

Ficha de Valorización de Resultados

44

HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

Sistema para Reducir la Concentración de Boro en Aguas de Riego

Proyecto de Innovación en la XV Región de Arica y Parinacota

El desarrollo de la actividad agrícola depende, entre otros factores, de la cantidad y calidad del agua disponible para riego. La calidad varía ampliamente de acuerdo a la cantidad y tipo de sales que contenga, ya que algunos compuestos salinos son tóxicos para las plantas; los más importantes para la agricultura son los cloruros, el sodio y el boro.

Los fenómenos tóxicos ocurren cuando ciertos compuestos químicos, tomados por la planta desde el suelo o agua de riego, se acumulan en las hojas durante el proceso de transpiración, hasta el punto que pueden provocarle daños. El grado del daño depende del tiempo de exposición, así como de la concentración del compuesto tóxico, sensibilidad del cultivo al compuesto y requerimientos hídricos de la planta. Sin embargo, en cantidades adecuadas, estos compuestos salinos, incluido el boro, son micronutrientes esenciales para el desarrollo adecuado de las plantas superiores.

El contenido de boro en algunos ríos del norte del país fluctúa entre 10 y 40 mg/l y alcanza concentraciones de hasta 16 en el río Lluta y de 29 en el río Camarones; estas concentraciones limitan fuertemente el potencial agrícola de estos valles.

En este contexto se desarrolló un sistema de bajo costo que disminuye en forma efectiva la concentración de boro en las aguas de riego, hasta niveles tolerables para gran parte de los cultivos. Esto amplía las posibilidades de los valles nortinos para desarrollar una agricultura más atractiva, ya que se pueden seleccionar cultivos más rentables dentro de una mayor variedad.



Esta ficha resume los resultados y lecciones aprendidas de este proyecto, expuestos en detalle en el libro correspondiente de la serie



Sistema para Reducir la Concentración de Boro en Aguas de Riego

Proyecto de Innovación en la XV Región de Arica y Parinacota

<p>Origen</p>	<p>Esta ficha fue elaborada a partir de las experiencias y resultados obtenidos en la realización del proyecto de innovación “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”. El proyecto fue financiado por FIA y ejecutado por la Universidad de Tarapacá y la empresa ASITEC Ltda., entre fines del año 2002 y principios de 2006, y contó con la participación de dos agricultores, como agentes asociados. Su objetivo fue desarrollar un sistema de bajo costo, que permitiera reducir la concentración de boro presente en el agua de riego del valle de Lluta, a fin de ser utilizada en un mayor número de especies y así aprovechar la potencialidad agroecológica del valle.</p>
<p>La innovación tecnológica</p>	<p>El sistema desarrollado se basa en la utilización de un compuesto polihidroxilado (Phi) que, junto a las formas de boro presentes en las aguas de riego, forman un “complejo boro-phi” que es posible extraer mediante el uso de un adsorbente. Esto reduce la concentración de boro desde desde 40 a menos de 3 mg/l (por m³ de agua procesada), lo que representa una oportunidad para desarrollar las potencialidades agrícolas de algunos valles de la Región de Arica y Parinacota, cuyas aguas presentan concentraciones de boro que limitan el desarrollo de numerosos cultivos. La innovación tecnológica desarrollada es un sistema diseñado para ser usado en combinación con sistemas de riego tecnificado.</p> <p>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. Adicionalmente se requieren estanques menores para almacenar agua tratada, a fin de preparar las soluciones que se utilizan para reactivar la capacidad del equipo.</p> <p>El sistema desarrollado es aplicable a diversas calidades de aguas en cuanto a contenidos de boro. El agua tratada sólo cambia con relación a su concentración de boro, es decir no se ven afectadas sus otras cualidades originales, por lo tanto es aplicable a cualquier “método de cultivo”, siempre y cuando el medio físico de arraigo para la planta sea controlado en su aporte de boro. En otras palabras, el sistema de tratamiento del agua y su producto no presentan restricciones para ser aplicadas en riego.</p>
<p>Beneficios para el agricultor / Conveniencia económica de la herramienta</p>	<p>El sistema desarrollado entrega a los agricultores del norte del país, que utilizan agua de riego con altas concentraciones de boro, una alternativa capaz de satisfacer distintos requerimientos de calidad respecto de la concentración de boro en el agua, que les permitiría diversificar sus cultivos y explotar alternativas de producción más rentables que los cultivos que actualmente desarrollan. El sistema debe ser dimensionado de acuerdo a las necesidades específicas del tratamiento requerido, de manera de optimizar los factores de costo de inversión y de tratamiento. Las dimensiones de la planta se determinan básicamente de acuerdo a la concentración inicial de boro en el agua a tratar y al nivel máximo de boro deseado en el agua tratada. Para el caso específico de la planta prototipo, las condiciones fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • agua de ingreso con 39 mg/l de B; • agua de salida con B promedio $\leq 0,5$ mg/l; • necesidades diarias de tratamiento = 30 m³ • restricciones horarias de funcionamiento del equipo: ninguna (24 h continuas); • manejo de la solución concentrada de boro: pileta de evaporación con recolección periódica del precipitado. <p>Según la información disponible, el costo de adquisición de una planta de estas características capaz de tratar 350 m³/día, se estima en \$ 35.000.000, incluido el proyecto, diseño, construcción, instalación, puesta en marcha y servicio de control y monitoreo por seis meses. El principal costo variable está compuesto por el precio de los insumos de reactivación de la capacidad de la matriz adsorbente específica, y por el valor asociado al consumo de energía eléctrica como un costo secundario menor. El costo de los insumos depende de las condiciones específicas de la capacidad de compra y negociación de cada usuario, en particular porque el precio de los insumos de regeneración muestra una gran diferencia entre las compras a granel y al detalle, dadas las relativas complejidades del manejo de productos químicos (Cuadro 1).</p>



Claves de viabilidad

El sistema implementado por el proyecto precursor resultó ser eficaz y eficiente en su objetivo de disminuir la concentración de boro en las aguas de riego de los valles de la Región de Arica y Parinacota. Sin embargo, el desafío de cultivar nuevas especies en la Región queda sujeto a la implementación de este sistema en conjunto con medidas que se hagan cargo de los siguientes temas:

- El suelo cultivable de la Región también contiene concentraciones tóxicas de boro, por lo que antes de sembrar es necesario limpiar la tierra del exceso de este mineral.
- Una vez que el suelo cultivable y el agua de riego se encuentran limpias de boro, es necesario aislar la tierra de cultivo para evitar una potencial recontaminación, que puede ocurrir por capilaridad desde las napas subterráneas.
- Es necesario dimensionar exactamente las operaciones que implicará el cultivo de nuevas especies, ya que de ello dependen las características que debe tener el sistema de eliminación de boro de las aguas de riego. Este aspecto representa un riesgo, ya que las características medioambientales de la Región influirán en el desarrollo de los cultivos, con resultados distintos a los de otras zonas donde tradicionalmente se cultivan.

Asuntos por resolver

El principal tema pendiente se refiere a la masificación del uso de esta tecnología, de manera que puedan acceder a ella, pequeños y medianos agricultores. Esto plantea tres desafíos importantes:

- **Disminución de los costos de inversión y operación:** se puede esperar que tiendan a disminuir en la medida que exista una mayor demanda por la fabricación de estos equipos, de manera que el desafío de la empresa comercializadora de esta tecnología es difundirla y explorar usos en mercados distintos al agrícola como, por ejemplo, la disminución de boro en la emisión de residuos industriales líquidos.

En el caso de los pequeños agricultores, es importante promover mecanismos de asociatividad que permitan aprovechar las economías de escala en la fabricación de estos equipos y generar un mayor poder de negociación para la adquisición de insumos químicos, que es el principal componente del costo de operación de esta tecnología.

- **Acceso a financiamiento:** este es un aspecto clave para el acceso de los pequeños y medianos agricultores a esta tecnología, lo cual impone un desafío a la institucionalidad pública en términos de desarrollar instrumentos que apoyen su adquisición por parte de este segmento de agricultores.
- **Desarrollo de investigación para la introducción de cultivos más rentables:** para un aprovechamiento óptimo de esta tecnología se requiere investigar y establecer patrones de cultivo de nuevas especies adaptadas a las potenciales zonas beneficiadas, así como su difusión a los agricultores de la zona, donde las universidades y centros de investigación cumplen un rol preponderante.

CUADRO 1. Costos directos y de insumos para una planta prototipo de tratamiento de agua para riego con alto contenido de boro (valores actualizados a moneda de enero de 2009)

Ítem	Cantidad/ciclo (unidades)	Precio/unidad	Costo total/ciclo de operación (\$)
Soda cáustica 50% (l)	4,5	360	1.620
Ácido sulfúrico 98% (l)	9	360	3.240
Energía eléctrica (Kw)	4	120	480
Costo total/ciclo	-	-	5.340

Fuente: ASITEC (2009).

FIGURA 1. Esquema de planta de tratamiento para extracción de boro de agua de riego

