

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

**“PROGRAMA VALIDACIÓN Y DIFUSIÓN DE
TECNOLOGÍAS PARA LA PREVENCIÓN Y
MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS
AGUAS DE RIEGO”**

RESUMEN EJECUTIVO

PREPARADO POR:

**CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE**

Marzo 2008



UNIVERSIDAD DE CHILE



cenma
Centro Nacional del Medio Ambiente

El programa Validación y Difusión de Tecnologías para la Prevención y Mitigación de la Contaminación de las Aguas de Riego se realizó entre Diciembre de 2005 y Octubre de 2007 con el propósito de contribuir al mejoramiento de la calidad del agua de riego a través de dos ejes temáticos, el primero es el uso de tecnologías para prevenir y mitigar la contaminación de las aguas de riego y, el segundo, la sensibilización de los agricultores a objeto de que valoren un agua con calidad de riego y, en ese contexto, comprendan las consecuencias directas e indirectas de sus prácticas agrícolas y culturales.

El programa desarrolló los siguientes productos:

Instrumento	Cantidad	Objetivo
Gira Tecnológica Internacional	1	Conocer experiencias en el uso de tecnologías en el tratamiento de agua de riego.
Unidad Tecnológica Demostrativa	3	Demostrar a través de visitas guiadas la efectividad de las tecnologías en el tratamiento de agua de riego. Insumo de información técnica para video, manual y cartilla.
Video	1.200	Registrar y explicar el funcionamiento de las tecnologías, para su difusión.
Cartilla	1.000	Difundir las tecnologías validadas, promoviendo su uso por lo regantes.
Manual	1.500 Impresos 500 MiniCD	Entregar información sobre costo, operación y condiciones de uso de las tecnologías con potencial uso en descontaminar las aguas de riego, para los contaminantes de riego sobre los que se tiene antecedentes de su presencia en las aguas.
Sensibilización (regantes)	1.022	Comprometer a los regantes en el cuidado de las aguas de los canales.
Seminario	3	Presentar la aplicabilidad en las aguas de riego de las tecnologías de tratamiento. Para disponer de agua de calidad para riego se requiere, además de las tecnologías, de un manejo de las aguas a nivel de cuenca y en los canales, responsabilidad de las organizaciones de usuarios de agua. Enmarcar el uso de las tecnologías en una gestión predial, tendiente a asegurar la calidad del producto.
Curso Consultores Ley 18.450	2	Presentar la aplicabilidad en las aguas de riego de las tecnologías de tratamiento de agua. Contextualizar el uso de las tecnologías (programas de muestreo, laboratorios acreditados, externalidades ambientales, requerimiento de agua de calidad).

En una primera etapa se determinó cuales eran los problemas de contaminación que presentan o presentarían las aguas en los canales de riego, para lo cual se contrastó la información de fuentes públicas con los valores guías de la NCh 1.333 Of. 78. Este trabajo reveló que los principales contaminantes son los coliformes fecales, sólidos disueltos y algunos iones.

A nivel nacional no se pudo conocer experiencias sobre el uso de tecnologías para remover los contaminantes identificados. Por otra parte, las empresas proveedoras de tecnologías de tratamiento de agua no mostraron interés en el programa, lo que se tradujo en que no aportaron antecedentes técnicos como insumo para el manual y la conformación de las Unidades Tecnológicas Demostrativas.

La gira tecnológica desarrollada en Septiembre – Octubre 2006 permitió conocer que las tecnologías más desarrolladas y comercializadas en Europa, para remover bacterias (coliformes fecales) son Ultravioleta, Ozono, Tecnología de Membranas y Filtración por Cartuchos y Bolsa, para sólidos disueltos Electro Diálisis y Osmosis Inversa, y para iones específicos (cobre, aluminio, arsénico, boro, hierro, manganeso y molibdeno) Carbón Activado, Medios Filtrantes, Alumina Activada e Intercambio Iónico.

Esta gira tecnológica permitió además incorporar dos aspectos relevantes en la temática de la calidad del agua de riego: en primer lugar se requiere de una organización que vele por la calidad del agua dentro del sistema de distribución y, en segundo lugar, el uso de la tecnología debe compatibilizarse con el aseguramiento de calidad de los productos.

Con los resultados de la gira, de antecedentes sobre tecnologías recopilados de fuentes públicas y de los muestreos realizados en tres predios ubicados en las regiones del Libertador General Bernardo O`Higgins y del Maule, que revelaron que el principal problema es de contaminación microbiológica (coliformes fecales), se determinó validar las tecnologías de Ozono, Ultravioleta y Filtración con Bolsas (Micro filtración). En principio la idea era disponer de cada una de estas tecnologías en distintos predios, pero se optó por instarlas todas en el mismo lugar. Esta situación se justifica por los siguientes factores: economías de escala que se requirieron para el tratamiento preliminar, para eliminar parte de los sólidos suspendidos, y la conveniencia de tener las tres tecnologías juntas para efectos demostrativos a los regantes. El lugar seleccionado fue la Escuela Agrícola Fundo Quimavida.

Hay un tipo de contaminación presente en los canales que no requiere de su determinación en laboratorios, que es la generada por el vertimiento de residuos sólidos, de origen doméstico e industrial. Prevenir este tipo de contaminación requiere de cambios culturales, junto con una mejor gestión de los residuos sólidos. Dentro de este programa lo que se persiguió en relación a este contaminante fue controlar sus impactos dentro del canal, acotando su área de influencia mediante el uso de Rejas de Sólidos Gruesos; para lo cual se instalaron dos en distintos canales.

La instalación de estas rejas tiene dos efectos, primero manifestar el interés y la disposición de la CNR en colaborar para superar este problema y, segundo, integrar a las organizaciones de usuarios de agua a ser la solución, o parte de esta, al entregarles la responsabilidad de operar las rejas y coordinar este trabajo con las municipalidades para el retiro de la basura.

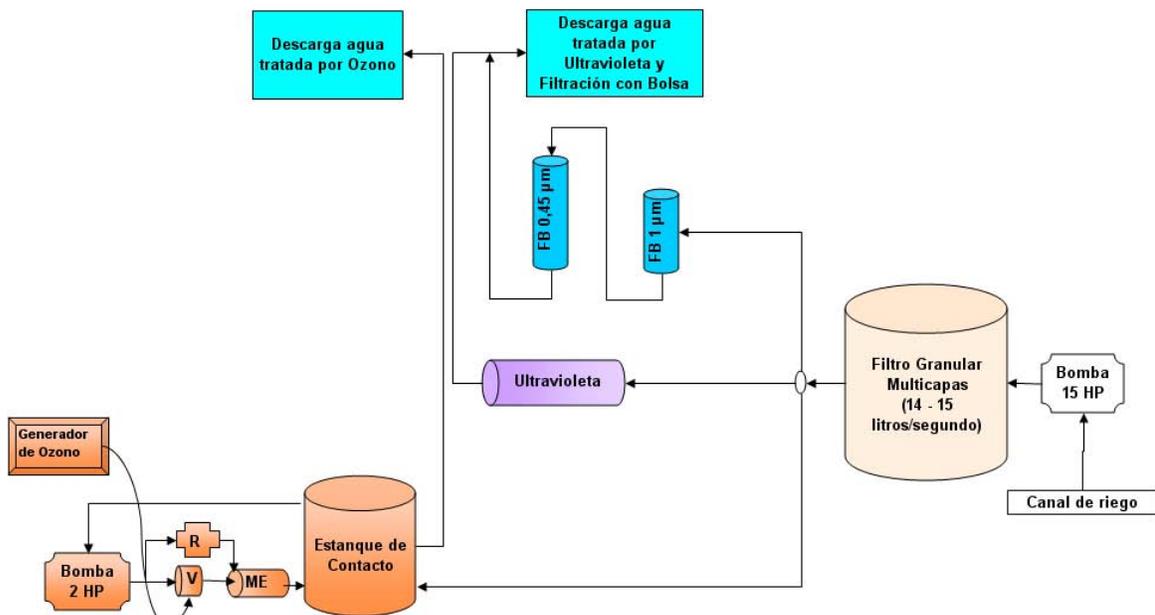
En la siguiente tabla se presentan las tres Unidades Tecnológicas Demostrativas (UTD) instaladas.

Unidad Tecnológica Demostrativa	Área geográfica	Ubicación	Características técnicas
Remoción de coliformes fecales y de sólidos suspendidos	Asociación de Canalistas Doñihue Parral (J.V. 2ª Sección Río Cachapoal) Comuna de Coltauco, Región de O'Higgins	Bodega de la Escuela Agrícola Fundo Quimavida	<ul style="list-style-type: none"> ● Bomba de 6HP. ● Filtro Granular Muticapas para 15 l/s. ● Reactor Ultravioleta 7 l/s (85% Transmitancia). ● Microfiltración para 4 l/s (1 carcaza de 1 micra seguida de 1 carcaza de 0.45 micras). ● Ozono por Recirculación para 4 l/s.
Rejas de Sólidos Gruesos	Comunidad de Aguas Canal Punta del Viento (J.V. 2ª Sección Río Cachapoal) Comuna de San Vicente de Tagua Tagua, Región de O'Higgins	Canal Zuñigano Sector Zúñiga	<ul style="list-style-type: none"> ● Inclinada 40°. ● Roldana para izarla, con cadena y candado. ● Deposito de basura con cadena y candado.
Rejas de Sólidos Gruesos	Asociación Canal Maule (J.V. Río Maule) Comuna de San Clemente, Región del Maule	Canal Peralito Sector Corralones	<ul style="list-style-type: none"> ● Inclinada 40°. ● Roldana para izarla, con cadena y candado. ● Deposito de basura con cadena y candado.



Reja Sólidos Gruesos sector Zúñiga

Las tecnologías de la UTD Escuela Agrícola Fundo Quimavida se emplazaron de acuerdo al esquema que se presenta a continuación, diseño que tuvo como objetivo operar al mismo tiempo las 3 tecnologías de remoción de coliformes fecales. El agua producto de estos sistemas de tratamiento es empleando, en parte, para regar manzanos.



FB: Filtro con Bolsa
R: Válvula reguladora vacío
V: Inyector Venturi
ME: Mezclador estático

El Filtro Granular Multicapas remueve sólidos suspendidos de un tamaño mayor a 15 micras, tamaño de corte que permite remover un parte significativa de arcillas y limos presentes en las aguas de los canales de riego. La eficiencia promedio de remoción de sólidos suspendidos lograda es de 87%.



Filtro Granular Multicapas
Escuela Agrícola Fundo Quimavida
\$ 5.300.000 para 15 l/s

Remoción Sólidos Suspendidos	
Parámetro	Valor
N° registros	15
Promedio entrada (mg/l)	72
Promedio salida (mg/l)	6
Eficiencia promedio de remoción (%)	87
Eficiencia máxima de remoción (%)	98
Eficiencia mínima de remoción (%)	69

De las tres tecnologías probadas para remover coliformes fecales la que entregó no sólo los mejores resultados, sino que éstos fueron satisfactorios en cumplir con la norma de riego en un 100% de las mediciones realizadas, fue la tecnología Ultravioleta. De la operación del sistema Ultravioleta se tiene los siguientes datos técnicos, que demuestran la capacidad señalada:

- El 100% de las muestras arrojan valores de coliformes fecales a la salida menores a 50 /100 ml para un valor de entrada entre 10.000 -50.000 NMP/100 ml, con una turbiedad menor a 40 NTU.
- Fue capaz de reducir de 3.500 a 350 coliformes fecales NMP/100 ml operando a una turbiedad de 150 NTU.
- Operando a caudales de 9 – 10 litros por segundo muestra la misma eficacia.
- Para una turbiedad de 40 NTU es capaz de remover coliformes fecales con una eficiencia de 99.99999%. Esto significa que puede tratar con seguridad concentraciones de 1.000.000 de coliformes fecales NMP/100ml, cumpliendo a la salida con el valor guía de la norma de riego.



Reactor UV
\$ 5.400.000 para 7 l/s

Caudal 6 litros/segundo y < 40 NTU			Caudal 6 litros/segundo y 150 NTU			Caudal 10 litros/segundo y < 40 NTU		
NMP Coliformes fecales/100 ml			NMP Coliformes fecales/100 ml			NMP Coliformes fecales/100 ml		
Número de registros: 32			Número de registros: 1			Número de registros: 3		
	Entrada	Salida		Entrada	Salida		Entrada	Salida
Promedio	3.723	5	Promedio			Promedio	1.907	2
Máximo	16.000	33	Máximo	3.500	350	Máximo	2.400	2
Mínimo	540	<2	Mínimo			Mínimo	920	<2

El sistema de Ozonización probado no ha mostrado una capacidad de remoción de coliformes fecales, lo que se debería a una combinación de los siguientes factores:

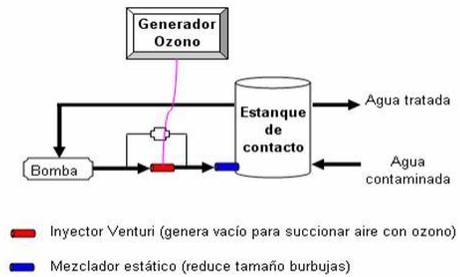
- Alta turbiedad, consumiendo ozono.
- Baja generación de ozono, debido a una elevada humedad relativa.
- Baja estabilidad del ozono generado, por la alta temperatura ambiente.
- Mezcla deficiente del ozono y los coliformes fecales en el Estanque de Contacto.

Se esta evaluando que acciones tomar para probar este sistema en una condición más favorable, sin perjuicio que se pueden tener las siguientes conclusiones:

- El tratamiento de agua con ozono no se puede realizar a un costo competitivo comparado con el de tratamiento con Ultravioleta.
- El tratamiento con ozono es complejo en las aguas de riego, por que su efectividad es sensible a las variaciones de factores ambientales (variación de turbiedad del agua, de la temperatura y humedad relativa del aire).



Generador de Ozono y Rebosadero



Ozonización por "Recirculación"
\$ 6.200.000 para 4 l/s

Para la Filtración con Bolsas se dispuso dos carcazas o filtros en serie, el primero emplea bolsas reutilizables de 1 micra, para retener los sólidos entre 1 – 15 micras que salen del Filtro Granular Multicapas, que permite alargar la vida útil de la bolsa de 0.45 micras que no es reutilizable.

La tecnología de Filtración con bolsas (microfiltración) muestra un desempeño que depende del contenido de sólidos suspendidos en las aguas de riego, en donde a mayor concentración de este último parámetro, más eficiente y eficaz es este sistema para remover coliformes fecales.



Filtración con Bolsas
\$ 3.900.000 para 4 l/s

Mes	Registros	Eficiencia promedio de remoción (%)	Registros sin remoción	Registros con remoción	% de registros < 1.000 Coli. Fecales/100 ml
Enero	5	41	1	4	75
Febrero	6	19	2	4	50
Marzo	7	8	3	4	0
Abril	6	47	2	4	0
Mayo	7	0	4	3	0

La información generada en la instalación y operación de esta unidad, fue un insumo básico para los siguientes instrumentos de difusión:

- Cartilla: tomando como antecedente la exitosa operación de la tecnología Ultravioleta, se consideró que ésta entregaba antecedentes sólidos sobre el cual la CNR puede apoyarse para promover de manera responsable, su uso entre los regantes. Esta fue la lógica del diseño de los 1.000 ejemplares.

- **Video:** El video denominado **“Validación de Tecnologías para el Control de Coliformes Fecales”** describe las cuatro tecnologías emplazadas en la UTD Escuela Agrícola Fundo Quimavida, apoyándose en animaciones. Esta presentación se contextualiza con una introducción al problema de contaminación microbiológica, las palabras del Secretario Ejecutivo de la CNR y con los comentarios de 2 representantes de organizaciones de usuarios de agua y del operador, técnico agrícola egresado de la misma escuela.
- **Manual:** El manual tiene un capítulo de la experiencia de la UTD Escuela Agrícola Fundo Quimavida; la que se ve complementada con otras dos experiencias a nivel nacional desarrolladas por las Universidad de Tarapacá, para el control del boro, y de la Universidad de Concepción, para el control del coliformes fecales. También se presenta una tecnología importada por una empresa nacional para el control de bacterias por otros microorganismos, de la cual fue instalada un prototipo en la misma escuela. El manual presenta antecedentes, recopiladas principalmente en fuentes públicas, sobre costos, equipamiento, operación y condiciones de uso, de las tecnologías que se consideraron factibles de implementar para el control de la contaminación de las aguas en los canales de riego.
- **Visitas:** Se dispuso un operador de la UTD Escuela Agrícola Fundo Quimavida, que apoyado con posters (información técnica, eficiencia y costos) por cada una de las cuatro tecnologías, guió aproximadamente 400 visitas, principalmente agricultores.

Los dos cursos para consultores de la Ley 18.450 se realizaron en Santiago, Mayo de 2006, y Talca, Junio de 2007. Estos tuvieron como objetivo dar a conocer las características técnicas más relevantes de las tecnologías con aplicación en el tratamiento del agua de riego, junto con señalar la importancia de realizar un programa de muestreo que al ser representativo, permita una correcta toma de decisiones. En conjunto asistieron 92 participantes.

El diseño de los tres seminarios (“Calidad de Agua de Riego y Tecnologías de Descontaminación” realizado en Diciembre de 2006 en San Vicente de Tagua Tagua, de un día de duración y los dos denominados “Calidad del Agua en la Competitividad de la Agricultura”, de 1 ½ día de duración realizados en Santiago y Talca, en Septiembre de 2007) consideró la necesidad de contextualizar el uso de las tecnologías de mitigación dentro de un conjunto de otros instrumentos y enfoques. Es así como se decidió presentar las siguientes temáticas:

- Aseguramiento de calidad de los productos agrícolas.
- Legislación aplicable al control de fuentes contaminantes.
- Desarrollo de normas secundarias de calidad de aguas en cuerpos de agua.
- Manejo integrado de Cuencas (abordado en los seminarios de 2007, por un expositor de Colombia).
- Gestión del agua por organizaciones (abordado en los seminarios de 2007, por un expositor de España).
- Experiencias nacionales de mejoramiento de la calidad de las aguas a nivel de cuenca y de canales.
- Tecnologías de mitigación.
- Experiencias nacionales de mitigación de la contaminación.

El programa de sensibilización involucró 1.022 regantes de 7 organizaciones de usuarios de agua, ubicadas en el área de influencia de 3 juntas de vigilancia.

Región	Junta de Vigilancia	Organización	Comuna
Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Junta de Vigilancia de la 2ª Sección del Río Cachapoal	Asociación de Canalistas Doñihue y Parral	Doñihue y Coltauco
		Comunidad de Aguas Canal Punta del Viento	San Vicente de Tagua Tagua
		Comunidad de Aguas Canal Montelorenzo	San Vicente de Tagua Tagua
	Junta de Vigilancia de la 3ª Sección del Río Cachapoal	Asociación Canal Almahue	Pichidegua y Palmilla
		Asociación de Canalistas del Pueblo de Larmahue	Pichidegua
Región del Maule	Junta de Vigilancia del Río Maule	Comunidad de Aguas Pangué	San Rafael
		Asociación Canal Maule (Comunidades de Agua Peralitos, Los Buitres y El Caracol)	San Clemente

La sensibilización se basó en evidenciar los efectos de un agua contaminada sobre la calidad, productividad y comercialización de los cultivos, así como sobre la salud de las personas y sus animales y el deterioro del entorno cercano, que conlleva un aumento de la pobreza local.

Se desarrolló un estudio por parte de la socióloga Srta. Catalina de la Cruz Pincetti que permitió recoger elementos socioculturales del regante y su entorno, los cuales fueron integrados en el diseño de la metodología de sensibilización, con el objeto de lograr la mejor recepción y el mayor impacto posible de los contenidos que se entregan durante la sensibilización.

Recogiendo los elementos aportados por este estudio, la metodología de sensibilización de los regantes se diseñó en base a un trabajo con cada agricultor en su predio para identificar las potenciales fuentes o prácticas agrícolas que afectan la calidad del agua de riego, de acuerdo a su realidad, involucrándolo y descubriendo con él acciones para corregir o prevenir la contaminación de las aguas. Este trabajo de sensibilización individual constituye el componente principal de la estrategia de sensibilización, y para desarrollarlo se utilizó una Ficha de Sensibilización, construida a partir de recomendaciones o pautas de buenas prácticas agrícolas. Este trabajo de apoyo individual, que requirió en promedio 1,5 horas por regante, se complementó con un taller de 2,5 horas de duración en que participaban no más de 15 agricultores por sesión.

En total, participaron del programa de sensibilización 1022 regantes, cuya distribución por organización y género se presenta en la tabla siguiente:

Organización	N° Regantes				
	Total (%)	Hombres	Mujeres	Hombres (%)	Mujeres (%)
A.C. Doñihue y Parral	73 (7%)	64	9	88%	12%
C.A. Punta del Viento	240 (23%)	172	68	72%	28%
C.A. Canal Montelorenzo	106 (10%)	57	49	54%	46%
A. C. Almahue	243 (24%)	217	26	89%	11%
A.C. Pueblo de Larmahue	146 (14%)	104	42	71%	29%
C.A. Pangué	81 (8%)	75	6	93%	7%
A.C. Maule	133 (13%)	95	38	71%	29%
Total (%)	1022 (100%)	784 (77%)	238 (23%)		

Un 77% de los regantes sensibilizados individualmente fueron hombres y un 23% mujeres, participación que se mantuvo, a nivel global, en la asistencia a talleres.

En el taller se presentaba un análisis de los resultados de los antecedentes recopilados en las visitas a sus predios, esto con objeto de mostrar que la problemática de calidad de aguas es común a todos y que todos son parte de la solución. Este análisis se reforzó con la entrega de contenidos sobre el origen y comportamiento de los contaminantes, todo en un lenguaje gráfico y sencillo.

En los talleres participaron 310 regantes, lo que representa un 30,3% del total de personas sensibilizadas, porcentaje superior a la participación promedio en las reuniones en las organizaciones de usuarios. La participación en talleres puede ser el reflejo del interés que despierta el tema en la comunidad, aunque también influyen otros factores como: época del año, estado del tiempo, grado de dispersión de los regantes, facilidad de acceso al recinto, entre otros.

Organización	N° Asistentes a taller			Asistencia a talleres		
	Masculino	Femenino	Total	Porcentaje	Hombres	Mujeres
Asociación de Canalistas Doñihue y Parral	33	3	36	49%	92%	8%
Comunidad de Aguas Canal Punta del Viento	40	20	60	25%	67%	33%
Comunidad de Aguas Canal Montelorenzo	20	14	34	32%	59%	41%
Asociación Canal Almahue	77	10	87	36%	89%	11%
Asociación Canalistas del Pueblo de Larmahue	23	14	37	35%	62%	38%
Asociación Canal Maule	24	5	29	22%	83%	17%
Comunidad de Aguas Pangué	25	2	27	43%	93%	7%
Total	242	68	310	30,3%		
	78%	22%	100%			

Como estrategia para comprometer o motivar a los regantes se involucró a los líderes de las organizaciones de usuarios de agua, quienes difundían el programa haciendo uso de un díptico. En cuanto a la difusión un elemento muy valorado fue la instalación de 12 letreros, como el que se muestra en la fotografía siguiente:



Evaluación y comentarios:

- La metodología de sensibilización relacionó las Buenas Prácticas Agrícolas con su incidencia en la prevención de la contaminación.
- Los regantes reconocieron los principales problemas de contaminación de las aguas a nivel local.
- Se desarrolló una metodología atractiva para introducir el tema de calidad del agua de riego. Metodología que reconoce las particularidades locales del problema de contaminación de las aguas, promoviendo su solución a través de un diagnóstico participativo de los regantes, por sectores.
- Se involucró a las organizaciones en la temática calidad del agua, al comprometerlos en actividades tales como, presentación a sus asociados del programa y objetivos, y la gestión de las rejas para retener sólidos gruesos.
- La participación de las mujeres es importante en la prevención de la contaminación de las aguas de riego, por ser ellas las principales encargadas de la disposición de los residuos domésticos, como también porque actúan como regantes, principalmente en pequeñas unidades productivas destinadas al autoconsumo familiar, como chacras y huertas caseras.

- Se estableció que las tecnologías con potencial aplicación en el tratamiento del agua de riego (Ultravioleta, Ozono, Intercambio Iónico, Medios Filtrantes, Carbón Activado, Electrodialisis, Filtración Empacada y Tecnología de Membranas) fueron desarrolladas para otras aplicaciones (desalación, agua potables, descargas) y que se requiere su validación en aguas de riego.
- Se dispone de antecedentes técnicos sólidos que permiten promover entre los regantes el uso de la tecnología Ultravioleta para abatir coliformes fecales.
- Se estableció que no es factible un tratamiento con Ozono, a un costo comparable con el de la tecnología Ultravioleta.
- La Filtración con Bolsas presenta una eficiencia de remoción, cuya aplicabilidad dependerá de un estudio detallado caso a caso.
- La difusión de las tecnologías se debe sustentar en base antecedentes que puedan ser corroborados por los regantes (validación de tecnologías, pruebas a escala piloto, etc.).
- Se requiere desarrollar protocolos de validación de las tecnologías, consensuados con los distintos actores involucrados.
- Se deben realizar estudios para establecer contaminantes prioritarios a controlar dentro del canal, a objeto de guiar el accionar público y privado.
- Se requiere capacitar a los regantes en técnicas de prevención.
- Se requiere que el programa de sensibilización esté inserto en un Programa de Gestión de la Calidad del Agua de la organización de usuarios de agua.

El programa fue evaluado por ocho representantes de seis de las organizaciones de usuarios de aguas, que participaron directamente en éste. Del análisis de las evaluaciones individuales, se concluye que:

- El 100% recomendaría a otras organizaciones de usuarios de agua participar en un programa con la misma metodología de sensibilización.
- En relación al convencimiento de la factibilidad de usar tecnologías para tratar las aguas de riego, las respuestas fueron de bajo a muy alto, predominando alto o muy alto.