua y el suelo.

⁷¹ Ligamento promedio: designa los valores de distancia entre entidades como la distancia promedio de disimilitud entre los agrupamientos.

Con la finalidad de detectar la asociación lineal entre los datos de contenido de B del Suelo y el Agua, se utilizó el análisis estadístico de correlación múltiple, estimando el coeficiente R^2 ⁷². El análisis estadístico fue efectuado con el programa Infostat (2014).

Así mismo, el banco de datos (LabsSaf) también proveyó resultados de análisis de 6 muestras de agua subsuperficial de bombas y pozo⁷³ de áreas regadas por el río Calchaquí (Apéndice VI T2), obtenidas de acuerdo al protocolo de extracción muestras de agua subsuperficial de INTA (Apéndice XIII). (Figura 6).siguiendo los métodos para B (mg L^{-1}): Colorimetría- azometina-H, (Sadzawka, 2006); Na: Fotometría de llama (clasificación de Riverside); pH: Potenciometría; CE (dS m^{-1} a 25°C): Conductimetría,

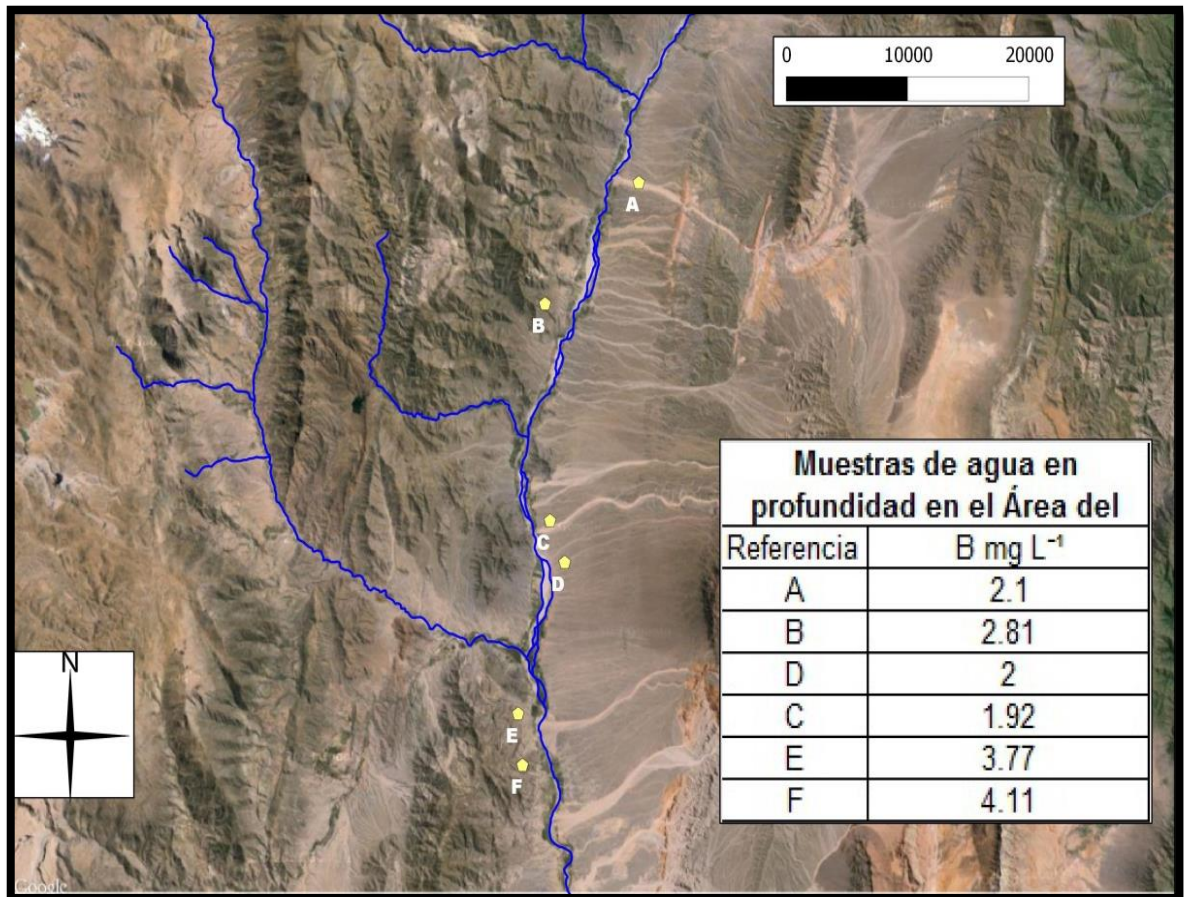


Figura 6. Puntos de muestras de agua subsuperficial en el área estudiada. Fuente: LabSaf. MAGyP. Estimaciones agropecuarias. Elaboración propia.

⁷² El valor del coeficiente de correlación puede tomar valores desde menos uno hasta uno, indicando que mientras más cercano a uno sea el valor del coeficiente de correlación, en cualquier dirección, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables. Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación indicará que más débil es la asociación entre ambas variables. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación lineal alguna entre ambas variables.

⁷³ Estos pozos son de poca profundidad (26 m) o en el caso de pozos con bomba tienen más de 100 m de profundidad y se utilizan para complementar el riego del río Calchaquí.

También se realizó un análisis estadístico descriptivo de niveles de B con estos resultados. Se empleó Infostat (2014).

Se comparó esta información con los datos de la bibliografía consultada.

En este punto cabe advertir que tanto los resultados de suelo como de aguas subsuperficiales son preliminares al considerar pocas muestras de los mismos por el elevado costo de los análisis bioquímicos, la poca accesibilidad y distancia de los potenciales puntos de muestreo y las restricciones impuestas por parte de los productores al acceso a sus instalaciones con fines de estudio, sumado a que esta información sólo tiene carácter de contrastación respecto a los datos obtenidos de aguas de los ríos.

C) Identificar el área de riego con niveles de B potencialmente tóxicos.

La investigación comienza con una lógica descriptiva, pues “busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que esté sometido al análisis” (Hernández Fernández et al., 2010). En base a esto se participó tanto a productores como a investigadores (Apéndice XI) quienes describieron los problemas que se constituyeron como más sobresalientes en la realización del estudio, tomando principal interés en la subjetividad de los productores, así como de la objetividad en el caso de los profesionales en el tema, que mediante sus argumentos proveyeron de elementos fundamentales para el análisis.

Posteriormente se identificó el área de riego de los ríos estudiados, mediante imágenes del Software Google Earth⁷⁴ señalando las áreas de uso actual modificadas por la acción antrópica. Se las delimitó y posteriormente se realizó el cálculo de la superficie, en hectáreas, mediante el empleo del Sistema de Información Georeferencial (GIS) Quantum. Lisboa 1.8.0.

D) Evaluar la posibilidad de desarrollo del área al incorporar tecnologías y medidas de mitigación que posibiliten mejorar la producción de los valles.

⁷⁴versión libre

Primeramente se observó y analizó la evolución de esta zona con la de otras que, con las mismas problemáticas, cuentan con un marco de políticas de desarrollo. Este análisis se nutrió con investigaciones realizadas en institutos y universidades de la región (INTA, 2013; Pais, 2011) y de organismos gubernamentales y privados de otros países (Albornoz y Cartes, 2009; FIA, 2006; Cataldo, 2014;). Se utilizó información relevada y sistematizada en distintos formatos: investigaciones publicadas, trabajos presentados en reuniones científicas o Congresos así como informes y folletos técnicos y de marketing institucional realizados por organismos públicos y privados (Fundación Chile, 2009; Bastías, 2011).

Para la obtención de la información primaria, en primer término se realizaron entrevistas a técnicos de organismos de la administración de los recursos hídricos locales, nacionales y extranjeros. Estas entrevistas se diseñaron de tipo abiertas para indagar sobre identificación, diagnóstico y soluciones sobre la presencia de B en el ambiente productivo. Lo mismo se realizó en institutos de investigación y universidades nacionales y extranjeras. Se buscó profundizar sobre aspectos ambientales, productivos, socioculturales, políticos y económicos, relacionándolos entre sí.

En segundo término se realizaron visitas presenciales a las fincas de productores del área de estudio y de Chile en Arica y Parinacota, con el objetivo de observar e indagar sobre el uso de tecnologías tradicionales y/o innovadoras para la reducción de B. Se participó en reuniones de presentaciones técnicas de la tecnología con Ósmosis Inversa de los Organismos (Apéndice VII F.4 a 6), complementadas con entrevistas en profundidad a los participantes de Organismos No Gubernamentales y Gubernamentales de Chile que trabaja en asistencia técnica a productores en la reducción de B (Tabla 16).

En tercer término se realizaron entrevistas a técnicos de los institutos de investigación zonal (AER Seclantás) sobre información publicada, rendimiento promedio de productos hortícola, ganadero, forrajero y frutal de la zona.

Además se cumplimentó una encuesta estructurada a productores de la zona de estudio indagando sobre el precio que recibe por Kg/ha en los últimos tres años, de cultivos

hortícolas, frutales, forrajes y ganadería (Apéndice XI.A).

Con esa información, se realizó un análisis comparativo utilizando la variable Valor Bruto de la Producción (VBP) en valor pesos argentinos y dólares estadounidenses.

E) Comparar proyectos de intervención que sean potenciales ejecutores de medidas de mitigación de los efectos del B en aguas de riego.

Se realizó un análisis cuanti-cualitativo, basándose en datos producto de una búsqueda exhaustiva previa de información primaria y secundaria en distintas bases, bibliotecas, internet, consultas a profesionales responsables de Proyectos, así como también se realizaron visitas a campo donde se implementan dichos proyectos (Apéndice VIII) (Apéndice XII A)

Por último, se identificaron y contrastaron los diferentes programas de desarrollo nacionales y extranjeros que promocionan la innovación productiva y la inversión en infraestructura relacionadas con el riego.

Se realizó una investigación exploratoria–descriptiva in situ (Arica, Chile) concibiéndose como uno de los primeros acercamientos a la definición del problema y propuesta de solución abordando un planteo de desarrollo regional.

V. Resultados

En este capítulo, y a los efectos de organizar la información lograda, se presentan los resultados obtenidos en relación a cada uno de los objetivos previamente definidos.

A) Evaluar los contenidos de B presentes en las aguas del río Calchaquí y algunos de sus afluentes destinados para riego en los departamentos de Cachi y Molinos.

Las características que fueron observadas en las aguas de los ríos permanentes estudiados se reseñan en la Tabla 19.

Tabla 19. Características químicas, estadística descriptiva y observaciones de B de los ríos en estudio.

Río	Clasificación Riverside		B (mg L ⁻¹)		Observaciones sobre el nivel de B	pH
	Salinidad	Sodicidad	Media	Desvío Estándar		
Calchaquí	C ₃	S ₁ a S ₂	2,49	±0,35	Es variable durante el año	7 a 8
Cachi A	C ₂	S ₁	0,55	± 0,07	Disminuye en época de crecida	7 a 8
Cachi B	C ₂	S ₁	1,02	± 0,02	Aumenta en época de estiaje	7 a 8
Las Arcas	C ₁ a C ₂	S ₁	0,52	± 0,12	Tiene un valor estable durante el año y entre años	7 a 8
Trancas A	C ₂	S ₁ .	1,0	± 0,36	Tiene valores variables en época de crecida	7 a 8
Trancas B	C ₂	S ₁ .	1,09	± 0,33	Tiene valores variables en época de estiaje	6 a 7
Brealito	C ₂	S ₁	0,54	± 0,12	Es estable en el tiempo y da valores bajos	7 a 8
Luracatao	C ₂ a C ₃	S ₁ .	3,56	± 0,30	Tiene un valor estable durante el año y entre años	7 a 8
Cuchiyaco	C ₂	S ₁	0,50	± 0,00	Se mantiene estable en el tiempo (entre años)	6 a 7
Cabrería	C ₂ a C ₃	S ₁ a S ₂	2,47	± 0,79	Es variable en el tiempo y siempre con valores altos	7

Elaboración propia

En base al análisis de los datos se concluye que la presencia de B en las aguas de riego en los ríos estudiados se registró con valores medios, entre 0,5 mg L⁻¹ (Cuchiyaco) y 3,56 mg L⁻¹ (Luracatao), situación que se mantiene a lo largo del tiempo (en el año y entre años).

En cuanto a la salinidad, al realizar el análisis de varianza, mediante la comparación

múltiple de medias, se observa que el tenor de salinidad media (CE) presente en los ríos Calchaquí y Cabrería se diferencia entre si y de todos los demás ríos por presentar los mayores valores. Se encuentra también en estos rangos el río Luracatao pero indiferenciado de los ríos Calchaquí y el Cabrería con valores intermedios de salinidad. Se observa un estrato de ríos (Arcas, Trancas B, Cachi A y Cuchiyaco) con los menores valores de salinidad.

Y si se considera el conjunto de los diez ríos estudiados, el cachi B es el que muestra un contenido de valores medios de esta variable en sus aguas (Figura 7).

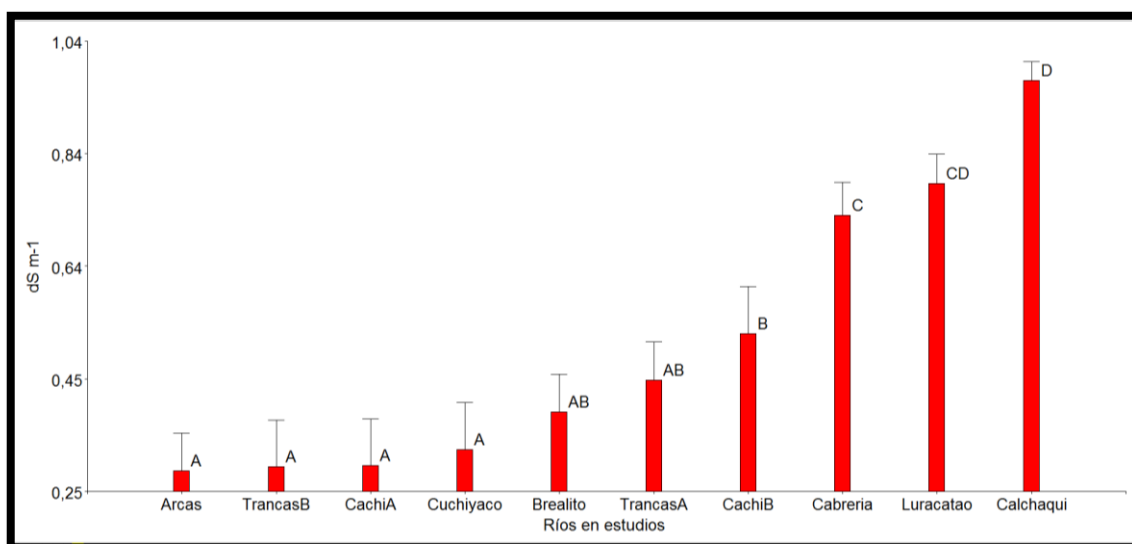


Figura 7. Salinidad media (CE) de los ríos estudiados*.
 *Letras diferentes muestran diferencias significativas- Duncan ($p < 0,05$).

En cuanto al pH del análisis de varianza por la comparación múltiple de medias del pH, se observa que el río Cuchiyaco por mostrar los menores valores de pH se diferencia significativamente de los ríos Cachi B, Brealito y Trancas A, ya que estos últimos ostentan valores sensiblemente mayores (Figura 8).

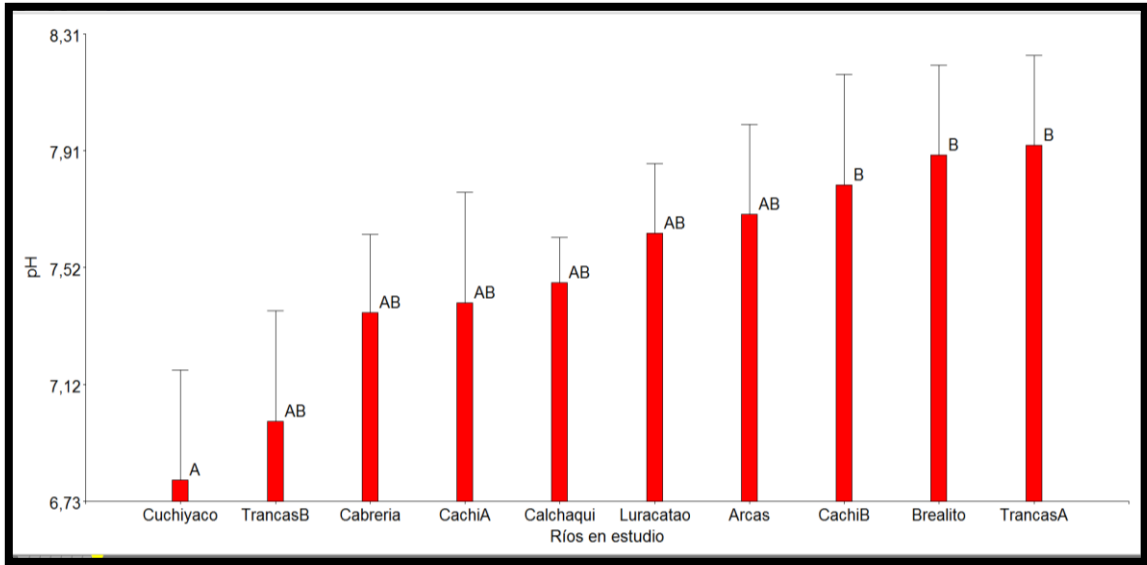


Figura 8. pH medio de los ríos estudiados*.

*Letras diferentes muestran diferencias significativas- Duncan ($p < 0,05$).

Al considerar el nivel de sodio se observa que el análisis de varianza mediante la comparación múltiple de medias de sodio (Na) mostró que no existen diferencias significativas entre los ríos (Figura 9).

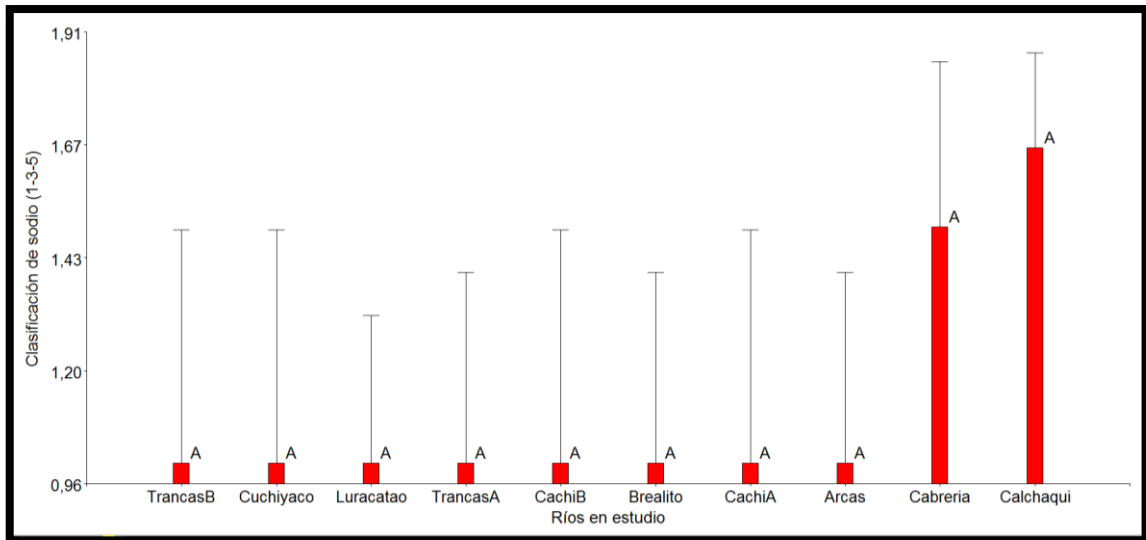


Figura 9. Comparación de las medias de la Riverside de Na entre los ríos estudiados.

*Letras diferentes muestran diferencias significativas- Duncan ($p < 0,05$).

La mayoría de los ríos poseen bajos niveles de sodio y pueden usarse sin limitaciones.

Retomando el tema B, en el análisis de varianza se observa, mediante la comparación múltiple de medias de B, que los ríos Cuchiyaco, Arcas, Brealito, Cachi A, Trancas A, Cachi

B y Trancas B no presentan diferencias significativas entre sí, en tanto los ríos Cabrería y Calchaquí, similares entre sí en este tema distan del resto significativamente, mientras que el río Luracatao se separa de modo manifiesto de todos los ríos bajo estudio (Figura 10).

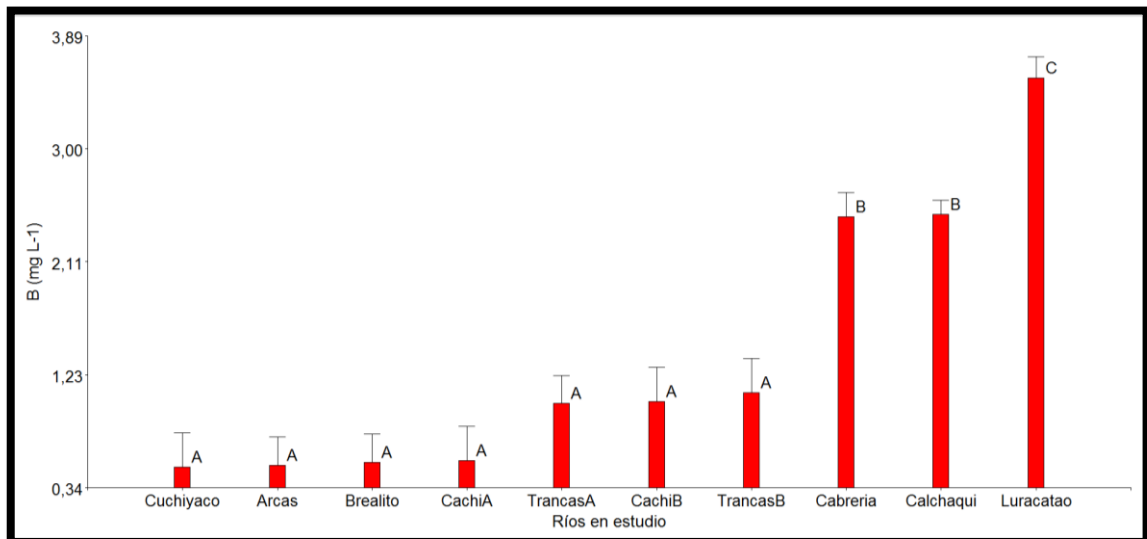


Figura 10. Comparación de medias de B entre los ríos estudiados.
 *Letras diferentes muestran diferencias significativas- Duncan ($p < 0,05$).

El análisis múltiple de Componentes Principales (PCA) se realizó en el espacio de las variables pH, CE, Na y B y, en forma dual, en el espacio de los individuos: los diez ríos bajo estudio. Se representaron gráficamente los puntos-variables y los puntos-individuos, tomando como ejes de coordenadas los componentes (Figura 11). Allí se observa una similar ubicación de los puntos en los planos respectivos, aunque el plano de puntos-variables no se superpone al plano de puntos-individuos, es de gran utilidad “interpretar” la cercanía de un grupo de puntos-individuos: los ríos Brealito, Arcas, Trancas A, Cachi B y Cachi A, a una variable: el pH, en otro espacio, los ríos Luracatao, Calchaquí y Cabrería están cercanos a las variables CE, Na y B, y finalmente, un tercer grupo identificado por los ríos Trancas B y Cuchiyaco están relacionados entre sí sin variable identificada (Apéndice III).

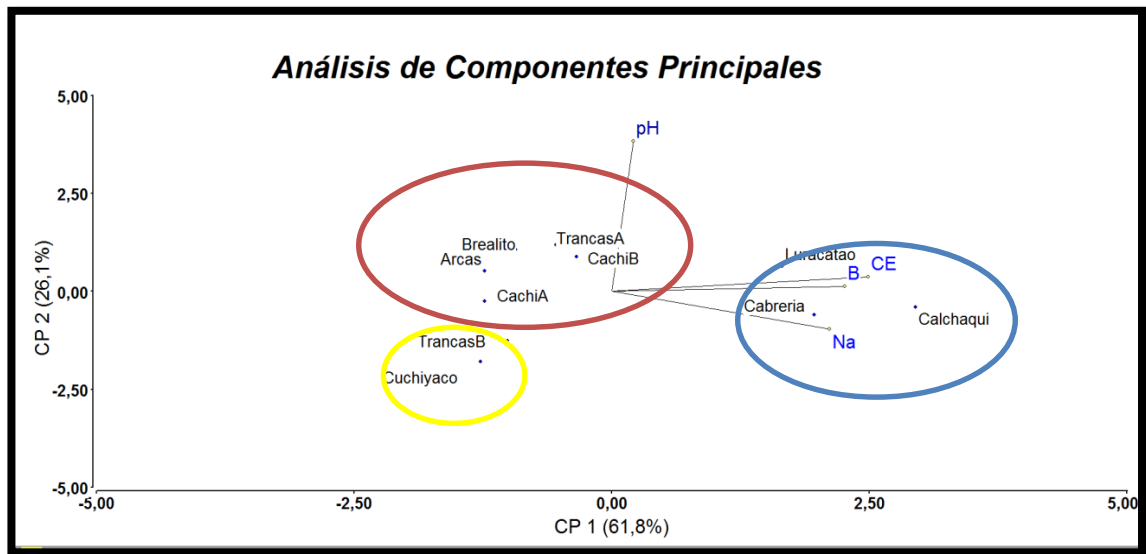


Figura 11. Biplot de PCA de los ríos estudiados. Elaboración propia.

En el estudio de análisis múltiples de Conglomerados se consideraron las variables pH, CE, Na y B.

Para interpretar los resultados de modo gráfico se realizó un dendrograma (Figura 12), en el que queda reflejada la formación de los conglomerados y las distancias entre ellos, se consideró como punto de corte para obtener un número óptimo de conglomerados, al espacio en el que comienzan a producirse saltos bruscos entre pasos. Esto se dio en una distancia superior a 2.44.

Así se delimitaron 2 conglomerados. El primero (marcado en rojo en la Figura 12) compuesto por tres subconjuntos, en los que se visualiza una primera asociación más cercana entre sí: el Trancas A y Cachi B (distancia próxima a 0), otro es el Brealito (no muy alejado de ellos), y por último el Cachi A y el Arcas (un poco más apartados), ambos conformando el tercer subgrupo.

El segundo conglomerado (color celeste en la Figura 12) está formado a su vez por dos subconjuntos: el Calchaquí y el Cabrería, por un lado y el Luracatao, por el otro, que dan lugar al tercer agrupamiento (con distancia próxima a 1).

Ambos conglomerados coinciden con el agrupamiento de los ríos definidos por el método PCA.

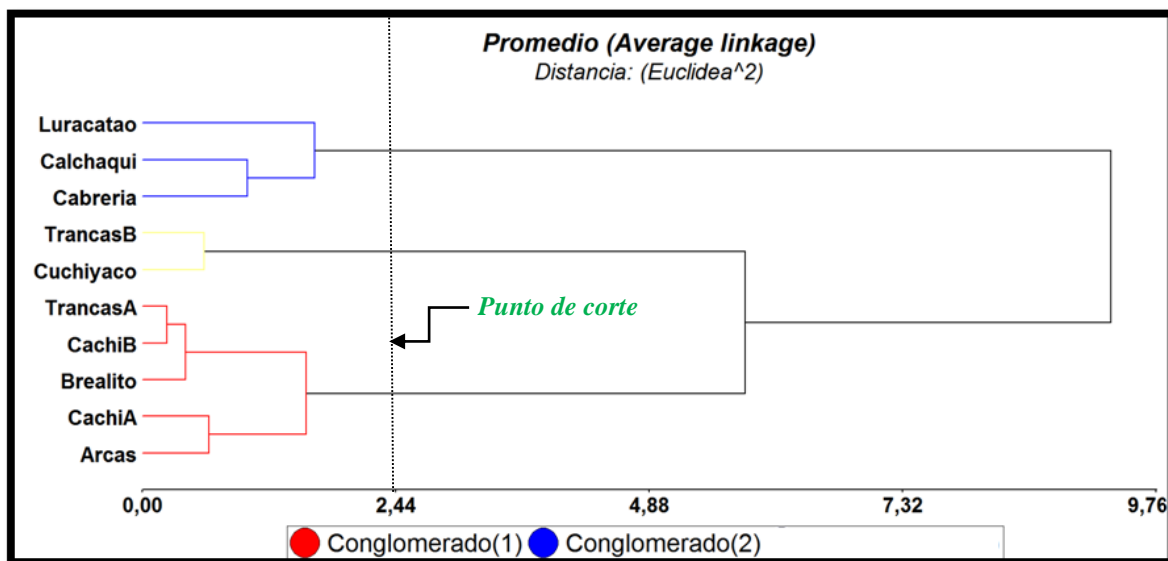


Figura 12. Dendrograma de conglomerados de los ríos estudiados. Elaboración propia

La existencia de una determinada cantidad de B en estos ríos define sus características y los agrupa. El conjunto que forman los ríos Luracatao, Cabrería y Calchaquí se caracteriza por tener mayor concentración de sales en sus aguas y mayor nivel de B que los otros ríos. Y al recorrer su zona de regadío se constata empíricamente que la presencia de especies productivas en ese lugar, es diferente al resto, prueba reafirmada además por los datos de censos agropecuarios nacionales, donde se muestra que en la zona del río Calchaquí la producción es principalmente hortícola y forrajera; y la de los ríos Luracatao y Cabrería, es ganadera y forrajera.

En cuanto al agrupamiento determinado por los restantes ríos Arcas, Cachi A, Brealito, Cachi B, Trancas A, no se observan diferencias estadísticas significativas, pero al recorrer su zona de riego, se encuentra diferencias en el planteo productivo que desarrollan, por ejemplo: en las áreas de cultivo con riego del río Cachi y el río Las Trancas se realiza horticultura principalmente y en la zona de Las Arcas y Brealito, se producen hortalizas y también frutales.

Por lo tanto es importante realizar una comparación más refinada para establecer una diferenciación en la respuesta a los cultivos que se implantan en la zona, considerando que una de las causas puede ser el agua de riego (Tabla 14). De esta manera es importante comparar la respuesta de los cultivos realizados en el Valle con la obtenida de otros cultivos agroecológicamente aptos, en función de los diferentes niveles de B de los ríos estudiados, debido a que se considera que puede ser un factor limitante para la calidad de agua y el suelo

a regar.

B) Analizar la gradación de toxicidad en la zona estudiada, según los niveles de B identificados en suelo y agua.

Con los datos del análisis de las muestras de agua, y de acuerdo al criterio de clasificación de calidad del agua de riego según Maas (1984); Ayers y Westcot (1985) y Wilcox (1960), se obtuvieron dos rangos de calidad de agua según presencia de B: 1-Muy sensibles y sensibles; 2-Moderadamente sensibles o semi-sensibles hasta muy tolerantes y un valor límite entre estos dos rangos de 1 mg L^{-1} (Tabla 20).

Tabla 20. Guía de interpretación de calidad de agua según autores.

Tolerancia relativa de cultivos	Muy sensibles y/o Sensibles	Moderadamente sensible /o Tolerantes Tolerantes y/o Muy tolerantes
Rangos de contenido de boro	0,3 a 1 mg L^{-1}	1 a 15 mg L^{-1}

Fuente: Maas (1984); Ayers y Westcot (1985); Wilcox (1960).

Se estima entonces que el nivel de B mayor a 1 mg L^{-1} puede ocasionar efectos contaminantes que limiten el establecimiento de ciertas especies, con la consecuencia de un menor rendimiento y, en algunos casos, de afectación del crecimiento.

Los resultados de los análisis estadístico de los registros de laboratorio correspondientes a las muestras de los ríos estudiados, están expuestos a continuación en un gráfico radial, donde se pueden observar los cambios en los valores medios de boro de cada corriente fluvial, con respecto a un punto central, que en este caso representa al valor límite (1 mg L^{-1}) señalado por los autores considerados (Figura 13).

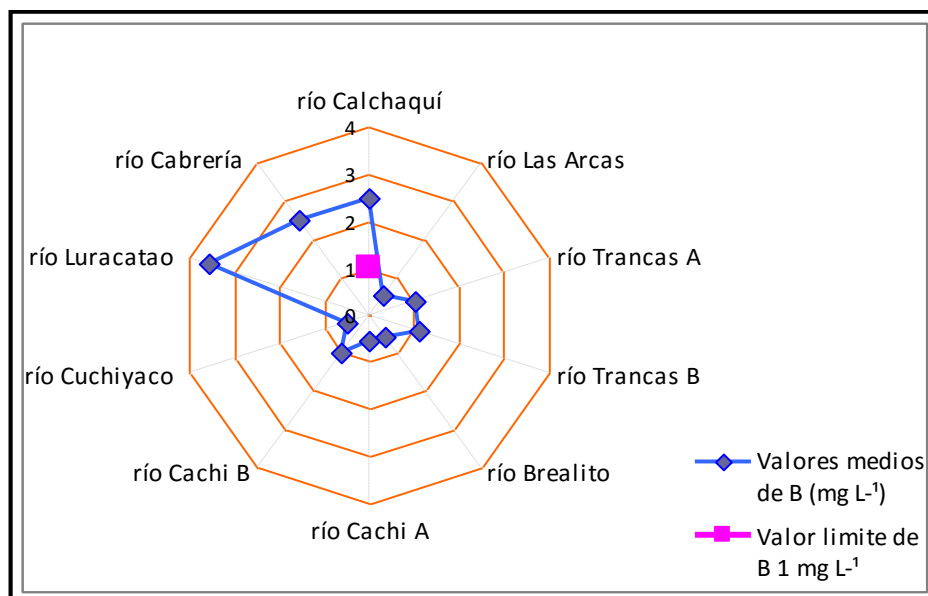


Figura 13. Valor de la media de B en las aguas de los ríos en mg L⁻¹. Fuente de elaboración propia

En esta figura es posible observar que los ríos Luracatao, Cabrería y Calchaquí superan el segundo y hasta el tercer nivel de boro y que los cultivos que podrían realizarse con esas aguas de riego son los moderadamente sensibles o tolerantes o muy tolerantes. Igual que en el caso de la zona del río Trancas, en las dos épocas (de estiaje y crecida), y del río Cachi en estiaje.

En el área de regadío de los ríos Las Arcas, Brealito, Cuchiyaco y Cachi A, no habría problemas porque están comprendidos en valores medios dentro del límite inferior de 1 mg L⁻¹. De manera que, con estos ríos irrigando, se podrían cultivar especies muy sensibles a muy tolerantes, a la presencia de B.

En cuanto a la calidad del suelo, con los datos del análisis de las muestras, y de acuerdo al criterio de clasificación de calidad de Maas (1984) y Ortega (2006), se obtuvieron dos rangos de calidad de suelo según presencia de B: 1-sin limitaciones: para especies muy sensibles y sensibles; 2- con limitaciones: para especies moderadamente sensibles a muy tolerantes y un valor límite entre estos dos rangos de 1 mg L⁻¹ (Tabla 21).

Tabla 21. Guía de interpretación de calidad de suelo según autores.

Tolerancia relativa de cultivos y limitaciones	Sin limitaciones	Con limitaciones
	Espécies muy sensibles y/o sensibles	Espécies moderadamente sensible /o Tolerantes y/o Muy tolerantes
Rangos de contenido de boro	<0,5 a 1 mg L ⁻¹	1 a 8 mg L ⁻¹

Fuente: Maas (1984) y Ortega (2006).

Por otro lado, en los suelos también se encuentra presencia de B en exceso lo cual supondría limitaciones para el establecimiento de ciertas especies (Apéndice V, T1 y T2). Observamos que los niveles acumulados de B en los suelos en las zonas regadas por los ríos Luracatao, Calchaquí, Cabrería, Percayo presentan limitaciones (valores superiores a 1 mg L⁻¹), no así los de la Hoyada (valores menores a 1 mg L⁻¹) (Apéndice VI, T1).

Se realizó un análisis estadístico de correlación múltiple para ver la asociación lineal entre el agua de riego y el suelo regado analizados por la variable B y se encontró que el coeficiente de correlación R² fue de 0,90 (Apéndice III .B), significando que el contenido de boro presente en el agua y en el suelo están fuertemente vinculados.

También aquí es de gran utilidad "interpretar" la cercanía de un grupo de puntos-individuos: boro en el río en relación a la variable contenido de boro en suelo –ambos del mismo lugar- Cabrería y Percayo (muy cercanos) y Hoyada (cercaños) Luracatao y Calchaquí (distantes). Esto se relacionaría con la distancia a los salares y por el caudal de los ríos. Los ríos y suelos ubicados al Oeste, próximos a los salares, muestran más cercanía entre puntos-individuos que los ubicados al Este, sumado a que en este caso los ríos son más caudalosos. También el uso de los suelos diferencia estos últimos; en el área irrigada por el Calchaquí (de mayor uso agrícola), el contenido de boro en agua es mayor que el acumulado en suelo. (Figura 14).

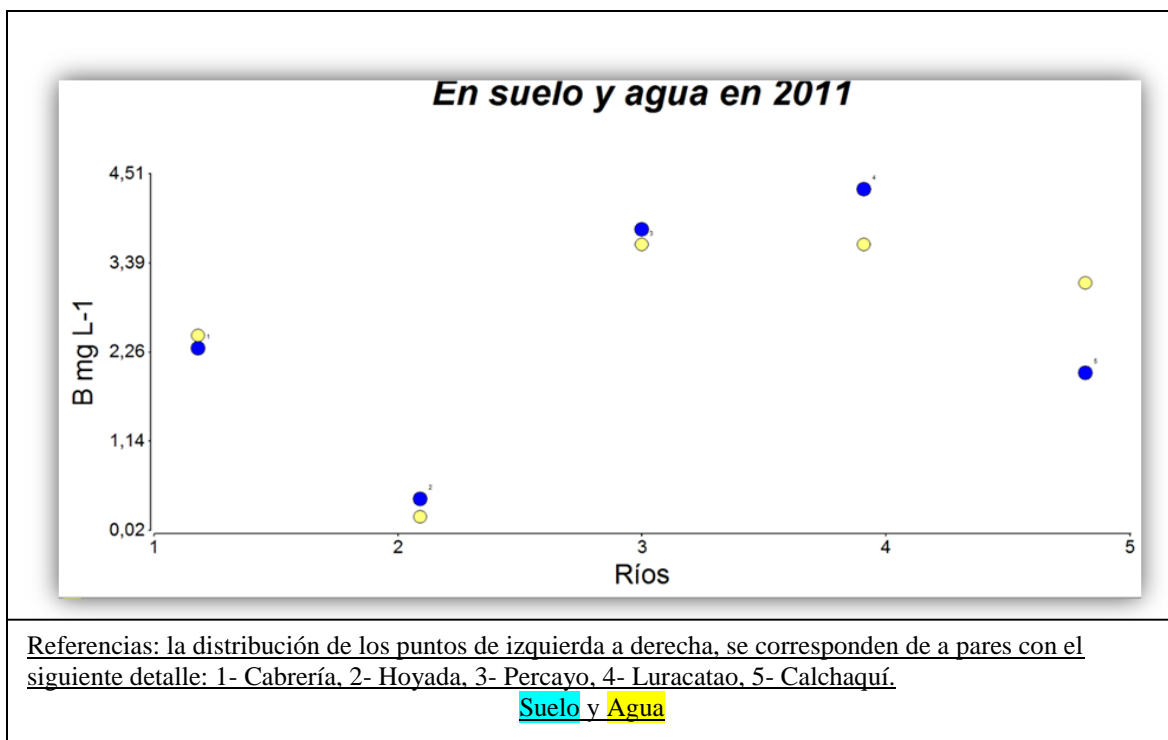


Figura 14. Comparación de datos medios de boro en aguas y nivel acumulado de B en suelo. Elaboración propia.

El análisis de muestras de aguas subsuperficiales⁷⁵ extraídas de fuentes aprovisionadas con agua de recarga de napas del río Calchaquí arrojaron niveles de B entre 1,92 mg L⁻¹ a 4,11 mg L⁻¹, con una media de 2,79 mg L⁻¹. También estas aguas tienen salinidad (C3) y sodicidad (S1-S2) –Riverside-. En relación al pH, éste va de 7,4 a 8,2 (básico). (Apéndice VI. T2).

Se remite a la calificación de agua por B de la Secretaria de Recursos Hídricos de la República Argentina (Tabla 18) para afirmar que en todos los casos se trata de aguas no recomendables tanto para consumo humano como para regadío, dada a la peligrosidad de toxicidad por boro. Es importante destacar que las aguas para consumo humano de esta zona son abastecidas del subsuelo.

Por lo tanto, existe un efecto de contaminación en aguas de riego de los ríos Luracatao, Calchaquí, Trancas, Cachi, Cabrería y Percayo por presencia de B que afecta y limita la posibilidad de cultivar de forma diversificada cultivos aptos agroecológicamente

⁷⁵ Estas aguas son destinadas para consumo humano (en escuelas, poblaciones pequeñas, casas de campo, etc.) o para riego

para los suelos del área estudiada.

Se visualiza que las aguas de los ríos Cabrería, Calchaquí y Luracatao tienen la mayor limitación para su uso. El río Trancas durante todo el año, y el río Cachi en estiaje, presentan una menor limitación. En el caso de los ríos Las Arcas, Brealito, Cuchiyaco, y Cachi el riego con sus aguas en época de crecida no tiene limitaciones.

C) Identificar el área de riego con niveles de B potencialmente tóxicos.

Aplicando el método GIS se estimó la dimensión de las áreas para producción en las márgenes de los ríos en estudio (Figura 15).

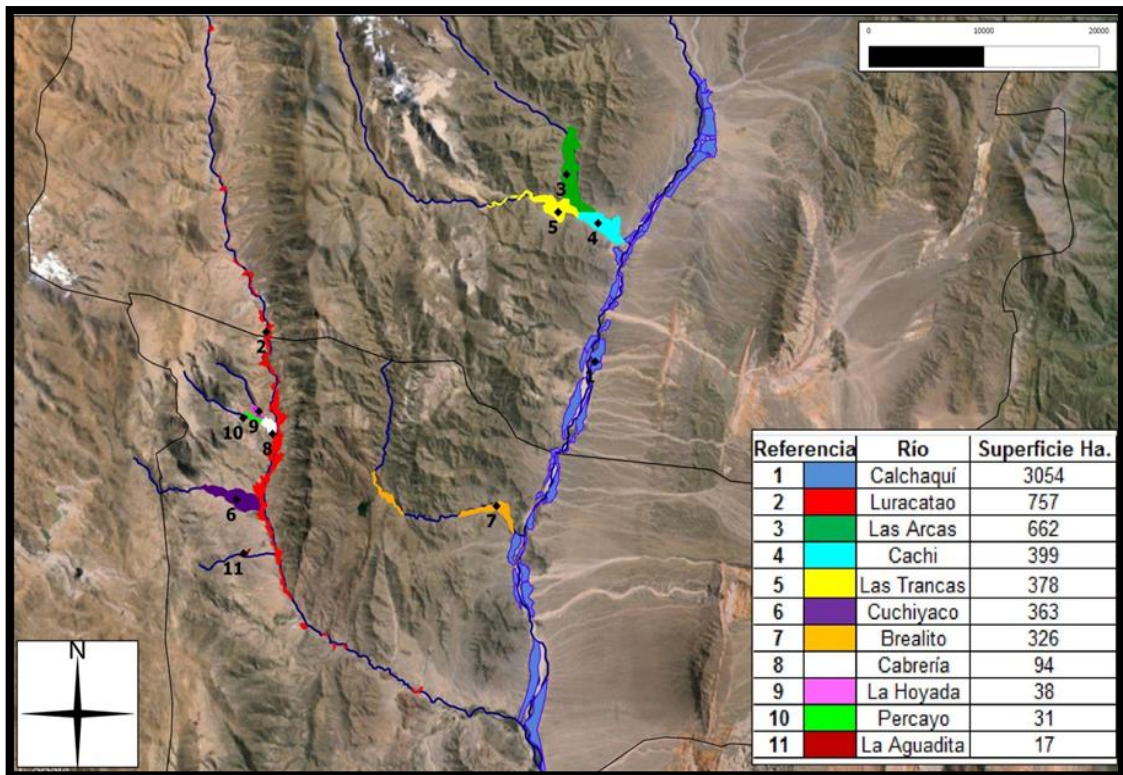


Figura 15. Áreas estimadas para la producción en los márgenes del río Calchaquí y sus afluentes. Elaboración propia.

Estas áreas representan las zonas modificadas por el hombre para la producción bajo riego, ya sean de uso actual o potencial. Se demarcaron estas áreas para los 11 ríos en estudio que proveen aguas de riego todo el año. De acuerdo a lo estimado en este trabajo, suman en total 6.119 ha. La superficie mayor corresponde al río Calchaquí, con 3.054 ha (50%), el Luracatao con 757 ha., Las Arcas con 662 ha., Cachi con 399 ha., Las Trancas con 378 ha.,

Cuchiyaco con 363 ha., Brealito con 326 ha., Cabrería con 94 ha., La Hoyada con 38 ha., Percayo con 31 ha. y La Aguadita con 17 ha.

Las áreas de estudio afectadas con aguas de riego con B presente en exceso (con niveles comprendidos entre más de 1 mg L⁻¹ y 3,55 mg L⁻¹ es decir, con limitaciones para uso productivo) abarcan una superficie aproximada de 4.713 ha. (cerca del 77% del total). Por lo tanto quedaría un área sin limitaciones para la producción de 1.406 ha.

D) Evaluar la posibilidad de desarrollo del área al incorporar tecnologías y medidas de mitigación que posibiliten mejorar la producción de los valles.

Enfocar estos problemas sólo desde una óptica científica, aunque se haya realizado desde un cuidado abordaje interdisciplinario, hará que siempre falte la riqueza de un enfoque político a los efectos de guiar la toma de decisiones y las acciones conducentes a un desarrollo regional ecológico y económicamente sustentable. La conservación de los ecosistemas y la diversidad biológica, así como el mantenimiento de la capacidad económica de producir bienes y servicios para las actuales y futuras generaciones, son requerimientos que hoy día se deben exigir a las políticas de desarrollo.

A la hora de diseñar una propuesta para el desarrollo del área de los departamentos de Cachi y Molinos, es importante establecer primero canales de diálogo con los grupos de interés, efectivos, directos, transparentes y oportunos, considerando sus opiniones, a fin de poder usar eficiente y responsablemente los recursos naturales, promoviendo el conocimiento mutuo entre técnicos, políticos y las poblaciones vecinas, atendiendo su diversidad cultural.

De esta manera se puede concretar una adhesión de compromiso voluntario con las actividades necesarias para la mitigación de los problemas –en este caso: una excesiva presencia de B en aguas de riego-, aplicando estándares basados en buenas prácticas internacionales donde la legislación se considere insuficiente, o promulgar una ley provincial a fin de que estas prácticas innovadoras se incorporen con dicha fuerza. En este sentido se debería fomentar la innovación en distintos niveles de impacto, desde la mitigación del problema, hasta la incorporación de nuevas tecnologías, entendiéndose por innovación al proceso de agregar valor económico, social y/o medioambiental al negocio productivo

agrícola, mediante la implementación de nuevas prácticas, y tecnologías, contribuyendo con el desarrollo del Valle sin crear relaciones de dependencia.

En todo este proceso se considera conveniente privilegiar la incorporación y adaptación de tecnologías y conocimiento existentes en el mercado, buscando incorporar innovaciones junto a toda la red de valor, involucrando también al entorno científico y tecnológico. Por ello es importante señalar la experiencia del valle de Lluta en Arica, Chile, donde se encaró una problemática similar a la aquí planteada. El Estado chileno, desde el año 2002, ha realizado investigaciones en la Universidad de Tarapacá (Arica), en el Centro de Investigaciones del Hombre del Desierto (CIHDE), y en la Universidad de Chile (Santiago) sobre la presencia de B en las aguas de los ríos y sus consecuencias. Estas investigaciones se implementaron en el marco de una política de desarrollo económico que buscaba la reducción de la concentración de B en aguas de varias cuencas de la zona norte del país con el objetivo de establecer una agricultura diversificada en la zona (Tabla 16).

Estas investigaciones de origen teórico y práctico han sido promovidas y financiadas por el Fondo para la Innovación Agraria (FIA) del Gobierno de Chile. También otro organismo público-privado, como la Fundación Chile, ha desarrollado una segunda propuesta⁷⁶ de reducción de B, por el método de Osmosis inversa, similar al ideado en la Universidad. (Apéndice VIII, F.3 y F.6).

Luego de conocerse los resultados de estas investigaciones, se comenzaron a implementar programas para facilitar el acceso a la inversión, financiamiento e implementación de unidades tecnológicas con capacidad de desarrollar el producto de estas investigaciones. Estas acciones fueron realizadas en el marco de un conjunto de políticas públicas⁷⁷ y privadas y a través de mecanismos de fondos de apoyo crediticio (Banco del Estado, INDAP⁷⁸) y/o de subsidio a través de concursos públicos por la Comisión Nacional de Riego. El primer paso fue la instalación de un equipo de extracción de B de las aguas de riego para productores del área del río Lluta durante los años 2011 a 2013 (Apéndice VIII

⁷⁶ Proyecto ABAR

⁷⁷ Comisión Nacional de Riego (CNR) del Ministerio de Agricultura tiene el programa "Capacitación y fortalecimiento de la Junta de Vigilancia de río Lluta". Concurso 12-2013 "Calidad de Aguas, Nacional" de la Ley N° 18.450 de Fomento al Riego.

⁷⁸ Instituto de Desarrollo Agropecuario. Organismo dependiente del Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. <http://www.indap.cl>

F.2 a F.4).

Estas acciones impulsaron también la inversión de fondos privados interesados en iniciar emprendimientos agrícolas⁷⁹ de producción intensiva de hortalizas en sistema sin suelo, aplicando tecnología de tratamiento de agua desarrollada en combinación con métodos de ferti-irrigación y buenas prácticas agrícolas, con el objetivo de lograr productos de alta calidad y reducir el costo unitario, para abastecer la agroindustria local⁸⁰.

Este ejemplo permitió identificar otros territorios con problemática similar que han comenzado a dar respuesta a la presencia de B en cantidades elevadas en sus aguas de riego. Sus concentraciones medias de B son de 16 mg L⁻¹ en el río Lluta (Chile) y de 29 mg L⁻¹ en el río Camarones (Chile), mientras que los valores medios encontrados en este estudio del valle salteño (Argentina) están comprendidos entre 1 mg L⁻¹ a 3,55 mg L⁻¹.

Tomando como referencia el caso del valle chileno de Lluta, con un área de cultivo de 2.784 ha. manejada por 600 agricultores, con concentraciones de B en el agua de riego entre 9 y 29 mg L⁻¹, y su política de desarrollo puesta en marcha, es que en este trabajo de investigación se elaboró un ejercicio sencillo de simulación, un análisis de sensibilidad donde se puede valorar la repercusión y el retorno de iniciativas e inversiones públicas (impacto económico⁸¹) a fin de mejorar las condiciones productivas de los valles argentinos bajo estudio.

El análisis de sensibilidad de un proyecto de inversión es una de las herramientas más sencillas de aplicar que puede proporcionar la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que se decida asumir.

La base para aplicar este método es identificar los posibles escenarios del proyecto de inversión, que se clasifican en:

. Pesimista: Es el peor panorama de la inversión, es decir, es el resultado en caso del fracaso

⁷⁹Empresas: ASITEC Ltda. y Agrícola San Martín de la zona ARICA.

⁸⁰ Informe de avance técnico final del Coordinador del proyecto, Sr. Figueroa Tagle, L. del Departamento de Química de la Universidad de Tarapacá (FIA-PI-C-2002-1-A-75)

⁸¹ Los estudios de impacto económico ayudan a las Administraciones Públicas en la toma de decisiones sobre proyectos de inversión y medidas de política pública.

total del proyecto.

. Probable: Éste sería el resultado más probable que se supondría en el análisis de la inversión, debe ser objetivo y basado en la mayor información posible.

. Optimista: Siempre existe la posibilidad de lograr más de lo que se proyecta, el escenario optimista normalmente es el que se presenta para motivar a los inversionistas a correr el riesgo.

Así se puede ver que en dos situaciones donde se estaría dispuesto a invertir una misma cantidad, el grado de riesgo y las utilidades se pueden comportar de manera muy diferente, por lo que se deben analizar según su nivel de incertidumbre, a la vez que por la posible ganancia que representan.

En principio se consideró una información detallada de las producciones desarrolladas en el valle de Lluta y se tuvo presente la premisa de Albornoz et al., (2007), que señala que para cultivos hidropónicos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) es posible aumentar los rendimientos comerciales de 18,4 Tn/ha. a 51,2 Tn/ha. (178 %) al disminuir la concentración de boro del agua de riego desde 7,1 mg L⁻¹ a 0,8 mg L⁻¹.

Con esa idea, para el ejercicio se seleccionó el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), clasificado como sensible a la presencia de B en las aguas (Tabla 15), agroecológicamente apto para la zona estudiada y de producción habitual en la región, estimándose el Valor Bruto de la Producción (VBP)⁸² bajo dos escenarios contrastados (con boro y con mitigación de boro).

Escenario 1: Sin tratamiento de B. Esta propuesta consiste en continuar con el modelo productivo actual, y en paralelo ayudar a los productores con trabajos de I+D conducentes a dar respuestas sobre cuáles serían las especies sensibles a tolerantes a niveles tóxicos de B, cuáles serían los problemas de crecimiento potencial que tendrían los cultivos, y lograr mayores rendimientos en las especies tolerantes a este ión. También se deberían identificar nuevas áreas sin exceso de B en suelo y agua. Todas estas líneas investigativas contribuirían con los productores a tomar mejores decisiones productivas y así obtener buenos resultados

⁸² VBP = superficie x (rendimiento x precio)

económicos, pero en un mediano-largo plazo.

Escenario 1.1 (probable): Para la estimación del VBP se consideró el precio pagado al productor: 5\$/Kg⁸³(Apéndice XI) y el rendimiento promedio del cultivo: 10 Tn/ha⁸⁴, tomándose estos datos como constantes en el cálculo de los resultados para toda el área investigada, suponiendo que se planta cebolla en toda la superficie disponible con aptitud agrícola Tabla 22.

Tabla 22. Simulación de producción de Cebolla en zona de estudio con presencia de B.

Río	Superficie Ha.	Con B contaminante en las aguas			
		Rend. cebolla Tn/ha	\$/kg	VBP (\$)	VBP (US\$) ⁸⁵
Calchaquí	3054	10	5	152.700.000	15.270.000
Luracatao	757	10	5	37.850.000	3.785.000
Cachi	399	10	5	19.950.000	1.995.000
Las Trancas	378	10	5	1.890.000	189.000
Cabrería	94	10	5	4.700.000	470.000
Percayo	31	10	5	1.550.000	155.000
Total	4713			235.650.000	23.565.000

Elaboración propia.

Para 4713 ha. totales se obtendría un valor bruto de la producción de \$235.650.000.- el equivalente a US\$23.565.000.- y un VBP por ha. de US\$5.000.-

Escenario 1.2 (optimista): Para la estimación del VBP se consideró un aumento del rendimiento de un 10% sobre el valor del Escenario probable 1.1: 11 Tn/ha.⁸⁶, manteniéndose el precio pagado al productor de: \$5/kg porque en este caso el supuesto abarca la producción de nuevas variedades de cebolla que tienen una productividad mayor, tomándose estos datos como constantes en el cálculo de los resultados para toda el área investigada, suponiendo que se planta cebolla en toda la superficie disponible con aptitud agrícola Tabla 23.

⁸³ Información económica de la AER Seclantás INTA

⁸⁴ 9 a 11 Tn/ha es el rango de rendimiento obtenido por productores. Información Técnica de la AER Seclantás INTA

⁸⁵ Equivalencia entre dólar estadounidense y peso argentino: 1US\$= \$10

⁸⁶ Información económica de la AER Seclantás INTA

Tabla 23. Escenario 1.2 optimista: producción de cebolla en zona de estudio con B, con aumento en precio.

Río	Superficie Ha.	Con B contaminante en las aguas			
		Rend. cebolla Tn/ha	\$/kg	VBP (\$)	VBP (US\$)
Calchaquí	3.054	11	5	167.970.000	16.797.000
Luracatao	757	11	5	41.635.000	4.163.500
Cachi	399	11	5	21.945.000	2.194.500
Las Trancas	378	11	5	20.790.000	2.079.000
Cabrería	94	11	5	5.170.000	517.000
Percayo	31	11	5	1.705.000	170.500
Total	4.713			259.215.000	25.921.500

Elaboración propia

Para las 4.713 ha. totales se obtendría un VBP de \$259.215.000.- o el equivalente de US\$25.921.500.- y un VBP/ha. estimado en US\$5.500.-. Es decir que una corrección en el rendimiento del “escenario probable” en un +10% implica un impacto en el VBP de +10%.

Escenario 2: Con tratamiento de B. Esta alternativa plantea una política más agresiva, conformada por acciones de investigación, inversión e innovación, activando los mecanismos del desarrollo local con la participación de los actores locales y de los gobiernos, pudiéndose ver resultados en el corto-mediano plazo.

Escenario 2.1 (probable): Para la estimación del VBP se consideró el precio pagado al productor: 5\$/Kg⁸⁷(Apéndice XI) y un rendimiento promedio del cultivo incrementado en un 50%⁸⁸ (15 Tn/ha., mejora asumida por reducción del B), tomándose estos datos como constantes en el cálculo de los resultados para toda el área investigada, suponiendo que se planta cebolla en toda la superficie disponible con aptitud agrícola, empleando tecnologías de manejo de suelos⁸⁹, incorporando sistemas de riego para hacer eficiente el uso del agua⁹⁰ o accediendo a provisión de

⁸⁷ Información económica de la AER Seclantás INTA

⁸⁸ Porcentaje de aumento estimativo menor al obtenido por Albornoz (178%) considerado que los niveles promedio de B en el área de estudio son menores a los obtenidos en Chile.

⁸⁹ Lavado para lixiviación de las sales y del B acumulado en los suelos.

⁹⁰ Riego por goteo, por aspersión, etc.

aguas de riego subsuperficiales⁹¹ Tabla 24.

Tabla 24. Escenario 2.1 probable: producción de cebolla en zona de estudio con mitigación del B, con aumento estimado de rendimiento

Río	Superficie Ha.	Sin B contaminante en las aguas			
		Rend. cebolla Tn/ha	\$/kg	VBP (\$)	VBP (US\$)
Calchaquí	3.054	15	5	229.050.000	22.905.000
Luracatao	757	15	5	56.775.000	5.677.500
Cachi	399	15	5	29.925.000	2.992.500
Las Trancas	378	15	5	28.350.000	2.835.000
Cabrería	94	15	5	7.050.000	705.000
Percayo	31	15	5	2.325.000	232.500
Total	4.713			353.475.000	35.347.500

Elaboración propia

Para las 4.713 ha. totales se obtendría un VBP de \$353.475.000, o el equivalente de us\$35.347.500, con un incremento estimado de la producción en +50%.-. Obteniendo un VBP/ha. de US\$ 7500.- Esta mejora en el rendimiento, debido a la corrección de los valores de boro en el agua y manejo, impactan en el VBP del Escenario probable con boro, en +50%.

Escenario 2.2 (optimista): Para la estimación del VBP se consideró como precio pagado al productor, un 60% más que el valor en el Escenario probable 2.1 (8\$/Kg), pues se mejoró la calidad de la cebolla plantada al existir otras variedades disponibles aptas bajo esas condiciones medioambientales de nivel de boro no contaminante, recibiendo el productor un precio diferencial respecto al pagado por la variedad tradicional. El rendimiento del cultivo se mantuvo en 15Tn/ha, tomándose estos datos como constantes en el cálculo de los resultados para toda el área investigada, suponiendo que se planta cebolla en toda la superficie disponible con aptitud agrícola, empleando tecnologías de manejo de suelos⁹², incorporando sistemas de riego para hacer eficiente el uso del agua⁹³ o accediendo a provisión de aguas de riego subsuperficiales⁹⁴ (Tabla 25).

⁹¹ Instalación de pozo-bomba en profundidad en finca o comunitario.

⁹² Lavado para lixiviación de las sales y del B acumulado en los suelos.

⁹³ Riego por goteo, por aspersión, etc.

⁹⁴ Instalación de pozo-bomba en profundidad en finca o comunitario.

Tabla 25. Escenario 2.2 optimista: producción de cebolla en zona de estudio con tratamiento de B e incremento en el precio de venta.

Río	Superficie Ha	Sin B contaminante en las aguas			
		Rend. cebolla Tn/ha	\$/kg	VBP (\$)	VBP (US\$)
Calchaquí	3.054	15	8	366.480.000	36.648.000
Luracatao	757	15	8	90.884.000	9.088.400
Cachi	399	15	8	47.880.000	4.788.000
Las Trancas	378	15	8	45.360.000	4.536.000
Cabrería	94	15	8	11.280.000	1.128.000
Percayo	31	15	8	3.720.000	372.000
Total	4.713			565.560.000	56.556.000

Elaboración propia

Para las 4.713 ha. totales, manteniendo el nivel de la producción y aumentando el precio pagado al productor en un +60% se llega a los \$565.560.000.- de VBP, o el equivalente de US\$56.556.000.-, con un VBP/ha. de US\$12.000.-, mostrándose un aumento del 60% respecto al Escenario probable 2.1.

En síntesis, si se compara los resultados de los distintos escenarios considerados, al evaluar solamente los “probables”, es decir los que se dan bajo condiciones sin tratamiento y con tratamiento de mitigación de B en agua y suelo y precio actual pagado al productor, en una proyección objetiva basada en la mayor información disponible, incorporando criterios de I&D, se pone de manifiesto un aumento en los resultados económicos de +50%, con el supuesto de una política activa en innovación tecnológica.

Si no se aplica una política agresiva en el Valle, se esperaría una mejora en el VBP del 10% (Escenarios 1.1 y 1.2).

Si comparamos los escenarios 2 (con tratamiento de B), la mejora en la calidad del producto permitiría obtener una mejora en el precio, a la vez que en la productividad, obteniendo un valor bruto de la producción un 60% mayor.

Y por último, si comparamos el escenario 1.1 (sin tratamiento de boro, probable) con el escenario 2.2 bajo (con tratamiento de boro, optimista), se encuentra un aumento significativo del VBP: 140%.

Como queda claro en el ejercicio de simulación, el peso o ponderación de la productividad es muy importante en el resultado económico (VBP). Cuando se planteó un escenario con aumento de la productividad del 50%, por tratamiento de boro (ceteris

paribus), el VBP también aumentó un 50%. En cambio, corrigiendo sólo la variable rendimiento por introducción de especies pero sin tratamientos de reducción del boro (escenario 1), el aumento en el VBP sólo fue de un 10%.

E) Comparar proyectos de intervención que sean potenciales ejecutores de medidas de mitigación de los efectos del B en aguas de riego.

En la Argentina, existen 88 programas de desarrollo (De Haro, 2011). Se seleccionaron tres en relación a que actúan en la provincia de Salta y en la temática de Riego. Los mismos dependen del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Dos de ellos pertenecen a la Unidad para el Cambio Rural (UCAR) y uno al INTA:

- Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP)⁹⁵. Destinado a actuar a nivel provincial y nacional en proyectos de inversión pública social y ambientalmente sustentables, incrementando la cobertura y la calidad de la infraestructura rural y de los servicios agroalimentarios.
- Programa para el Desarrollo Rural Incluyente (PRODERI)⁹⁶. Tiene como objetivo mejorar las condiciones sociales y productivas de las familias rurales pobres, buscando incrementar los ingresos, la producción y oportunidades para los agricultores familiares, las organizaciones y cooperativas rurales. Prioriza tres estrategias de carácter transversal: la Estrategia de Género, la Estrategia de Atención al Medio Ambiente y Adaptación al Cambio Climático y la Estrategia para Pueblos Indígenas. Actúa a través de organizaciones formales o grupos de productores/as, orientados a fines comunitarios y/o productivos y/o comerciales. Hasta marzo del 2014 tenía 140 proyectos aprobados en Salta.
- Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Sustentable (PROFEDER), del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Este está orientado al Desarrollo Rural y brinda asistencia técnica y capacitación al productor. Teniendo dentro de

⁹⁵El PROSAP ya ha sido demandado en la zona de los Valle Salteño. Tiene uno en ejecución en la temática Riego y Drenaje en la Quebrada del Toro: "Reconversión productiva tabacalera del río Toro" para 350 familias por un valor de US\$ 40.000.000 con una inversión por familia promedio estimada de US\$ 114.285.

⁹⁶ PRODERI tiene también a nivel país en inversión en riego: 23 proyectos en ejecución, 19 en formulación y 18 en ejecutados (2014). El PRODERI en Salta tiene 140 proyectos aprobados de US\$ 200.000.- cada uno.

cartera a las siguientes líneas de acción: Proyectos Minifundio, Proyectos Familiares (PROFAM), Apoyo al Desarrollo Local, Proyectos Integrados, Grupos Cambio Rural y Pro Huerta. Financiadas con fondos de presupuesto de INTA, salvo las dos últimas por el MAGyP y el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación (MDS), respectivamente. Sus acciones servirían para la capacitación y asistencia técnica a los productores para la innovación tecnológica y el desarrollo local y territorial.

Estos tres programas actúan a demanda realizada por la población beneficiaria a la que está destinada y tienen un potencial de financiación disponible de 1.051,6 millones de dólares⁹⁷ (Tabla 26).

Tabla 26. Financiación de programas destinado a capacitación e inversión en riego.

Programa	Modalidad de solicitud de los fondos	Monto disponible(US\$)
PROSAP	A demanda	909.800.000.-
PRODERI	A demanda	112.600.000.-
PROFEDER	A demanda	2.922.270.-
Total		1.025.322.270.-

Fuente: UCAR. INTA (2014)⁹⁸. Elaboración propia.

Por otro lado, en el país vecino, en el valle de Lluta, se ha invertido US\$157.878.-⁹⁹, para 600 productores regantes a fin de desarrollar un programa avalado por la Ley nacional N° 18.450¹⁰⁰ de Chile, para instalar equipos de reducción de B destinado, en una primera etapa, a 13 productores por un valor total de US\$882.572.-¹⁰¹ (Apéndice XII A) y una inversión por productor de US\$67.890.-.

En Argentina, Salta, el programa PROSAP lleva adelante un proyecto de Riego y Drenaje para el mejoramiento del sistema de Riego de Río Toro que se desarrolla en la Quebrada del Toro¹⁰² departamento de Rosario de Lerma, (Salta) destinado a 350

⁹⁷ <http://www.ucar.gob.ar/> (2014)

⁹⁸ Pesos argentinos en el año 2014. (Dólar 1= \$ 10)

⁹⁹ \$78.939.043.- pesos chilenos en el año 2002. (Dólar 1= \$ 500)

¹⁰⁰ Capacitación y fortalecimiento de la junta de vigilancia de río Lluta

¹⁰¹ \$495.971.387.- pesos chilenos en el año 2011. (Dólar US\$1= pesos chilenos \$ 500)

¹⁰² El área de proyecto se sitúa en la cuenca alta del Río Juramento, integrada por los ríos Toro, Rosario, Blanco, Arenales y otros afluentes

productores con US\$40.000.000.-, de inversión con una relación de US\$114.285.- por productor (Tabla 27).

Tabla 27. Comparación de inversión de los programas de Argentina y Chile.

Países	Inversión por Proyecto (US\$)	Programa	Beneficiarios	Relación I/P(US\$)
Chile	882.572.-	Ley Fomento de riego	13	67.890.-
Argentina	40.000.000.-	PROSAP	350	114.285.-

Fuente. PROSAP (2014). Cataldo O. (2006). Elaboración propia.

Esto significa que Chile, bajo la ley de fomento de riego que posibilita al agricultor alcanzar modernos mecanismos para mejorar su productividad, hacer un uso eficiente del agua y aumentar la competitividad del sector agrícola, invierte sólo para mitigar su problema de toxicidad de boro, US\$67.890.- por productor, mientras que el PROSAP para el mejoramiento del sistema de riego de río Toro, trata de manera marginal el problema de contaminación de aire, suelo y aguas por boro en el valle de Lerma, destinándole para resolver sólo el resto de las dificultades planteadas en el marco del proyecto, US\$114.285.-/prod. (Apéndice XII B).

Chile, resuelve su problema de productividad corrigiendo los tenores de boro (promedio en las aguas de 19 mg L⁻¹) con el nivel de inversión mencionado. Para el caso Argentino los proyectos de desarrollo no priorizan resolverlo para mejorar la productividad de la región, a pesar de que se reconoce como un problema relevante (PROSAP, 2011)¹⁰³.

¹⁰³ Se introducirán mejoras relacionadas con otros aspectos ambientales y sociales. Se reducirán los riesgos de contaminación por Boro debido a “las características de la nueva red de riego” y, gracias a “las capacitaciones”, disminuirán los riesgos de toxicidad por el manejo inadecuado de “agroquímicos y fertilizantes”.

VI. Discusión y conclusiones

El objetivo principal de esta investigación ha sido analizar el efecto del B en la productividad, en la diversidad agrícola, en los resultados económicos y, en consecuencia, en el desarrollo del valle Calchaquí (departamentos de Cachi y Molinos).

Los ríos estudiados fueron los de caudal de agua permanente durante todo el año y los afluentes al río principal, el Calchaquí, provenientes del lado Oeste. El área seleccionada se encuentra en el límite con el departamento de Los Andes (Puna Salteña) donde se hallan salares que tienen presencia de boro, algunos de los cuales son industrializados por el gobierno de la provincia de Salta. Los suelos y aguas subterráneas analizadas son regados y recargados por estos ríos.

Los resultados obtenidos muestran la presencia de boro en todos los ríos, en un horizonte temporal comprendido entre 25 años y 11 años, según los casos. Se lograron obtener valores diferenciados: los más altos se observaron en los ríos: Calchaquí, Luracatao, Las Trancas, Cachi y Cabrería y los de menor cuantía en los ríos Las Arcas, Brealito y Cuchiyaco.

También se constataron niveles de toxicidad potencial en suelo y aguas subsuperficiales, advirtiendo que esta información es preliminar por no contar con suficiente datos tanto de lugares como de serie histórica, debido a la difícil accesibilidad de los lugares, la baja interacción de los productores con los investigadores a nivel de predio y la escases de recursos económicos.

Para trabajar la gradación en B se comparó información elaborada por destacados autores en la temática de contaminación de boro en aguas y suelo. Así se verificó que la cantidad de boro que poseían algunas de las muestras analizadas sobrepasaron los límites de toxicidad establecidos por estos autores. Se estableció un nivel de corte para agua (superficial y subsuperficial) y suelo con el fin de contribuir a hallar niveles de toxicidad. Se señala además el impacto de estos resultados para la producción vegetal atendiendo a la diversidad de especies, el consumo humano y animal.

Se delimitó el área modificada de manera antrópica, desarrollada en la actualidad sobre la margen de estos ríos que riegan y percolan para recargar el acuífero de la zona, estableciéndose diferencias entre áreas potencialmente tóxicas para ciertos usos productivos (dado que los ríos que las riegan mostraron altos niveles de salinidad y sodicidad: los mencionados Luracatao, Calchaquí y Cabrería), cuyas aguas regantes propician

mayoritariamente solo el desarrollo de producción forrajera y las áreas menos contaminadas (en zona de influencia de los ríos Las Arcas, Brealito y Cuchiyaco) en las que se identificaron sistemas productivos frutícolas. En ambas áreas está presente el sistema productivo hortícola pero con especies diferentes según su tolerancia a B.

Se plantearon escenarios con diferentes resultados económicos, demostrando que, a nivel teórico, es altamente factible que la incorporación de tecnología en los sistemas productivos (material genético, insumos agrícolas, manejo de suelos y agua y mitigación de B) pueda aportar a mejorar los índices de productividad y, por ende, a un desarrollo del área.

El problema de B en la zona salteña tiene un tratamiento marginal por parte de los decisores políticos pues se observó que su importancia está reconocida solo a nivel de diagnóstico en los programas de intervención puestos en marcha, a pesar de haberse destinado importantes presupuestos a la problemática del agua. Ocurre todo lo contrario en Chile, con quien se comparte el área andina definida como el “Codo de Santa Cruz” (Chong Díaz y Garcés Millas, 1989), el mayor depósito de B de Sudamérica. En este país se ha desarrollado tecnología apropiada y programas de atención a la problemática a fin de recuperar las zonas afectadas.

El trabajo continua las líneas de investigación llevadas a cabo en la zona por Salvador (1988), Ortega (1992), García Medina (2002), Salusso (2005) y Ortega (2006) quienes, a través de sus resultados publicados, han señalado: en el primer caso, los efectos y la presencia de boro asociada a las dificultades en la fertilización agrícola en la zona de Cachi Adentro. En el segundo, la toxicidad por presencia bórica en la producción de Poroto Pallar en Cachi. La tercera investigación, referida a la selección de zonas de estudio por limitación para la producción agrícola potencial (Refugio y Cachi Adentro). La cuarta, a la presencia de boro para la calidad del recurso hídrico en la alta cuenca del río Juramento, donde pertenece esta zona y por último, la toxicidad por micronutrientes en Cachi.

Se desprenden tres posibles líneas para futuras investigaciones según se tome en cuenta: el origen de la presencia de B en las aguas, el contenido de boro en las aguas superficiales en época de crecida y estiaje y la clasificación del tipo de suelos que existe en el valle Calchaquí:

- 1- En relación al posible origen de la presencia de B en las aguas de los ríos en los valles, existen varias hipótesis que no son excluyentes entre sí, desarrolladas por diferentes autores: En una primera hipótesis, basada en efectos naturales y según trabajos del Instituto

de Recursos Naturales de la provincia de Salta (IRN, 2014), se afirma que la presencia de B se debe a la acción conjunta de los procesos de levigación¹⁰⁴ y de los sedimentos que se formaron en los periodos terciarios y cuaternarios (Salas, 2014). Una segunda hipótesis se fundamenta en el efecto de la minería, según Tinte et al. (2011) y Bianchi (2008) quienes atribuyen el origen a los residuos de la extracción minera¹⁰⁵. A su vez, Ros Moreno (2009) agrega que los yacimientos se encuentran en zonas desérticas, con escasa provisión de agua y con el uso de pozas de evaporación solar, lo cual representa un riesgo de filtración y, consecuentemente una amenaza de contaminación ambiental.

Todas estas investigaciones coinciden en afirmar la presencia de B en las zonas cercanas a los afluentes de la margen oeste del río Calchaquí. Reafirmando este concepto Paoli et al., (2011), sostienen que algunos cursos de agua que provienen de la Quebrada de las Conchas, Quebrada de las Arcas y Quebrada de las Cuevas, zonas cercanas a los salares del departamento de los Andes, vuelcan sus aguas en los ríos Las Arcas y Trancas, afluentes del río Calchaquí.

Estas hipótesis avalan la presencia del ión y abren una puerta a investigar estos procesos que presentan varias líneas de acción e investigación posibles. Por un lado, la generación de mayor conocimiento sobre estos fenómenos de interacción y, por el otro, la incorporación de tecnología para potenciar la zona productiva y tomar recaudos de los efectos de la extracción y producción de boratos en la Puna Salteña,

2- Habiendo comprobado en el trabajo que el contenido de boro en las aguas de los ríos Trancas y Cachi es distinto en estiaje y crecida, sería importante ampliar el estudio y análisis de estos resultados a toda la cuenca.

3- En cuanto a la calidad de los suelos, la zona tiene un área de 0,6% a 0,8% ¹⁰⁶ con potencial agroecológico y productivo óptimo para la agricultura, fundamentalmente para la producción hortícola y frutícola, con una amplia diversidad de especies.

Se destaca que Vargas Gil (1990) utilizó una fórmula IP¹⁰⁷, publicada en el Atlas de

¹⁰⁴ Proceso de separación granulométrica de sólidos mediante una corriente de agua

¹⁰⁵ Toda la actividad extractiva de minerales de B se encuentra localizada en los departamentos Los Andes y en el norte del departamento La Poma

¹⁰⁶ Estimado en base a la capacidad de uso del suelo (USDA-SCS): Valles y Bolsones calificándolo como VIII B (Vargas Gil, 1990)

¹⁰⁷ La fórmula utilizada fue : $IPt = H \times D \times Pe \times Ta \times S \times N \times Mo \times P \times Pg$ (3) Donde: IPt=Índice de productividad de la unidad taxonómica; H=Condición climática; D= Drenaje; Pe= Profundidad efectiva; Ta= Textura superficial; S= Salinidad; N=Alcalinidad; Mo= Materia orgánica; P=Pendiente; Pg= pedregosidad; (3)= Como referencia se tomó la siguiente vegetación: campo natural de pastoreo, ganadería ovina y camélidos. Pastura artificial: Pasto llorón y cultivos bajo riego

Suelos de la República Argentina, donde no se tuvo en cuenta la presencia de B. De esta manera, lo identificado en este trabajo sugiere como otra línea de investigación una nueva estimación del IP considerando niveles de B debido a la hipótesis de que pueden variar estos valores si se incorpora a la fórmula los efectos del exceso de B.

En el proceso de investigación fue necesario tomar en consideración algunas limitaciones, como ha sido el caso de la discontinuidad en la captación de los datos primarios. El primer relevamiento se realizó entre 1998 y 2001, en el marco de un trabajo de diagnóstico para la AER INTA Seclantás (Walter, 2001), que luego se retomó a partir del 2011. Por otra parte fue necesario trabajar con información del Censo Nacional Agropecuario 2002 debido a la escasa confiabilidad de los datos del último Censo, realizado en 2008.

Por otro lado, en un relevamiento del estado del arte de las investigaciones realizadas en la zona seleccionada, tanto sobre aspectos productivos como económicos, se constata que en las mismas no se aborda esta temática integralmente.

Por último, para la resolución de los problemas que acarrea la presencia del B a niveles tóxico se consideran dos ámbitos de acción: uno la acción del Estado, que debe asumir un rol importante en el apoyo al desarrollo territorial (Rozenblum, 2013) potenciando la ruralidad y sosteniendo la intervención a través de los programas de desarrollo integrado como factores de progreso. El otro ámbito es el de la propia comunidad vallista (FODEPAL, 2005), que en forma organizada y articulada, puede discutir sus problemas locales y territoriales y constituirse en actores principales del territorio.

Se presentó como posible modelo a considerar el implementado en el vecino país, de modo que puedan confluir acciones desde ambos ámbitos para el desempeño de un organismo público-privado, como es el caso de las Agencias de Desarrollo Económico Local (DEL) (Aghón, 2001), entes que motorizan el crecimiento económico del lugar y mejoran las condiciones de vida de la comunidad. En Argentina existen ejemplos de funcionamiento similar en Municipios¹⁰⁸ que han adoptado a la Agencia de DEL como estrategia de Desarrollo Local.

A través del DEL¹⁰⁹ sería posible impulsar proyectos y planes en el ámbito del

en valles y Quebradas: alfalfa, maíz, papa y frutales.

¹⁰⁸ Rafaela (Santa Fe), Mar del Plata (Buenos Aires), Morón (Buenos Aires).

¹⁰⁹ El desarrollo económico local es un proceso de crecimiento y cambio estructural de la economía de una ciudad, comarca o región, en que se pueden identificar al menos tres dimensiones: una económica, caracterizada por un sistema de

desarrollo territorial, enfrentando de forma orgánica las soluciones a este tipo de problemas para presentarlas institucionalmente a las diferentes instancias locales, provinciales, nacionales e internacionales.

Respondiendo a la pregunta de investigación inicial, acerca de si se puede establecer una relación entre la menor potencialidad económica de la región y la presencia de diferentes niveles del ion B detectado en suelo y agua, se ha podido establecer –a partir de una suma de estrategias- algunas diferencias significativas entre los ríos evaluados y entre las productividades y capacidad de diversificación productiva de las tierras por estos irrigadas.

El área de riego con niveles de B potencialmente tóxicos se definió en el marco de este trabajo, por la superficie irrigada por los ríos Calchaquí, Luracatao, Cachi, Las Trancas, Cabrería y Percayo, planteando limitaciones tanto para el desarrollo productivo como para la incorporación de nuevas producciones agrícolas agroecológicamente óptimas para este clima y suelo.

Respecto a las inquietudes que justificaron este trabajo: aportar elementos para solucionar problemas que limitan la capacidad productiva y, consecuentemente, de desarrollo de ciertas regiones del país. Considerando los objetivos que guiaron este trabajo se concluye: que existe una determinada cantidad de B en los ríos estudiados que los define y caracteriza; que el río Calchaquí y algunos de sus afluentes poseen un efecto de contaminación de B que afectaría la posibilidad de cultivar, de forma diversificada, cultivos aptos agroecológicamente; que es importante la aplicación de una política tecnológica integral, que tenga en cuenta la mitigación del B. Acompañado con políticas activas para el desarrollo local y territorial, permitirán mejorar la productividad del área y la incorporación de nuevas especies para diversificar la cartera agrícola de la zona (en especial en lo que hace a la producción frutícola), aportando así al desarrollo económico de la misma.

Se analizaron proyectos vigentes en las áreas de riego evaluadas que tienen plasmados en sus documentos el problema de B en agua y suelo y los efectos perjudiciales a nivel tóxico, que buscan mejorar la productividad y la diversidad agrícola, pero que no han encarado el problema de manera integral y con adecuados recursos financieros de modo que no logran superar la etapa de diagnóstico. Se compararon estas acciones con las que se llevan

producción que permite a los empresarios locales usar eficientemente los factores productivos, generar economías de escala y aumentar la productividad a niveles que permiten mejorar la competitividad en los mercados; otra sociocultural, en la cual el sistema de relaciones económicas y sociales, las instituciones locales y los valores sirven de base al proceso de desarrollo; y otra política y administrativa, en la que las iniciativas locales crean un entorno local favorable a la producción e impulsan el desarrollo.

a cabo en una zona similar y cercana de Chile, donde se ha implementado un programa que resuelve el problema productivo ocasionado por la presencia de B desarrollando tecnología apropiada e implementado adecuados planes de desarrollo, planteo que podría ser replicable para el caso estudiado.

A través de este trabajo se intenta señalar la importancia de implementar políticas públicas con una visión global, basado en diagnósticos que contemplen los diferentes aspectos que puedan influir, limitando o potenciando, las capacidades de desarrollo de las diferentes zonas productivas del país. Específicamente se ha hecho hincapié en la profundización de la problemática asociada a la presencia de boro a niveles tóxicos, como uno de los aspectos que pueden ser considerados como limitantes para el desarrollo de áreas de riego.

Las acciones de reducción de B permitirán mejorar la calidad de la producción y servicios del Valle y el ingreso global de los productores y de la zona. La incorporación de tecnologías adecuadas y en especial de riego con aguas de calidad mejorar la productividad y en consecuencia el área productiva.

VII. Bibliografía

- Aghon, G 2001. Desarrollo Económico Local y Descentralización en América Latina: Análisis comparativo. Proyecto Regional de Desarrollo Económico Local y Descentralización. CEPAL/GTZ. Santiago de Chile.
- Albornoz, G. F.; Cartes M. F. 2009. Sistema para reducir la concentración de boro en Aguas de riego, serie Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario, Fundación Innovación Agraria. ISBN N° 978-956-328-056-2: 28 p.
- Albornoz, G. F; Torres, A.; Tapia, M. L. Y Acevedo, E. 2007. Cultivo de Tomate (*Lycopersicon Esculentum Mill*) Hidropónico con Agua Desalinizada y Desborificada en el Valle de Lluta. *Idesia* [online]. vol.25, n.2, pp. 73-80. ISSN 0718-3429.
- Alonso, R.N. 2008. LA PUNA ARGENTINA. Ensayos geológicos, históricos y geográficos de una región singular. UNSa – CONICET. Salta. Argentina.
- Ayers, R. S. & Westcot, D.W. 1985. Water Quality for Agriculture: FAO, Irrigation and Drainage N° 29. 174 p. Roma
- Baldini, L. y Villamayor, V. 2007 Espacios productivos en la cuenca del Río Molinos (valle Calchaquí, Salta) Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, UNJu. ISSN N° 0327-1471. Número 032: 35-51 p.
- Barberis, J. Mongan, J. C. Valente, V. 2013. Los balances fiscales regionales en Argentina. Documento de Trabajo DPEPE N°06/2013. Ministerio de Economía. Octubre
- Basco de M.; Álvarez G. 1988. Los proyectos locales y la tecnología apropiada: estudio de caso del programa de apoyo a pequeños productores en Cachi [Argentina]. IICA-E14 B298 Buenos Aires (Argentina). 1988. 116 p.
- Bastias, E. 2011. Caracterización del maíz "Lluteño" (*Zea mays L.* tipo amylacea) proveniente del norte de Chile, tolerante a NaCl y exceso de boro, como una alternativa para la producción de bioenergía. *Idesia* [online]. 2011, vol.29, n.3, pp. 7-16. ISSN 0718-3429.
- Basualdo, E. Y Teubal M. 1998. "Economía a escala y régimen de propiedad en la región pampeana argentina", en XXI Congreso Internacional de la Latin American Studies Association (LASA). Chicago.
- Battistela, M.; Vita, S. F.; Estevez, C. 2006. Efecto del riego en vid con aguas de alto contenido en boro. 2006. Conferencia internacional del boro. INTA EEA San Juan, INTA.
- Bayón, N.; Monti, C. 1993. Agua potable a pequeñas comunidades. Programa APAPC Primer Informe Parcial. CFI (Salta): 54 p.
- Bianchi, A.R.; Bravo, G.C. 2008. Ecorregiones Norandina. Descripción, subregiones, agroecosistemas, sistemas productivos y cartografía regional. Ed INTA 2008. 60 p. EEA Salta.

Bustos-Obregón E. Carvallo M. Hartley-belmar R. Sarabia L. y Ponce C. 2007. Histopatológico y histométrico Evaluación de boro Efectos de la exposición sobre la espermatogénesis del ratón. *Diario Internacional de Morfología* 25 (4), 919-925. ISSN 0717-9502. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-950220070004000390717-9502>.

Bravo G.; Bianchi A.; Volante J.; Alderete S., Sempronii, G., Vicini, L.; Piccolo, M. y Fernandez, M. 2001. Regiones Agroeconómicas del Noroeste Argentino. Ed. INTA. EEA Salta

Brown P.H. Y Hu H. 1993. Borom uptake in sunflower, squash and cultured tobacco cells- studies with stable isotope and ICP-MS. In plant Nutrition-from genetic engineering to field practice (Ed. NJ Barrow) PP.161-164

Cabrera A. L., 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Fascículo 1, Tomo II. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires.

Carballo González, C. 1994. Extensión Rural en la Argentina Evolución y Problemática. Catedra de extensión y Sociología Rural. Seminario de campo III- bloque Extensión y Transferencia Tecnológica Ed. CEABA Fac. Agr. Universidad de Buenos Aires.

Cataldo O. 2013. Proyectos de Calidad de Aguas Coordinación Regional de Riego Arica y Parinacota. PPT 6 pág.

Cataldo O. 2014. Coordinación Regional de Riego Arica y Parinacota Chile, del proyecto de Calidad de Aguas. Comunicación

Centro Nacional de Organizaciones de la Comunidad. CENOC 2014 Centro Nacional de políticas Sociales. Presidencia de la Nación. Argentina <http://www.CENOC.gov.ar> (2014).

Consejo Federal de Inversiones. CFI. 2001. Diagnóstico y evaluación de la contaminación de los Recursos Hídricos de la Alta Cuenca del Juramento. Provincia de Salta. Informe Final.

Chong Díaz G.; Garces Millas, I. 1989. Los yacimientos de boratos en Chile y su beneficio. Universidad del Norte, Antofagasta, Chile. Colegio de Ingenieros de Chile 100, Mayo, pp.37-46

Cieza G. 2008. Procesos organizativos y estrategias domésticas campesinas en el norte del valle Calchaquí. El Caso "el Churcal" en el departamento de Molinos, Salta. UNLP Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Proyecto de Maestría PLIDER "Procesos Locales de Innovación y Desarrollo Rural".

De Haro, A. 2011. Fuentes de Financiamiento Nacionales y Regionales/Sector Agropecuario. Fundación ArgenInta-INTA. 130 p. Argentina

Dirección General de Estadísticas. DGE. 2014. Ministerio de economía, infraestructura y servicios públicos. Gobierno de Salta <http://estadísticas.salta.gov.ar/2014>.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

URL <http://www.infostat.com.ar>.

Emsley J. 1989 Los elementos. Oxford, Clarendon Press, p 32.

Failde De Calvo V., Fernandez D.R. 2007.Sistema soporte de decisiones de los valles Calchaquíes. Ed. INTA ISBN: 978-987-521-279-4.Salta

Fundación para la Innovación Agraria. FIA.2006. Desarrollo de un sistema económico para la reducción de la concentración de boro en aguas de varias cuencas problemáticas de la zona norte hasta niveles que viabilicen su uso en el riego para permitir una agricultura diversificada. Informe final proyecto precursor: (FIA)-Universidad de Tarapacá.

FODEPAL. 2005. Curso a distancia “Políticas Públicas para el Fomento del Asociativismo y el Desarrollo Rural” FAO. Pag.14.

García Medina S. 2002. Proyecto PROINDER de Investigación Adaptativa: Mejoramiento y calidad de Poroto pallar orientada a mejorar la seguridad alimentaria y el ingreso de pequeños productores minifundistas de los valles Calchaquíes de Salta. Seclantás. INTA Salta.

Gil Martínez F, 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Ed Mundi-prensa, Madrid.1147.p.

GOOGLE EARTH, 2014. Versión 7.1.1.1580. <http://www.google.com/earth.1-10-2014>.

Hanson E. J. 1991a. Monement of boron out of tree fruit leaves. HortScience 26: 271-273.

Hanson E. J. 1991b. Sour Cherry trees respond to foliar borom applications. HortScience 26: 1142-1145.

Hernandez Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista L P. 2010. Metodología de la investigación. ISBN 978-607-15-0291-9. 5a ed. 613 p.

INDEC. 2002. Estadísticas y Censos Agropecuarios. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Argentina <http://www.indec.mecon.ar/.2014>.

INDEC. 2010. Censo Nacional de Población y Vivienda Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Argentina <http://www.indec.mecon.ar/.2014>

INFOSTAT.2014. Versión 2014 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>Activo 2014.Noviembre.

INTA. 1986. Programa de apoyo a pequeños productores del norte argentino cachi provincia de Salta. EEA Salta. Propuesta de proyecto 9-b DINAPE. 1/4/1986.

INTA. 2002. Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural Sustentable PROFEDER Resolución N°235 CD INTA 4/9/2002.

INTA 2011. Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego) <http://inta.gob.ar/documentos/protocolo-de-muestreo-transporte-y-conservacion-de->

muestras-de-agua-con-fines-multiples/at_multi_download/file/Protocolo de muestreo de aguas inta.pdf (2014)

INTA.2013 INTA Proyecto Regional Territorial de Valles Áridos (PReT). Apoyo a la gestión territorial de los valles Áridos salteño para contribuir al desarrollo endógeno de la región. AER Seclantás- EEA Salta.

Instituto de Recursos Naturales. IRN. 2014., provincia de Salta- Recursos Hídricos. Aguas subterráneas <http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/salta/d4-2.asp>.2014.

Kleine-Hering, H.1999.ITAGH-Consult.Recopilación de Antecedentes Hídricos y de Riego en el valle Calchaquí. GTZ-Proyecto Desarrollo Rural NOA

Kohl h.c. y Oertli J.J. 1961 Distribución de Boro en hojas. Fisiología de las plantas 420 a 424. Downloaded from www.plantphysiol.org on August 5, 2014 - Published by www.plant.org Copyright © 1961 American Society of Plant Biologists.

Laboratorio de Suelos, Agua y Fertilizantes de la EEA Salta 2014. Banco de datos de muestras y análisis de suelo y agua

Lomniczi I., Musso H. y Pereyra R. 1997. Assessment of Boron concentration insurface and groundwaters in the Lermaand Calchaquí valleys (province of Salta, Argentina). Anales de la asociación Química Argentina. Vol.85 N°5/6 283/293.

Lubell E.2009. La calidad de agua potable en Arica con respecto a la salud. Sit Study Abroad. Programa Salud Pública y Bienestar de la Comunidad. Chile

Maas, E V.1984. Salt tolerance of plants. In B.R. Chistie (ed.) Handbook of Plant Science in Agriculture. CRC Press, Boca Ratón, FL.

Maas, E and Grattan. 1999. Crop yields as Affected by Salinity. Riverside California. Crop salt tolerance, chapter13

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

Melendez G. y Molina E. 2002.Fertilizacion foliar: Principios y Aplicaciones. Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

Ministerio de Economía de la Nación. MEcon. 2014. Secretaria de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Subsecretaria de Planificación Económica. Fichas provinciales.2003-2012.www.mecon.gov.ar/peconomia/dnper/fichas-provinciales/salta.pdf.

MICROSOFT EXCEL. Versión 2013. Software Informática.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. MINIPLA. 2013. (Presidencia). Producción Minera Nacional. Serie 2001-2012. Dirección Nacional de Minería. Argentina

Ministerio de Ciencia y Técnica y otros. 2008. Debilidades y Desafíos Tecnológicos del Sector Productivo. Minería No Metalífera y Pequeña Minería: La Rioja y Salta. http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs/salta/UIA_mineria_no_met_08.pdf.2014

Nable, R.O. and Paul, G. 1990. Effect of excess grain boron concentrations on early seedling development and growth of several wheat (*triticum aestivum*) genotypes with different susceptibility to boron toxicity. In *Plant Nutrition Physiology and Application* (M. L. Van Beusichem. Ed). pp. 291–295. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.

Nable, R.O. and Paul, G. 1991. Mechanism and genetics of tolerance to boron toxicity in plants. *Current Topics Plant Biochem. Physiol.* 10, 257–273

Navarrete, M. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda Argentina y sus consecuencias en regiones extra pampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. Serie 118 Medio ambiente y desarrollo. CEPAL. ONU. CHILE

Ortega, A. 1992. Intoxicación con Boro en Cultivos de Poroto de Cachi, valles Calchaquíes, Salta. *Rvta Panorama Agropecuario*, Año XIV N° 42 (Salta): 18-19.

Ortega, A. E. 2006. Capítulo: Toxicidad de micronutrientes: 177-207 pp. Vázquez, Mabel (ed.). *Micronutrientes en la agricultura. Diagnóstico y fertilización en Argentina. La experiencia brasilera*. Ed. AACCS (Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo). Buenos Aires. ISBN N° 987-21419-4-0: 207 p.

Ortega, A. E. 2014. Tablas de consulta para manejo de la nutrición de cultivos y suelos. INTA EEA Salta 2da ed. Agosto.

Ortiz de Urbina, J. (2009), Secretario de la Asociación de Consorcios de Usuarios de Aguas Públicas de Salta. Los Consorcios de Riego y el “Fondo de Infraestructura Hídrica” http://www.agronoa.com.ar/noticias_desc.php?id=922&catid=21 (2014).

Pais, A. 2011. Las Transformaciones en las estrategias de reproducción Campesinas en Tiempos de Globalización. El caso de Cachi en los valles Calchaquíes. Tesis doctoral. Centros de estudios avanzados Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.

Paoli, H. 2002. Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentina. INTA-CIED (Salta): 271 P.

Paoli, H., Elena, H., Mosciaro, J., Ledesma, F., Noe, Y. 2011. Caracterización de las cuencas hídricas de la provincias de salta y Jujuy. SIGCSSJ v1 INTA. EEA Salta.

Papadakis, J. 1974. Posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas. Pág. 30.

Paz, R. 2002 *Sistemas de Producción Campesino Caprinos en Santiago del Estero, Proyección y desafíos para el desarrollo del sector*. FUNDAPAZ . Argentina ISBN 950-554-287-9.

Prieto, D. y Angueira, C. 1996. Módulo II Calidad de Agua de Riego. I.S.B.N N° 950-9853-

68-2.INTA ProCaDis (Santiago del Estero): 94 p.

Prieto, D. 2008. Riego con aguas salinas y aguas de drenaje, control e impacto de salinidad. Jornadas sobre "Ambiente y riego: Modernización y ambientalidad", La Antigua, Guatemala. Red de riegos .CYTED y AECI

Programa APAPC. 1994. Agua potable a pequeñas comunidades. Subprograma Uso de excedentes de Agua. Pcia de Salta. Zona Valles Calchaqués. Segundo Informe

PROSAP. 2011. Programa de Servicio Agrícolas Provinciales Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto: Mejora del Sistema de Riego de Río Toro. Anexo 4. Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAS). Argentina.

PROYECTO ABAR. 2009. Tecnología para el abatimiento de boro en aguas y riles. Innovationbook. Agua y medio ambiente. Fundación Chile. Chile.32-33

QUANTUM, 2014.QGIS. Versión 1.8.0. Lisboa. Sistema de Información Geo-referencial (GIS)

Rabinovich, J. E. y Torres, F. (2004). Caracterización de los Síndromes de sostenibilidad del desarrollo. El caso Argentina. Serie Seminarios y Conferencias. 38. Santiago de Chile: CEPAL.

Reisenauer, H.M. y Cox, W.J. 1971. Boro de plantas de boro que contiene aguas. Presentado en 162º Nacional Americana de Química. Reunión de la Sociedad 12-17 de septiembre de 1971. Washington, DC, American Chemical Society, División de Agua, Aire y Residuos Química.

Ros Moreno, A. 2009. El Boro (recopilación de estudios sobre el boro). Publicado en <http://es.calameo.com/books/001407153a2940c476ce7>. Consultado: 01-07-2014.

Rozenblum, C. 2013. Una aproximación a la complejidad del territorio. Aportes metodológicos para el análisis y la evaluación de procesos de Desarrollo Territorial.-1ª ed. INTA. C.A. Buenos Aires. 88 p. ISBN 978987-521-468-2

Salas R. (2014) Secretario de Minería. Provincia de Salta. Comunicación

Salusso, M.2005. Evaluación de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la Alta Cuenca del Juramento (Salta) Tesis doctoral. FCEyN. Universidad de Buenos Aires: 194 p. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires www.digital.bl.fcen.uba.ar.

Salvador, L. 1988. Informe de las actividades realizadas por el INTA en el proyecto de pequeños productores de Cachi (Salta). EEA Salta INTA, mimeo

Sadzawka, R.A. 2006. Métodos de análisis de aguas para riego Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Actas INIA N° 37. ISSN 0717-4810. Santiago, Chile.332 p.

Santos D. J., Wilson, M. y Oatlinelli, M. (2012) Metodología de Muestreo de Suelo y Ensayos a Campo. Ed. INTA, ISBN 978-987-679-160-1, 68 pág. SAS Institute.2013

- SAS/STAT user's guide. Software Versión 9.1 ed. 2010 SAS Inst., Cary, NC SAS
- SEGEMAR-UNSAM. 2002. Boratos –Seminario de estudios sobre el ciclo minerales-Materiales. Publicación técnica N° 8. ED 2005. ISSN N° 0329-5230
- SEGEMAR-UNSAM. 2003. Sales –Seminario de estudios sobre el ciclo minerales-Materiales. Publicación técnica N° 9. ED 2005. ISSN N° 0329-5230
- Smallwood C. 1998. Boro. Criterios de Salud Ambiental 204. Programa Internacional Seguridad Química. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. OIT. OMS. Ginebra. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc204.htm>
- Smith, G.J. y Anders, V.P. (1989) Efectos tóxicos de boro en ánade real reproducción. Environ Toxicol Chem, 8: 943 a 950.
- Subsecretaria de Recursos Hídricos de la República Argentina. SRH de RA, 2003. Desarrollo de Niveles de Guía Nacionales de Calidad de agua ambiente correspondiente a Boro. Incorporación de Sección IX. Diciembre. Argentina
- Sulekic, A. (2008) Jefe de Programa Demanda de Irrigación e Industria de la Secretaría de Recursos Hídricos. Decreto N.º 607/08. Comunicación.
- Tinte M. de los A.; Valdez S. y Flores H. 2011. Industria Argentina de los boratos. Situación actual y perspectivas. Revista Ingeniería Química N° 491 Año XLIII, pág. 56-63. ISSN 0210-2064. Madrid, España,
- UCAR. 2009. Programa Unidad para el Cambio Rural. Ministerio de Agricultura. Ganadería y Pesca de la Nación. <http://http://www.ucar.gob.ar/> (2014)
- Unana, A. D., Herrero, J. I., & Legaz R. V. (1996). Relación del contenido de boro soluble con distintos parámetros edáficos y ambientales en suelos de Navarra. Munibe Ciencias Naturales. Natur zientziak, (48), 21-38.
- Valtriani, A. 1994. Extensión Rural en la Argentina Evolución y Problemática. Catedra de extensión y Sociología Rural. Seminario de campo III- bloque Extensión y Transferencia Tecnológica Ed. CEABA Fac. Agr. Universidad de Buenos Aires.
- Vargas Gil, J.R. 1990. Salta. Atlas de Suelos de la República Argentina. Tomo II p. 289-350.
- Walter, P. 2001. Recomendaciones agronómicas para el uso del agua de la cuenca del Río Calchaquí-Salta. Baja Calidad de las aguas por la presencia excesiva de boro publicado. <http://inta.gob.ar/documentos/recomendaciones-agronomicas-para-el-uso-del-agua-de-la-cuenca-del-rio-calchaqui-2013-salta-baja-calidad-de-las-aguas-por-la-presencia-excesiva-de-boro/>. INTA SALTA- AER Seclantás: 5 p.
- Wilcox, L. 1960. Boron un jury to plants USDA Bull 211, 7 pag.
- Williams, M.; Muntaz M.; Fay M.; Scinicariello F.; Jenkins K. 2010. Toxicological profile for Boron. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health services: 165 p.

Entrevistas realizadas

Amorelli López, M (2014). Extensionista del Equipo valle Calchaquí norte. Secretaria de Agricultura Familiar- MAGyP. Comunicación Personal.

Ferro, E. (2014). Extensionista de la AER Seclantás. EEA Salta. INTA. Comunicación personal.

Carmona, P. (2014). Extensionista de la AER Seclantás. EEA Salta INTA. Comunicación personal.

Refinjes, M. (2014). Extensionista de la AER Seclantás. EEA Salta INTA. Comunicación personal.

APENDICE

Apéndice I. La provincia de Salta

I. Caracterización

La provincia de Salta se encuentra ubicada al noroeste de la República Argentina. Tiene una superficie total de 15.548.800.- ha y una forma de herradura que envuelve a la provincia de Jujuy. Limita con tres países de América del Sur: al norte con Paraguay y Bolivia y al oeste con Chile, y al interior de la Argentina con las siguientes provincias: Jujuy al noroeste, al suroeste con Catamarca, al sur con Tucumán, al sureste con Santiago del Estero y al este con Chaco y Formosa.

El Producto Bruto Geográfico¹¹⁰ (PBG) de la provincia de Salta fue de 4.163.043.- millones de pesos en el 2009 a precios de 1993. Según la Dirección General de Estadísticas de Salta (DGE), representó el 1,5% del país. En el periodo 1993 a 2009 el PBG tuvo un crecimiento del 94%.

La provincia tiene un PBG que está compuesto por 15 rubros. En la Figura 16, se observa la ubicación de los diferentes sectores económicos de la economía provincial representados a valores porcentuales a 2008 por la DGE (2014).

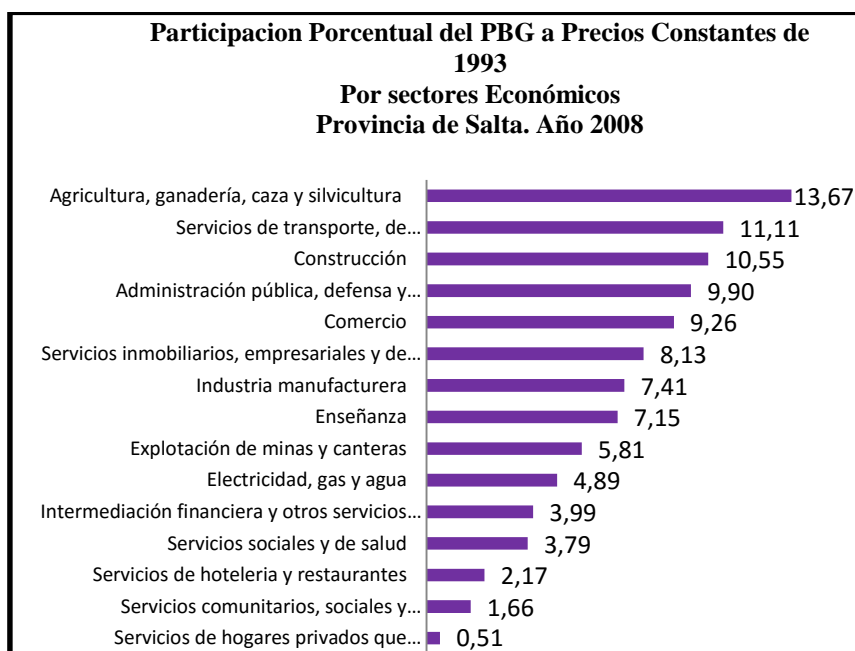


Figura 16. Producto bruto geográfico de la provincia de Salta.

Fuente: DGE, Departamento Económico - Consejo Federal de Inversiones (CFI). Nota: La suma de los

¹¹⁰Representa el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos por una economía.

parciales puede no coincidir con el total por razones de redondeo (2014).

En primer lugar se ubica la producción primaria conformada por la agricultura, ganadería, caza y silvicultura y como producción extractiva, la explotación de minas y canteras, en el noveno lugar, los dos sectores representan el 20% del total del PBG.

En el año 2010, el total de las exportaciones para las seis provincias¹¹¹ del Noroeste Argentino (NOA), fue de un 21% a valor *free on board* (FOB) y la provincia de Salta ocupó el segundo lugar después de Catamarca. El primer rubro de exportación de la provincia es la producción agrícola, continúa en importancia la producción y extracción de combustibles, los agroindustriales y en valores porcentuales menores los productos químicos inorgánicos y por último los subproductos de la producción animal (Tabla 28).

Tabla 28. Valor exportado de productos de origen salteño según rubro.

	Valor FOB (millones de US\$)	% del total
Total	1012,6	100
Oleaginosas, legumbres y frutas	460,6	74,7
Combustibles	219,1	21,6
Tabaco y azúcares	163,2	16,1
Productos químicos inorgánicos	56,9	5,6
Pieles y cueros	39,1	3,9
Bebidas	19	1,9
Resto de capítulos	54,6	5,4

Fuente: DGE (2014).

Salta, al igual que gran parte de las provincias de Argentina, es dependiente económicamente del poder central. Sus ingresos fueron en el año 2010, el 77% proveniente de la Nación y 23% de recaudación propia, (MEcon, 2014). Según Barberis et al., (2013) “Por lo tanto, su balance fiscal da negativo, convirtiéndose en un receptor neto con un déficit de 44 millones de pesos en el 2010”.

La provincia representa 3,1% del total de las Explotaciones Agropecuarias (EAPs) del país. Salta tiene 54% de EAPs con límite definido y 46% EAPs sin límite definido, este

¹¹¹Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja, Tucumán Santiago del Estero.

último supera al promedio del país que es de 11%. Es una provincia con un alto valor porcentual de explotaciones sin límite definido (INDEC, 2002).

Posee variados ambientes geológicos con depósitos importantes para la exploración de minerales metalíferos, no metalíferos y rocas de aplicación. La extracción minera en no metalíferos y rocas de aplicación son uno de los sectores económicos más importantes.

Según Tinte et al., (2011), los boratos, junto con las sales de litio, constituyen la principal producción minera no metalífera de la provincia de Salta, estos contribuyen con el 80% (en toneladas) a la producción minera provincial. Los boratos, en 2010, tuvieron una extracción de 316.987 Tn en volumen moviendo un capital de 8.875.636 de pesos a precios constantes a 1992, según la Dirección Nacional de Minería, Ministerio de Planificación (MINIPLA, 2013).

Según la Secretaría de Minería y Recursos Energéticos de la provincia de Salta, existen cerca de 70 productores mineros en la provincia que explotan principalmente boratos y sus derivados, áridos y sal Sulekic (2008). En la provincia, existen cuatro empresas fabricantes de ácido bórico. De ellas, la más importante es Bórax Argentina, que extrae boratos de la Mina Tincalayu. En el año 2003, esta firma inauguró una planta de ácido bórico, cerca de la capital de Salta. En la Figura 17, se observa la evolución del 2001 al 2012, donde a lo largo de este tiempo maneja un promedio de 265.000 Tn.

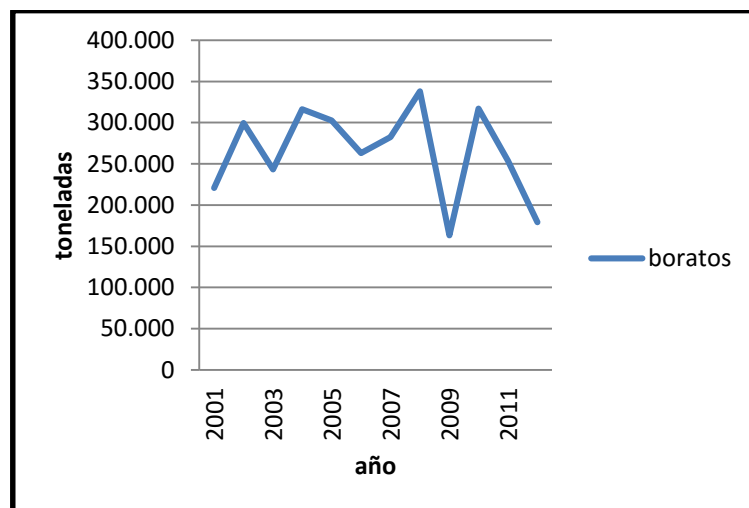


Figura 17. Producción de boratos (Tn) en la provincia de Salta del 2001 al 2012.

Elaboración propia. Fuente: Dirección Nacional de Minería. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios 2013.

Uno de los principales rubros de exportación de Salta son los boratos y sus derivados que alcanzaron las 121.000 Tn en 2006, le siguen en importancia el cloruro de litio (8.800 Tn) y la perlita (2.908 Tn). Los principales destinos de exportación son Brasil (95.500 Tn), China (14.500 Tn) y EE.UU. (9.500 Tn). Según Tinte et al., (2011), alrededor del 70% de las exportaciones salteñas de minerales de boratos procesados se destina a Brasil. El 30% restante se vende a Australia, China y a otros países asiáticos y europeos.

En cuanto a la inversión en actividades de servicios, el gobierno provincial y los municipales desde hace dos décadas, impulsó la mejora vial e inversión en infraestructura edilicia y en servicios como alojamiento y alimentación para los turistas, poniendo también en valor el patrimonio cultural de la región.

Apéndice II. Algunas transformaciones para la innovación tecnológica

Hasta el final de 1930 la expansión de la agricultura estuvo basada fundamentalmente en la ampliación de la frontera agrícola por ocupación de nuevas tierras, ocupando más de un 30% del total de las tierras agrícola-ganaderas en la pampa húmeda (Rabinovich y Torres, 2004; Navarrete et al., 2005).

Después de la segunda guerra mundial, partiendo de la imperiosa necesidad de aumentar la producción y la productividad, se comienzan a institucionalizar los servicios de Extensión Rural (ER) en América Latina¹¹². Se estructuraron programas dirigidos al productor, a las amas de casa y a la juventud.

En Argentina, en el año 1956, a partir de la creación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)¹¹³ se institucionaliza el servicio de ER, coincidiendo con los objetivos que se dan en América Latina, los contenidos de la ley nacional fue estructurado con un enfoque integral, teniendo en cuenta la iniciativa del productor y la familia. El INTA diseñó unidades operativas responsables del trabajo con los productores, fueron las agencias de ER. En estas se desarrollaron tres programas: acciones con el productor, a la mujer (Hogar Rural) y a la juventud (clubes 4A). Sin embargo, el accionar en el territorio no fue igual, al comienzo de su distribución, las ER en mayor proporción estaban en la zona pampeana y en menor proporción en la extra-pampeanas. Según Valtriani (1994), bien podría decirse que la labor de ER estuvo muchas veces circunscripta al asesoramiento técnico o a la transferencia de tecnología. Esta acción se apoya en mayor proporción en hechos de carácter tecnológico y económico que en los de corte social. En esta misma etapa aparecen iniciativas particulares como los grupos CREA (Consortios Regionales de Experimentación Agrícola)¹¹⁴ de gran difusión en pampa húmeda principalmente. A fines de la década del sesenta se puede ubicar también el comienzo del accionar de las ONGs en el área rural extra pampeano¹¹⁵ (Carballo González, 1994).

¹¹²Debido a que más del 50% de la población vivía del trabajo rural y que esa producción se basaba en el trabajo familiar.

¹¹³ El INTA fue legalmente creado por el Decreto-Ley 21.680 del 4 diciembre de 1956, firmado por el Presidente Provisional Aramburu, el Vicepresidente Provisional Rojas, el Ministro de Agricultura Mercier, y otros.

¹¹⁴ Una adaptación de los grupos CETA franceses.

¹¹⁵ Instituto de Cultura Popular (INCUPPO). Instituto de Desarrollo y Promoción Humana (INDES) en 1970.

Apéndice III Análisis estadístico

A-Análisis múltiples de Componentes Principales (PCA)

F:\estadistica\Tabla con dsm.IDB2 : 14/01/2015 - 01:24:28 p.m. - [Versión : 03/06/2013]

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Casos leídos 48

Casos omitidos 0

Variables de clasificación

Caso

Matriz de correlación/Coeficientes

	pH	CE	B	Na
pH	1,00			
CE	-0,04	1,00		
B	-0,04	0,79	1,00	
Na	0,10	0,46	0,30	1,00

Matriz de correlación/Probabilidades

	pH	CE	B	Na
pH				
CE	0,8089			
B	0,8026	<0,0001		
Na	0,5502	0,0037	0,0681	

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop	Acum
1	3,68	0,61		0,61
2	1,06	0,18		0,79
3	0,75	0,13		0,92
4	0,11	0,02		0,99

Autovectores

Variables	e1	e2
pH	-0,03	0,91
CE	0,49	-4,6E-04
B	0,47	-0,07
Na	0,28	0,41

Correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
pH	-0,10	1,00
CE	0,94	0,05
B	0,94	0,05
Na	0,72	0,10

B- Análisis de correlación

Nueva tabla : 07/10/2015 - 12:46:00 p.m. - [Versión : 17/06/2015]

Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	B suelo	B agua
B suelo	1,00	0,04
B agua	0,90	1,00

Apéndice IV. Los métodos de explotación y procesamiento de B.

Para obtener los minerales de B, básicamente la explotación es a cielo abierto. El trabajo consiste en eliminar un pequeño escape de 10 a 30 cm de una costra salina, arenosa y yesosa. En algunos casos descubrir el banco mineral, que es arrancado y troceado por medio de escarificación, luego es removido para separar la ganga, posteriormente es transportado a sectores próximos a las zonas de explotación para su concentración (Ros Moreno, 2009).

Existen dos procesos importantes: el método de concentración y el de refinado, según se observa en la Figura 18. El primer paso se aplica a los boratos: colemanita, la hidroboracita, la ulexita y tincal. Consiste en un proceso de reducción del tamaño del mineral, la clasificación de la ganga a los materiales finos, la separación magnética y la anhidratación, obteniéndose los productos concentrados de ulexita 30-35 y lavada, hidroboracita 35-40 y 40-42, colemanita 40 y 40-42; los calcinados como ulexita 60, tincal 55 y colemanita 52-54; y las fritas como ulexita anhidra.

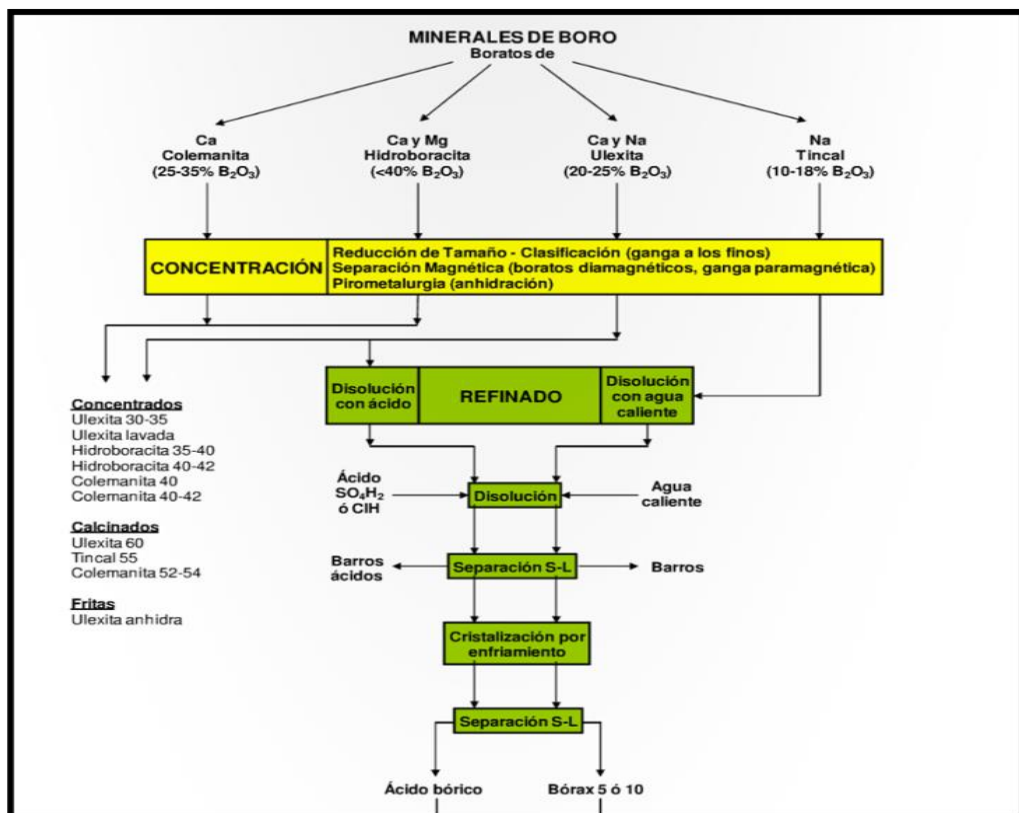


Figura 18. Materia prima y método de obtención de los principales productos comerciales del boro.

Fuente: Ros Moreno, 2009.

El segundo paso o proceso es el de refinado, tiene como insumo los productos de la concentración como la ulexita y tincal, donde son sometidos a dos procesos de disolución con ácido sulfurico ó cloro y agua caliente, después la separación de sólidos y líquidos teniendo un producto de desecho de barros y ácidos barros. Posteriormente la cristalización por enfriamiento, y más tarde la separación, donde se obtiene ácido bórico y bórax 5 ó 10.

El ácido bórico y el bórax 5 ó 10 son los insumos para el tercer proceso que podemos observar en la Figura 19, donde se obtiene por purificación y fusión anhídrido bórico AP, boratos de cinc por reacción con óxido de cinc, tetra y pentaborato de amonio por tratamiento con hidróxido de amonio, bórax anhidro por fusión, boratos de cinc por precipitación con sulfato de cinc, perborato de sodio por tratamiento con hidróxido de sodio y agua y por mezclado y disolución con secado spray, el octaborato de sodio y por cristalización el pentaborato de sodio.

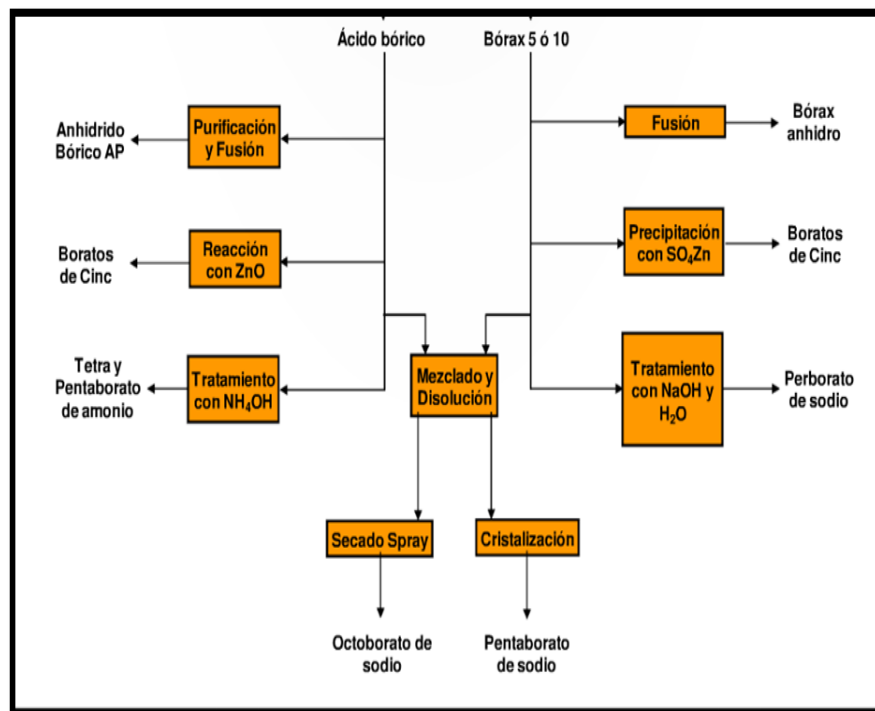


Figura 19. Transformación del ácido bórico y bórax 5 ó 10.
Fuente: Ros Moreno, 2009.

Tanto el proceso de concentración como el de refinado en la etapa de lavado, clasificación y separación y desaguado liberan desechos de la industria como finos y lejía, tratamiento de efluentes o vertido; en los casos de obtención ácido bórico y tetraborato los efectos de la filtración descartan sólidos (Figura 20).

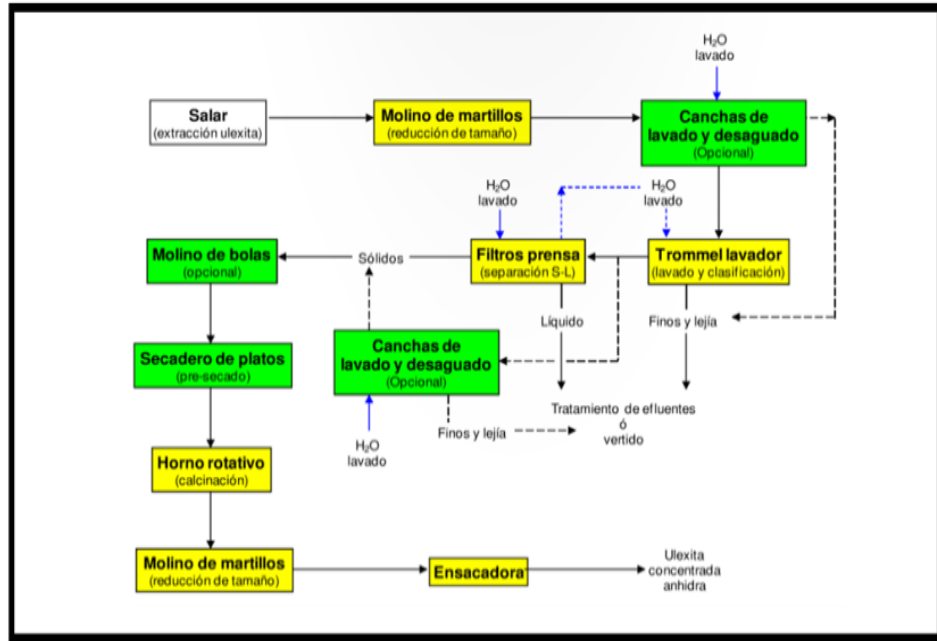


Figura 20. Detalle del proceso de concentración de ulexita a ulexita concentrada anhidra.
Fuente: Ros Moreno (2009).

Por un lado muchas sales, antes mencionadas, se transforman en desechos, por lo cual esta situación requiere de una eliminación adecuada de todos esos productos. Por otro lado, la ubicación geográfica de este tipo de yacimientos se encuentra en zonas áridas y desérticas. Zonas en las cuales es sabido que el recurso agua es escaso y el uso de pozas de evaporación solar, en grandes extensiones, facilita la evaporación. Estas pozas representan un evidente riesgo de filtración y, por ende, una constante amenaza de contaminación ambiental.

Apéndice V: Tablas

Tabla 1. Sensibilidad de los cultivos a algunos factores limitantes de la aptitud agrícola del suelo.

Factores Limitantes	Cultivos	Cultivos	Cultivos
	Muy sensibles y sensibles	Moderadamente sensibles-tolerantes	Tolerantes y muy tolerantes
Salinidad	Apio, Batata, Arveja, Citrus, Frutales de Carozo, Frutales de Pepita, Frutilla, Garbanzo, Maní, Palto, Poroto, Rábano	Alfalfa, Arroz, Avena, Centeno, Girasol, Hortícolas (mayoría), Olivo, Peral, Soja, Trigo, Vid	Agropiro, Algodón, Cebada, Espárrago, Espinaca, Festucas, Lotus, Morera, Palma Datilera, Phalaris, Sorgos, Remolachas
Sodicidad	Citrus, Frutales, Maíz, Poroto		Alfalfa, Algodón, Arroz, Cebada, Cebolla, Hortícolas (mayoría), Tomate, Trigo
Boro	< 0.5 a 1 (mg L ⁻¹) Ajo, Álamo, Alcaucil, Batata, bergamota, Cebolla, Cerezo, Ciruelo, Damasco, Diente de León, Duraznero, Frutilla, Girasol, Grosella, Guindo, Higuera, Limonero, Lupino, Maní, Manzano, Mungo, Naranja, Níspero, Nogal, Olmo, Palto, Pecan, Peral, Pensamiento, Pomelo, Poroto, Sauce, Sésamo, Topinambur, Trigo, Vid, Violeta, Zinia, Zorzamora	<1 a 4 (mg L ⁻¹) Acelga, Ají, Amapola, Agua nieves, Arándano, Arveja, Avena, Brócoli, Calabaza, Caléndula, Caupí, Cebada, Centeno, Coliflor, Espinaca, Haba, Lechuga, Maíz, Melilotus, Melón, Menta, Mostaza, Nabo, Olivo, Papa, Pepino, Pimiento, Poa, Poroto lima, Rabanito, Rábano, Repollo, Rosal, Tabaco, Trigo, Tulipán, Zanahoria, Zapallo.	<4 a 8 (mg L ⁻¹) Alfalfa, Achicoria, Algodón, Apio, Cardo, Espárragos, Gladiolo, Oxalis, Palma Datilera, Perejil, Remolachas, sésamo, Sorgo, Tomate, vicia.
Cloruros	Cítricos, Forestales, Frutales de Carozo, Lechuga, Leguminosa, Papa, Tabaco		Cebada, Espinaca, Maíz, Remolacha, Azucarera, Tomate

Elaboración propia. Fuente: Ortega (2006); Ortega (2014).

Tabla 2. Clasificación agronómica de los contenidos de boro en el extracto a saturación de suelos (mg L^{-1}) y sensibilidad de los cultivos.

Clasificación agronómica del suelo				Cultivos
Muy buena	Buena a regular	Regular	Mala	
Sin Limitaciones	Poco limitante	Limitante	Muy limitante	
<0,5	0,5 a 0,75	0,75 a 2	>2	<u>Cultivos muy sensibles:</u> Grosella, Limonero, Zarzamora
<0,75	0,75 a 1	1 a 4	>4	<u>Cultivos sensibles:</u> Ajo, Álamo, Alcachofa, Batata, Bergamota, Cebolla, Cerezo, Ciruelo, Damasco, Diente de León, Duraznero, Frutilla, Girasol, Guindo, Higuera, Lupino, Maní, Manzano, Mungo, Naranja, Níspero, Nogal, Olmo, Palto, Pecan, Peral, Pensamiento, Pomelo, Poroto, Sauce, Sésamo, Topinambur, Trigo, Vid, Violeta, Zinia
<1	1 a 4	4 a 6	>6	<u>Cultivos semi-tolerantes:</u> Acelga, Ají, Amapola, Agua nieves, Arándano, Arveja, Avena, Brócoli, Calabaza, Caléndula, Caupí, Cebada, Centeno, Coliflor, Espinaca, Haba, Lechuga, Maíz, Melilotus, Melón, Menta, Mostaza, Nabo, Olivo, Papa, Pepino, pimiento, Poa, Poroto lima, Rabanito, Rábano, Repollo, Rosal, Tabaco, Trigo, Tulipán, Zanahoria, Zapallo
<4	4 a 6	6 a 8	>8	<u>Cultivo Tolerante:</u> Alfalfa, achicoria, cardo, Gladiolo, Oxalis, Perejil, Remolachas, Sésamo, tomate, vicia
<6	6 a 8	8 a 15	>15	<u>Cultivos muy tolerantes:</u> Apio, Algodón, Esparrago, Palma datilera, Sorgo

Fuente: Ortega 2005; Ortega 2006

Apéndice VI: Datos

Tabla 1. Muestras de Suelos del área de estudio en 2011.

Toma de m. de suelos	Margen de los río	Coordenadas geográficas		N° de lab.	B mg L ⁻¹	Depto.
1	La Hoyada	25°13'21.32"S	66°26'43.36"O	H-2420	0,41	Molinos
2	Cabrería	25°14'46.72"S	66°26'37.54"O	H-2421	2,31	Molinos
3	Percayo	25°14'22.12"S	66°28'1.39"O	H-2422	3,81	Molinos
4	Luracatao	25°16'9.30"S	66°25'47.47"O	H-2164	5,26	Molinos
5	Luracatao	25°18'7.27"S	66°25'59.87"O	H-2168	3,37	Molinos
6	Calchaquí	25°20'48.17"S	66°15'41.73"O	E-3580	2	Molinos

Fuente: Labsaf*.AER Seclantás.

Tabla 2. Muestras de aguas en profundidad en el área de estudio.

Depto.	Lugar extracción	N° de Lab.	Coordenadas geográficas		CE dS/m	PH	B mg L ⁻¹	Pelig. Salina	Pelig. Sódica
Cachi	A	4673	25°10'7.94"S	66°9'31.53"O	1,683	8,2	2,1	Alta	Media
Cachi	B	4198	25°14'22.71"S	66°13'41.90"O	1,12	7,8	2,81	Alta	Media
Molinos	C	4051	25°21'57.86"S	66°13'28.45"O	0,77	7,4	1,92	Alta	Baja
Molinos	D	4050	25°23'25.45"S	66°12'49.28"O	0,88	7,4	2	Alta	Baja
Molinos	E	4466	25°28'42.85"S	66°14'53.54"O	1,31	7,5	3,77	Alta	Baja
Molinos	F	4467	25°30'30.86"S	66°14'41.96"O	1,7	7,6	4,11	Alta	Media

Fuente LabSaf. AER Seclantás.

Tabla 3 Muestra de aguas en superficie en el área de estudio.

Toma muestra agua	de de	N° Lab.	Río	CE dS/m	pH	B mg/L ⁻¹	Salinidad	Sodicidad
1		2638	Calchaquí	630	6,92	6,50	M	B
1		4242	Calchaquí	980	7,80	2,62	A	M
1		4519	Calchaquí	1010	7,3	1,9	A	B
1		4521	Calchaquí	960	7,4	2,08	A	B
1		4232	Calchaquí	1240	8	3,55	A	M
1		4234	Calchaquí	1230	6,9	4,49	A	M
2		2568	Calchaquí	870	8,30	2,90	A	B
2		2642	Calchaquí	1360	6,70	4,48	A	B
2		4522	Calchaquí	950	7,3	2,86	A	B
2		4528	Calchaquí	920	7,4	2,49	A	B
3		1454	Arcas	312	8,30	0,60	M	B
3		2543	Arcas	230	7,10	0,38	B	B
3		4243	Arcas	320	7,70	0,57	M	B
4		1485	Trancas	259	7,60	0,60	M	B
4		1453	Trancas	491	8,10	1,10	M	B

Toma de muestra de agua	N° Lab.	Río	CE dS/m	pH	B mg/L ⁻¹	Salinidad	Sodicidad
4	1460	Trancas	587	8,10	1,30	M	B
4	2544	Trancas	250	6,20	1,32	M	B
4	4244	Trancas	340	7,80	0,85	M	B
5	1483	Cachi	366	7,40	0,60	M	B
5	1484	Cachi	227	7,40	0,50	M	B
5	4247	Cachi	680	7,70	1,03	M	B
5	4525	Cachi	710	7,1	1,17	M	B
6	2637	Calchaquí	1010	6,27	2,32	A	B
6	2546	Calchaquí	810	8,10	2,72	A	B
6	4239	Calchaquí	1060	7,70	2,58	A	M
6	4240	Calchaquí	1080	7,70	2,71	A	M
7	4246	Luracatao	830	7,70	3,37	A	B
7	4261	Luracatao	680	7,90	3,52	M	B
7	4538	Luracatao	730	8,1	2,7	M	B
8	4272	Hoyada	80	6,50	0,19	B	B
9	4274	Percayo	770	7,10	3,62	A	M
10	2582	Cabrería	710	8,30	1,30	M	B
10	2634	Cabrería	840	6,77	2,76	A	B
10	4249	Cabrería	760	7,50	2,75	A	M
10	4273	Cabrería	620	6,90	3,07	M	B
11	2513	Luracatao	580	7,90	3,20	M	B
11	2632	Luracatao	940	7,28	3,72	A	B
11	4259	Luracatao	910	7,40	3,97	A	B
11	4537	Luracatao	730	7,9	2,47	M	B
12	2525	Cuchiyaco	260	7,00	0,50	M	B
12	2636	Cuchiyaco	390	6,60	0,50	M	B
12	4262	Cuchiyaco	160	7,80	0,21	B	B
13	2635	Brealito	400	7,90	0,40	M	B
13	2528	Brealito	260	8,20	0,64	M	B
13	4248	Brealito	510	7,60	0,58	M	B
13	4529	Brealito	660	7,1	0,65	M	B
13	4312	Brealito	660	8,5	0,85	M	B
14	4260	Aguadita	220	6,50	0,56	B	B
15	2509	Calchaquí	310	7,60	0,50	M	B
15	2524	Calchaquí	850	6,60	2,00	A	B
15	2633	Calchaquí	950	7,55	2,32	A	B
15	4241	Calchaquí	1080	7,60	2,83	A	M
15	4047	Calchaquí	1220	7,2	3,14	A	B
15	4048	Calchaquí	930	6,9	2,15	A	B
15	4049	Calchaquí	760	7,6	3,01	A	B
15	4468	Calchaquí	960	6,6	2,72	A	B

Fuente: Labsaf*. Proyecto Cachi. AER Seclantás.

Apéndice VII: Mapas

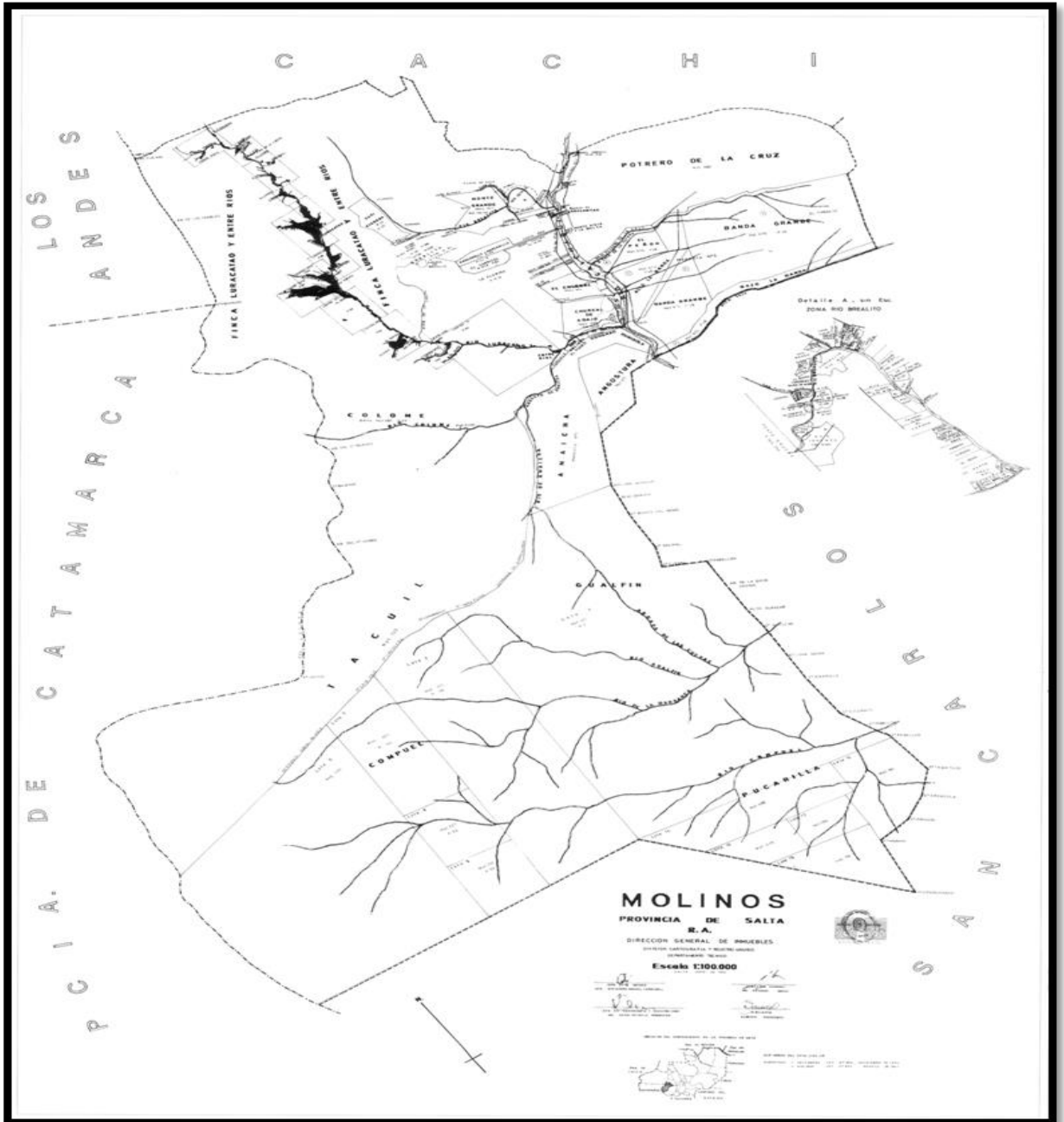


Figura A. Departamento de Molinos. Provincia de Salta.

Fuente: Dirección General de Inmuebles de la provincia de Salta.

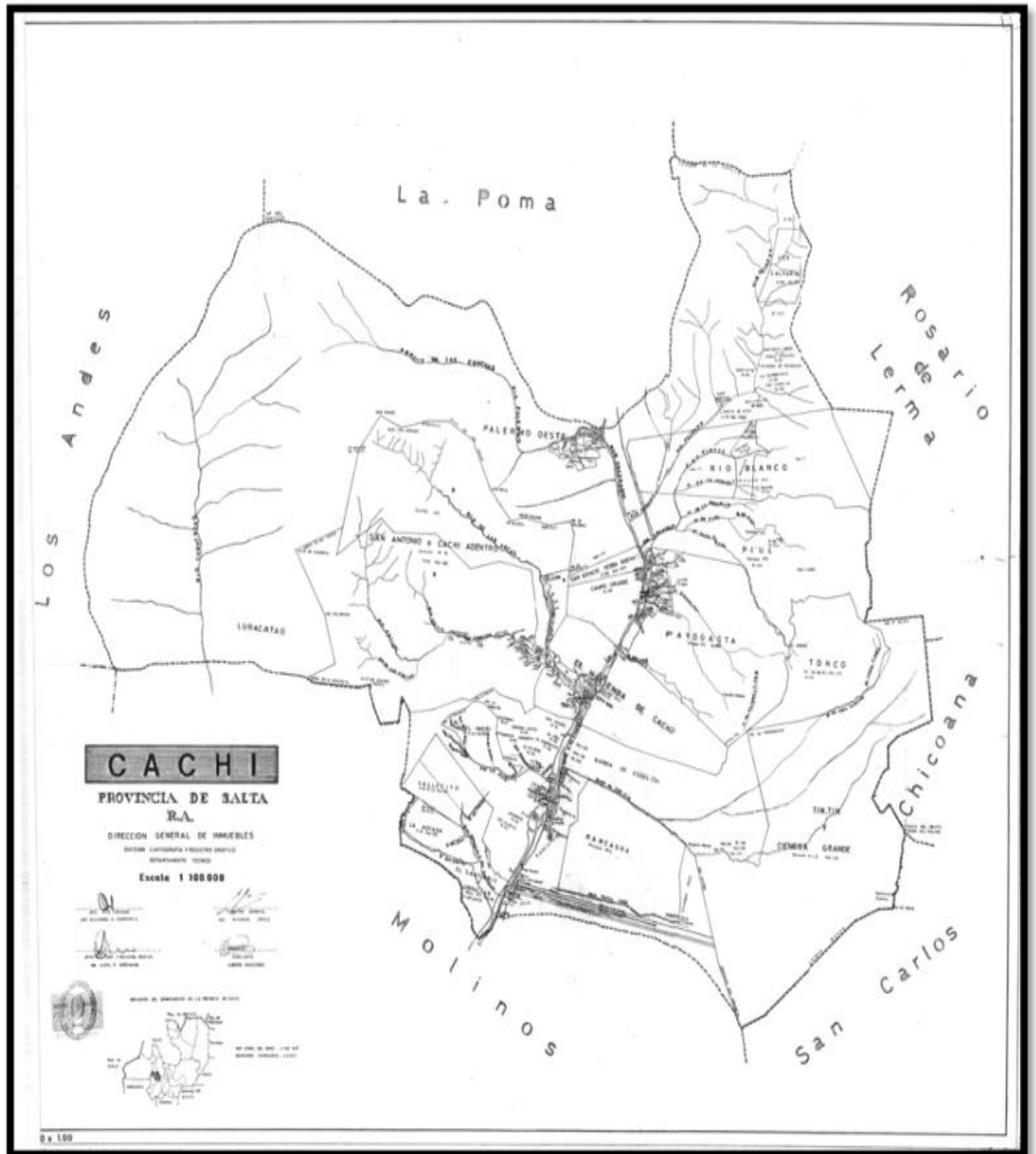


Figura B. Departamento de Cachi. Provincia de Salta.

Fuente: Dirección General de Inmuebles de la provincia de Salta.

Apéndice VIII: Fotos Arica, Chile
Sistema de productivo con tratamiento para reducción de B en las aguas de riego.



Figura 1 Plantación de hortalizas con sistema con goteo con aguas tratada.



Figura 2 Pileta de drenaje de agua con B.



Figura .3 Productor explicando funcionamiento manejo del sistema de Osmosis inversa



Figura 4. Pileta de almacenamiento de agua tratada.



Figura 5. Planta de tratamiento móvil de por Osmosis Inversa. Proyecto ABAR



Figura 6. Proyecto ABAR. Fundación Chile.

Apéndice IX: Fotos Ríos del valle Calchaquí



Foto 1. Río Luracatao. Paraje Patapampa



Foto 2. Río Luracatao. Paraje La Sala



Foto 3. Río Luracatao. Paraje Refugio.



Foto 4. Río Brealito. Arriba.



Foto 5. Río Calchaquí. Pueblo de Cachi.



Foto 6. Río Calchaquí. Pueblo de Seclantás.

Apéndice X: Figuras de la zona de estudio

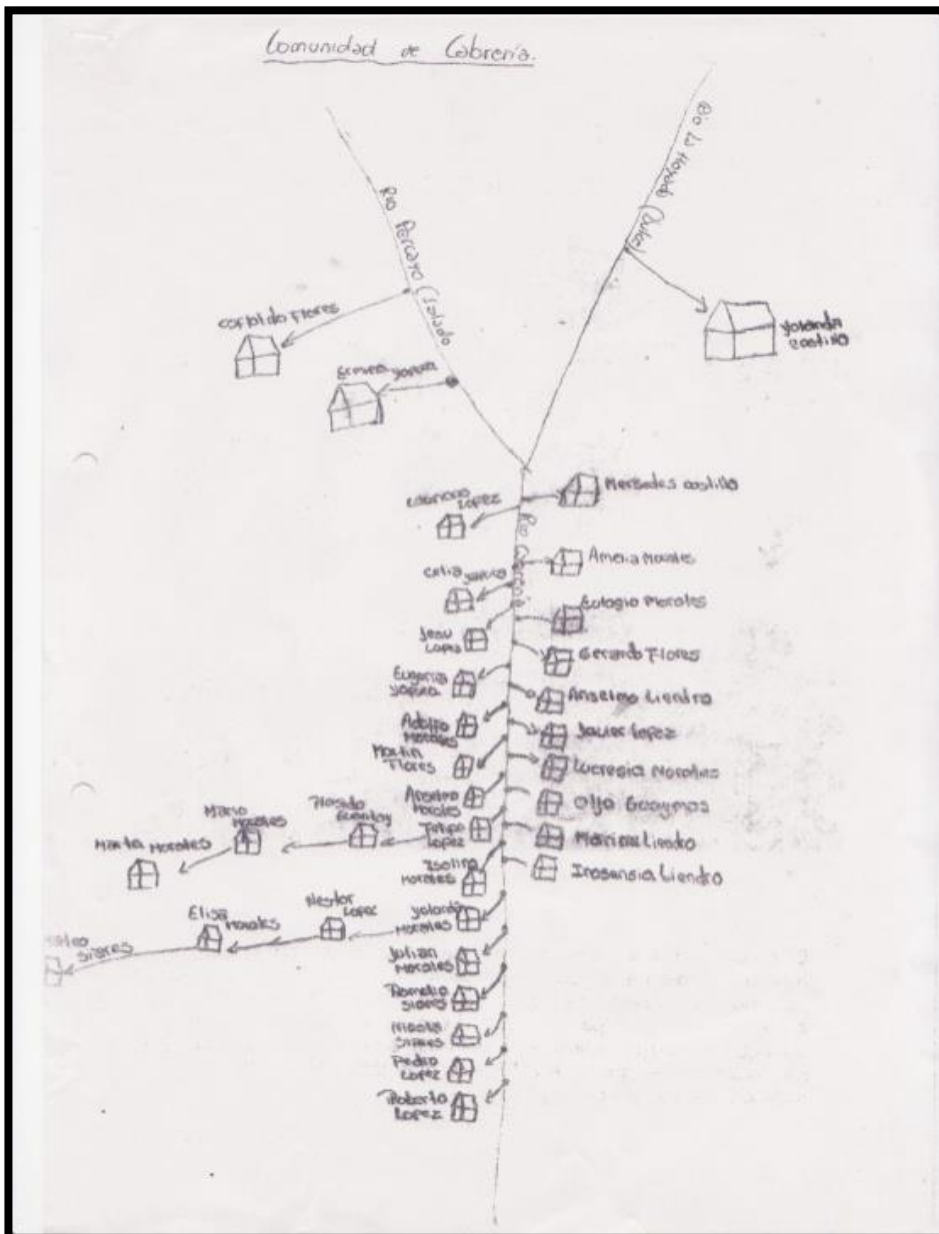


Figura A. Población de Cabrera

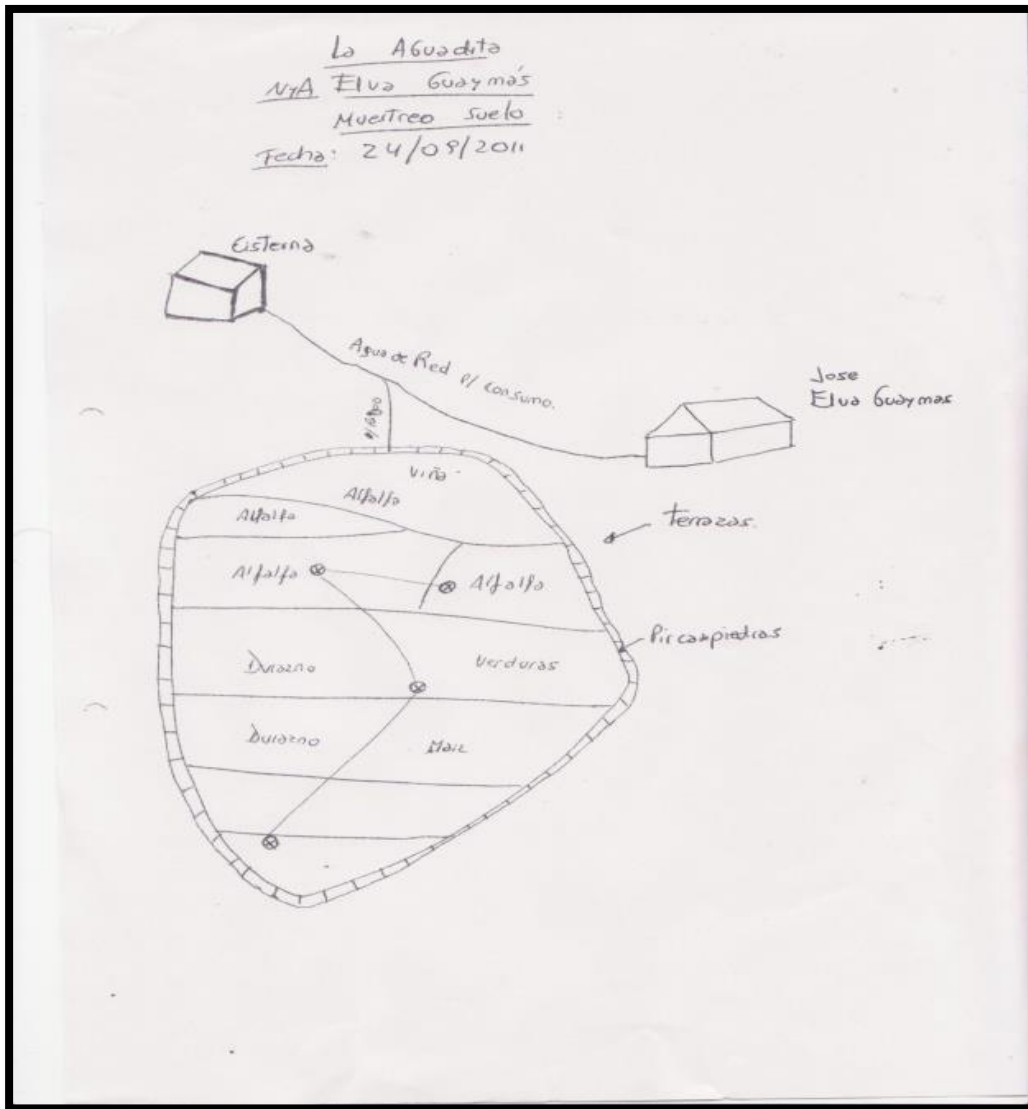


Figura B. Toma de Muestra de suelos

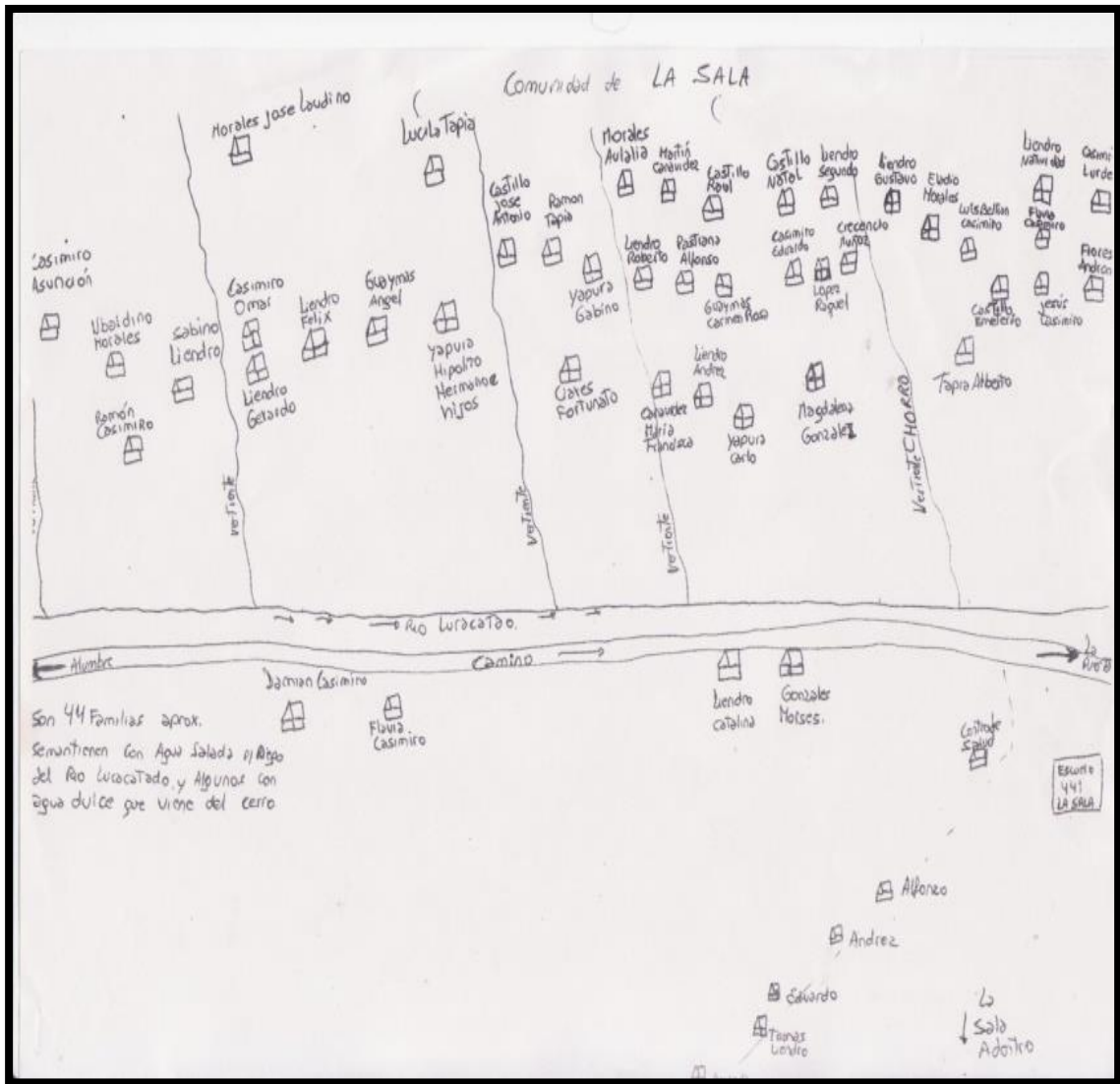


Figura C. población de la Sala. Luracacato.

Fuente: Carmona (2013).

Apéndice XI: Entrevistas y encuesta económica

A. Entrevistas a productores de la zona

Productores de la zona del valle Calchaquí salteño fueron consultados sobre la presencia de plantas frutales y hortícolas, obteniéndose las siguientes respuestas:

“...las plantas de duraznos salen pero dan los duraznos muy chiquitos...de 10 sale una planta...” (Productor A de Seclantás).

“...el agua buena es la dulce y esta agua (río Calchaquí) no es para frutales buenos, no puede darse vid de calidad, solo para la criolla o la blanca...” (Productor B de Seclantás).

“...acá se da chacra. La planta de durazno se seca. Con el agua dulce sí, con agua salada no. Yo riego con el río Luracatao, la vid anduvo pero sólo la blanca y la negra (criolla) dan bien para consumo. El nogal no funciona, la lechuga sí y el tomate también...” (Productor C de La Sala).

“... tenemos duraznos con riego de la cisterna de agua que usamos para tomar, que viene de la vertiente de los cerros. Con agua salada (río Luracatao) no da la fruta. La verdura se riega con agua salada y llega a los duraznos, crecen pero no da fruta, la arveja tampoco da. Nogales nunca probamos pero que yo sepa da con agua dulce en La Sala para adentro (al oeste del río Luracatao) da, aquí no...” (Productor D de La Sala).

“... todos dicen que el agua de riego del Luracatao no sirve para viña o durazno, para el durazno con agua de los cerros, no del río Luracatao, se probaba antes pero no prendía, ¿Será por salitrosa?; tomate se da bien, la alfalfa, el maíz, la papa, el trigo andaba bien. La arveja se seca...” (Productor E de Portezuelo).

B. Encuesta sobre precios

DATOS PARA ING. PABLO WALTER

Productor N° 5		Precio que recibe el productor (estimado)				
Nombre : Anibal	Cantidad	2014	2013	2012	Riego: tipo y fuente (Nombrar que río)	
	KG por Ha	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg		
Hortícola	Cebolla	12.400	\$6	\$4	\$3	(x surco) río Turacatao
	Tomate	10.000	\$8	\$6	\$4	(x surco) río Turacatao
	Lechuga	5.000	\$6	\$4	\$2	(x surco) río Turacatao
	Zapallo	1.000	\$10	\$8	\$6	(x surco) río Turacatao
	Otro					
	Pimiento para pimenton	15.500	\$6	\$4	\$3	(x surco) río Turacatao
Frutales	Nogal					
	Higos	-				
	Manzana	-				
	Pera	-				
	Ciruella					
	Durazno					
	Vid					
	otro					
Forrajes	Alfalfa	10.500	\$	\$	\$	
	otro					
	KG por Ha	\$/Kg	\$/Kg	\$/Kg		
Ganadería	Bovinos					
	Caprinos					
	Ovinos					
	otros					

Fuente: Renfjes (2014).

Apéndice XII: Programas de intervención
A-Fomento al Riego. Chile

Tabla Programa "Capacitación y fortalecimiento de la Junta de Vigilancia de río Lluta". Concurso 12-2013 "Calidad de Aguas, Nacional" de la Ley N° 18.450"

Nombre beneficiado	Proyecto	Total del proyecto (pesos Chilenos)	Total del proyecto (dólares)
Milton Claudio Andia Estay	Instalación de sistema de extracción de B ubicado en pampa de Huancarane	\$41.999.053	US\$ 83.998
Hernán Camilo Urbina Pérez	Instalación de sistema de extracción de ubicado en porción naciente de la Hacienda Santa Elena	\$31.999.214	US\$ 63.998
Heriberto Justino Mamani Mamani	Instalación de sistema de extracción de B ubicado en Lote B-1 subdivisión Lote B parcela N° 6 proyecto parcelación el Morro	\$19.999.452	US\$ 39.999
Claudia Andrea Maureira Ahumada	Construcción de estanque instalación de sistema de riego por goteo electrificación y sistema de extracción de n ubicado en lote A, propiedad denominada San Genaro	\$53.241.464	US\$ 106.483
Arlette Verónica Hormazábal Márquez	Construcción de embalse de regulación corta, instalación de sistema de riego por goteo y sistema de extracción de B ubicado en lote B3-B2-B2 subdivisión parcela N°9 colonia Julio Fuenzalida	\$ 64.691.988	US\$ 129.384
Jesús Pizarro Ortiz	Instalación de equipo de extracción B	\$ 40.311.677	US\$ 80.623
Dominga Castro Castro	Instalación de equipo de extracción B	\$ 40.311.677	US\$ 80.623
Agrícola Ricardo Tupa Lovera EIRL	Reparación de estanque e Instalación de equipo de extracción B en aguas de riego	\$ 27.063686	US\$ 54.127
Elsa Soliz Mamani	Instalación de equipo de extracción B	\$ 39.210.366	US\$ 78.421
Abel Flores Carrasco	Construcción de estanque e Instalación de equipo de extracción B	\$ 31.414.698	US\$ 62.829
Sociedad Proyecto Norte Ltda.	Instalación de equipo de extracción B. construcción de embalse de regulación corta, construcción de desarenador e instalación de sistema de riego por cinta	\$ 51.043.335	US\$ 102.087
Claudia Díaz Arellano	Construcción de embalse de regulación corta, instalación de sistema de riego por goteo e Instalación de equipo de extracción B	\$ 54.684.777	US\$ 109.370
Total			US\$ 882.572

Fuente: Osmán Cataldo Coordinador Regional de Riego (Arica y Parinacota). Chile.
 Equivalencia: 500 pesos Chilenos= 1 dólar.

B- PROSAP PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DE RÍO TORO PROVINCIA DE SALTA DOCUMENTO DE FACTIBILIDAD

ANEXO 4 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIAS)

Las obras de infraestructura de riego que se contemplan son:

- (i) Nuevo desarenador a la salida de la toma existente.
- (ii) Canal Matriz del Río Blanco.
- (iii) Tareas de refuncionalización en el Dique Las Lomitas, refulado y recrecimiento;
- (iv) readecuación de Canales Secundarios. Cámaras de Carga de Redes Presurizadas.
- (v) reservorios de Regulación Diaria.
- (vi) Red Presurizada a la altura del Dique de Cabecera: Sistema D.
- (vii) Red Presurizada en zona Sur desde Dársena 1: Sistema S01.
- (viii) Red Presurizada en zona Sur desde Secundario 3: Sistema S02B.
- (ix) Red Presurizada en zona Sur desde Secundario 3: Sistema S02C.41.

Con estas obras se logrará incrementar la eficiencia de uso del recurso hídrico, disminuyendo sustancialmente el consumo de agua subterránea. Además se dispondrá de un sistema hídrico único en la zona con tecnología de punta, lo que permite anticipar un desarrollo sustentable, con mínimo consumo de energía.⁴² Las obras aluvionales previstas, por su parte, son:

- (i) Colector Secundario I. Obra N°1.
- (ii) Defensa Oeste de Rosario de Lerma. Obras N°15 y 16
- (iii) Obra de Regulación canal Ceballos. Obra N° 41
- (iv) Colector Ruta Provincial N° 81. Obra N° 40 43. Mediante la ejecución de las obras aluvionales priorizadas, se logrará proteger a zonas críticas del sistema, así como a varias obras de riego a ser ejecutadas con el proyecto. Con ello se busca iniciar un proceso de defensa integral planificada y ordenada, de acuerdo a un plan maestro.

Apéndice XIII. Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego) ¹¹⁶

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

INTRODUCCIÓN

Precauciones generales

Es fundamental cuando se planifica un muestreo precisar claramente cuál es el objetivo del mismo (análisis físico-químico y/o microbiológico para consumo humano, para abrevado animal, para riego, otro), ya que éste define los elementos requeridos y las condiciones en que se realizará (envase, procedimiento y cuidados para la toma de la muestra, condiciones de traslado y conservación, etc.) que se deberá consensuar previamente con el Laboratorio con el cual se planifica realizar el análisis.

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que la persona que recoge una muestra y la lleva al laboratorio es corresponsable de la validez de los resultados. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo.

Por esto se recalca que la toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida. Se debe aclarar que de nada vale un excelente análisis, con equipos sofisticados, si la muestra no es representativa.

MATERIAL DE CAMPO

Indispensable:

- Envases para el muestreo (rotulados o bien envases y elementos para rotular - cinta o etiqueta autoadhesiva y fibra indeleble) - Planillas de registro, cuaderno y lápiz o birome

Opcional:

De ser necesario (según objetivo y condiciones del muestreo):

- Conservadora con hielo o refrigerantes. - Gotero o elementos para incorporar soluciones conservantes a las muestras que lo requieran. - Jabalina o dispositivo necesario para la toma de la muestra. - Otros elementos requeridos en función del objetivo del muestreo (por

¹¹⁶ NOTA: Este Protocolo ha sido elaborado por Técnicos del PE AERN 291682 (Lucas Gallo Mendoza, Domingo Rosas, Silvina Zamar y Mario Basán Nickisch), con la importante colaboración y aportes de los Referentes de la Red INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Material Vegetal RILSAV (Miriam Ostinelli y Daniel Carreira) y de personal de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH-UNL) de Santa Fe (Ofelia Tujchneider, Marta Paris, Marcela Pérez y Mónica D'elia). Ante cualquier duda consultar a: Miriam Ostinelli mostinelli@cnia.inta.gov.ar (Red de INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Materia Vegetal); Daniel Carreira dcarreira@cnia.inta.gov.ar (Red de INTA de Laboratorios de Suelo, Agua y Materia Vegetal); Domingo Rosas drosas@arnet.com.ar o inge.rosas@yahoo.com.ar (Responsable Laboratorio Central de Aguas de La Provincia de Santiago del Estero y participante del PE AERN 291682); Mario Basán Nickisch mbasan@correo.inta.gov.ar (Coordinador del PE AERN 291682).

ejemplo para análisis microbiológico)

De ser posible:

- GPS - Medidor de pH portátil. - Conductivímetro portátil. - Termómetro. - Agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.

ENVASE:

Según los análisis que vayan a realizarse se definirá el tipo de envase a utilizar. El mismo estará en función de la cantidad de muestra a tomar y de la necesidad de dejar (en análisis microbiológicos) o no (en la mayoría de los análisis) una cámara de aire, o un espacio para mezclas o para el agregado de algún reactivo que permita la conservación de la muestra.

En el caso de que las muestras deban ser transportadas, debe dejarse un espacio del 1% de la capacidad del envase para permitir la variación de volumen debida a diferencia térmica.

Para análisis físico-químico se utilizarán envases de plástico o vidrio, con buen cierre, nuevos. Si se va a reutilizar un envase, deben desestimarse envases que hayan contenido agua contaminada, combustibles, soluciones concentradas, etc., únicamente podrían reutilizarse envases de agua mineral o envases de gaseosa muy bien lavados, especialmente aquellos en base a Cola (por el ácido fosfórico).

En todos los casos debe asegurarse que el envase se encuentre limpio, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos: el envase sólo puede ser enjuagado con agua. De todas maneras, se trate de un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos tres veces con el agua a muestrear.

La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de aproximadamente 1000 ml (1 litro) como mínimo. Si fuera necesario muestrear para algún análisis que requiriera del agregado de un reactivo específico para la conservación de la muestra, deberá preverse la toma en envases adicionales de menor capacidad.

Para el caso particular del análisis de arsénico se deberá consultar con el Laboratorio con el cual se hará dicho análisis si es necesario acidificar, con que ácido realizar eso y que dosis aplicar.

Si se va a acidificar, antes hay que filtrar la muestra con el elemento que recomiende el Laboratorio, por ejemplo, se puede filtrar con filtro de microfibras de vidrio (consultar). Para acidificar se usa normalmente 1 ml de HCl (ácido clorhídrico concentrado al 37%) o HNO₃ (ácido nítrico). Depende del método de análisis. Para horno de grafito se utiliza HNO₃ (ácido nítrico) en una cantidad tal que quede la muestra con una concentración de ácido del 0,2%.

Para análisis microbiológico se utilizarán frascos con capacidad de 250 a 300 ml, de plástico o vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha. También pueden utilizarse bolsas especiales de polietileno estériles (fabricadas a tal fin), considerando que este tipo de envase es muy cómodo para la recolección y cerrado.

También se debe tener presente al seleccionar los envases que este tipo de muestras debe mantenerse refrigerada (sí o sí) hasta su llegada al laboratorio y procesamiento.

Normalmente se suelen utilizar envases esterilizados que se pueden adquirir en farmacias a muy bajo costo con una capacidad menor a la recomendada (consultar con el Laboratorio si es válido y alcanza para hacer los cultivos)

PROCEDIMIENTO

Identificación del sitio de la toma de muestra: Debe hacerse de manera unívoca. Si se dispone de GPS posicionar satelitalmente la ubicación, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

Información requerida:

Al momento de muestreo es necesario recabar, como mínimo, la siguiente información:

- Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.)
- Identificación del sitio de muestreo (georreferenciación: latitud, longitud)
- Tipo de fuente y características de la misma (pozo calzado, perforación, canal, río, represa, aljibe, profundidad del nivel estático y total si fuera pozo o perforación, diámetro de la perforación o pozo, cercanía a pozos negros o industrias, existencia de pozos abandonados, etc.)
- Destino (consumo humano, animal, riego, etc.).
- Información acerca del Establecimiento y nombre del Propietario o Encargado (con datos de dirección, e-mail y/o TE) donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas que detecta el personal que puede atribuirse al agua, volumen diario que se extrae normalmente o algún dato indirecto que permita el cálculo (cantidad de personas, cantidad y tipo de animales que abrevan, superficie de riego).
- Condiciones de muestreo (fecha y hora).
- Nombre de quien realizó el muestreo.
- Tipo de análisis a efectuar (físico-químico y/o microbiológico).
- Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.
- Cualquier otra observación que se considere de importancia.

Y de ser posible:

- pH
- Conductividad Eléctrica
- Temperatura del agua al momento de la toma.

Toda esta información se registrará en una planilla prevista al efecto, la que deberá completarse en el momento del muestreo (ver Planilla de Registro del lugar que se adjunta)

Rotulado de las muestras:

Es conveniente rotular los envases antes de iniciar el muestreo, ya que se cuenta con mejores condiciones de higiene. Es fundamental asegurarse que el rótulo sea seguro (que no se borre, se pierda o se destruya durante el traslado de la muestra), y que la identificación sea unívoca, para que no se confundan o se pierda la trazabilidad de las muestras, y lo más sencilla posible (recordar que toda la información requerida se volcará en la Planilla de Registro).

Toma de muestra para análisis físico-químico:

Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

Las muestras de agua pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, arroyos, canales, represas, lagos, aljibes) o subterráneas (pozos calzados o de balde, perforaciones) y este aspecto definirá las condiciones de muestreo.

En función de la fuente que se vaya a muestrear, y para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones: cualquiera sea la fuente de agua, previo a la toma de la muestra, se enjuagará el envase por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear.

Agua de red Para la toma de una muestra de agua de red se abrirá el grifo o canilla y se dejará que el agua corra el tiempo suficiente de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque.

El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras cañerías, filtros, blandadores u otros artefactos que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal.

También se debe tomar la precaución de retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr agua libremente para arrastrar cualquier residuo.

Agua de Perforaciones o Pozos Calzados:

La muestra se debe tomar de la cañería inmediata al pozo y es conveniente que, antes de proceder a la toma de la muestra, la impulsión se mantenga en marcha el tiempo suficiente que contemple la profundidad del o de los acuíferos, hasta que el agua emerja clara (sin sedimentos ni restos vegetales) y que sea del acuífero. Se debe prestar especial atención a esto si el pozo estuviera en desuso.

En pozos calzados o pozos de balde es importante extraer el agua hasta que se esté seguro que el agua es el del acuífero y no mezclada con la superficial y sin impurezas vegetales o de animales (estas cosas invalidan totalmente el análisis posterior).

No se debe permitir el traslado ni recepción de muestras con olor, producto de materia orgánica en descomposición. Estas muestras no son representativas y se descartarán automáticamente.

Si el pozo fuera nuevo se debe bombear el tiempo suficiente hasta que salga limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero y en lo posible bombear con caudal de diseño, es decir, el caudal máximo que la perforación o pozo puede brindar con nivel dinámico estable. Es muy importante tener en cuenta a que profundidad se encuentra el chupón del mecanismo de bombeo y comparar con la conductividad eléctrica del agua superficial de ese pozo, perforación o represa “in-situ”, ya que es muy común en acuíferos, especialmente los libres, tener una gran variación de la salinidad. Esto incluso puede llegar a ser motivo de cambio de estrategia de la altura a que se debe extraer el agua.

Lo que nunca debe suceder es que se cambie la altura de extracción de la muestra en una fuente de agua en un mismo punto (por ejemplo si no hay viento y el mecanismo de bombeo es un molino, entonces tomar con un recipiente de superficie del pozo o represa) ya que los valores hidroquímicos pueden ser muy distintos y el asesoramiento al Productor va a ser incorrecto.

Agua superficial proveniente de un curso de agua en movimiento (río, arroyo, canal, etc.) Debe ponerse especial atención en buscar puntos estratégicos de muestreo (puentes, alcantarillas, botes, muelles), ya que se debe muestrear de sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca es recomendable muestrear desde donde se encuentra estancada.

Si se tratara de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Agua superficial proveniente de un espejo de agua (represa, lago, etc.) En estos casos, se puede proyectar una jabalina a unos 2 metros de la orilla, para no muestrear del borde, evitando tomar la muestra de la capa superficial o del fondo. Sumergir el frasco en el agua (incorporando un peso) con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm,

destapar y girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado. Retirar el frasco después que no se observe ascenso de burbujas.

Tanque de almacenamiento, cisterna, aljibe, calicanto, etc. Tomar la muestra bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis físico-químico 1) Si el envase está rotulado verificar que sea el correcto. 2) Que el envase tenga una capacidad de por lo menos 1 litro. 3) Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague. 4) Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo. 5) Cerrar el envase asegurando su cierre hermético. 6) Si no estaba rotulada la botella roturarla con tinta indeleble. Siempre tener papel y cinta adhesiva para emergencias o muestras no planificadas. 7) Guardar la muestra en lugar fresco (interior de un vehículo) o en conservadora si fuera necesario y llevarla al Laboratorio en el menor tiempo posible (se recomienda como tiempo máximo de entrega a Laboratorio de 4 días).

Toma de muestra para análisis microbiológico:

Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen. Agua de perforación, pozo calzado o de red donde el material lo permita, se debe calentar el grifo, canilla o caño que viene directamente del mecanismo de bombeo o del depósito principal durante el tiempo necesario para que el agua provenga directamente de la fuente (deseable) o del depósito principal. Para el calentamiento se puede utilizar un mechero o un hisopo con algodón bien embebido en alcohol. (Cuidado, no quemarse al abrirlo!). Cuando el agua a muestrear se encuentre clorinada, no debe olvidarse el agregado de Tiosulfato de Sodio, o utilizar envases que lo contengan en pastilla, con la finalidad de neutralizar los restos de cloro (consultar al Laboratorio).

Agua que proviene de un recurso superficial o de un depósito: En el caso particular de aguas superficiales o de depósitos de almacenamiento (río, canal, aljibe, cisterna, etc.) es conveniente lavarse previamente las manos con jabón para manipular los recipientes esterilizados y tomar la muestra.

Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis microbiológico 1) El envase a utilizarse deberá estar esterilizado y durante la toma debe prestarse atención a mantener una adecuada asepsia para evitar la contaminación accidental de la muestra. 2) Rotular el envase o verificar que el rótulo sea el correcto. 3) Si el grifo, canilla o caño es metálico quemar con un mechero donde sale el agua (si el material es plástico realizar el mismo procedimiento pero un menor tiempo para que no se deteriore el material plástico), luego abrir el grifo, canilla o activar el mecanismo de bombeo y dejar salir el agua el tiempo suficiente hasta que se esté seguro que es agua de la fuente de agua o depósito, de manera que el chorro no sea intenso. 4) Abrir el recipiente estéril, evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior del mismo y sosteniendo la tapa de manera que ésta mire para abajo. 5) Llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente tener la precaución de mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas. 6) Tapar inmediatamente asegurando un cierre perfecto. 7) La muestra debe ser guardada en una conservadora oscura y con hielo bien limpia y que no contenga otros elementos propios del muestreo, o en la parte de abajo de una heladera. Nunca poner la muestra en la hielera o en un freezer. En cualquier caso también el mecanismo de conservación (conservadora,

heladera) debe tener la mayor higiene posible y en el caso de la conservadora es indispensable no guardar otros elementos allí (comidas, bebidas, etc) 8) Trasladarla lo más pronto posible a Laboratorio (tiempo máximo 2 días y correctamente refrigerada en lugar obscuro). Ideal es llegar al Laboratorio en unas pocas horas y de lunes a miércoles.

ACONDICIONADO Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA

Para análisis físico-químicos

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo.

En general, puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, nitritos y en menor medida los sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio.

Una buena opción, si no se dispone de conservadora con hielo, es tener las muestras en el interior de los vehículos con aire acondicionado hasta que se las lleva al Laboratorio o a algún medio de refrigeración adecuado (heladera). Si no se refrigera puede haber variación del pH por alteración de CO_3^{2-} y CO_3H^- . No es significativa si hay poca materia orgánica. Es importante medir pH "in situ". Recordar que un pH mayor o igual a 8,3 indica presencia de CO_3^{2-} . Los demás no tienen problemas. El As puede tener un proceso de metilación por acción bacteriana y tener un valor ligeramente menor en el resultado del análisis si se analiza con un método colorimétrico, pero no tiene este inconveniente si se analiza por horno de grafito. En todos los casos conviene acidificar la muestra con un pH muy bajo para evitar esos inconvenientes. Si se transporta en un vehículo, con aire acondicionado no hay problemas si no pasa más de un día, salvo que sea una muestra muy cargada de bacterias y materia orgánica (pero esto nunca es conveniente que suceda en ningún caso).

Para análisis microbiológico:

Es indispensable que la muestra se mantenga refrigerada hasta su arribo al laboratorio, ya que tanto las temperaturas mayores a 6°C como la luz provocan la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.

Siempre es conveniente tomar la muestra y transportarla los primeros días de la semana (hasta el miércoles en lo posible, sino consensuar previamente con el Personal del Laboratorio), evitando feriados o días no laborables, ya que, si se requiriera análisis microbiológico, una vez en el Laboratorio son necesarias por los menos 48 hs. para realizar los cultivos. En caso de demorarse el envío, se guarda en la heladera en la parte de abajo, pero no es conveniente que pase más de dos (2) días. En cualquier caso debe evitarse el congelamiento de la muestra (el lugar correcto para conservar las muestras que no se hayan podido entregar al laboratorio es en la parte inferior de una heladera común).

En resumen, tres (3) cosas afectan a los organismos vivos en una muestra para análisis microbiológico:

- Las temperaturas por arriba de los 6°C
- La luminosidad
- Las temperaturas de congelamiento.

Las dos primeras cosas hacen que esos organismos se multipliquen y la muestra no sea válida y de resultados que no reflejen la realidad. La tercera hace que se mueran y de un resultado de no contaminación cuando sí puede haberla.

Las muestras para análisis microbiológico se deberán efectuar de manera separada a las destinadas para análisis físico-químico, tanto en el tipo de recipiente, como en su conservación y en el tiempo de envío a Laboratorio.

Hay que guardar las muestras para análisis microbiológico en un ambiente lo más limpio

posible. La limpieza de los vehículos es importante para evitar problemas de contaminación. Nunca hay que exponer las muestras al sol, guardarlas en lugar fresco y trasladarlas sin demoras al Laboratorio, si es posible el mismo día del muestreo asegurando la correcta identificación de las muestras.

Momento de las tomas de las muestras en acuíferos y cursos de agua superficiales

Se realizan las mismas en función de la naturaleza y del objetivo del estudio. Por ejemplo, para estudiar la incidencia de la recarga de los acuíferos anualmente que se produce de manera natural es conveniente tomar una muestra trimestral del agua de los acuíferos (especialmente en acuíferos libres).

– Primavera: toma de la muestra en septiembre

– Verano: toma de la muestra en diciembre

– Otoño: toma de la muestra en marzo

– Invierno: toma de la muestra en junio

Es importante que cuando se identifiquen los cambios que se buscan se hagan los análisis, sea el proceso debido a eventos naturales o a acción antrópica. Debemos adaptarnos a la naturaleza y no pretender que la naturaleza se adapte a nuestros muestreos. Para los muestreos se deberá estar muy atento a los años hidrológicos secos y húmedos, y al manejo hídrico que hace el hombre de los cursos superficiales y subterráneos. Si el objetivo es de mediano y largo plazo todos los años se deben tomar las muestras en las mismas fechas (desfasajes menores a una quincena). Preferentemente deberán estar en torno a una semana (previa o posterior).

Si se analiza en esas muestras repetitivas que se mantienen las proporciones de los cationes y aniones con respecto a la Conductividad Eléctrica (CE), habrá que analizar si no es suficiente con la medición “in-situ” de la CE y de pH de los puntos muestreados de interés, ya que eso significa ahorro de tiempo e inversiones.

En los cursos de agua superficiales será necesario tomar una muestra de agua mensual, dependiendo de la dinámica de la cantidad y calidad del recurso, donde se evaluará si es necesario esta cantidad de muestreos o es suficiente con un monitoreo de CE y de pH.

Planilla de registro del lugar

Para tener un registro de situación de cada punto de muestreo, es necesario realizar una Planilla de Registro de cada punto de interés, donde se deben asentar datos específicos de ese punto, algunos esenciales, otros complementarios: Identificación de la muestra (nombre, clave y/o sitio) Sí o sí

Georreferenciación o Ubicación GPS (latitud y longitud) (X) Sí o sí

Propietario, Encargado, Referente, Comisionado (especificar) Sí o sí

Localidad, Paraje o Establecimiento Sí o sí

Departamento, Provincia Sí o sí

Dirección postal, TE y/o e-mail (especificar) Deseable Destino de la fuente de agua: consumo humano, bebida de animales, riego, otro (especificar) Sí o sí Fuente de agua

analizada (perforación, pozo calzado, río, canal, aljibe, etc.) Sí o sí Profundidad del nivel estático y dinámico del pozo o de la perforación (medido por el técnico que toma la muestra)

Deseable Profundidad total del pozo o perforación (corroborado por el técnico que toma la muestra) Deseable Diseño de la perforación (acuíferos que se aprovechan, donde se ubican

los filtros) Deseable Sistema de bombeo o de extracción (puntual, sistema araña, pozo de gran diámetro, chupador flotante) Sí o sí Manejo del acuífero (con o sin recarga inducida a

través de perforaciones o de represas cercanas) Deseable

Equipo de bombeo (molino, bomba centrífuga, electrobomba sumergible, con máxima capacidad de extracción)

Deseable

Caudal de diseño del pozo o la perforación (lt/h) Deseable

Volumen diario que se extrae normalmente (lt/día) Deseable

Extracción continua o controlada de las perforaciones o pozos Deseable Caudal instantáneo en cursos superficiales en el momento del muestreo Deseable Cantidad de rumiantes mayores que se abastecen de esa fuente Deseable Cantidad de rumiantes menores que se abastecen de esa fuente Deseable Cercanía a lugares contaminantes (pozos negros, industrias, etc.) Deseable Tipo de fuentes restantes (perforaciones, pozos, represas, cursos de agua superficiales, lagunas, etc.) Deseable Inconvenientes en personas, animales y/o en cultivos bajo riego que utilizan el agua muestreada Deseable Características del suelo que se quiere regar con la fuente muestreada (permeabilidad/ salinidad /Sodio, conductividad eléctrica del sustrato) Deseable Tipo de sistema de riego Deseable

Cultivos que se planifican regar Deseable

(X) la latitud y longitud son indispensables. Si un productor o técnico acerca la muestra al INTA o al Laboratorio sin las coordenadas, necesariamente el Técnico responsable deberá concurrir a dicho lugar para georreferenciar o apoyarse en herramientas como el Google Earth para ubicar convenientemente el lugar de muestreo. Este dato se necesita porque va a ser el utilizado para poder ubicar los lugares en una capa de un SIG sobre cantidad y calidad de agua.

Datos básicos para solicitar en un análisis físico-químico:

Corresponderán según el objetivo de utilización de la fuente de agua de muestreo, de la región donde se realiza el muestreo, del instrumental disponible en el Laboratorio y del monto disponible para estos análisis (para ello consultar con Especialistas del Laboratorio y/o con Coordinadores de Proyectos a los cuales se vinculan los estudios).

Como ejemplo se pueden solicitar datos básicos requeridos en un análisis físico-químico:

- Conductividad eléctrica,
- Residuo Seco,
- pH,
- Dureza Total
- Alcalinidad Total
- Cationes (Ca, Mg, K, Na, B)
- Aniones (CO₃, HCO₃, SO₄, Cl)
- Nitratos
- Nitritos
- Arsénico
- Flúor

Todo elemento que de acuerdo a la región y al objetivo se consideren convenientes de evaluar (flúor, boro, metales pesados, DBO, DQO, OD, etc.).

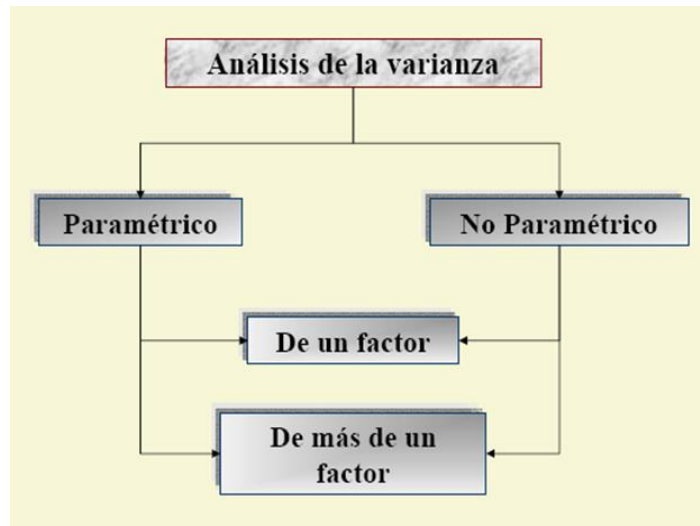
Como ejemplo se pueden solicitar datos básicos requeridos en un análisis microbiológico:

- Coliformes totales
- Escherichia Coli o termorresistentes
- Estreptococos fecales
- Salmonella

Apéndice XIV Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente: www.ugr.es/~mdhuede/Bioestadistica/ANOVA.pps

El análisis de la varianza es el método estadístico que permite determinar diferencias significativas entre el efecto medio que producen los distintos tratamientos o niveles de factor estudiados.



ANOVA Paramétrico

Sean X_1, X_2, \dots, X_k v.a.i. con $X_i \rightarrow N(\mu_i, \sigma)$, con μ_i y σ desconocidos.

Para cada variable X_i se considera una muestra aleatoria de tamaño n_i :

$$X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in_i}$$

siendo el tamaño total de las k muestras:

$$n = \sum_{i=1}^k n_i$$

El contraste:

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \\ H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j \end{array} \right\}$$

recibe el nombre de *Análisis de la Varianza de una vía (o un factor) de clasificación (ANOVA)*

A las k categorías de clasificación se les dice *tratamientos*

Variabilidad Total de los datos: Desviación de los datos respecto de su media

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$



$$VT = VNE + VE$$

Este contraste compara la variabilidad entre grupos y dentro de los grupos.

Fuentes de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Varianzas	Estadístico del test
Entre grupos	VE	k-1	$S_e^2 = \frac{VE}{k-1}$	$\frac{S_e^2}{S_d^2}$
Dentro de grupos	VNE	n-k	$S_R^2 = \frac{VNE}{n-k}$	
Total	VT	n-1	$S_t^2 = \frac{VT}{n-1}$	

ANOVA No Paramétrico

Desarrollo del test:

Sean:

$$(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n_1}), \dots, (X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn_k})$$

k muestras independientes de tamaños n_1, n_2, \dots, n_k , respectivamente, de distribuciones continuas

H_0 : Las k distribuciones son idénticas

H_1 : Las distribuciones difieren en su tendencia central

Solución del test:

1. Ordenar conjuntamente las $N = n_1, n_2, \dots, n_k$ observaciones
2. Asignar rangos de 1 a N a las observaciones
3. Calcular $R_i =$ "Suma de los rangos de las observaciones de cada una de las muestras, $i = 1, 2, \dots, k$ "

Fundamento del test:

El contraste determina si la disparidad entre los R_i respecto a los tamaños muestrales n_i es suficientemente significativa para sugerir el rechazo de la hipótesis nula