

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**CONVENIO ASESORÍA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
ORDEN DE TRABAJO N° 3/2001**

**INFORME FINAL SEGUNDA ETAPA**

**NOVIEMBRE 2001**

DIRECCION GENERAL DE AGUAS  
Centro de Información Recursos Hídricos  
Área de Documentación

**Ramón Downey, Consultor**

**INFORME  
SEGUNDA ETAPA  
CONVENIO ASESORÍA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
SR. RAMÓN DOWNEY  
ORDEN DE TRABAJO N° 3/2001  
17.10.01- 17.11.01**

**Objetivo General**

El objetivo general, de la Orden de Trabajo N° 3 de este convenio de asesoría, es definir los efectos económicos, en la agricultura, asociados a la reducción de la calidad del agua en cauces naturales superficiales incluyendo aspectos del deterioro de la calidad de aguas subterráneas y de la salinización de suelos.

El estudio se realizará en dos etapas cuyos objetivos y resultados esperados son los siguientes:

**Alcances de la Primera Etapa:**

**Objetivo:**

Identificar los principales problemas que genera en la producción agrícola, en Chile, la reducción de la calidad del agua en cauces naturales superficiales, incluyendo aspectos del deterioro de la calidad de aguas subterráneas y de la salinización de suelos, y definir cuales son sus principales efectos económicos en la actividad agrícola.

**Resultados:**

a.- Definición de los principales problemas que genera en la actividad agrícola, en Chile, el deterioro de la calidad del agua en cauces superficiales, incluyendo aspectos del deterioro de la calidad de aguas subterráneas y de la salinización de suelos.

Efectos esperables del deterioro, de acuerdo al tipo de contaminantes, en los diferentes productos agrícolas y cuantificación de los mismos a nivel unitario, según la investigación y publicaciones disponibles en Chile y el extranjero. Entre otros se consideraran los siguientes:

- Reducción de calidad de productos
- Reducción de rendimientos
- Problemas en mercados de los productos agrícolas, especialmente los internacionales

b.- Identificar principales efectos económicos de los problemas relacionados con la calidad del agua y la salinización de suelos, desde el punto de vista del proceso productivo en la agricultura y de la comercialización y exportación de productos agrícolas.

- Cambios en el valor del producto
- Reducción de rendimientos
- Reducción de precios por calidad (manchas, calibre, etc.)
- Aumentos de costos de producción y manejo
- Aumento en costos de operación
- Costos adicionales de mantención y operación de equipos de riego tecnificado por aumento de la salinidad del agua
- Costos adicionales de control de salinización de suelos.
- Aumento de costos de manejo de productos
- Problemas de acceso a mercados:
  - No acceso a mercados
  - Costos de manejo y certificación

#### **Alcances de la Segunda Etapa:**

##### **Objetivo:**

Definir y estimar indicadores de los impactos económicos, derivados de problemas relacionados con la calidad del agua superficial incluyendo aspectos de la calidad del agua subterránea y de la salinización de suelos, en la actividad agrícola.

##### **Resultados:**

a.- Marco conceptual para construir indicadores de los impactos económicos, derivados de problemas relacionados con la calidad del agua superficial incluyendo aspectos de la calidad del agua subterránea y de salinización de suelos, en la productividad y rentabilidad de la agricultura.

- Problemas relacionados a la reducción de rendimientos
- Problemas relacionados a la calidad
- Costos adicionales por manejo de equipos de riego
- Costos adicionales por control de salinización

b.- Marco conceptual para estimar impactos relacionados con la calidad del agua en el comercio exterior, con especial referencia al caso de las exportaciones de frutas y hortalizas.

- Regulaciones o normas internacionales
- Diferencias de precio
- Diferencias por volumen exportable
- Costos de manejo y certificación de productos

c.- Definición de casos más relevantes de deterioro de calidad del agua y salinización, con base a la información disponible en la DGA y otras fuentes, para analizar impacto económico.

d.- Sobre la base de dichos casos estimar el impacto económico global de problemas relacionados con la calidad del agua en la agricultura, con especial referencia a las exportaciones agrícolas.

### **1.- Definición de casos más relevantes de deterioro de calidad del agua y salinización, con base a la información disponible en la DGA y otras fuentes, para analizar impacto económico.**

Para definir los casos más importantes de deterioros en la calidad del agua; además del Análisis de las Redes de Vigilancia de Calidad de Aguas Terrestres preparado por Ayala Cabrera y Asociados Ltda. para el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos de la DGA en 1994 y diversos otros estudios cuyos resultados fueron discutidos en la Primera Etapa de este Estudio; se tuvieron en cuenta las Evaluaciones del Programa de Prevención y Control de la Contaminación de los Recursos Hídricos Relacionados con la Producción Silvoagropecuaria preparado por el Departamento de Protección de Recursos Naturales Renovables del SAG en 1998 y 1999.

En una síntesis muy apretada se puede concluir que los casos de deterioro de la calidad del agua con mayor impacto en la agricultura se refieren a las siguientes contaminaciones:

- La contaminación con aguas servidas de diferentes centros urbanos y los riles de diversas industrias instaladas en sectores rurales.
- La contaminación natural con sales y diversos iones que está presente en algunos valles desde la Primera hasta la Tercera Región.
- La contaminación con Arsénico, Molibdeno y Cianuro proveniente de algunas minas y plantas en operación, como es el caso de las comunas de Padre Hurtado y Talagante, la cual en general se está controlando.
- La presencia de sales que provienen tranques de relave en desuso, entre la II Región y la Región Metropolitana como es el caso del tranque de relaves de Cu en la provincia de Chacabuco y de diversos tranques en la III y IV Región

El fenómeno más extendido es el de la contaminación con aguas servidas que contamina la Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho y sectores de la VI , VII, V y

**IV Región. afectando miles de hectáreas aptas para la plantación de hortalizas y frutales de exportación.**

La contaminación natural con sales y algunos iones, donde adquiere mayor importancia es en el Valle del Río Copiapó donde la salinización afecta varios miles de hectáreas que deben ser tratadas para eliminar el problema con el consiguiente gasto. En el valle del Río Lluta tiene efectos mucho más drásticos impidiendo el cultivo de un gran número de especies, pero el impacto en términos de hectáreas es mucho menor.

En el valle del Río Loa también hay efectos importantes pero también son más reducidos y aún está en discusión si es contaminación natural o deriva de la actividad minera en Chuquicamata

La contaminación a partir de tranques de relave en desuso tiene la complicación adicional que por su condición nadie responde por dichos tranques. Los casos más importantes por su impacto agrícola es el tranque de Refymet en la Provincia de Chacabuco y el que ha cotaminado un estero a la salida de Ovalle.

Es interesante notar que en la VIII Región, diversos casos de contaminación con pentafenoles y otros productos similares provenientes de las plantas de celulosa y aserraderos, que podrían haber sido graves, se diluyen por el gran caudal de los ríos donde se vacían los efluentes, como son el Bío Bío, Itata, Diguillín y Vergara.

También debe destacarse que, de acuerdo a los estudios del SAG antes mencionados hay muchos indicadores de contaminación que aparecen excediendo las normas en diversos ríos y canales, pero no tienen efectos aparentes sobre la agricultura. Es el caso de los sulfatos en la Cuenca del Maipo.

Los antecedentes recogidos por el SAG, en los trabajos mencionados anteriormente indican que las aguas subterráneas presentan muy pocos problemas de contaminación. Además cuando se presentan son muy similares a los de las aguas superficiales, aunque hay que reconocer que la información es mucho más escasa y poco sistematizada para las aguas subterráneas que para las superficiales.

En síntesis lo más relevante en términos de contaminación son los siguientes procesos:

- Contaminación con aguas servidas
- Salinización

No está demás recordar que en el caso de las aguas que sufren contaminación fecal, el principal impacto económico deriva de los problemas en el acceso a los mercados internacionales.

En cambio en el caso de la salinización los problemas se refieren principalmente a la caída en los rendimientos y los problemas de calidad que pueden producirse conjuntamente como son la disminución de calibre, las manchas, la decoloración, etc.. Asimismo la salinización trae asociados costos de lavados de los suelos y limpieza de los equipos que se tapan con el depósito de sales en su interior.

No debe olvidarse que los casos de altos contenidos de diferentes iones están normalmente asociados a fenómenos de salinización, como es el caso del Valle de Copiapó y el de los Ríos Lluta y Loa. Estos efectos no se tratarán separadamente porque, por una parte, es imposible distinguir las consecuencias de ambos efectos y, por otra, sólo existen tablas que permiten calcular el impacto para los niveles de salinización medidos a través de la conductividad eléctrica y los niveles de cloro medidos en mol/m<sup>3</sup>. Para el resto de los iones sólo existen indicaciones de niveles de sensibilidad frente a contenidos del ión respectivo que supera las normas.

## **2.- Marco conceptual para construir indicadores de los impactos económicos, derivados de problemas relacionados con la calidad del agua, en la producción y costos de la agricultura.**

Tal como lo indica su título en esta sección se concentra en los problemas que encuentra proceso productivo como tal, cuando está presente un deterioro en la calidad de las aguas.

### **2.1.- Problemas relacionados a la reducción de rendimientos**

El impacto más conocido y medido de los niveles altos de salinidad es en los rendimientos y existen tablas como la incluida en la Primera Etapa de este estudio, que estiman las caídas en los rendimientos para numerosas especies en presencia de distintos niveles de salinidad. Las reducciones de rendimientos indicadas en las tablas dependen no sólo de los niveles de salinidad sino también de la tolerancia de las diferentes especies a la salinidad.

Por otra parte, las tablas se han construido en base a experimentación con el nivel total de salinidad, el cual se mide a través de la conductividad eléctrica, pero no consideran otros factores que pueden agravar los efectos en los rendimientos o reducirlos. Por ejemplo, un determinado nivel de conductividad se puede agravar por la excesiva presencia de Boro o Cloro. Por lo mismo, los efectos reales son posibles de medir sólo en una realidad determinada.

Para que la producción se mantenga como económicamente posible el valor de venta de la producción debe al menos cubrir los costo y a la vez dejar algún margen de rentabilidad. Los cultivos que sufren caídas en los rendimientos, que

impiden cubrir los costos y un margen mínimo de utilidad, son rápidamente eliminados.

En este estudio nos preocuparemos de aquellos casos en que la reducción de rendimientos es manejable y el cultivo o plantación se hace menos rentable, pero sigue siendo económicamente posible o rentable.

El Valle de Copiapó presenta condiciones ideales para incluirlo en este estudio ya que cuenta con una medición experimental de los efectos de la salinidad en los rendimientos realizado por la FAO, con el apoyo del Gobierno de Japón a través del Proyecto GCP/RLA/084/JPN. Segundo es un área en que la actividad agrícola es extremadamente rentable. Tercero, su actividad principal esta relacionada al proceso de exportaciones.

## **2.2.- Problemas relacionados a la calidad**

Los problemas relacionados con la calidad de los productos están en parte al menos relacionados con los problemas de rendimientos. Ello se debe a que una parte de la reducción de rendimientos se debe a que hay menor cantidad de frutos o granos. Otra se debe a que los frutos son más pequeños o sea de menor calibre, lo cual afecta su calidad.

Las tablas que existen para predecir los problemas de rendimientos, por ejemplo cuando la salinidad es muy alta, se refieren sólo al problema de reducción en el volumen total de producción y no a la reducción de calidad que está implícita.

Por otra parte, hay otros problemas de calidad en los frutos que no se relacionan con los problemas de rendimientos y que se refieren a manchas, decoloraciones, formaciones defectuosas, etc.. que son producidas por problemas en la calidad del agua por exceso de algunos iones o de las sales totales

No existen estudios empíricos suficientes como para indicar la importancia de los problemas de calidad que corresponden a diferentes niveles de sales totales o de algunos iones.

## **2.3.- Problemas relacionados a la prohibición de realizar algunos cultivos**

El único caso de prohibición de algunos cultivos por la mala calidad del agua, se refiere a las hortalizas, cuyo cultivo fue prohibido en predios que utilizan aguas servidas con una contaminación bacteriológica mayor de 1000 coliformes fecales por cada 100ml. Esta prohibición fue establecida a través de la Resolución N° 0350 del Servicio de Salud del Ambiente del Ministerio de Salud de fecha 7 de Enero de 1983 y afecta a las siguientes hortalizas y frutales menores: lechugas, achicorias, cilantro, perejil, rábanos grandes, rabanitos, zanahorias, fresas, frutillas y fresones. Esta primera norma fue poco respetada hasta que, con motivo de la

epidemia de cólera , se exigió drásticamente su cumplimiento a través de la Resolución N° 13 del mismo Servicio, de Abril de 1991, y se completo la lista de los cultivos regulados agregando el apio, repollo, coliflor, betarraga, acelgas y espinacas, además de prohibirse totalmente el cultivo del berro. Adicionalmente, el 22 de Abril de 1991, por Resolución N°3806, se prohibió la elaboración y expendio de toda hortaliza de toda hortalizay fruta cruda que crezca a ras de suelo en todos los restaurantes, hoteles, puestos de mercado, salones de te, casinos, fuentes de soda y locales que venden comida preparada para llevar. Esta última norma hizo mucho más efectiva la aplicación de las anteriores al facilitar su control.

A raíz de lo anterior se produce una drástica caída en los cultivos de hortalizas que en la temporada 1990-91 alcanzaban a 40.327 ha y, de acuerdo al Censo Nacional Agropecuario que cubre la temporada 1996-1997, habían bajado a 25.641 ha. Esta reducción significa una caída de 36,4 % lo cual se compara muy desfavorablemente con la baja en la superficie total que se se destina en el país a hortalizas, la cual se reduce en sólo 6% entre 1990-91 y 1996-97.

Para medir el impacto económico que ha tenido la calidad del agua en esta circunstancia se puede comparar la rentabilidad que tenían estos suelos cuando se utilizaban en cultivos hortícolas, con la que tiene el promedio de los suelos de la RM utilizando la estructura de cultivos que presenta el Censo 1997 para la misma área.

#### **2.4.- Costos adicionales relacionados al lavado de suelos**

El lavado de suelos necesario para resolver problemas de salinización que reducen los rendimientos tiene un costo que puede resultar significativo y debe examinarse.

Para mostrar los montos que pueden alcanzar estos costos se utilizará las experiencias y análisis del Proyecto GCP/RLA/084/JPN del Gobierno de Japón y la FAO, a través del cual se evaluaron tareas de lavado de suelos cuidadosamente controladas en el Valle de Copiapó. En el momento en que se realiza este proyecto del total de tierras regadas en ese Valle un 65%, o sea 5.155 ha , estaban afectadas en diferentes grados por problemas de salinidad.

Este caso parece ser el único realizado con un estricto control de costos los cuales alcanzan a \$ 148.980 en moneda de principios de 1989 por hectárea. Ello incluye 134 horas de bombeo en 20 días considerando costos de energía, mano de obra, compra de equipos, etc. La recomendación de los especialistas que hicieron el estudio en Copiapó es realizar este tratamiento una vez cada 6 años.

Para calcular el impacto económico de la salinización se utilizará este valor como válido para diferentes áreas con problemas de salinización graves.



## **2.5.- Costos adicionales por manejo de equipos de riego**

La obstrucción de los emisores es uno de los principales problemas a los cuales debe enfrentarse el agricultor al manejar un equipo de riego localizado. El taponamiento de los emisores, altera el normal abastecimiento de agua a la planta disminuyéndolo y en casos graves puede llegar a suprimirlo. Asimismo reduce la eficiencia del sistema, debido básicamente a alteraciones en los patrones de distribución y uniformidad de aplicación del agua riego.

Estos problemas no solo causan daño al cultivo por un déficit hídrico inducido, sino que del mismo modo elevan los costos implícitos en el sistema productivo, dado que se requieren materiales y mano de obra adicional para su corrección. Incluso, es común la práctica en un gran número de agricultores del recambio de emisores, situación descartable con una adecuada mantención del sistema.

Los problemas que causan estas obstrucciones están asociados a la calidad del agua de riego. Existen diversos elementos presentes en el agua que pueden provocar dificultades con los equipos de riego.

Esos elementos se dividen en tres grupos:

1.- Físicos que corresponden a sólidos en suspensión. Estos son:

- Arenas
- Limos
- Arcillas
- Materia Orgánica

2.- Químicos que corresponden a compuestos y sales disueltas en el agua, que bajo ciertas condiciones precipitan. Ellos son:

- Carbonatos de calcio o magnesio
- Sulfatos de Calcio
- Metales pesados ( óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros))
- Fertilizantes

3. - Biológicos que corresponden a bacterias y algas, las que pueden ser:

- Filamentos
- Lamas
- Descomposición microbial
- Bacterias
- Organismos acuáticos

DIRECCION GENERAL DE AGUAS  
Centro de Información Recursos Hídricos  
Área de Documentación

Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con el caso de las partículas minerales que portea el agua en suspensión. No ocurre del mismo modo con las obstrucciones del tipo biológico y químico que por lo general acontecen al interior de la red hidráulica. Estos sedimentos se tratan

y evitan con la aplicación preventiva de productos químicos y el manejo racional de los fertilizantes.

Es importante averiguar en cada caso la razón generadora de las obturaciones, ya que de esta forma facilita su prevención y es posible efectuar un control más eficiente en los casos ya declarados.

El siguiente cuadro muestra diferentes criterios que indican las posibilidades de obstrucción de los equipos con el uso de diferentes calidades de agua.

**Cuadro N° 1. Probabilidad de ocurrencia de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua (Bucks y Nakayama, 1987).**

Tipo de obstrucción	Baja	Media	Alta
<b>Físicas</b>			
Materiales en suspensión (ppm)	50	50-100	> 100
<b>Químicas</b>			
Ph	7	7-8	> 8
Hierro	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Calcio	10 mg/l	10-50 mg/l	> 50 mg/l
Carbonatos	100 mg/l	100-200 mg/l	> 200 mg/l
<b>Biológicas</b>			
Bacteria por cm <sup>3</sup>	10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

(Fuente: Bucks y Nakayama, 1987).

Para los efectos de este estudio lo que se ha hecho es estimar los costos de prevenir o corregir los diferentes tipos de obturaciones para los agentes más corrientes. Estos se han referido a casos específicos en diferentes regiones. Ello aunque no representa un estudio comprensivo del tema permite darse una idea de los costos que en este nivel tienen diferentes tipos de contaminación.

En el Anexo N° 3 se hace un análisis más detallado de estos procesos y se desarrolla el cálculo de los costos en prevenir o corregir los diferentes tipos de contaminación.

## **2.6.- Aumentos de costos de producción y manejo**

Hay otros factores relacionados con la mala calidad del agua que aumentan los costos de la producción agrícola pero son más difíciles de medir. Primero, están los aumentos en los costos de operación de la producción debidos principalmente a los cuidados y medidas correctivas que pueden exigir los excesos de algún ion, Así mismo, el menor vigor de las plantas afectadas obliga a mayores gastos sanitarios y una reposición más acelerada de las plantaciones.

Segundo, los costos aumentan porque el manejar una cosecha con mayores problemas de calidad siempre resulta más costoso por unidad de producción finalmente vendida, tanto por los problemas de selección como por la mayor disposición de desechos y los problemas sanitarios de una cosecha de menor calidad.

## **3.- Marco conceptual para estimar impactos relacionados con la calidad del agua en el comercio exterior, con especial referencia al caso de las exportaciones de frutas y hortalizas.**

### **3.1.- Regulaciones o normas que impiden el acceso a algunos mercados internacionales**

Desde hace algún tiempo que EUREP, una asociación de supermercados de la UE, ha ido insistiendo en la importancia que para todos los productos que lleguen a sus mercados se controlen no sólo los frutos sino también los procesos de producción a nivel predial. A partir del año 2003, es muy probable que en la Unión Europea se hará obligatorio que todas las importaciones a esos mercados sean certificadas en relación al uso de las Buenas Prácticas Agrícolas , el cual es un conjunto de normas que regulan los procesos de producción a nivel predial.

Estas BPA incluyen normas sobre diversos temas tales como uso de pesticidas, fertilización y también sobre calidad de las aguas tanto en el riego como en los procesos de post cosecha. Asimismo hay cadenas de supermercados en USA que paulatinamente están evolucionado hacia la aplicación del mismo tipo de normas

Para un país con vocación exportadora, como es Chile, el que puede resultar siendo el impacto económico más importante del deterioro en la calidad del agua, es el efecto en el acceso de los mercados internacionales y en particular los más grandes. La UE representa para Chile un mercado que capta el 25% de sus exportaciones totales de frutas y hortalizas en volumen. En los Estados Unidos, por otra parte, aunque no exista una normativa legal la influencia y el control de las grandes cadenas de supermercados puede ser muy significativo.

Un tipo de contaminación del agua, que tiene especial importancia en el marco de las BPA, es la contaminación fecal. Esta está muy presente en una parte significativa de la VI Región y de la Región Metropolitana, que son la primera y

segunda región productoras de exportaciones hortofrutícolas. Asimismo esta contaminación se produce en muchas áreas de las Regiones V y VII, que son las que siguen en importancia a la VI Región y Región Metropolitana como exportadoras.

Para estimar el impacto económico de los problemas en la calidad del agua se estimará en primer lugar el impacto de una reducción total de las exportaciones a la UE desde las zonas con mayores problemas de contaminación fecal. De igual forma se estimará el impacto de una reducción parcial de las exportaciones a USA.

Hay, por otra parte, iones como el Arsénico y el Molibdeno con efectos importantes en la salud humana, cuyo alto contenido en las aguas de riego puede ser controlado por las BPA y afectar las exportaciones. Este es el caso de los altos niveles de Mo en las provincias de Padre Hurtado y Talagante que afecta a 4.000 ha. Sin embargo estas provincias también están afectadas por la contaminación de aguas servidas y resulta difícil separar ambos efectos.

### **3.2.- Diferencias de precio por calidad**

También son importantes en el comercio exterior las diferencias de precio por calidad. Un indicador importante de la calidad es el tamaño de la fruta cuya reducción va muchas veces asociada a disminuciones en los rendimientos totales. O sea el productor, que es afectado por un proceso de salinización, no sólo reduce su rendimiento total sino también por que se reduce la proporción de la cosecha que es exportable y la proporción de las exportaciones que obtiene los mejores precios al exportarse.

Igual cosa sucede con los niveles altos de algunos iones o de sales totales que producen manchas y otros defectos además de reducciones en los rendimientos. Los rechazos y bajas en los precios también afectan a estos productores además de la baja de rendimientos.

La información sobre el impacto de los temas de calidad no es buena, pero si se puede hacer una estimación de la importancia que tienen reducciones de calibre en el precio final en los mercados internacionales y nacionales de algunas frutas. Para ello se utilizará como fuente de información la que aparece en la Revista del Campo del Mercurio para los mercados internacionales.

Lo que no existe o no está disponible fácilmente es información sobre los porcentajes en que se dan normalmente los diferentes calibres. Por ello lo que se hará es estimar el impacto de una caída razonable en los precios debido al calibre.

Las manchas, decoloraciones y formaciones defectuosas en los mercados internacionales llevan simplemente al rechazo y en los nacionales a precios de liquidación que son muy bajos y no hay estadísticas al respecto.

### **3.2.- Costos de manejo y certificación de productos**

Finalmente no debe perderse de vista que la baja en la calidad de los productos de exportación trae otros costos asociados que van desde el manejo hasta la certificación de los productos.

El manejo de una cosecha con grandes problemas de calidad es siempre mucho más costosa por unidad exportada que una cosecha con un alto porcentaje de frutos de buena calidad.

Asimismo debe considerarse los costos asociados de certificación de cosechas que se hacen más exigibles en países exportadores que normalmente tienen problemas de calidad. Este costo oscila alrededor del 1% del valor FOB de las exportaciones.

## **4. Estimación de Impacto económico de problemas relacionados con la calidad del agua en la agricultura, con especial referencia a las exportaciones agrícolas.**

### **4.1.- Impacto de la prohibición del cultivo de hortalizas con aguas servidas**

El caso de la prohibición del cultivo de hortalizas con aguas servidas, aún cuando no está relacionado directamente al comercio exterior, resulta interesante porque es el único caso en que la contaminación ha resultado en la prohibición de realizar determinados cultivos. A la vez que la alarma, derivada de la epidemia de cólera en 1991, hizo eficaz una medida que había sido dictada en 1983.

De hecho la medida no había tenido ningún efecto en sus primeros ocho años ya que el cultivo de hortalizas en la RM había subido de 23.686 ha en la temporada 1975-76 a 40.327 ha en la temporada 1990-91, que es la temporada anterior al año en que se toman las medidas complementarias para hacer más efectiva la prohibición. A partir de ese año la superficie plantada con hortalizas en la RM baja a 32.260 en la temporada 1994-95 y a a 25.641 ha en 1966-67.

Para apreciar adecuadamente el impacto económico de esta medida es necesario tener en cuenta que en 1996-97, probablemente debido a la sequía, la superficie de hortalizas se redujo en el país en general en un 6%. Si suponemos que en la RM la superficie se redujo en un 6% por otros motivos, tenemos que sólo se puede atribuir a las medidas contra el cólera una reducción en la superficie plantada con hortalizas en la RM de 13.050 ha.

Para estimar el impacto económico de la prohibición se puede comparar la rentabilidad promedio de una hectárea con hortalizas con la rentabilidad promedio de una hectárea de riego con otros cultivos, estimada en base al Censo 97. Esto da como resultado que la menor utilidad promedio de los predios que dejaron de plantar hortalizas es \$ 1.283.000 y que en total esta medida tuvo un costo para los productores de \$ 16.743.150.000 anuales, o sea US\$ 24 millones al año. En el Anexo 1 se muestra el cálculo de la diferencia de utilidad entre hortalizas y una hectárea que represente el promedio de los demás cultivos

A ello se agrega el hecho que las zonas con mayor desarrollo de hortalizas en el país son precisamente las de la RM y es ahí donde, por lógica, se estaba desarrollando la producción de algunas hortalizas para exportación. Al hacerse efectiva la prohibición muchos de estos procesos también abortaron. Sin embargo, no hay información suficiente para estimar este impacto

#### **4.2.- Impacto de las aguas contaminadas con coliformes fecales en las exportaciones**

Como se mencionó anteriormente este es el tipo de contaminación mas extendido de acuerdo a los antecedentes disponibles. El principal riesgo para las exportaciones, de este tipo de contaminación, deriva de las normas sobre Buenas Prácticas Agrícolas que en el año 2003 es muy probable que sean aprobadas por la UE y que ya empiezan a ser exigidas por la asociación de cadenas de supermercados llamada EUREP. Asimismo, hay cadenas de supermercados de Estados Unidos que ya empiezan a insistir en normas similares. Por ello es que la Fundación para el Desarrollo Frutícola de Chile ha puesto en marcha un programa de Buenas Prácticas Agrícolas al cual ya se han asociado 1000 de los 7200 huertos comerciales que existen en el país.

De acuerdo a los estudios del Departamento de Protección de Recursos Naturales del SAG sobre el Programa de Prevención y Control de la Contaminación de los Recursos Hídricos realizados en los años 1998 y 1999 dicha contaminación está especialmente presente en la Región Metropolitana, VI Región, V Región, VII Región y la Provincia de Limarí en la IV Región.

En la Región Metropolitana las principales provincias afectadas son Talagante, Melipilla y Maipo, así como las comunas de Maipú, Pudahuel y Colina. que en total representan del orden de 37.098 ha de huertos frutales de acuerdo al Censo 97. En la V Región las principales provincias afectadas son Los Andes, San Felipe y Quillota con un total de 26.338 ha de frutales de acuerdo a la misma fuente. En la VI Región la principal provincia afectada es Cachapoal y las comunas de San Fernando, Placilla y Nancagua en la Provincia de Colchagua con un total de 40.237 ha. En la IV Región la principal provincia afectada es Limarí con 8.032 ha. En la VII Región las principales provincias afectadas son Curicó, Talca y Linares

con un total de 23.011 ha . En total las áreas afectadas alcanzan a un total de 135.646 ha. El detalle de estas superficies se presenta en el Anexo 2.

No existen antecedentes detallados de las áreas específicas a que alcanza la contaminación en estas provincias y comunas, pero si suponemos que sólo un 30 % de las plantaciones frutales en estas provincias y comunas riegan con aguas que presentan niveles sobre la norma de contaminación fecal, resulta que el total de las plantaciones con problemas alcanzaría a un total de 40.708 ha. Esta superficie representa un 19,4 % de las plantaciones existentes en regiones que exportan.

Por otra parte, en la temporada 2000-2001 la Unión Europea, según la Asociación de Exportadores de Chile, representaba un 25% del volumen total exportado con 37.603.443 cajas . El 19,4 % de dicho 25% podría provenir de plantaciones frutales con problemas de contaminación fecal por el agua con que se riegan, lo que representa prácticamente el 5% de las exportaciones totales de Chile. Si se agrega a eso sólo la mitad de las exportaciones a los Estados Unidos, que suman 33.673.849 cajas en la temporada 2000-2001 y representan el 21,4% de las exportaciones, el total de frutas regadas con aguas contaminadas y problemas para ser aceptadas en dichos los mercados de la UE y USA subiría a un 9 %.

El efecto de la falta de mercado para este 9% de las plantaciones, en un mercado como el frutícola, puede llevar a cambios más importantes en el precio y manejo de las exportaciones chilenas de frutas y hortalizas, los cuales resultan difíciles de estimar. Ello se debe a que hay otros mercados que pueden adoptar normas similares y, no debe olvidarse, que la fruta chilena goza de un bien ganado prestigio por su calidad y sanidad el cual puede ser afectado.

En todo caso, si sólo se considera el 9% de la fruta con problemas directos de aceptación en mercados muy importantes, ello significa que fruta que genera retornos por un valor del orden de US\$ 135.000.000 estaría con problemas de comercialización.

#### **4.3.- Impacto de los niveles altos de salinidad en las exportaciones de Copiapó**

##### **4.3.1.- Impacto en los rendimientos**

Con la apertura al comercio exterior a fines de los año 70 se descubrieron las especiales ventajas del Valle de Copiapó para la plantación de frutales y en particular para la uva de mesa: esta fruta se produce en épocas muy tempranas con referencia a otros productores que participan en el mercado mundial. La consecuencia para el valle fue el crecimiento explosivo de las tierras plantadas con uva de mesa en distintas variedades.

En Diciembre de 1987 estas plantaciones llegaron a un total de 4292 ha de un total de 7931 ha regadas. Considerando la escasez de agua y que una parte importante de los suelos plantados tienen una pendiente escarpada, así como también la alta rentabilidad de estos cultivos, prácticamente todas las plantaciones se han hecho con riego por goteo o en todo caso tecnificado. Ello, unido al contenido salino de las aguas superficiales y subterráneas y la alta evapotranspiración, ha llevado en las dos últimas décadas a severos procesos de salinización. El resultado es que en 1989 de un total de 7931 ha bajo riego, 5155, o sea el 65% ya estaban afectadas por problemas de salinidad en diferentes grados. Aunque las ventajas del valle por la temporada en que se produce la uva están disminuyendo por la entrada reciente de la uva peruana a competir, todavía la producción es muy rentable y hay posibilidades de expandir las áreas plantadas.

El agua utilizada en los parronales proviene principalmente de aguas subterráneas aunque también de aguas superficiales. En todo caso ambos tipos de aguas presentan problemas de salinidad similares.

Por las razones anteriores se estimó pertinente para este estudio, graficar el impacto de los procesos de salinización a través de los resultados del estudio "Problemática de la Degradación de Suelos y Aguas por Salinización en el Valle de Copiapó" realizado en 1989 por la FAO con el apoyo del Gobierno de Japón a través del Proyecto GCP/RLA/084/JPN. En este proyecto se tomaron 68 muestras de suelo en 17 lugares a lo largo del valle de las cuales el 45,5 % presentaron valores de la conductividad eléctrica del extracto de saturación mayores que 4 mmhos/cm, o sea suelos salinos, llegando hasta 24,5 mmmhos/cm.

#### **Cuadro N° 2 Resumen de los resultados obtenidos por el proyecto**

Rango de CE del extracto de saturación (mmhos/cm)	Cantidad de muestra	Porcentaje
Menor que 4	37	54,5
4 a 8	18	26,5
Mayor que 8	13	19,0
TOTAL	68	100

#### **Cuadro N° 3 Respuesta de la vid a la salinidad del suelo**

Conductividad eléctrica del extracto de saturación (mmhos/cm a 25° C)	Disminución de rendimiento en %
Menor que 1,5	0
Menor que 2,5	10
Menor que 4,1	25
Menor que 6,7	50
Mayor que 12	100



Aunque la uva de mesa es un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad, según este mismo estudio " Teniendo en cuenta los límites de tolerancia de la vid a la salinidad ..... y de acuerdo a las concentraciones salinas encontradas en los suelo del valle las pérdidas serían de alrededor de 25% (nota del consultor: de los rendimientos). Esto sin considerar el efecto tóxico de los excesos de sodio intercambiable y boro ( nota del consultor: que se encontraron acompañando a la alta salinidad en algunos puntos del valle)".( N° 21, pag. 29)

La estimación anterior de pérdidas en los rendimientos, aunque elevada, es coincidente con el hecho que los rendimientos de la uva de mesa en esa área no son elevados y mas bien son inferiores a los de otras zonas del país. Aunque parte de estos bajos rendimientos puede deberse a la precocidad de la cosecha, otra parte puede deberse a los problemas de salinización. Esto último es consistente con cierta tendencia a la baja en los rendimientos en sectores del valle que mencionan los productores.

Asimismo, la reducción de un 25% en los rendimientos potenciales que concluye el proyecto antes mencionado es coherente con los niveles de salinidad que se midieron a través de este estudio, los cuales en un 26,5 % de los casos superan los 4 mmhos/cm y en un 19,0% superan los 8 mmhos/cm como se señala en los cuadros N° 2 y N° 3.

La III Región en el año 2000 exportó uva por un valor FOB que alcanzó a un total de US\$ 100.506.000. Por otra parte, de acuerdo al Censo Nacional Agropecuario 97, el Valle de Copiapó representa el 93,2 % de la superficie destinada en la III Región a parronales de exportación. Por lo tanto, el valor de las exportaciones del Valle debe ser al menos del orden de US\$ 94.000.000, especialmente considerando que Copiapó es más favorecido que el Valle del Huasco en cuanto a los precios por la temporada temprana.

De lo anterior se deduce que si se acepta que por efecto de la salinización los rendimientos son inferiores en un 25%, como sostiene el proyecto antes mencionado, la pérdida de ingresos a nivel FOB es del orden de US\$ 19.000.000. Si estos ingresos FOB se reducen a retornos netos para productores, de acuerdo a la información proporcionada por FEDEFruta y publicada por ODEPA, la pérdida en el retorno neto a productores llega a una cifra del orden US\$15.000.000. Esta pérdida dividida entre las 5700 hectáreas plantadas con uva de mesa resulta en una pérdida por hectárea de US\$ 2600 por hectárea plantada.

No hay duda que esta es una pérdida importante para la actividad económica de la Región y especialmente para los productores. También es evidente que en este resultado concurren diversos factores que son muy peculiares del Valle de Copiapó como son el alto nivel de salinidad y el alto valor de la cosecha de uvas. Pero, por otra parte, si es indicativo de lo importantes que pueden llegar a ser los

costos de los altos niveles de salinidad para los productores y la actividad exportadora.

#### **4.3.2 Impacto en la calidad**

Como se mencionó anteriormente los niveles altos de salinidad y de la presencia de algunos iones en particular producen diferentes problemas como manchas, decoloraciones, reducción de tamaño, etc., que pueden llevar desde bajas importantes en los precios hasta el rechazo de algunas partidas.

No existen antecedentes detallados para estimar el impacto de los diferentes deterioros en la calidad de la fruta sobre los precios de las exportaciones, ya que la fruta rechazada o con problemas de calidad no se registra detalladamente. Sin embargo, uno de los principales impactos de la calidad y que tiene la ventaja de quedar registrado, son las diferencias de precios por tamaños o calibres.

Para estimar la magnitud de las diferencias que se producen por este motivo se registraron las diferencias de precios que se producen por tamaño dentro de un mismo día para diversas especies tanto en el mercado europeo como el norteamericano. Al hacerlo se tuvo el cuidado de no incluir partidas con otros problemas de calidad. Ello dio los siguientes resultados como porcentaje promedio de variación:

#### **Cuadro N° 4 Variación promedio de precios de acuerdo al calibre mercados de USA y Rotterdam**

<b>Fruta u hortaliza</b>	<b>Variación de precio entre calibre más bajo y más alto en %</b>
<b>Manzana</b>	<b>120</b>
<b>Mandarinas</b>	<b>170</b>
<b>Duraznos</b>	<b>70</b>
<b>Ciruelas</b>	<b>60</b>
<b>Uva</b>	<b>80</b>
<b>Peras</b>	<b>30</b>
<b>Naranjas</b>	<b>30</b>
<b>Palta</b>	<b>70</b>
<b>Limones</b>	<b>40</b>
<b>Alcachofas</b>	<b>50</b>

**Ver detalles en Anexo 5**

Aunque no existen antecedentes del impacto de la salinización de suelos en el calibre, si se sabe que la falta de agua útil para la planta reduce en general el tamaño de la fruta. Además hay diversas experiencias en otras regiones en que la suspensión del riego por dos o tres semanas en períodos críticos ha llevado a perder hasta el 50% de la producción exportable por problemas de calibre. Por lo

mismo es muy posible que un cambio en los rendimientos también vaya acompañado de precios menores

Cuanto es el impacto de esa reducción de precios es difícil de estimar. Pero si consideramos que los precios de la uva oscilan en un 80% entre los calibres más grandes y los menores, no sería un exceso suponer que sus precios se ven afectados por su bajo calibre promedio en un 10%. Esto no se percibe por los altos precios que obtiene la uva de Copiapó, en relación al resto del país, debido a su temprana cosecha. Pero si se lograran calibres mayores dichos precios podrían ser aun más altos.

Un alza de 10% en los precios de la uva de Copiapó al controlar la salinización podría significar un mayor ingreso de US\$ 9,4 millones, si recordamos que el valor FOB total de la cosecha en el 2000 alcanzó a US\$ 94 millones. El ingreso neto total a nivel de productor que representa este cambio en los precios alcanza a US\$7,5 millones y este mismo valor dividido por las 5700 ha de plantaciones de uva del valle resulta en US\$ 1.300 por ha.

#### **4.4.- Impactos en los costos de producción**

##### **4.4..1.-Lavado de suelos**

El mismo proyecto, como se comentó anteriormente, hizo ensayos de lavado de suelos que fueron exitosos en eliminar los excesos de salinidad. Dichos ensayos están resumidos en el mismo estudio sobre Problemática de la Degradación de Suelos y Aguas por Salinidad en el Valle de Copiapó.

En ese estudio se utilizaron parcelas demostrativas que presentaban entre 61,6 y 79,6 mmhos/cm de conductividad eléctrica del substratum entre 0 y 5 cm y el porcentaje de sodio intercambiable llegaba hasta 64%. En profundidades de hasta 90 cm se encontró valores de conductividad eléctrica de 9 mmhos/cm, niveles que afectan adversamente la producción de vides. Los tratamientos se hicieron aplicando una lámina de 103 cm de agua ( 10.300 m<sup>3</sup>/ha) con aspersores y alternativamente aplicando además del agua 5,5 toneladas de yeso por ha. El yeso no mostró influencia y en cambio el agua, sola o con yeso, fue exitosa en reducir las altas concentraciones de sales hasta los 90 cm.

Este fue el único estudio realizado con un estricto control de costos que estuvo al alcance de este consultor. Como se mencionó anteriormente estos alcanzan a \$ 148.980 en moneda de principios de 1989 por hectárea. Ello incluye 134 horas de bombeo en 20 días considerando costos de energía, mano de obra, compra de equipos, etc. Por otra parte la recomendación de los especialistas es realizar este tratamiento una vez cada 6 años, para el caso de Copiapó. Es decir representa un costo anual de \$ 24.830 al año en moneda de 1989 que traducido a dólares alcanza US\$ 55 anuales por hectárea al año.

Este es un costo mínimo si se compara con los efectos que puede evitar en el volumen total de producción y los precios por calidad.

#### **4.4.2.- Impacto de la Contaminación en la Mantenición de los Equipos de Riego**

Los costos que generan las aguas contaminadas, en las diferentes regiones, en razón de la limpieza que exige periódicamente de los equipos de riego por goteo y microaspersión, es un proceso bien conocido por los productores y las empresas que instalan equipos de riego. Los costos de prevenir y corregir las obstrucciones varía de acuerdo al agente que los causa y su concentración y algunas condiciones del agua de riego como su PH y temperatura.

En lo que sigue se han estimado los costos de prevención y corrección sobre la base casos concretos, con el propósito de ilustrar el nivel que pueden alcanzar estos costos por unidad de superficie.

Tal como se mencionó anteriormente se distinguen tres grandes tipos de obstrucciones:

- Obstrucciones físicas que corresponden a las provocadas por sólidos en suspensión.
- Obstrucciones químicas que corresponden a compuestos y sales disueltas en el agua, que bajo ciertas condiciones.
- Obstrucciones biológicas que corresponden a las provocadas por bacterias y algas.

Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con el caso de las partículas minerales que portea el agua en suspensión. No ocurre del mismo modo con las obstrucciones del tipo biológico y químico que por lo general acontecen al interior de la red hidráulica. Estos agentes se tratan y evitan con la aplicación preventiva de productos químicos y el manejo racional de los fertilizantes.

Los costos calculados para cada tipo de obstrucción riego se detallan en el Anexo

#### **4.4.1.- Obstrucciones Físicas**

Son producto de la carga de partículas sólidas en suspensión en el agua de riego, principalmente corresponden a partículas de arena, limo o arcilla. Las

obstrucciones físicas son fáciles de controlar, utilizando en forma correcta el sistema de filtraje. En el caso que el problema se sitúe después de los filtros, la eliminación de las impurezas físicas es más compleja. Como etapas de control se han definido prefiltrado, filtraje y eliminación de sedimentos. Sólo se calcularon costos para la eliminación de sedimentos ya que el filtraje es un proceso común a todos los equipos de riego.

#### Costo de la eliminación de sedimentos

A modo de ejemplo se han considerado tres equipos de riego diferentes, para uva de mesa, nogales y duraznos.

Los costos calculados para cada equipo de riego son en resumen es los siguientes:

Equipo de nogales:

Lavado quincenal: US\$ 27,86 /ha/temporada

Lavado semanal: US\$ 13,93 /ha/temporada

Equipo de durazneros:

Lavado quincenal: US\$ 55,70 /ha/temporada

Lavado semanal: US\$ 27,86 /ha/temporada

Equipo de uva de mesa:

Lavado quincenal: US\$ 36,2 /ha/temporada

Lavado semanal: US\$ 18,10 /ha/temporada

#### 4.4.2.- Obstrucciones Químicas.

Las obstrucciones del tipo químico dependen principalmente de la calidad y composición del agua, también de la calidad y tipo de fertilizantes utilizados. Son producidas por precipitaciones químicas favorecidas por altas y pH altos.

En el agua de riego las concentraciones altas de calcio, magnesio y bicarbonatos favorecen los depósitos calcáreos en los emisores, a pH altos y al evaporarse el agua durante los períodos de inactividad entre riegos. Igualmente, las tuberías que están al aire libre aumentan de temperatura alcanzando fácilmente rangos entre 70 y 75° C. Estas temperaturas incrementan la evaporación de las disoluciones, aumentando la concentración de la solución favoreciendo el depósito de los precipitados.

Aunque se disponga de un buen sistema de filtros, existen sustancias de pequeño tamaño que no son retenidas, por lo que es preciso la utilización de productos químicos para completar la limpieza del agua y reducir la posibilidad de taponamiento de los emisores. Está muy generalizado el uso periódico de ácidos y otros productos químicos, que, aplicados en forma preventiva, en la instalación,

evitan la formación de precipitados, los cuales debido a su sedimentación podrían llegar a producir obstrucciones. Si se han formado los precipitados, estas soluciones se atacan formando sales solubles que son arrastradas posteriormente por el agua en el proceso de limpieza.

Para calcular el costo de una aplicación preventiva y otra curativa en una red de riego tecnificado se tomó una estadística de monitoreo de aguas realizado por la DGA en el Río Copiapó en Mal Paso. Esta estadística contiene 29 muestreos tomados entre el año 1986 y 1992, y sus datos fueron comparados con los parámetros considerados en el Cuadro N° 1, de probabilidad de ocurrencia de obstrucciones.

En el Anexo N° 3 se incluyen los valores de pH, fierro, Calcio y carbonatos, que son los de interés para este capítulo.

De acuerdo a esos valores en esas aguas los problemas podrían darse por pH alto ( promedio 7,77, valores altos de fierro, calcio y carbonatos.

- Para prevenir posibles problemas de obstrucción por precipitados de fierro se consideró una cloración continua antes de los filtros para provocar la oxidación del fierro y su precipitación en el estanque de acumulación. El costo de la cloración continua con Hipoclorito de Sodio al 10% resultó en US\$ 18 /ha / temporada.

- Para prevenir problemas por la formación de precipitados de calcio, se consideró bajar el pH con ácido sulfúrico, ácido que es bastante utilizado , aunque requiere de cuidados en la manipulación. El costo de prevención de precipitaciones calcáreas con ácido sulfúrico alcanza a los US\$ 52,4 por hectárea.

- En caso que ya se hayan producido los precipitados calcáreos hay que elevar las dosis de ácido sulfúrico y luego lavar. Esta operación tendría un costo US\$ 5,23 por hectárea. A este costo se debe agregar los costos de reponer aquellas partes del equipo que quedan inservibles lo que puede resultar muy costoso.

#### **4.4.3.- Obstrucciones Biológicas**

Este tipo de obstrucciones es causado por la presencia de microorganismos que habitan y se reproducen en el agua, entre los cuales destacan principalmente algas, bacterias y hongos. En ocasiones se encuentran al interior de las instalaciones del sistema de riego como consecuencia de condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

##### **- Costo de prevención y control de organismos y materia orgánica**

Para determinar los costos estimados para prevenir los problemas por exceso de materia orgánica y microorganismos en el agua, se ha considerado una práctica regular que se utiliza en el Valle de Malleuco, en la cual el producto más usado es el Hipoclorito de Sodio al 10%.

- **Costo preventivo de Cloración para eliminación de microorganismos en la zona de Mallarauco.**

El producto a utilizar es Hipoclorito de Sodio con aplicaciones cada 15 días de 150 cc/1.000 lt de agua, durante 30 minutos , con un lavado posterior, tal como lo recomienda la literatura.

Si se considera la zona de Mallarauco la demanda de agua de riego por hectárea por temporada sería de 8.767 m<sup>3</sup> para riego por goteo. Con una temporada de riego estimada en 6,5 meses, el caudal de aplicación de un equipo de riego sería de 0,68 l/s/ha. Considerando un período de 30 minutos la cantidad de producto a aplicar sería de 184 cc de Hipoclorito de Sodio por aplicación. Si se consideran 14 aplicaciones, la cantidad de producto a aplicar por hectárea es de 2,6 l/ha, lo que significa US\$ 0,4 por ha por temporada. Como se requiere de lavado de tuberías y de laterales hay que agregarle el costo de lavado cada dos semanas calculado anteriormente , el que da un promedio de US\$ 26 /ha /temporada . Por lo tanto el costo total asciende a US\$ 26,4 /ha/temporada.

**- Costo curativo de Cloración para eliminación de microorganismos en la zona de Mallarauco**

En este caso las dosis de Hipoclorito deben aumentar a 2- 3 lt/m<sup>3</sup> de agua, manteniendo esta solución por un tiempo de 12 horas, con un lavado posterior de las tuberías.

Considerando un período de 30 minutos hasta logras la dilución del producto en la red de riego, la cantidad de producto a aplicar con una dosis intermedia de 2,5 lt/m<sup>3</sup>, sería de 3,06 litros. Esto tiene un costo de US\$ 0,15/lt, por lo que el costo total del producto alcanza a US\$ 0,46 por hectárea. El lavado debería ser más prolongado que un lavado corriente por la posible toxicidad del cloro para las plantas, por lo que se estima en 0,2 jornadas por hectárea o US\$ 1,86 /ha. Sumando ambos valores resulta un total de US\$ 2,32 por aplicación. A este costo se debe agregar los costos de reponer aquellas partes del equipo que quedan inservibles lo que puede resultar muy costoso.

En síntesis los costos por hectárea tanto a nivel preventivo como curativo oscilan para cada tipo de obstrucción entre los siguientes valores.

### **Cuadro N° 5 Costos preventivos y curativos de mantención de equipos por hectárea**

Tipo de Obstrucción	Rango de costos en US\$/ha/temporada
Física	13,93 a 55,7
Química	5,23* a 52,4
Biológica	2,32 * a 26,4

\* a estos dos costos a nivel curativo hay que agregar el costo de reposición de material dañado el que puede ser alto.

Como se desprende del cuadro anterior los costos preventivos y curativos de eliminar las obstrucciones no son demasiado significativos pero tampoco conviene ignorarlos.

### **5.- Resumen de resultados y análisis**

A continuación se resumen los resultados obtenidos sobre el impacto del deterioro del agua y se comentan brevemente.

### **Cuadro N° 6 Resumen de resultados a nivel nacional, de área y po hectárea**

Impacto por rubro	Nacional en US\$	Area en US\$	US\$/ Por hectárea
Contaminación aguas servidas	135 millones		750
Salinización y Rend. en Copiapo		19 millones	2.600
Prohibición de Hortalizas	24 millones		1.839
Salinización y Calibre en Copiapó		9,4 millones	1.300
Lavado de suelos en Copiapó			55
Obstrucción Física			13.53 a 55.7
Obstrucción Quim.			52,4
Obstrucción Biol.			26,4

5.1.- El tipo de contaminación que tiene un mayor impacto a nivel nacional es la contaminación con aguas servidas.

5.2.- Le sigue en importancia a nivel nacional la prohibición de cultivar hortalizas si el riego es con aguas servidas



5.3.- A nivel regional o de área, en cambio, los impactos más importantes derivan del efecto de la salinización en los rendimientos y en el calibre.

5.4.- Conviene recordar que los resultados sobre salinización están condicionados por el hecho que sólo se refieren a Copiapó, pero no es menos cierto que las demás áreas con problemas de alta salinidad deben sumar un total de hectáreas similar a Copiapó y con un valor de producción muchísimo más bajo.

5.5.- Los dos efectos anteriores junto con la prohibición de cultivar hortalizas con aguas servidas representan los mayores impactos por hectárea. Estos altos valores por hectárea se relacionan con el alto valor y rentabilidad de los cultivos de hortalizas y las plantaciones de uvas en Copiapó.

5.6.- Los costos de reducir la salinización o reducir sus efectos en los equipos de riego aparecen como bastante reducidos en relación a los impactos negativos antes mencionados.

## **6.- Conclusiones**

6.1.- La disponibilidad de información sobre el deterioro en la calidad del agua y su impacto sobre la actividad agrícola es escasa y poco precisa.

6.2.- Hay varios indicadores que en diferentes regiones superan las normas y muchas veces esto no se traduce en un impacto notable sobre la actividad agrícolas. Ello puede relacionarse con el hecho que las normas han sido copiadas de otros países.

6.3.- Las aguas subterráneas presentan muy pocos problemas diferentes de las aguas superficiales, aunque hay que reconocer que la información es mucho más escasa y poco sistematizada

6.4.- El problema más grave y más extendido, con los actuales antecedentes disponibles, es el de contaminación con aguas servidas de centros urbanos e instalaciones industriales. Felizmente parece que se están tomando medidas al respecto

6.5.- Los fenómenos de contaminación con sales, iones y similares , con la información actual, parecen estar reducidos a áreas muy pequeñas. A juzgar por el impacto que tiene vale la pena invertir en corregirlos

6.6.- El problema más importante que va a presentarse a mediano plazo es el impacto que puede tener en las exportaciones hortofrutícolas la aplicación de normas más estrictas sobre agua utilizada en la producción. El programa de la Fundación para el Desarrollo Frutícola relacionado a este tema es de la mayor importancia

**6.7.- Hay problemas importantes, como la contaminación que producen las plantas de celulosa, que se diluyen al caer los efluentes en cursos de agua muy grandes. Es importante mantener la debida vigilancia sobre su desarrollo a futuro**

## **Bibliografía**

- 1.- DIRECCION DE RIEGO MOP-INGENDESA Análisis de Descontaminación y Embalse en Río Lluta 1993
- 2.- Dirección General de Aguas, AYALA Y CABRERA Y ASOCIADOS LTDA. Análisis Redes de Vigilancia Calidad Aguas terrestres Estadística Hidroquímica Nacional 1994.
- 3.- DOMÍNGUEZ V. ALFONSO. Tratado de Fertilización, Ediciones Mundi Prensa 1997
- 4.- DOORENBOS J; PRUITT. W: Las Necesidades de agua de los Cultivos Estudio FAO Riego y Drenaje N°24 1990
- 5.- FAO La Calidad del Agua para la Agricultura Estudio FAO Riego y Drenaje N°29 REV 1, 1987
- 6.- FAO Informes sobre Temas Hídricos Prevención de la Contaminación del Agua por la Agricultura y a Actividades Afines .1993
- 7.- FAO/UNESCO Irrigation and Drainage of Arid lands, in relation to Salinity and Alkalinity 1967
- 8.- INIA, INACAP, U DE CHILE VI Simposio sobre contaminación Ambiental Impacto ambiental de metales pesados en Chile. 1994
- 9.- LOUE. ANDRE . Los Microelementos en la Agricultura . Ediciones Mundi Prensa . 1989.
- 10.- MAAS V: Crp Salt Tolerance
- 11.- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD . Guías para la Calidad del Agua Potable 1995
- 12.- PELCZAR M, CHAN. EC Elementos de Microbiología mm McGraw Hill 1984
- 13.- PORTA J; LOPEZ ACEVEDO M. ROQUERO C: Edafología para la agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi Prensa 1994
- 14.- RICHARDS L:A: Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook N°60. 1954
- 15.- RODAS A; CHANDUVI F: Problemática de la degradación de suelos por Salinización en el Valle de Copiapo. FAO 1989.
- 16.- Curso de riego con Aguas Salinas La Serena 1995. WHITTEN, K. Gailey, K Davis R, Química general, tercera edición Mc Graw Hill
- 17.- UNIVERSIDAD DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS. Seminario Internacional Presencia de Arsénico en el Ambiente y Su Incidencia en la Salud. 1992
- 18.- Castillo M. Gabriela. Aspectos Biológicos de las Aguas Servidas: Riesgos en Salud y Efectos del Tratamiento, Jornadas sobre Uso y Conservación de Recursos Hídricos, Serena Agosto 1991.
- 19.- Tondreau Francisca. Contaminación de las Aguas Subterráneas por procesos Agrícolas en Chile, Panorama Económico de la Agricultura
- 20.- Ríos B Mónica, Análisis Económico de la Contaminación de Aguas en América Latina: El Caso de Chile

- 21.- Fundación Chile. Buenas Prácticas Agrícolas, Agroeconómico N°
- 22.- Rodas A. Y Chanduvi, Problemática de la Degradación de Suelos y Aguas por Salinización en el Valle de Copiapó, Chile, Documento de Campo, GCP/RLA/084/JPN, FAO, Santiago; Septiembre 1989.
- 23.- CNR, Evaluación del Programa Sobre Investigación y Transferencia Tecnológica en Riego e Incorporación de Nuevos Cultivos en el Valle de Pencahue, VII Región. Consultorías Profesionales Agraria Ltda., 2000.
- 24.- CNR, Evaluación del Programa de Obras de Riego Medianas y Menores – PROMM, Volumen I, Texto Principal, Cima Consultores S.A., Noviembre de 1998.
- 25.- Ministerio de Planificación y Cooperación, Análisis de Evaluación Ex - Post de un Proyecto de Riego, R y Q Ingeniería Ltda., Junio de 1995
- 26.- CNR, Estudio de Seguimiento. Evaluación de los Resultados de la Ley 18.450 en el Período de 1986 a 1996, Consultorías Profesionales Agraria Ltda., Marzo, 1999.
- 27.- Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Depto de Economía Agraria, Impacto de la Ley de Riego 18.450 sobre el Desarrollo de la Agricultura Nacional, Loreto Carranza V, Tesis de Grado, 1999 .
- 28.- Universidad Católica de Chile, Programa de Postgrado en Economía Agraria, Evaluación de Los Cambios Provocados por Diferentes Políticas de Riego: O'Higgins y Colchagua. Ortiz y Pereira, Agosto, 1973.
- 29.- ODEPA, Mercados Frutícolas, 1998
- 30.- Sistema de información de ODEPA en [www.odepa.cl](http://www.odepa.cl)

° ,

## **ANEXO 1**

**Cálculo de rentabilidad hectárea promedio en RM  
( cifras en miles de \$)**

	Superficie en has	%	Utilidad por ha	Utilidad ha promedio
Cereales	26225		20	600
Chacras	5416		4	600
Cult. Indust	106			
Flores	243			
Forrajeras	30619		23	500
Frutales	43506		33	2700
Viñas	6702		5	
Semilleros	5897		5	1000
Viveros	516			
Forestales	12752		10	170
	131982		100	1217
Hortalizas				2500
Diferencia utilidad por ha				1283

## **ANEXO 2**

**Frutales por Provincias y Comunas Contaminadas**

**Frutales en Areas con Contaminación Fecal**

Provincia o Comuna                      Frutales Superficie has.

<b>Limarí</b>		<b>9690.3</b>	
	<b>Ovalle</b>		<b>3404.4</b>
	<b>Monte Patria</b>		<b>4628.2</b>
<b>Los Andes</b>		<b>7957.9</b>	
	<b>Los Andes</b>		<b>1151.9</b>
	<b>San Esteban</b>		<b>3019.9</b>
	<b>Calle Larga</b>		<b>2202.2</b>
	<b>Rinconada</b>		<b>1583.9</b>
<b>San Felipe</b>		<b>12090.2</b>	
	<b>San Felipe</b>		<b>3364.4</b>
	<b>Putaendo</b>		<b>1698.8</b>
	<b>Santa María</b>		<b>3448.7</b>
	<b>Panquehue</b>		<b>1550.6</b>
	<b>Llailay</b>		<b>1293.8</b>
	<b>Catemu</b>		<b>733.8</b>
<b>Quillota</b>		<b>7989.5</b>	
<b>Cachapoal</b>		<b>44500.6</b>	
	<b>Rancagua</b>		<b>3681.1</b>
	<b>Machalí</b>		<b>1488</b>
	<b>Olivar</b>		<b>2090.8</b>
	<b>Requínoa</b>		<b>5385.2</b>
	<b>Rengo</b>		<b>5693.4</b>
	<b>Malloa</b>		<b>1081.6</b>
	<b>Quinta de Tilcoco</b>		<b>717.3</b>
	<b>San Vicente</b>		<b>4010.4</b>
	<b>Pichidegua</b>		<b>1610.3</b>
	<b>Peumo</b>		<b>4282.7</b>
	<b>Coltauco</b>		<b>2699.4</b>
	<b>Coinco</b>		<b>363.4</b>
	<b>Dofñihue</b>		<b>427.2</b>
<b>Colchagua</b>			
	<b>San Fernando</b>		<b>3392.9</b>
	<b>Placilla</b>		<b>1722.7</b>
	<b>Nancagua</b>		<b>1591.1</b>
<b>Curicó</b>		<b>20228.7</b>	<b>20228.7</b>
<b>Talca</b>		<b>5913.6</b>	
	<b>Talca</b>		<b>948.4</b>
	<b>Río Claro</b>		<b>1946.8</b>
	<b>San Clemente</b>		<b>2039.2</b>
	<b>Linares</b>		<b>788</b>
<b>Linares</b>		<b>8863.3</b>	
	<b>Linares</b>		<b>788</b>
	<b>Yerbas Buenas</b>		<b>1828.5</b>
	<b>Colbún</b>		<b>1674</b>
	<b>Colina</b>		<b>2921.5</b>
<b>Maipo</b>		<b>17536.3</b>	<b>17536.3</b>
<b>Melipilla</b>		<b>9384.5</b>	<b>9384.5</b>
<b>Talagante</b>		<b>7256</b>	<b>7256</b>
<b>Total</b>			<b>135658</b>



## **ANEXO 3**

## **OBSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE RIEGO POR EL USO DE AGUAS CON PROBLEMAS DE PH ALTOS, SALINIDAD, SEDIMENTOS Y ELEMENTOS ORGÁNICOS.**

La obstrucción de los emisores es uno de los principales problemas a los cuales debe enfrentarse el agricultor al manejar un equipo de riego localizado. El taponamiento de los emisores, altera el normal abastecimiento de agua a la planta; disminuyéndolo y en casos graves puede llegar a suprimirlo, reduciendo la eficiencia del sistema, debido básicamente a alteraciones en los patrones de distribución y uniformidad de aplicación del agua riego. Estos problemas no solo causan daño al cultivo por un déficit hídrico inducido, sino que del mismo modo elevan los costos implícitos en el sistema productivo, dado que se requieren materiales y mano de obra adicional para su corrección. Incluso, es común la práctica en un gran número de agricultores del recambio de emisores, situación descartable con una adecuada mantención del sistema.

Los problemas que causan estas obstrucciones están asociados a la calidad del agua de riego. Existen diversos elementos presentes en el agua que pueden provocar dificultades con los equipos de riego.

Esos elementos se dividen en tres grupos:

### **1.- Físicos**

Corresponden a sólidos en suspensión. Estos son:

- Arenas
- Limos
- Arcillas
- Materia Orgánica

### **2.- Químicos**

Corresponden a compuestos y sales disueltas en el agua, que bajo ciertas condiciones de pp. Y temperatura precipitan. Ellos son:

- Carbonatos de calcio o magnesio
- Sulfatos de Calcio
- Metales pesados (óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros))
- Fertilizantes

### **3. - Biológicos**

Corresponden a bacterias y algas, las que pueden ser:

- Filamentos
- Lamas
- Descomposición microbial
- Bacterias
- Organismos acuáticos

Según el tipo de obstrucciones puede ser relativamente fácil su prevención, como ocurre con el caso de las partículas minerales que portea el agua en suspensión. No ocurre del mismo modo con las obstrucciones del tipo biológico y químico que por lo general acontecen al interior de la red hidráulica. Estos sedimentos se tratan y evitan con la aplicación preventiva de productos químicos y el manejo racional de los fertilizantes.

Es importante averiguar en cada caso la razón generadora de las obturaciones, ya que de esta forma facilita su prevención y es posible efectuar un control más eficiente en los casos ya declarados.

El siguiente cuadro muestra diferentes criterios que indican las posibilidades de obstrucción de los equipos con el uso de diferentes calidades de agua.

**Cuadro 1.** Probabilidad de ocurrencia de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua (Bucks y Nakayama, 1987).

<b>Tipo de obstrucción</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
<b>Físicas</b>			
Materiales en suspensión (ppm)	50	50-100	> 100
<b>Químicas</b>			
Ph	7	7-8	> 8
Hierro	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Calcio	10 mg/l	10-50 mg/l	> 50 mg/l
Carbonatos	100 mg/l	100-200 mg/l	> 200 mg/l
<b>Biológicas</b>			
Bacteria por cm <sup>3</sup>	10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

(Fuente: Bucks y Nakayama, 1987).

## **1. OBSTRUCCIONES FÍSICAS.**

Son producto de la carga de partículas sólidas en suspensión en el agua de riego, principalmente corresponden a partículas de arena, limo o arcilla. Dependiendo del tamaño de las partículas y las características del equipo de filtraje, en ocasiones pasan a través de los filtros, depositándose lenta y progresivamente al interior de la red de riego, para posteriormente acumularse en los goteros, provocando la obstrucción, que afecta la normal entrega de agua por parte del emisor.

Las obstrucciones físicas son fáciles de controlar, utilizando en forma correcta el sistema de filtraje. En el caso que el problema se sitúe después de los filtros, la eliminación de las impurezas físicas es más compleja. Como etapas de control se han definido prefiltrado, filtraje y eliminación de sedimentos.

**Prefiltrado:** En general, para equipos que se riegan con aguas superficiales es recomendable el uso de decantadores para detener los sólidos de mayor tamaño que acarrea el agua y mallas que sirven de trampas para otros elementos tales como basuras y malezas, etc, para evitar que los filtros se saturen. Estas son obras sencillas de bajo costo.

**Filtraje:** Existen diferentes filtros dependiendo si se trata de aguas subterráneas o superficiales. Para las primeras en general se utilizan filtros sencillos de malla, de operación manual, los que se instalan a modo de prevención, su costo es bajo y fluctúa entre los 18 y 40 dólares de inversión por hectárea

Para aguas superficiales, en cambio se utilizan sistemas de filtrado más sofisticados, en general de funcionamiento automático, los que se programan de acuerdo a intervalos de tiempo o de acuerdo a diferencias de presión de entrada y salidas del agua. Existe variedad de ellos, y los más usados son filtros de arena, de malla y de anillas. Su costo es variable, y fluctúa entre los US\$ 150 a US\$ 300 de inversión por hectárea.

**Eliminación de sedimentos:** dado que a pesar de contar con un sistema de filtraje correctamente dimensionado de igual modo ingresarán al sistema partículas de menor tamaño a la capacidad de retención de los filtros, estas deben ser removidas a través de los sistemas de lavado presentes en la instalación. De no realizar este procedimiento se producirá una progresiva acumulación de sedimentos que terminará por taponar la salidas de los emisores. Este procedimiento comprende el lavado de tuberías matrices, submatrices y laterales o líneas de emisores.

Dicho lavado debe efectuarse en aguas superficiales cada dos semanas, y si la carga de partículas es muy alta con una frecuencia de una vez por semana. El costo involucrado en esta operación es solo mano de obra y depende directamente del número de laterales que tenga el equipo, el que está dado por una parte por la distancia de plantación, y también por el tipo de emisores utilizados, el que determina el largo de cada lateral.

### **Costo de lavado de sedimentos**

A modo de ejemplo se han considerado tres equipos de riego diferentes, para uva de mesa, nogales y duraznos.

Los costos calculados para cada equipo de riego se detallan en el Anexo cuyo resumen es el siguiente.

Equipo de nogales:

Lavado quincenal: US\$ 27,86 /ha/temporada

Lavado semanal: US\$ 13,93 /ha/temporada

Equipo de durazneros:

Lavado quincenal: US\$ 55,70 /ha/temporada

Lavado semanal: US\$ 27,86 /ha/temporada

Equipo de uva de mesa:  
Lavado quincenal: US\$ 36,2 /ha/temporada  
Lavado semanal: US\$ 18,10 /ha/temporada

## **2. OBSTRUCCIONES QUÍMICAS.**

Las obstrucciones del tipo química dependen principalmente de la calidad y composición del agua, también de la calidad y tipo de fertilizantes utilizados. Son producidas por precipitaciones químicas favorecidas por altas y pH altos.

En el agua de riego las concentraciones altas de calcio, magnesio y bicarbonatos favorecen los depósitos calcáreos en los emisores, a pH altos y al evaporarse el agua durante los períodos de inactividad entre riegos. Igualmente, las tuberías que están al aire libre aumentan de temperatura alcanzando fácilmente rangos entre 70 y 75° C. Estas temperaturas incrementan la evaporación de las disoluciones, aumentando la concentración de la solución favoreciendo el depósito de los precipitados.

Cuando el agua contiene concentraciones de hierro iguales o superiores a 0,2 gr/m<sup>3</sup>, se pueden formar precipitados en forma de óxidos férricos. Estas oxidaciones y precipitaciones son más rápidas con pH superior a 7,5.

El manganeso puede precipitar por actividad biológica cuando su concentración en el agua de riego es superior a 0,2 ppm y siendo muy problemático a concentraciones superiores a 0,4 ppm.

Por otra parte, el contenido en agua de sulfuros a concentraciones superiores a 0,1 ppm puede inducir al desarrollo de bacterias sulfurosas que generan masas gelatinosas.

### **2.1. Tratamiento de obstrucciones químicas.**

Aunque se disponga de un buen sistema de filtros, existen sustancias de pequeño tamaño que no son retenidas, por lo que es preciso la utilización de productos químicos para completar la limpieza del agua y reducir la posibilidad de taponamiento de los emisores. Está muy generalizado el uso periódico de ácidos y otros productos químicos, que, aplicados en forma preventiva, en la instalación, evitan la formación de precipitados, los cuales debido a su sedimentación podrían llegar a producir obstrucciones. Si se han formado los precipitados, estas soluciones se atacan formando sales solubles que son arrastradas posteriormente por el agua en el proceso de limpieza.

#### **2.1.1. Precipitaciones de hierro.**

Concentraciones elevadas de este elemento, se pueden eliminar por varios procedimientos:

**Oxigenación:** Mediante la oxigenación del agua de riego a través de la inyección de aire a presión. Con ello se oxidan algunas sales de hierro que precipitan en forma de sales férricas insolubles que se eliminan o quedan retenidas en los filtros.

**Floculación:** mediante la acción de determinados floculantes.

**Aplicación de cal:** Por la acción de la cal que precipita el hierro en forma de hidróxido férrico insoluble en medio alcalino.

**Cloración del agua de riego:** El cloro oxida al hierro que se encuentra en las aguas en forma de sales ferrosas o de sales férricas, según procedencia del agua. La aplicación se realiza antes de los filtros para que la precipitación se elimine en los filtros de arena. La cantidad de cloro a inyectar se calcula según la siguiente expresión:

### **2.1.1. Precipitaciones de carbonatos cálcicos y sulfato.**

Para el control y tratamiento de las precipitaciones químicas hay que bajar el pH del agua hasta ajustarlo a niveles entre 5,5 y 6,5. Se debe acidular el agua hasta llegar a los goteros.

**Empleo de ácidos y otros productos.** Con la aplicación de ácidos los carbonatos y bicarbonatos cálcicos se transforman en sales solubles y estables. Entre las sustancias químicas empleadas para prevenir y tratar los precipitados químicos están:

**Acido nítrico.** Sirve además de corrector como fertilizante nirogenado. En estado puro es sumamente corrosivo y en contacto con la piel produce quemaduras dolorosas. En disolución acuosa el ácido nítrico es estable y presenta las características de un ácido fuerte. El producto comercial está diluido al 56 y 65 por ciento. Está indicado para prevenir las incrustaciones por precipitados de sales de calcio, hierro y magnesio, recomendándose aplicarlo solo y sin mezclarlo con los abonos.

Para prevenir las obstrucciones químicas se pueden llevar a cabo tratamientos diarios durante unos 10 minutos a dosis de 100 -300 cc/m<sup>3</sup> de agua. También puede hacerse tratamientos cada 15 – 20 días a dosis de 0,5 – 1 l/m<sup>3</sup> de agua, manteniendo la solución durante 45-50 min por cada subunidad de riego. Luego se deben lavar las tuberías por unos 10 – 15 min

Para tratamientos curativos se deben ocupar dosis de 1 o 2 litros de ácido por cada metro cúbico de agua manteniendo la solución en la instalación y los goteros durante varias horas, lavando con abundante agua para evitar que la concentración produzca daño a los cultivos.

#### **Acido sulfúrico**

En las precipitaciones de carbonato cálcico el ácido sulfúrico se utiliza en dosis de 0.2-1 por ciento, de acuerdo con la concentración de carbonatos en el agua de riego y que empieza a ser problemático a concentraciones mayor de 100 mg/litro. El tratamiento tiene una duración de 30 minutos y se realiza varias veces durante la temporada de riego.

**Acido fosfórico.** Se emplean frecuentemente los fabricados con el 40 y 50 por ciento de riqueza en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Es un producto muy acidificante, usado con frecuencia en concentraciones de 0,25-0,5 cc/litro de agua. Previene los precipitados y disminuye los problemas de obturación en los emisores al limpiar las incrustaciones por oclusiones calcáreas y magnésicas.

**Acido clorhídrico.** Consiste en aplicar con frecuencia cantidades de 0,5-1 cc de ácido por metro cúbico de agua. Cuando ya hay precipitados químicos formados se ha de

realizar un tratamiento corrector con ácido solo, a la dosis de 5 a 10 cc por litro de agua dirigida a limpiar la instalación y manteniendo la solución en los goteros y red hidráulica durante varias horas, lavando después con agua limpia. Hay que tener en consideración que su empleo en aguas cuya concentración de hierro equivalente o superior a 2 gramos por metro cúbico de agua puede producir cloruros férricos insolubles.

### **Costos para evitar o corregir precipitaciones de elementos químicos.**

Para calcular el costo de una aplicación preventiva y otra curativa en una red de riego tecnificado se tomó una estadística de monitoreo de aguas realizado por la DGA (ver Anexo X) en el Río Copiapó en Mal Paso. Esta estadística contiene 29 muestras tomados entre el año 1986 y 1992, y sus datos fueron comparados con los parámetros considerados en el cuadro 1, de probabilidad de ocurrencia de obstrucciones.

En el anexo se adjuntan los valores de pH, fierro, Calcio y carbonatos, que son los de interés para este capítulo.

De acuerdo a esos valores en esas aguas los problemas podrían darse por pH alto ( promedio 7,77, valores altos de fierro, calcio y carbonatos.

- Para prevenir posibles problemas de obstrucción por precipitados de fierro se consideró una cloración continua antes de los filtros para provocar la oxidación del fierro y su precipitación en el estanque de acumulación.

El costo de la cloración continua con Hipoclorito de Sodio al 10% resultó en US\$ 18 /ha / temporada. ( Ver Anexo punto 2 )

- Para prevenir problemas por la formación de precipitados de calcio, se consideró bajar el pH con ácido sulfúrico, ácido que es bastante utilizado , aunque requiere de cuidados en la manipulación.

El costo de prevención de precipitaciones calcáreas con ácido sulfúrico alcanza a los US\$ 52,4 por hectárea, según lo calculado en el punto 3 del Anexo

- En caso que ya se hayan producido los precipitados calcáreos hay que elevar las dosis de ácido sulfúrico y luego lavar. De acuerdo a lo que figura en el punto 4 del Anexo, esta operación tendría un costo US\$ 5,23

### **3. OBSTRUCCIONES BIOLÓGICAS.**

Este tipo de obstrucciones es causado por la presencia de microorganismos que habitan y se reproducen en el agua, entre los cuales destacan principalmente algas, bacterias y hongos. En ocasiones se encuentran al interior de las instalaciones del sistema de riego como consecuencia de condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

#### **3.1. Algas.**

Son organismos unicelulares, definidas como plantas microscópicas, cuya tasa de reproducción es altísima, Algunos órdenes de algas son solitarias, otros forman colonias produciendo masas gelatinosas, dado que su densidad es similar a la del agua, el agua afectada por este microorganismo se torna turbia adquiriendo una coloración verdosa. Esta acción se concentra con alta frecuencia en aguas estancadas, donde las condiciones de luminosidad y temperatura favorecen su desarrollo, es común encontrarlas depositadas en el fondo y paredes del estanque acumulador,

**3.1.1. Control de algas:** Con respecto al control de este tipo de obstrucción se diferenciará en preventivo, tratamiento general y tratamiento erradicante.

**Preventivo Control a Nivel de Estanque:** Un procedimiento eficaz para evitar la formación de algas consiste en el cubrimiento de los estanques acumuladores con estructuras de sombreamiento que impida el paso de la luz solar (malla cortaviento 80%), de manera de evitar la proliferación de colonias de algas.

Otra forma de prevención que puede complementarse con la anterior es la aplicación de alguicidas, que corresponden a productos químicos que se emplean para prevenir y tratar las algas en estanques acumuladores, entre los que destacan:

Sulfato de cobre: Es un excelente alguicida al inactivar las enzimas de los microorganismos, que se comercializa en forma cristalina o en polvos solubles de color azulado. La dosis recomendada oscilan entre 20 y 30 gramos por metro cúbico de agua embalsada. Cada vez que se renueva el agua se debe repetir la operación. Si el agua se mantiene embalsada, sin renovación, es conveniente tratarla periódicamente, en verano con una frecuencia semanal y varias veces durante el invierno.

Permanganato de potasio: La dosis recomendada oscila entre los 1 y 3 gramos por metro cúbico de agua embalsada. Una vez calculada la cantidad necesaria se disuelve en agua y se distribuye por el embalse, repitiendo la práctica cada vez que se renueva el agua.. El permanganato potásico es un excelente alguicida, no presentando problemas de toxicidad en dosis adecuada, su acción no es afectada por diferencias de pH.

Control en la red hidráulica de riego.

En ocasiones se reproducen algas en el interior de las redes hidráulicas de los sistemas de riego tecnificado, principalmente si no están enterradas. Para su prevención y tratamiento se emplea el cloro como alguicida. La forma de cloro más utilizada es el Hipoclorito de Sodio al 10%

La frecuencia de los tratamientos y dosis en estanques acumuladores para riego depende del pH, calidad del agua y de la tasa de renovación. Con pH mayor de 8, las dosis de cloro han de ser mayores, unas 2-3 veces más que las recomendadas, ya que el poder desinfectante y depurador del cloro disminuye a medida que aumenta el pH. Por ello y para reducir la posibilidad de formación de algas es muy importante mantener en el agua de riego un pH entre 7,2 y 7,5.

Para mantener limpias las instalaciones se llevan a cabo aplicaciones diarias de Hipoclorito de Sodio al 10% a la dosis de 5-10 cc/ m<sup>3</sup> de agua de riego o inyecciones cada 2 semanas a la dosis de 100-200 cc/ m<sup>3</sup> de agua. Es aconsejable que la inyección o el aporte de cloro se haga a la entrada de los filtros a modo de prevenir el desarrollo de algas en el sistema de filtraje. Es conveniente la aplicación al final del tiempo de riego, dejando llena la instalación con el agua tratada y dejarla salir al inicio del siguiente riego. En tratamientos de choque es recomendable aumentar la dosis a 1-2 litros por metro cúbico de agua.

### **3.2 Microorganismos.**



Entre los microorganismos más frecuentes que causan problemas en los sistemas de riego localizado, se encuentran bacterias y hongos. Dado su pequeño tamaño traspasan con facilidad los filtros, se reproducen al interior de las tuberías formando depósitos gelatinosos que se adhieren a la red hidráulica. Pueden estar presentes en el agua de riego o ser transportadas a ésta por el aire, residuos orgánicos y plantas.

Al igual que en el caso de las algas su velocidad de multiplicación es alta, dependiendo de la cantidad de materia orgánica, calidad y temperatura del agua.

**3.2.1 Prevención y control de bacterias y otros microorganismos:** El mejor control de microorganismos consiste en la desinfección periódica de los filtros y la cloración continua del agua en base a inyecciones de compuestos como cloro gaseoso, hipoclorito de sodio o hipoclorito cálcico, el cloro actúa inhibiendo la actividad enzimática de las células evitando su proliferación.

La efectividad de la acción del cloro está condicionada por algunos factores externos como pH y temperatura, a su vez el tiempo de contacto entre desinfectante y agua también influye en el poder biocida de los compuestos clorados. A mayor temperatura, el poder desinfectante del cloro es mayor, sin embargo, es menos estable, perdiéndose con mayor rapidez. Con respecto al tiempo de contacto entre los compuestos clorados y el agua de riego, depende en gran medida del contenido de materia orgánica ya que la oxidación es lenta, por lo que con aguas ricas en materia orgánica necesita incrementar la cantidad de cloro a aplicar o aumentar la duración del contacto. En general, es aconsejable que el tiempo de contacto no sea inferior a 30 minutos.

**Control preventivo:** Para la prevención y control de bacterias y microorganismos se utiliza hipoclorito de sodio, a la dosis de 15-20 cc/m<sup>3</sup> de agua. Se aplica al final de riego, en los últimos 10 minutos y de tal forma que el agua quede retenida en el interior de la instalación entre dos riegos. También dan buenos resultados tratamiento frecuentes, cada 10 – 15 días, a dosis de 100 – 200 cc de hipoclorito sódico por metro cúbico de agua, manteniendo la solución clorada en la instalación durante media hora, lavando posteriormente.

**Control curativo:** Con el objeto de destruir las masas gelatinosas y desprender los sedimentos adheridos a la instalación la dosis de hipoclorito de sodio debe incrementarse a 2-3 litros/ m<sup>3</sup> agua de riego, manteniendo la solución durante 12 horas en la instalación y posteriormente lavado con agua a presión. Se debe tener en consideración la importancia de prevenir la formación de los microorganismos citados, dado que una vez formados los mucílagos la acción del cloro no son eficaz.

En este tipo de control, que implica altas dosificaciones de cloro, se debe tener precaución con los cultivos establecidos por la posible toxicidad que puede afectarlos, por lo que es conveniente usar concentraciones menores a 50 ppm de cloro activo en los goteros.

### **Costo de prevención y control de organismos y materia orgánica**

Para determinar los costos estimados para prevenir los problemas por exceso de materia orgánica y microorganismos en el agua, se ha considerado una práctica regular que se utiliza en el Valle de Maipo, en la cual el producto más usado es el Hipoclorito de Sodio al 10%.

**Se han considerado ambas situaciones, de prevención y control, cuyo detalle de cálculo se entrega en el anexo puntos 4 y 5**

## **Anexo A CALCULO DE COSTOS**

### **1.- Costo de lavado de tubería para eliminar sedimentos**

Si se considera una temporada de riego de siete meses correspondiente a la zona del Choapa, el número de lavados que se harían serían 30 o 15 dependiendo si se hacen cada semana o con una frecuencia de dos semanas. El costo de la jornada hombre se consideró en \$ 6.500.

Los costos calculados son los siguientes:

- Equipo de nogales de 19 has, con una distancia de plantación de 7 m entre hileras.  
Costo de lavado : 2,0 jornadas o 0,10 jornadas por ha  
Con una frecuencia de una semana: 3,0 jornadas o \$ 19.500 o US\$ 27,86/ha/temporada  
Con una frecuencia de dos semanas : 1,5 jornadas o \$ 9.750 o US\$ 13,93 /ha/temporada
- Equipo de 9,32 ha de duraznos a una distancia de 4 m entre hileras:  
Costo de lavado: 1,9 jornadas o 0,2 jornadas por ha  
Con un a frecuencia de una semana: 6,0 jornadas o \$ 39.000 o US\$ 55,7/ha/temporada  
Con una frecuencia de dos semanas : 3,0 jornadas o \$ 19.500 o US\$ 27,86/ha/temporada
- Equipo de 21,0 ha de uva de mesa a una distancia de 3,5 m entre hileras:  
Costo de lavado: 2,62 jornadas o 0,13 jornadas por ha  
Con un a frecuencia de una semana: 3,9 jornadas o \$ 25.350 o US\$ 36,2/ha/temporada  
Con una frecuencia de dos semanas : 3,0 jornadas o \$ 12.675 o US\$ 18,1 /ha/temporada

### **2. Costo de la cloración continúa para favorecer la precipitación de Fierro antes de los filtros en riegos con agua del Río Copiapó .**

La literatura recomienda 1 ppm de Cloro por cada 0,65 ppm de Fierro del agua

El agua considerada tiene un promedio de 0,29 ppm , suprimiendo cinco muestras del año 88-87 que alteran los resultados. Para ese valor la cantidad requerida de Hipoclorito de Na al 10% es de 5 cc por cada m<sup>3</sup> de agua aplicada

El volumen de agua por hectárea por temporada demandado en el Valle de Copiapó es de 12.963 m<sup>3</sup>; si ese valor se aumenta por la eficiencia del riego por goteo ( 90%), resulta en 14.403 m<sup>3</sup> de agua requerida.

Por lo tanto, para ese volumen se necesitan 72 lt de Hipoclorito de Sodio, a un costo de US\$ 0,25/lt, el costo total asciende a US\$ 18,0 por ha por temporada.

### **3.- Costo de prevención de formación precipitados de Calcio con ácido sulfúrico para bajar el pH, al regar con aguas del Rio Copiapó.**

Para calcular la cantidad de ácido sulfúrico a aplicar, se consideró un caudal de aplicación de los equipos de riego, calculado en base a la demanda por temporada, determinada en el punto anterior. Si se considera que la temporada en Copiapó dura 7,53 meses, el caudal de aplicación es de 0,73 l/s/ha.

Las dosis de aplicación recomendadas son entre 0,2 a 1 % de ácido sulfúrico, una vez por semana, durante 30 minutos, con posterior lavado

Considerando una dosis de 0,2 % ( 2 lt por cada 1.000 lt de agua), la cantidad a aplicar en 30 minutos es de 2,6 lt de ácido sulfúrico. Con una frecuencia de una vez por semana, la cantidad de producto a aplicar es de 83,2 l/ha/temporada, a un costo de US\$ 0,15 por litro, el valor total asciende a US\$ 12,48/temporada por año.

A ese valor hay que considerar el costo de lavado de laterales y tuberías promedio para una frecuencia de una vez por semana calculado en el punto 1. Ese valor asciende a US\$ 39,92 /ha/temporada. Por lo tanto el costo total es de US\$ 52,4 por ha/temporada.

4.- Costo de eliminación de carbonatos cuando ya se han formado precipitados al interior de la red hidráulica.

La dosis para eliminar precipitados ya formados tienen que lograr bajar aún más el pH, por lo tanto se recomienda elevar las dosis al 2%, dejando varias horas la solución en las tuberías y luego lavar.

Considerando un flujo de 30 minutos , la cantidad a ocupar de producto sería de 26 litros lo que da un costo de US\$ 3,9 dólares .

Agregando el costo de lavado que en promedio resulta en 0,143 jornadas por hectárea, o US\$ 1,33 el valor total de esta operación es de US\$ 5,23

5.- Costo preventivo de Cloración para eliminación de microorganismos en la zona de Mallarauco.

El producto a utilizar es Hipoclorito de Sodio con aplicaciones cada 15 días de 150 cc/1.000 lt de agua, durante 30 minutos , con un lavado posterior, tal como lo recomienda la literatura.

Si se considera la zona de Mallarauco como intermedia entre Putaendo y Colchagua , la demanda por hectárea por temporada sería de 7.890 m<sup>3</sup> y de 8.767 m<sup>3</sup> para riego por goteo. Con una temporada de riego estimada en 6,5 meses, el caudal de aplicación de un equipo de riego sería de 0,68 l/s/ha. Considerando un período de 30 minutos la cantidad de producto a aplicar sería de 184 cc de Hipoclorito de Sodio por aplicación. Si se consideran 14 aplicaciones, la cantidad de producto a aplicar por hectárea es de 2,6 l/ha, lo que significa US\$ 0,4 por ha por temporada. Como se requiere de lavado de tuberías y de laterales hay que agregarle el costo de lavado cada dos semanas calculado anteriormente , el que da un promedio de US\$ 26 /ha /temporada . Por lo tanto el costo total asciende a US\$ 26,4 /ha/temporada.

5.- Costo curativo de Cloración para eliminación de microorganismos en la zona de Mallarauco

En este caso las dosis de Hipoclorito deben aumentar a 2- 3 lt/m<sup>3</sup> de agua, manteniendo esta solución por un tiempo de 12 horas, con un lavado posterior de las tuberías.

Considerando un período de 30 minutos hasta lograr la dilución del producto en la red de riego, la cantidad de producto a aplicar con una dosis intermedia de 2,5 lt/m<sup>3</sup>, sería de 3,06 litros. Esto tiene un costo de US\$ 0,15/lt, por lo que el costo total del producto alcanza a US\$ 0,46 por hectárea. El lavado debería ser más prolongado que un lavado corriente por la posible toxicidad del cloro para las plantas, por lo que se estima en 0,2 jornadas por hectárea o US\$ 1,86 /ha. Sumando ambos valores resulta un total de US\$ 2,32 por aplicación.

## ANEXO B

Río Copiapó en Mal Paso					
-------------------------	--	--	--	--	--

Fecha	pH	Fierro (mg/l)	Fierro (mg/l)	Ca (mg/l)	Carbonatos( mg/l)
Feb-86	7.95	0.31	0.31	111.00	197.00
May-86	7.75	0.09	0.09	123.00	221.00
Sep-86	7.95	0.64	0.64	128.00	223.00
Dec-86	7.45	0.16	0.16	132.00	223.00
Feb-87	8.15	0.38	0.38	120.00	165.00
May-87	7.75	0.29	0.29	120.00	183.00
Sep-87	8.00	8.54		86.40	122.00
Dec-87	7.40	9.39		112.00	177.00
Feb-88	7.95	5.77		95.70	167.00
May-88	7.75	22.00		102.00	174.00
Sep-88	8.00	3.03		110.00	159.00
Dec-88	7.40	0.67	0.67	131.00	214.00
Feb-89	8.35	0.40	0.40	100.00	153.00
May-89	7.80	0.60	0.60	82.40	91.50
Sep-89	7.25	0.10	0.10	127.00	214.00
Dec-89	8.35	0.28	0.28	136.00	188.00
Feb-90	7.65	0.19	0.19	126.40	213.60
May-90	7.60	0.15	0.15	131.60	193.40
Sep-90	8.05	0.08	0.08	124.00	201.90
Dec-90	7.75	0.07	0.07	122.40	162.90
Feb-91	7.65	0.11	0.11	129.60	209.30
May-91	7.55	0.06	0.06	124.80	205.00
Jul-91	7.90			145.60	185.50
Sep-91	7.75	0.55	0.55	120.00	189.80
Dec-91	7.60	0.25	0.25	127.80	209.30
Feb-92	7.65	1.12	1.12	126.60	205.00
May-92	7.50	0.07	0.07	92.00	93.40

Sep-92	7.55	0.08	0.08	125.00	211.70
Dec-92	7.85	0.07	0.07	114.80	186.10
<b>N° datos</b>	<b>29.00</b>	<b>28.00</b>	<b>23.00</b>	<b>29.00</b>	<b>29.00</b>
<b>promedio</b>	<b>7.77</b>	<b>1.98</b>	<b>0.29</b>	<b>118.18</b>	<b>184.08</b>
<b>mínimo</b>	<b>7.25</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>82.40</b>	<b>91.50</b>
<b>máximo</b>	<b>8.35</b>	<b>22.00</b>	<b>1.12</b>	<b>145.60</b>	<b>223.00</b>
<b>desv.std.</b>	<b>0.27</b>	<b>4.64</b>		<b>15.30</b>	<b>34.89</b>

Fuente: DGA- Estudio Análisis Redes de Vigilancia Calidad Aguas Terrestres .

Estadística Hidroquímica Nacional.

Etapa 1

1994

## **ANEXO 4**

### Exportación de frutas por Región de Destino

	USA Costa Este	USA Costa Oeste	Canadá	Europa	Lejano Oriente	Medio Oriente	Latinoamérica	Temporadas Comparativas		% Variación a igual fecha
								2000-2001	1999-2000	
Total 2000-2001	48,720,469	21,215,070	1,102,252	41,128,653	10,699,565	6,016,603	29,579,806	158,462,445		
Total 1999-2000	47,944,132	19,403,567	1,046,566	37,603,443	10,184,084	5,421,976	25,772,874	147,376,542		
% variación	1.62	9.34	5.32	9.37	5.06	11	14.77			7.52



## **ANEXO 5**

Precio de Frutas según Calibre

Frutal	Mercado	Fecha	Calibre	Precio	
Mandarinas	Rott.	7/23/01	70	24	
Mandarinas	Rott.	7/23/01	60	23	Mandarinas 2,7
Mandarinas	Rott.	7/23/01	160	10	Naranjas 1,3
Mandarinas	Rott.	7/23/01	180	9	Alcachofas 1,5
					Limones 1,4
Naranjas	Rott.	7/23/01	80	35	palta 1,7
Naranjas	Rott.	7/23/01	88	37	Manzana 2,2
Naranjas	Rott.	7/23/01	100	28	uvas 1,8
Naranjas	Rott.	7/23/01	100	28	Ciruelas 1,6
					Peras 1,3
Alcachofas	Phila.	8/8/01	18	18	Duraznos 1,7
Alcachofas	Phila.	8/8/01	24	16	
Alcachofas	Phila.	8/8/01	30	12	
Alcachofas	Phila.	8/8/01	36	12	
Limones	Nueva York	8/7/01	115	24	
Limones	Nueva York	8/7/01	140	26	
Limones	Nueva York	8/7/01	165	20	
Limones	Nueva York	8/7/01	200	18	
Limones	Nueva York	8/9/01	115	24	
Limones	Nueva York	8/9/01	140	26	
Limones	Nueva York	8/9/01	200	18	
Palta	Los Angeles	8/8/01	32	28	
Palta	Los Angeles	8/8/01	36	28	
Palta	Los Angeles	8/8/01	70	30	
Palta	Los Angeles	8/8/01	84	22	
Palta	Miami	8/8/01	48	37	
Palta	Miami	8/8/01	60	32	
Manzana	Nueva York	8/7/01	80	20	
Manzana	Nueva York	8/7/01	110	16	
Manzana	Nueva York	8/7/01	70	24	
Manzana	Nueva York	8/7/01	100	20	
Manzana	Nueva York	8/7/01	80	35	
Manzana	Nueva York	8/7/01	110	24	
Uvas	Fila.	2/26/01	large	13	
Uvas	Fila.	2/26/01	Medium	8.5	
Uvas	Fila.	2/28/01	Extra large	15	
Uvas	Fila.	2/28/01	Medium	8.5	
Uvas	Fila.	2/28/01	Extra large	13	
Uvas	Fila.	2/28/01	Medium	7	
Uvas	Los Angeles	2/26/01	Extra large	13	
Uvas	Los Angeles	2/26/01	Medium Lar.	8.5	
Ciruelas	Fila.	2/26/01	40	8	
Ciruelas	Fila.	2/26/01	70	5	
Ciruelas	Fila.	2/26/01	40	12	
Ciruelas	Fila.	2/26/01	70	5	
Ciruelas	Fila.	2/28/01	40	8	
Ciruelas	Fila.	2/28/01	70	5	

Ciruelas	Los Angeles	2/26/01	50	8
Ciruelas	Los Angeles	2/26/01	78	5
Peras	Los Angeles	2/16/01	80	21
Peras	Los Angeles	2/16/01	110	16
Peras	Los Angeles	2/20/01	80	21
Peras	Los Angeles	2/20/01	110	16
Uvas	Fila.	2/16/01	Extra Large	13
Uvas	Fila.	2/16/01	Medium	8.5
Uvas	Los Angeles	2/13/01	Extra Large	13
Uvas	Los Angeles	2/13/01	Medium Larg.	9
Duraznos	Fila.	2/12/01	40	11
Duraznos	Fila.	2/12/01	70	6.4
Duraznos	Fila.	2/13/01	40	11
Duraznos	Fila.	2/13/01	70	6.5
Duraznos	Fila.	2/15/01	40	11
Duraznos	Fila.	2/15/01	70	6.5

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00012 1285