

**MANUAL  
BASES PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DE RIEGO**



**MÓDULO 1  
EL PROBLEMA DE  
CONTAMINACIÓN**

## PRESENTACIÓN

El presente manual fue elaborado en el marco del Programa de la CNR "Capacitación en Calidad de Aguas y Buenas Prácticas Agrícolas para Riego", el cual fue ejecutado por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) de la Universidad de Chile.

La información está dividida en dos módulos, los cuales tratan de abarcar de manera sencilla y didáctica, el problema de la calidad de aguas de riego para la agricultura y las acciones que pueden implementar las Organizaciones de Usuarios del Agua a través de Planes de Gestión. El manual se puede utilizar directamente como material de lectura, pero también su estructura y presentación PowerPoint (con texto oculto), permite proyectarlo en actividades de capacitación. El texto oculto permite proyectar sólo las diapositivas, dejando al expositor acceso al texto en la pantalla del computador mientras realiza su presentación. Estos módulos están a disposición del público en la página WEB de la CNR: [www.cnr.cl](http://www.cnr.cl)

Esperamos que este material contribuya al desarrollo de actividades de capacitación y sensibilización, orientadas a proteger y cuidar la calidad de las aguas de riego.

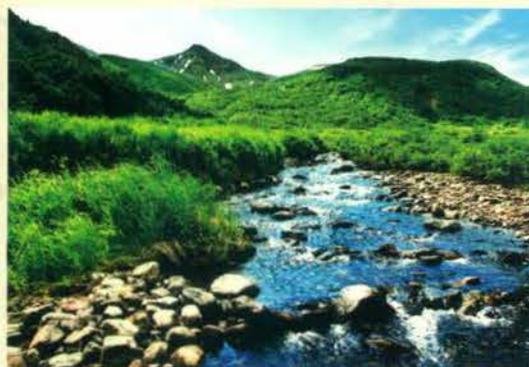


El agua es un elemento vital para el desarrollo de la vida, así como para el adecuado funcionamiento de los ecosistemas y para el desarrollo de las diferentes actividades de la humanidad, tanto productivas como recreativas.

El valor del agua no sólo radica en la disponibilidad del recurso, sino también en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

La variación de los parámetros del agua, determinan su calidad y pueden condicionar su uso en la agricultura. Sin embargo, esta actividad también puede afectar la calidad del agua a través del aporte de contaminantes, producto de malas prácticas agrícolas como el mal uso de agroquímicos y el manejo descuidado del ganado o del riego.

El potencial uso de una fuente de agua depende de que los parámetros físicos, químicos y biológicos, cumplan con los requisitos asociados a su uso.



El uso de una fuente de agua, va a depender de la calidad que tenga o de la capacidad técnica y financiera para tratarla, hasta obtener la calidad requerida. Existen diversos parámetros que determinan la calidad del agua, cuyos valores se han definido en función de las propiedades básicas del agua según su uso, como por ejemplo inocuidad, toxicidad, corrosividad, sabor, olor, turbiedad, etc.

Los parámetros químicos, físicos y/o biológicos, deben estar dentro del rango recomendado de acuerdo al uso: consumo humano o animal, actividades productivas o conservación de los ecosistemas acuáticos. Sólo en algunos casos la calidad del agua permite su uso de manera irrestricta y en los casos donde esto no sucede, normalmente lo que se debe hacer es prevenir su contaminación, realizar algún tratamiento o restringir su uso.

La Norma Chilena NCh 1.333, establece los

requisitos para el agua destinada a: riego, bebida de animales, vida acuática, recreación y estética y consumo humano, requiriéndose en este último caso, al igual que para el agua destinada a bebida de animales, el cumplimiento de la norma de Agua potable NCh 409.

También están reguladas las descargas a aguas superficiales y subterráneas a través de los Decretos Supremos N° 90 y N° 46 respectivamente.

Las normas primarias de calidad ambiental, tienen por objetivo el cuidado de la salud de las personas, mientras que las normas secundarias buscan proteger los ecosistemas acuáticos naturales como los ríos y lagos, estableciéndose generalmente, valores máximos para parámetros químicos, físicos y biológicos. En la elaboración de estas normas secundarias, también se tiene presente los usos del cuerpo de agua, como por ejemplo el riego.



## 2. Contaminación del Agua

La contaminación del agua se produce cuando se alteran sus parámetros de calidad, por sobre el valor que afecta a alguna de sus propiedades de uso. Este deterioro se produce como resultado del uso y de aportes directos o indirectos que se producen por diferentes actividades.

Esta expresión de pérdida de calidad ambiental se manifiesta en el tiempo y en el espacio. En el tiempo, esta pérdida de calidad puede ser continua, esporádica o intermitente y la manifestación en un punto determinado, será el resultado del conjunto de aportes contaminantes que se produzcan en el mismo lugar o aguas arriba.

Producto de estos cambios espaciales y temporales, es importante realizar estudios de calidad de agua de manera periódica, los cuales deben ser realizados de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos para el monitoreo de ríos y otros cursos de agua (NCh 411).

La presencia de elementos contaminantes en el agua es resultado de procesos naturales y actividades humanas.



Preferentemente por procesos naturales:  
*patógenos, materia orgánica, metales, sales, sólidos y nutrientes.*

La actividad humana aporta *detergentes, plaguicidas, microorganismos, ácidos, bases y aceites y grasas.*

En el ciclo hidrológico, el agua no es 100% pura, incluso sin la intervención directa o indirecta del ser humano. A grandes rasgos, este ciclo describe el movimiento del agua en el ambiente, considerando su unidad espacial. Esta unidad es lo que hace que variaciones en calidad y cantidad, que se produzcan en un punto determinado, repercutan con distinta magnitud y persistencia en todos los puntos ubicados aguas abajo.

En su paso por la tierra, el agua es capaz de incorporar a su matriz, elementos de distintos sustratos inorgánicos y orgánicos. Este traspaso de elementos se ve favorecido por las propiedades químicas

del agua, como el pH, el cual puede cambiar la solubilidad de los elementos. También hay elementos que se generan producto de la actividad biológica que se desarrolla dentro de los cuerpos de agua.

Los elementos que se incorporan de manera natural al agua, también pueden aumentar, como resultado del aporte directo o indirecto de actividades como la agricultura, minería, sector industrial o acuicultura, por mencionar sólo algunas. También hay que considerar que se sintetizan compuestos químicos que no se encuentran de forma natural en el ambiente.



La Contaminación Puntual es aquella producida por un foco emisor determinado, el cual es fácilmente identificable.

Ejemplos de fuentes puntuales:

- Descargas de viviendas.
- Planta de tratamiento de aguas.
- Planta industrial de crianza de animales o de faenamiento.
- Descargas industriales.

Una Fuente Puntual corresponde a la descarga de contaminantes al agua, en un punto determinado, el cual es conocido y cuya posición no cambia fácilmente.

Desde el punto de vista de la gestión de la calidad del agua, lo que interesa saber de la Fuente Puntual es el punto de descarga, cómo se origina el contaminante y el momento en que es vertido (régimen de descarga).

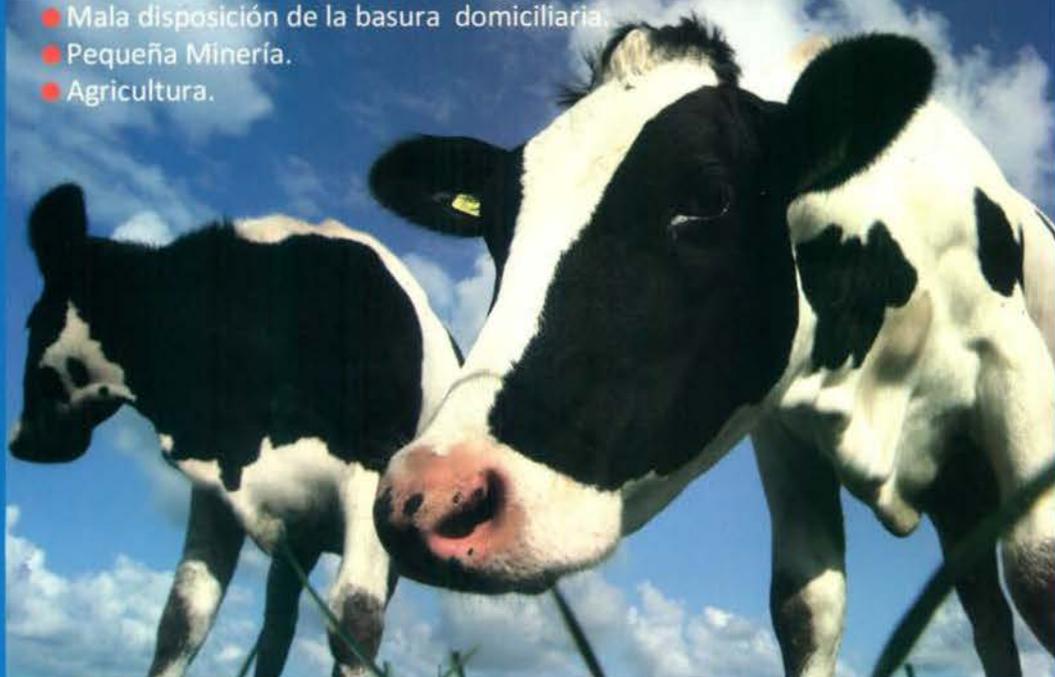
Un aspecto relevante para la gestión de este tipo de fuentes, es que un buen sistema de tratamiento podría mitigar el

nivel de contaminantes, de manera eficiente y eficaz.

Si varias Fuentes Puntuales no están bien caracterizadas, en cuanto a lo que descargan, la cantidad y el momento, conceptualmente se podrían considerar como una Fuente Difusa.

La **Contaminación Difusa** es aquella causada por múltiples fuentes de emisión, difíciles de localizar y cuantificar. Normalmente se encuentran distribuidas en una amplia zona geográfica. Ejemplos de fuentes difusas:

- Ganadería.
- Descargas sin tratamiento.
- Mala disposición de la basura domiciliaria.
- Pequeña Minería.
- Agricultura.



La Contaminación Difusa es producto de varias fuentes, a las cuales no se les puede establecer exactamente cuanto contaminante aportan en un punto dado, ya que es función de varias variables, de difícil evaluación y seguimiento. Así como es variable la carga efectiva de contaminante, también es variable el momento en que llega al canal.

La actividad agrícola normalmente se asocia a una Fuente Difusa, debido a que son muchos los agricultores que tienen el potencial de contaminar los cuerpos de agua. Es preocupante la contaminación producida por nitratos y plaguicidas en

aguas subterráneas que podrían ser fuente de agua potable. En cuanto a las aguas superficiales, se produce contaminación por sólidos, nitrógeno y fósforo debido a malas prácticas agrícolas, así como contaminación microbiológica asociada al mal manejo del estiércol de los animales.

PARAMETROS SEGUN FUENTE DE CONTAMINACION											
Fuente de Contaminación	POTENCIALES CONTAMINANTES										
	C.F.	E.F.	DBO	S.S.	N	DET	AyG	P	pH	S.D.	RAS
Vivienda	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Procesadora de Vegetales (*)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Faenadora (*)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vinícola y Bebida (*)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Packing	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ganadería extensiva	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Planteles (*) (**)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Riego Gravitacional	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

C.F. : Coliformes fecales, E.F. : Estreptococos fecales, S.S. : Sólidos Suspendidos, N : Nitrógeno, DET : Detergentes, AyG : Aceites y Grasas, P : Fósforo, S.D. : Sólidos Disueltos, RAS: Razón Adsorción Sodio

(\*) Según Decreto Supremo 609.

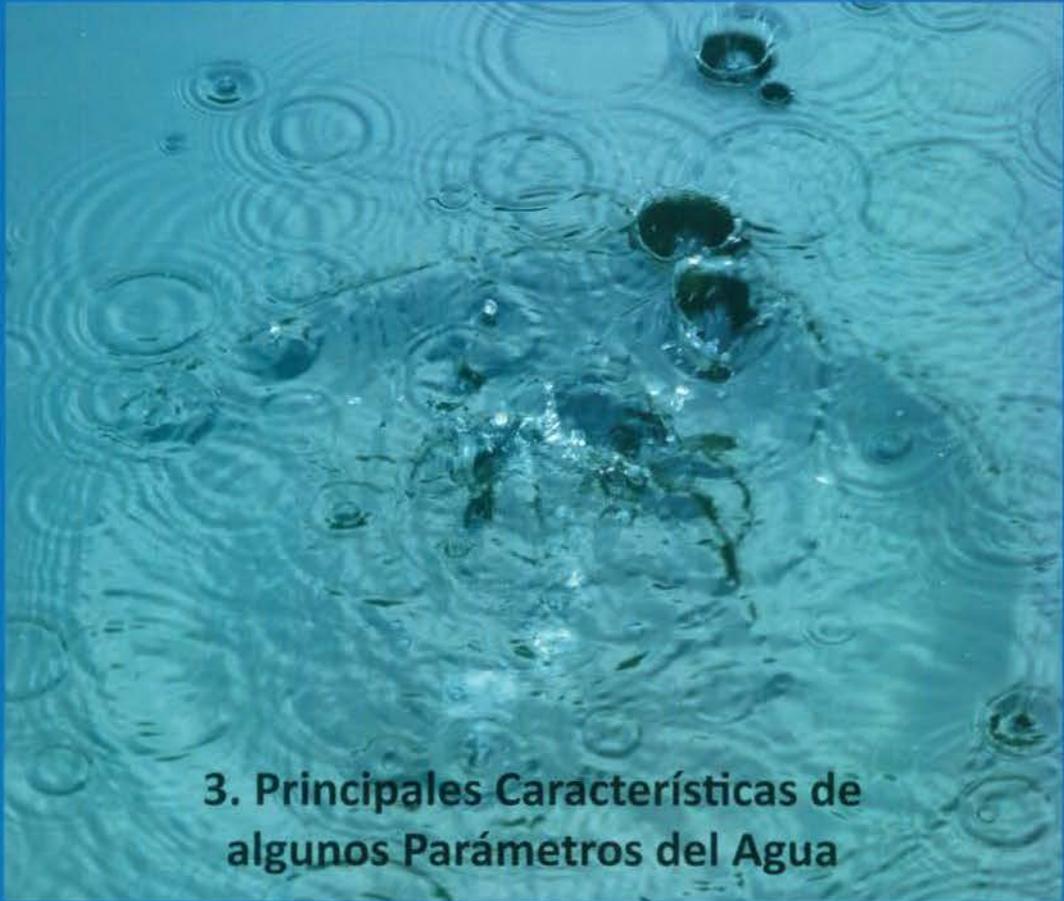
(\*\*) Se consideran los parámetros asociados a excretas.

En la tabla se presentan fuentes puntuales y difusas que tienen el potencial de afectar algunos parámetros importantes de la calidad del agua para la agricultura. Esta información se debe considerar sólo como referencia para orientar estudios de calidad de agua, y se basa principalmente en el DS N° 609, el cual regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado.

La tabla consigna el parámetro Estreptococos Fecales que es un microorganismo principalmente asociado a fecas de animales. Su determinación

en conjunto con Coliformes fecales, permite evaluar si la contaminación microbiológica es de origen animal o humana.

La concentración final de las descargas, dependerá del tipo de fuente y de factores tales como la tecnología utilizada, características de la materia prima empleada, productos generados, uso eficaz de buenas prácticas, volumen de agua utilizado en el proceso y manejo de residuos sólidos, entre otros.



### 3. Principales Características de algunos Parámetros del Agua

Los elementos que tienen el potencial de contaminar el agua, presentan distintas propiedades, las cuales ayudan a estimar cuantitativa y/o cualitativamente el problema de contaminación de las aguas de riego.

Una de estas propiedades es la persistencia, que nos da una idea de cuanto es capaz de permanecer el contaminante en el tiempo y es inherente a la condición del contaminante y a las condiciones ambientales donde operan procesos naturales físicos, químicos y biológicos que lo remueven. Esta propiedad complementada con información

de la velocidad de transporte en el cauce, nos da una idea de hasta donde se puede extender la contaminación.

Otra propiedad es la acumulación o concentración, por procesos físicos y químicos, y los procesos de transformación del contaminante desde una forma química a otra.

## COLIFORMES FECALES

- Indicador de presencia de patógenos.
- Pueden ser eliminados por procesos naturales.
- Se pueden desarrollar rápidamente en condiciones favorables.
- En el agua pueden adherirse a las partículas sólidas.

La contaminación microbiológica generada por los seres humanos y los animales, conlleva el riesgo de transmisión de patógenos del tipo helmintos, protozoos, virus y bacterias. Debido a que es complejo técnicamente determinar la presencia de cada uno de ellos y a la vez costoso, su presencia se estima a través de Indicadores de Contaminación Fecal. Uno de ellos corresponde a los Coliformes Fecales, los que agrupan a un conjunto de especies de microorganismos que tienen en común provenir del tracto intestinal de los seres humanos y animales de sangre caliente.

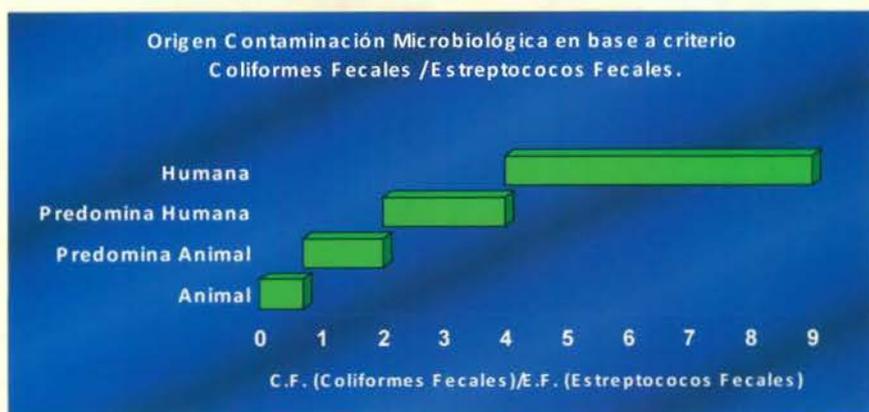
Los Coliformes Fecales son un subgrupo dentro de los Coliformes Totales, otro indicador de contaminación microbiológica empleado principalmente en el control del Agua Potable.

Los Coliformes Fecales en el agua, pueden ser eliminados naturalmente por procesos como la radiación solar y depredación por especies mayores. A su vez, por procesos de adsorción a partículas sólidas, pueden transportarse junto con éstas, así como sedimentar o ser retenidos por filtración.

En condiciones adecuadas de temperatura, pH y nutrientes, pueden multiplicarse rápidamente.



**TIEMPO DE SOBREVIVENCIA Y ORIGEN DE LOS MICROORGANISMOS**



Uno de los factores más relevantes del problema de la contaminación microbiológica, es el tiempo de sobrevivencia de los microorganismos en distintos medios físicos. En el caso particular del agua, lo usual es que los Coliformes Fecales permanezcan en promedio unos 30 días y como máximo 60 días.

Esta capacidad de sobrevivencia en el agua permite que la contaminación microbiológica descargada en forma continua en la cabecera de un sistema de canales, pueda contaminar potencialmente por completo dicho sistema. Junto con esta capacidad de sobrevivencia, hay que destacar el poder contaminante de las fuentes, que en el caso de aguas residuales es bastante alto. Para tener una idea, un gramo de heces fecales

contiene entre 1.000.000 a 1.000.000.000 de estos microorganismos.

Para discriminar si la contaminación es principalmente de origen humano y/o animal, se deben analizar en la misma muestra los Coliformes Fecales y los Estreptococos Fecales, estableciendo la relación existente entre ellos. Si la relación es mayor o igual a 4, hay mayor probabilidad de que el origen de la contaminación microbiológica sea humano y si la relación es inferior a 0.7, es probable que la contaminación sea de origen animal.

Discriminar si la contaminación es de origen humano y/o animal, permite orientar las acciones en un plan de gestión de la calidad del agua.



Una partícula se considerada como **SÓLIDO SUSPENDIDO** si su tamaño es mayor a 0,0015 mm y pueden:

- Sedimentar.
- Ser resuspendida.

Los sólidos se pueden clasificar como suspendidos o disueltos y la diferencia está dada por el tamaño. Un sólido se considera suspendido si su tamaño es mayor a 0,0015 mm., según la norma chilena NCh 2313/3. Of 95.

Dependiendo del origen o fuente contaminante los sólidos suspendidos, como los disueltos, pueden ser fijos y/o volátiles. La fracción volátil puede ser asimilada por el medio ambiente, como el caso de los azúcares disueltos que son biodegradables.

Una fracción de los Sólidos Suspendidos puede corresponder, bajo ciertas condiciones, a Sólidos Sedimentables.

Esto ya que el carácter de suspendido o sedimentable, depende de las propiedades del sólido presente en el agua y de la turbulencia que presenta el agua en un punto del canal. Por lo tanto, en un tramo del canal un sólido puede estar suspendido y en otro sedimentado.

La determinación de Sólidos Sedimentables como tal, que hacen los laboratorios, se basa en la determinación del volumen de sólidos presentes en un litro de agua, que sedimentan en una hora y se expresa como volumen por litro y hora.

Los principales **SÓLIDOS DISUELTOS** (S. D.) en el agua son sales cuyo contenido se puede estimar con la **Conductividad Eléctrica** (C. E.).

$$\text{S. D. (mg/l)} = 0,64 \times \text{C. E. (umhos/cm)}$$

(aguas no salinas)



El agua conduce la corriente eléctrica debido a que contiene elementos disueltos con carga positiva y otros con carga negativa. Esta capacidad para conducir corriente se incrementa cuando aumenta la concentración de elementos o iones. En particular, los nitratos y fosfatos empleados en la agricultura son buenos conductores.

La capacidad de conducir corriente se mide como Conductividad Eléctrica y dado que depende del contenido de elementos disueltos en el agua, tiene relación con la concentración de Sólidos Disueltos. Es por esto que una baja conductividad se asocia con un agua de mayor pureza química.

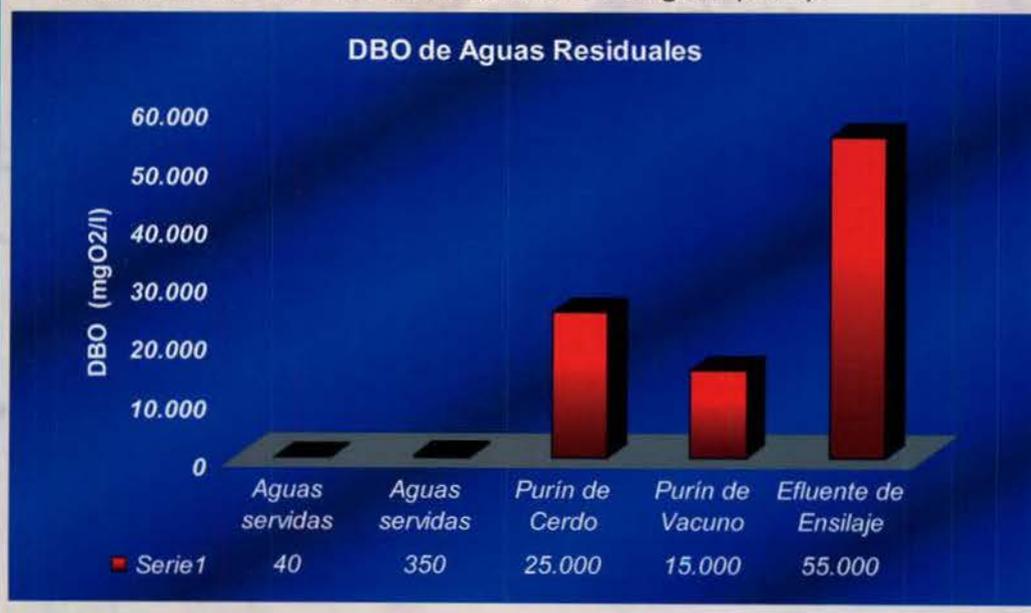
En la literatura se puede encontrar generalizaciones de esta relación a través

de fórmulas como la que se presenta, que en este caso particular tiene validez para ambientes de salinidad menor al 5%. Si revisa la Tabla N° 2 de la norma chilena NCh 1.333 también se puede desprender una relación entre estos dos parámetros, en la cual el contenido de Sólidos Disueltos, expresado como miligramos por litro, se obtiene aproximadamente al multiplicar por 0,67 el valor de conductividad expresada en umhos/cm.

Dado que hay disponibilidad de equipos portátiles en el mercado para medir conductividad eléctrica, su determinación en terreno y el empleo de estas relaciones matemáticas, permite estimar directamente el contenido de Sólidos Disueltos.

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)

- Representa la materia orgánica que es fácilmente biodegradable.
- Se expresa como consumo de oxígeno.
- Tiene relación con la Demanda Química de Oxígeno (DQO).



La Materia Orgánica puede ser fácil o difícilmente biodegradable. Si es fácilmente biodegradable conlleva el consumo del Oxígeno Disuelto disponible en el agua, degradación que se puede dar en dos escenarios.

En el primero, la demanda de oxígeno no supera la oferta de este elemento, generándose un descenso en su contenido acompañado por la transformación de la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y agua. El segundo es la desaparición del oxígeno disuelto y la transformación de la materia orgánica en compuestos no deseables en el medio ambiente como por ejemplo metano. La mayor demanda de oxígeno está relacionada con elevados contenidos de Materia Orgánica. Esta capacidad de la Materia Orgánica de ser degradada a CO<sub>2</sub> y agua, se conoce como Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO.

A su vez, la Materia Orgánica puede estar presente en el agua como sólidos disueltos o suspendidos y, en este último caso su remoción se puede ver favorecida por procesos de sedimentación.

La DQO o Demanda Química de Oxígeno, corresponde a la cantidad de materia orgánica e inorgánica, que expuesta a un reactivo es capaz de ser descompuesta químicamente.

Si en un estudio de calidad del aguas, se establece que hay una relación relativamente constante entre el contenido de DBO y DQO, en lo sucesivo es posible estimar el valor de DBO a partir del análisis de DQO. Esto no sólo tiene la conveniencia de hacer un ensayo más económico y más estandarizado que el de DBO, sino que también se puede hacer en terreno si se dispone del equipamiento y reactivos adecuados.

## pH (potencial de Hidrógeno)



- **Mide el contenido de Ión Hidrógeno en un rango de 0 a 14.**
- **Los iones  $H^+$  y  $OH^-$  pueden ser neutralizados.**

En términos de concentración de ión Hidrógeno, un valor de pH 1 equivale a 0.1 gramos por litro y un valor de pH 2 a 0,01 gramos por litro. El valor de pH se mide entre 0 a 14, lo que se conoce como la Escala de Unidades de pH.

El ión hidrógeno  $H^+$  está en equilibrio químico con el ión  $OH^-$ , esto significa que si uno desciende, el contenido del otro se ve incrementado. En la escala de pH, un valor de 7,0 es un valor de pH neutro, ya que el contenido de ión hidrógeno es igual al de ión  $OH^-$ . Los valores de pH menores a 7,0 se consideran en el rango ácido y el contenido de iones  $H^+$  supera al de  $OH^-$ . Si se tiene valores de pH superiores a 7,0 la relación de contenidos de estos iones se invierte ubicándose en rango alcalino.

Las variaciones drásticas en el valor de pH se pueden dar como resultado del vertido de aguas con productos ácidos o alcalinos. Existen numerosos elementos químicos empleados en la agricultura que bajan el pH, como por ejemplo el ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y fertilizantes amoniacales. Otros productos químicos suben el pH, como la soda cáustica, cal y algunos fertilizantes.

El valor de pH en el agua cambia por la composición de los sustratos sólidos en contacto con el agua, por la concentración de los iones debido a la evaporación del agua, por procesos biológicos que se desarrollan dentro del agua y por reacciones químicas, fundamentalmente de neutralización con elementos químicos presentes en el agua.

## NITRÓGENO Y FÓSFORO

- Son asimilados por la vegetación presente en los canales.
- Están presentes en distintas formas químicas.
- Los fosfatos son insolubles.
- Los nitratos son solubles.

El Nitrógeno (N) y el Fósforo (P) sirven como nutrientes tanto para los cultivos agrícolas, como para las plantas acuáticas, algas y microorganismos. Su aporte no controlado a cauces superficiales genera diferentes problemas, como por ejemplo crecimiento de vegetación en canales, obligando a su extracción.

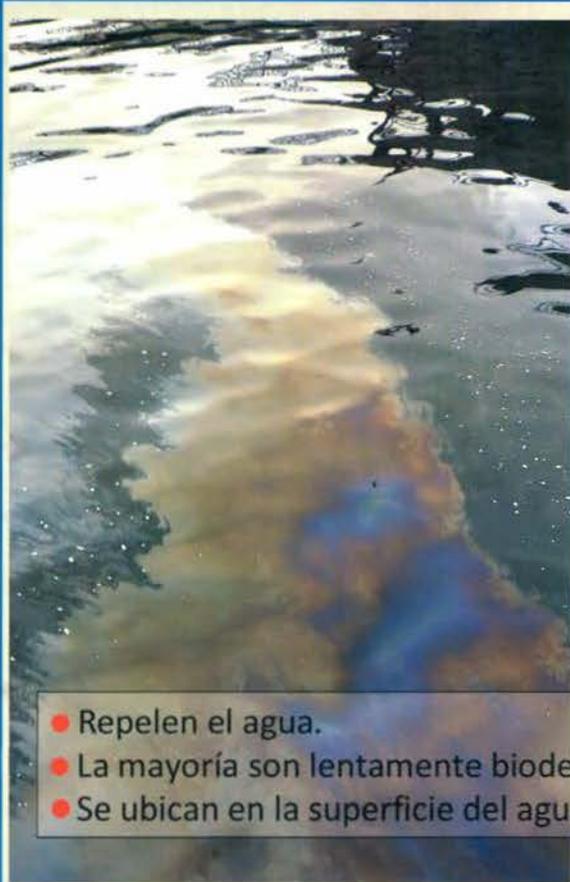
Un caso extremo del efecto contaminante provocado por el aporte de N y P, es la eutrofización de lagos, tranques y embalses. La eutrofización se manifiesta en una proliferación de algas, un aumento del contenido de materia orgánica y un descenso en el nivel de oxígeno.

Estos nutrientes están presentes en distintos compuestos químicos, entre

otros nitrato, nitrito y nitrógeno orgánico, en el caso del nitrógeno, y fósforo orgánico y fosfato, en el caso del fósforo. Por procesos biológicos, estos compuestos van pasando de una forma química a otra, registrándose una salida neta del sistema en la transformación del nitrógeno a compuestos volátiles, algunos de los cuales inciden en el Cambio Climático.

El nitrato es muy soluble por lo que un exceso de agua puede lixiviarlo hasta llegar a las napas subterráneas.

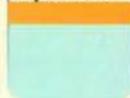
El fosfato es insoluble y se puede adherir a las arcillas, lo que favorecería su arrastre por malas prácticas de riego gravitacional.



## ACEITES Y GRASAS

Abarca a compuestos de distinto origen, tales como como lubricantes, alcohol, jabón, ceras, etc.

Superficie



Emulsión



- Repelen el agua.
- La mayoría son lentamente biodegradados.
- Se ubican en la superficie del agua o en su matriz (emulsión).

El parámetro Aceites y Grasas agrupa una gran variedad de compuestos que tienen en común la propiedad química de ser hidrofóbicos, esto es que repelen el agua y no se disuelven en ella. Esta propiedad hace que los Aceites y Grasas en el agua, se localicen en la superficie o formen emulsiones dentro de la matriz acuosa, pudiendo ser arrastrados por sólidos sedimentables.

Los aceites y las grasas están formados por elementos químicos similares, pero a temperatura ambiente los aceites están en estado líquido y las grasas en estado sólido.

Los tipos de grasas y aceites más frecuentemente presentes en las aguas residuales, corresponden a aceites de tipo

vegetal y grasas de tipo animal, siendo su origen la mantequilla, manteca de cerdo, margarina, carne, gérmenes de cereales, semillas, nueces, ciertas frutas, y otros aceites y grasas vegetales. También en este grupo se encuentra el queroseno, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos derivados del petróleo.

Los Aceites y Grasas son de los compuestos orgánicos más estables y no son fácilmente biodegradables; sin embargo los ácidos minerales y los álcalis los atacan para formar compuestos de menor tamaño.

En terreno la contaminación por aceites y grasas se puede detectar por la presencia en la superficie del agua, de películas aceitosas de diferente color.

## DETERGENTES



- Son sintetizados.
- Se ubican en la interfase aire – agua.
- Generan espumas.
- Pueden aportar sales y fósforo (formulación).
- Los hay rápidamente biodegradables (aportan DBO).

Los detergentes son productos sintéticos, cuyas propiedades químicas hidrofóbicas e hidrofílicas (con afinidad por el agua), les permiten retirar y “encapsular” impurezas. Estas propiedades químicas favorecen su ubicación en la superficie del agua.

En el desarrollo de la formulación de los productos de limpieza, se ha debido considerar el impacto que generan en el ambiente y los problemas que provocan en el funcionamiento de las Plantas Biológicas de Tratamiento de Aguas Servidas. Es así como en su formulación se ha reducido el contenido de fósforo, para minimizar el problema

de eutrofización de los cuerpos de agua y se han elaborado detergentes biodegradables para reducir su toxicidad.

Una forma sencilla para detectar cualitativamente la presencia de detergentes, es verificando en el canal la presencia de espumas en puntos de alta turbulencia o agitando una muestra de agua en un envase.

Los ensayos de laboratorio que se disponen para determinar su presencia son Poder Espumógeno y el análisis conocido como SAAM.

## 4. La Contaminación del Agua y sus Efectos en la Agricultura



La Agricultura requiere que sus cultivos se desarrollen en un entorno apropiado, que se lo proporciona el suelo, el agua y el clima.

El suelo y el agua proporcionan la matriz que permite el desarrollo de los mecanismos, directos e indirectos, que participan en la nutrición de las plantas.

Múltiples factores, junto con sus interacciones, pueden afectar a esta matriz suelo-agua en su capacidad de sustentar el crecimiento de las plantas en el tiempo. Entre estos factores se encuentra la variación en la calidad del agua de riego, que puede ser de carácter

permanente – esporádica - intermitente, en su composición física, química y microbiológica.

Esta composición se establece mediante el estudio de parámetros de calidad del agua, los cuales no todos están incorporados en la NCh 1.333, aunque se sabe pueden afectar a la actividad agrícola.

## EFFECTOS DEL pH



- Afecta la disponibilidad de nutrientes.
- Toxicidad por solubilización de elementos.

La disponibilidad de nutrientes para las plantas depende del pH, el cual se mide en la fracción líquida del suelo, denominada solución suelo. De acuerdo al pH de la solución suelo, se puede clasificar tres tipos de suelo: Suelo Ácido con un pH menor a 7, Suelo Neutro con pH igual a 7, aunque se considera neutro a un suelo si está en el rango de pH entre 6,5 - 7 y Suelo Básico o Alcalino con pH mayor de 7.

La mayoría de las especies cultivadas tiene sus raíces adaptadas para absorber los nutrientes que más requiere en el rango de pH neutro.

La adición de elementos acidificantes (que bajan el pH) o alcalinizantes (que

suben el pH), presentes en el agua de riego, puede afectar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, generando déficit o toxicidad de algunos elementos.

Por ejemplo, a pH bajo 5,5, el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio disminuyen su disponibilidad para la mayoría de las especies, mientras que micro elementos como el manganeso, boro, cobre, o zinc se hacen más disponibles, pudiendo generar problemas de toxicidad.

A un valor de pH del suelo cercano a 8,0 y en presencia de altas concentraciones del ión sodio, se generan efectos adversos sobre el suelo.

## PROBLEMAS DERIVADOS DE LOS SÓLIDOS DISUELTOS



- Marchitez.
- Toxicidad por exceso de sales.
- Obstrucción de emisores de riego.
- Menor rendimiento.

Efecto de la Conductividad Eléctrica del Agua de Riego en el Rendimiento del Maíz



Si la concentración de sólidos disueltos aumenta, la planta estará más susceptible a sufrir daños por exceso de sales.

El gráfico muestra una pérdida en el rendimiento del maíz por el aumento de Sólidos Disueltos, expresado como aumento de la Conductividad Eléctrica del agua.

El exceso de sales disueltas genera problemas en las plantas por toxicidad, principalmente por cloruro, sodio y boro, y marchitez por un mayor gasto de energía para absorber agua, ambos fenómenos asociados al proceso de salinización. Otro problema

es la formación de precipitados o "amalgamas" que obstruyen los goteros de riego.

La salinización corresponde al depósito de sales en el suelo, por la evaporación del agua desde la superficie y absorción por parte de la planta. Esto se ve agravado en el tiempo por la falta de lluvias que pudieran arrastrar o "lavar" las sales acumuladas.

## SÓLIDOS DISUELTOS Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

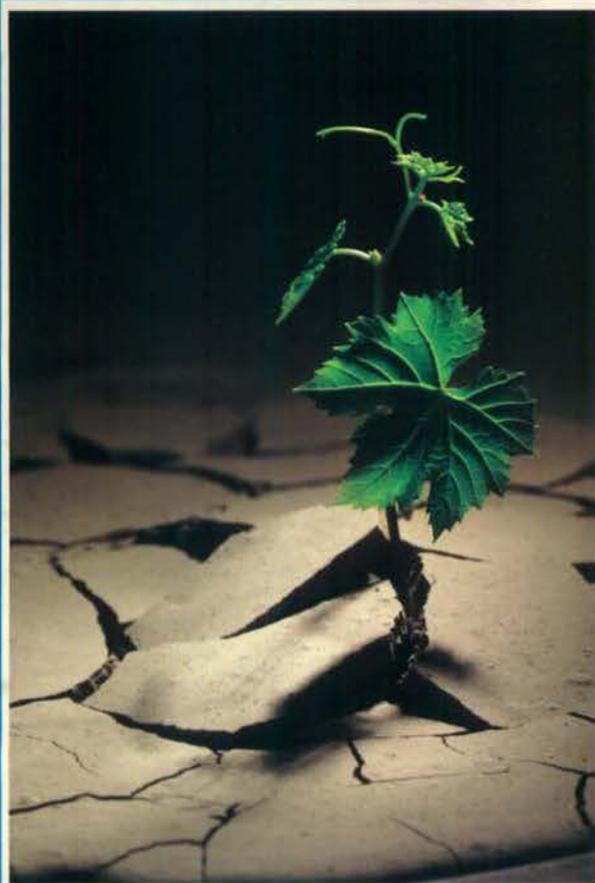
Clasificación de aguas para riego según salinidad	Conductividad Específica (CE) $\mu\text{mhos/cm}$ a 25 °C	Sólidos Disueltos Totales (SDT) $\text{mg/l}$ a 105 °C
Generalmente no se observarán efectos perjudiciales	$\text{CE} \leq 750$	$\text{SDT} \leq 500$
Puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles	$750 < \text{CE} \leq 1.500$	$500 < \text{SDT} \leq 1.000$
Puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita métodos de manejo cuidadoso	$1.500 < \text{CE} \leq 3.000$	$1.000 < \text{SDT} \leq 2.000$
Puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos	$3.000 < \text{CE} \leq 7.500$	$2.000 < \text{SDT} \leq 5.000$

Fuente: NCh 1.333.

La concentración en el agua de sales disueltas, como sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos, boratos, nitratos, sodio, calcio, magnesio, potasio, se estima determinando la conductividad eléctrica (C.E.). En la medida que la C.E. aumenta, las plantas tienen mayor probabilidad de sufrir daños por exceso de sales.

Como se observa en la tabla, existe una relación directa entre el contenido de sólidos disueltos totales y la (C.E. del agua de riego. Esto es relevante pues la C.E. es muy fácil de medir por medio de un equipo portátil de terreno.

En general, las aguas con una C.E. menor a 750  $\mu\text{mhos/cm}$ , no presentan limitaciones para ningún cultivo. Sobre ese valor, pueden producirse problemas, dependiendo tanto del rango de C.E. como de la especie vegetal.



#### EFFECTO DE LA RAZÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (RAS)

- Afecta disponibilidad de agua.
- Toxicidad por exceso de sodio.
- El suelo se vuelve duro y compacto

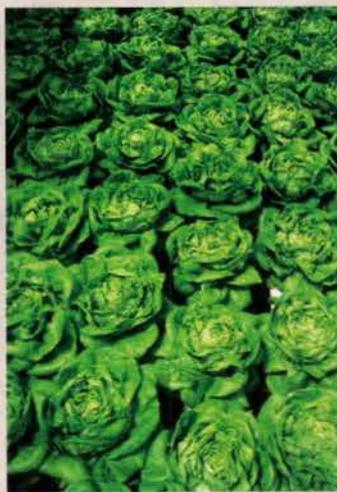
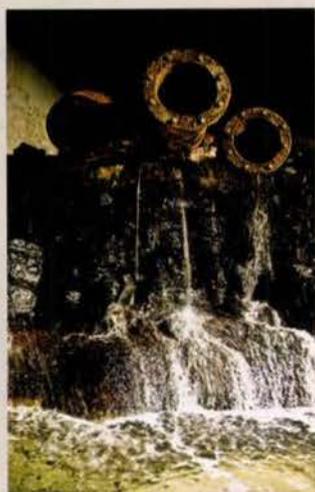
La Razón de Adsorción de Sodio (RAS), relaciona el sodio y la suma de calcio y magnesio en el agua. Una RAS alta indica un exceso de sodio, con respecto al total de calcio y magnesio.

El calcio y el magnesio generan una estructura granular del suelo apropiada para los cultivos. El exceso de sodio los desplaza provocando la dispersión y desagregación de la estructura del suelo, volviéndolo duro y compacto en condiciones secas y reduciendo la infiltración de agua y aire a través de los poros del suelo.

La magnitud del problema depende de la Conductividad Eléctrica del agua y el tipo de suelo. Por ejemplo, una RAS alta se ve compensada en suelos arenosos por una gran superficie de drenaje, no así en los arcillosos.

## EFFECTOS POR CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

- Riesgos a la salud de las personas (consumidor, trabajador) por exposición a (microorganismos) patógenos.
- Riesgos a la salud de animales por patógenos y parásitos (pirhuín, tenias, etc.).
- Incumplimiento de requisitos de inocuidad (BPA).
- Prohibición, por la Autoridad Sanitaria, para cultivos de hortalizas que crecen a ras de suelo y que se consumen crudas.

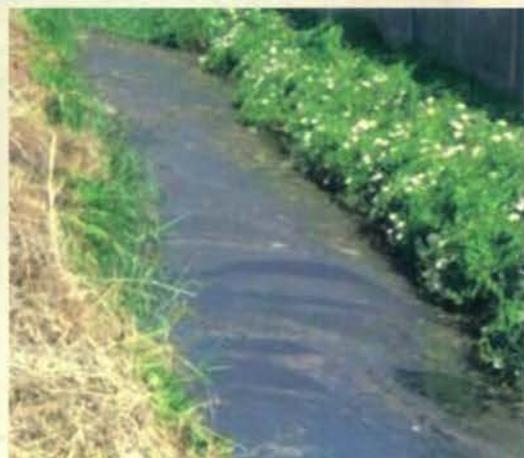


A través del agua de riego se pueden transmitir virus, nemátodos y bacterias como *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* y *Yersinia enterocolitica*, causantes de gastroenteritis agudas y diarreas; *Salmonella typhi*, que produce fiebres tifoideas y paratifoideas; y *Shigella*, causante de disentería. Estos patógenos pueden causar enfermedades en los trabajadores agrícolas a través de la ingesta de agua contaminada, la contaminación de sus alimentos, infección de heridas y ojos.

Una preocupación particular es el riesgo de consumo de alimentos contaminados. La NCh 1.333 establece un máximo de 1.000 Coliformes fecales como Número Más Probable (NMP) por 100 ml de agua, para el riego de frutas y hortalizas que

se desarrollan a ras de suelo y que se acostumbran a consumir en estado crudo, como por ejemplo lechuga, achicoria, cilantro, perejil, rábano y rabanito, fresa, frutilla fresón, apio, repollo, espinaca y zanahoria. El Decreto Supremo N° 1775 faculta a la Autoridad Sanitaria, prohibir este tipo de cultivos que sean regados con agua de canales que superen el máximo señalado.

Hay protocolos de BPA que también tienen sus propias recomendaciones. En algunos frutales y hortalizas de consumo crudo, en particular cuando son regados por aspersión, se exige uso de aguas sin Coliformes fecales. Para frambuesas, la resolución SAG N° 3410, establece como requisito, la ausencia de Coliformes fecales en las aguas de riego.



## EFFECTOS DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y ACEITES Y GRASAS

### Aceites y Grasas

- Reducen permeabilidad del suelo.
- Reducen oxigenación del suelo.

### Sólidos Suspendidos

- Reduce permeabilidad del suelo.
- Obstruye emisores de riego.
- Desgaste del sistema de riego.
- Afecta germinación de semillas.

Tanto los Sólidos Suspendidos como los aceites y grasas pueden obstruir los poros del suelo, dificultando el movimiento de aire y agua, impidiendo la oxigenación de las raíces y de los microorganismos benéficos y afectando la capacidad de las plantas para aprovechar los nutrientes.

Al sellarse los poros del suelo, se disminuye la capacidad de infiltración del agua, quedando menos disponible para las raíces. Este sellamiento provoca un aumento de la escorrentía superficial, con un mayor riesgo de erosión y pérdida de nutrientes, materia orgánica y pesticidas, generando pérdidas productivas para el agricultor y provocando contaminación aguas abajo del predio.

Dependiendo del tipo de aceite y grasa, su descomposición puede generar la presencia de compuestos tóxicos para las plantas.

Los sólidos depositados sobre la superficie también interfieren en la germinación de las semillas. A su vez la presencia de sólidos en el agua, genera desgaste en los equipos de riego, provocando riego no uniforme, perjudicando en el largo plazo el desarrollo de los cultivos.

Además, su acumulación en los canales y acumuladores, aumenta los costos de limpieza y mantenimiento.

## EFFECTOS POR NITRÓGENO Y FÓSFORO

### Fósforo

- Proliferación de algas en canales.
- Deficiencias de otros nutrientes.



### Nitrógeno

- Sobreestimulación del crecimiento.
- Menor calidad del producto.
- Proliferación de algas en canales.
- Deficiencia de otros nutrientes.
- Retraso en la maduración.



Si bien el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de los cultivos, una sobredosis de nitrógeno en la forma de amonio provoca deficiencia de otros nutrientes como potasio, calcio y/o magnesio. El exceso de nitrógeno provoca sobreestimulación de crecimiento vegetativo, originando mayores costos de poda, desbrotes e incidencia de plagas y enfermedades.

También produce retraso en la maduración de los frutos, lo cual puede afectar la rentabilidad de cultivos por los costos asociados a la mayor extensión del período productivo.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo también es un elemento esencial para el crecimiento de los cultivos, pero un exceso provoca desbalance nutricional por antagonismo con otros nutrientes, como por ejemplo deficiencia de zinc inducida.

El exceso de nitrógeno y fósforo, asociado a prácticas de riego que provocan su arrastre, producen la proliferación de plantas acuáticas en estanques y canales, obligando a incurrir en gastos de limpieza.

Además, ambos nutrientes contribuyen a la eutrofización de los cuerpos de aguas, uno de cuyos efectos más visibles es el desarrollo de microalgas.

## EFFECTOS ASOCIADOS A DETERGENTES Y DBO

### Detergente

- Menor retención de humedad en el suelo.
- Aísla microorganismos del suelo.
- Altera el pH.
- Aumento de sales y otros elementos.

### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- Descenso del oxígeno disponible.
- Toxicidad por compuestos químicos.

Una DBO alta indica un alto contenido de materia orgánica susceptible de ser descompuesta fácilmente por microorganismos presentes en el agua y en el suelo.

Este proceso de descomposición de la materia orgánica depositada en el suelo puede producir altos niveles de amonio, ácidos u otros compuestos intermedios que, en exceso, pueden causar toxicidad a las raíces de los cultivos.

Por otra parte, el menor contenido de oxígeno disuelto asociado a aguas con DBO alta, es un factor negativo, especialmente en cultivos sensibles a la asfixia radical, como los paltos, o bajo condiciones de bajo intercambio gaseoso, como se da en suelos compactados .

Entre los efectos que provocan los detergentes, se encuentra la disminución de la retención de la humedad del suelo, lo cual afecta la eficiencia de riego y el rendimiento de los cultivos por falta de agua. Los detergentes aíslan a los microorganismos del suelo, impidiendo que degraden la materia orgánica, con lo cual disminuye el aporte de nitrógeno desde el suelo, lo que implica potenciales pérdidas de rendimiento. Además, algunos detergentes contienen elementos que alteran el pH.

Los detergentes suelen contener elementos en su formulación, que contribuyen a la contaminación del agua de riego, como por ejemplo sales, fósforo, y nitrógeno.



La **Manifestación y Magnitud** del efecto de los contaminantes en los cultivos y el suelo, depende de factores como:

- El tipo de suelo.
- La susceptibilidad de la especie.
- La forma de riego.
- El clima.
- El tiempo de exposición al agua contaminada.

Hay variaciones en la susceptibilidad al daño por contaminantes entre las diferentes especies y también entre variedades. Para atenuar los efectos adversos de un contaminante o un conjunto de contaminantes, se debe realizar prácticas adecuadas de manejo, como por ejemplo: selección de especies y variedades tolerantes, rotación de cultivos, selección de métodos de riego más adecuados, aportes adicionales de agua de riego para el lavado de sales o el uso de enmiendas para neutralizar el pH, entre otras.

En general, mientras más prolongado sea el tiempo de exposición de un cultivo o del suelo a un contaminante, mayor será el riesgo de que se manifiesten efectos adversos.

Las características propias del suelo como textura, profundidad, capacidad de retención de humedad y contenido de materia orgánica, influirán tanto sobre el poder de neutralización del contaminante, como también sobre el vigor de la planta para contrarrestar o atenuar los efectos. También influye el estado de desarrollo de la planta, el estado sanitario y nutricional.

Factores como temperatura, humedad y precipitaciones, pueden contribuir a neutralizar, lavar, diluir o degradar elementos contaminantes, pero también pueden generar procesos que concentren o potencien el efecto de un contaminante sobre las plantas.

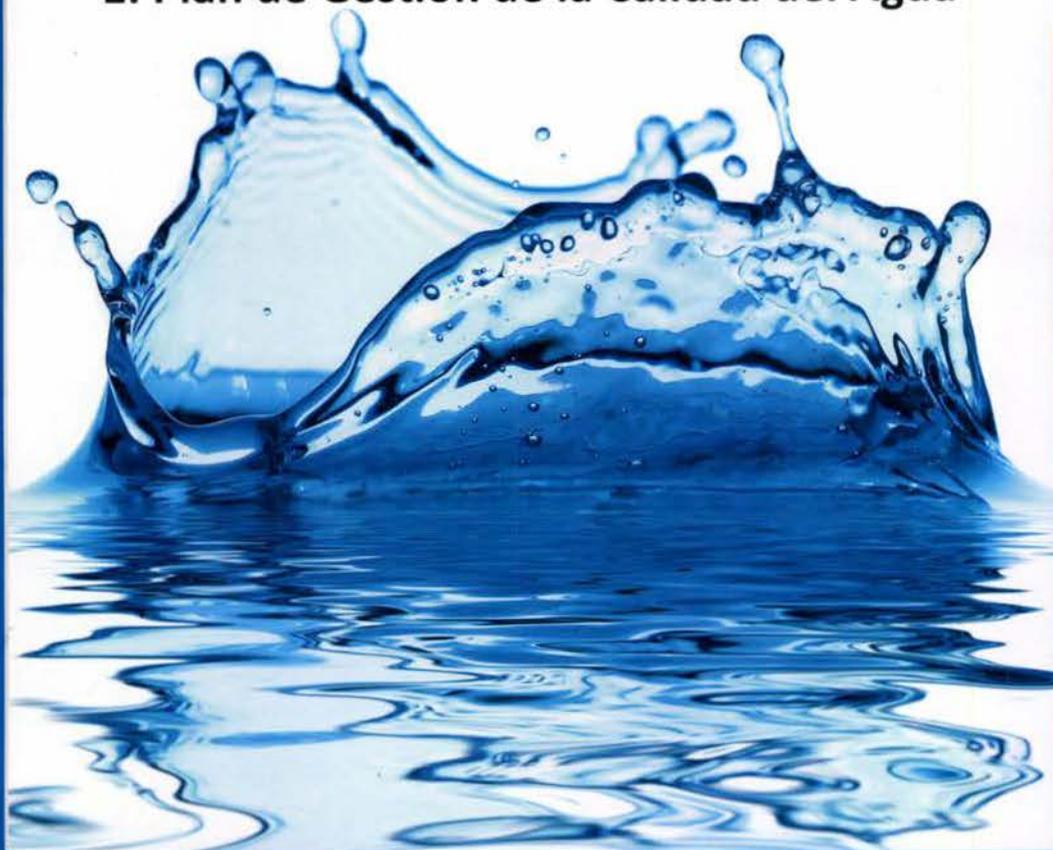


**MANUAL**  
**BASES PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD**  
**DEL AGUA DE RIEGO**

*UNA SITUACIÓN NO MEJORA .... SI  
NADIE DIRIGE LAS ACCIONES  
PARA PRODUCIR CAMBIOS.*

**MÓDULO 2**  
**ENFRENTANDO EL PROBLEMA**

## 1. Plan de Gestión de la Calidad del Agua



Las posibles soluciones al problema de contaminación que afecta a las aguas de riego, se deben organizar en torno a un Plan de Gestión de la Calidad del Agua. De esta forma se puede organizar y ejecutar de mejor manera, todas las acciones que ayuden a lograr el objetivo final, que en este caso es contar con aguas de riego libres de contaminación.

Las acciones se pueden clasificar en dos grupos:

Acciones más permanentes y de largo plazo, las cuales tienen un sentido estratégico y sustentan el éxito de las acciones puntuales de corto plazo.

Acciones o proyectos puntuales, los cuales tienen un horizonte de tiempo más inmediato para el logro del objetivo planteado.

En ambos tipos de acciones, es necesario considerar los recursos involucrados, para que el plan sea realista y orientado a la mejora continua, ayudando de esta forma a la eficacia y eficiencia de los procesos considerados dentro del Plan.

Un Plan de Gestión refleja la voluntad de una Organización de Usuarios del Agua, de velar por que el agua de riego que distribuye, cumpla con la calidad que demandan sus socios y también el conjunto de la sociedad.



Un Plan de Gestión de la Calidad del Agua, es un ordenamiento de acciones para mejorar la calidad de las aguas de riego, basado en la delegación de responsabilidades, asignación de recursos y definición de objetivos, metas y plazos.

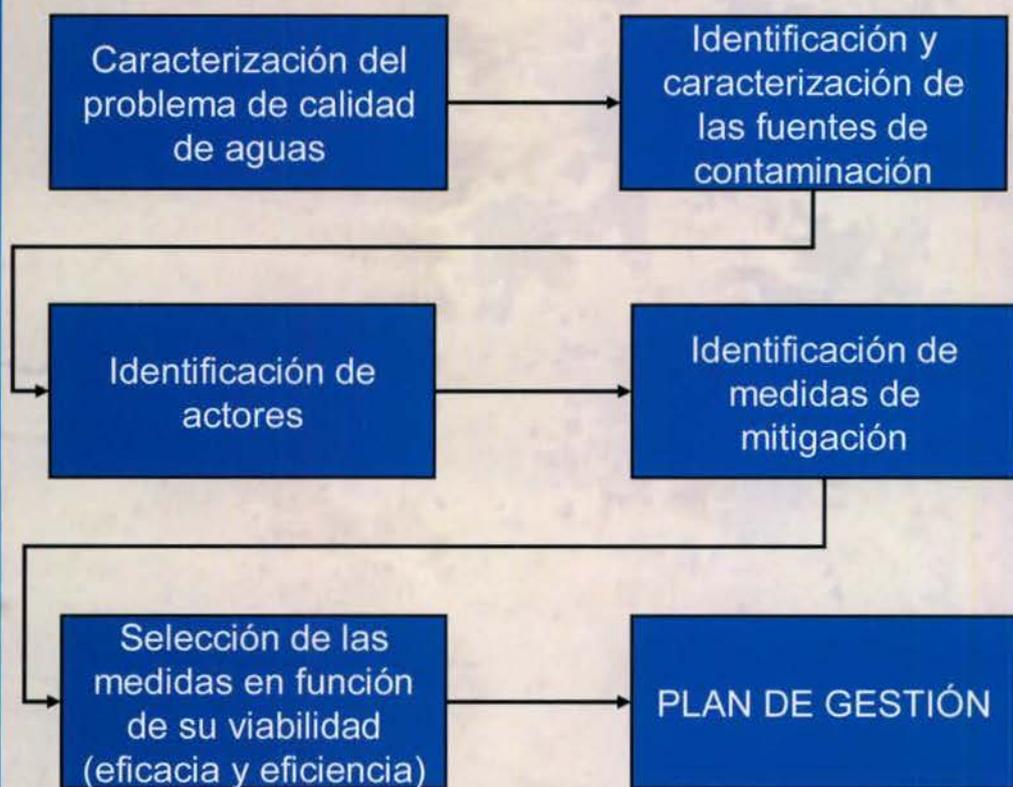
Un plan debe tener un alcance realista. Para esto, la OUA debe tener en cuenta durante su diseño, la magnitud de los problemas existentes de calidad de agua y su propia capacidad para llevar a cabo las acciones que se requieran implementar.

Las acciones que se propongan para controlar un problema de contaminación

de aguas, deben considerar la dimensión y/o caracterización de este problema, con información objetiva y cuantificable. También se debe establecer las acciones necesarias, así como las responsabilidades, la asignación de recursos humanos, financieros y materiales, las metas y plazos para su cumplimiento.

Por la naturaleza de los problemas que afectan la calidad de las aguas en los ríos y canales, se requerirá el concurso de diversos actores públicos y privados, por lo tanto el Plan de Gestión debe recoger esta realidad, incorporando acciones de coordinación interinstitucional.

## ESTRATEGIA PARA ELABORAR EL PLAN DE GESTIÓN



Para elaborar el Plan de Gestión hay que saber cual es la calidad actual del agua y como varía ésta en el tiempo y en el espacio. En los canales, se debe establecer si dicha calidad se ve afectada desde la bocatoma, por el ingreso de agua desde otros sistemas de canales o por alguna descarga específica, determinando la variación de la calidad del agua durante su paso por diferentes secciones del canal.

Si el deterioro de la calidad del agua se produce al interior del canal, hay que determinar el lugar donde ingresan los contaminantes de interés, que potenciales fuentes puntuales y difusas se encuentran en ese tramo, que factores condicionan el ingreso del contaminante, en cuanto a oportunidad y cantidad, así como cual es

la importancia relativa del impacto de las fuentes identificadas.

La priorización de las fuentes contaminantes y las posibles soluciones a implementar, definirá los actores que pueden participar de la solución.

Caracterizada la fuente de contaminación e identificadas las posibles acciones para minimizar o eliminar la descarga de contaminantes, se evalúa las medidas a adoptar. Esta evaluación debe considerar los efectos sociales, económicos y ambientales de las distintas alternativas y de los factores de éxito de cada una de ellas.

Finalmente se organizan las acciones en un Plan de Gestión.

## PROCEDIMIENTOS DOCUMENTADOS Y REGISTROS MÍNIMOS

### Estructura de los procedimientos:

- 1.- Objetivo.
- 2.- Etapas.
- 3.- Responsabilidades.
- 4.- Registros asociados.

### Ejemplos de Registros

Parámetro de terreno de calidad de agua

Denuncias de problemas de calidad de agua

Características de la fuente de contaminación

Actas de asamblea

Avances en el control de fuentes contaminantes

Denuncias de fuentes de contaminación

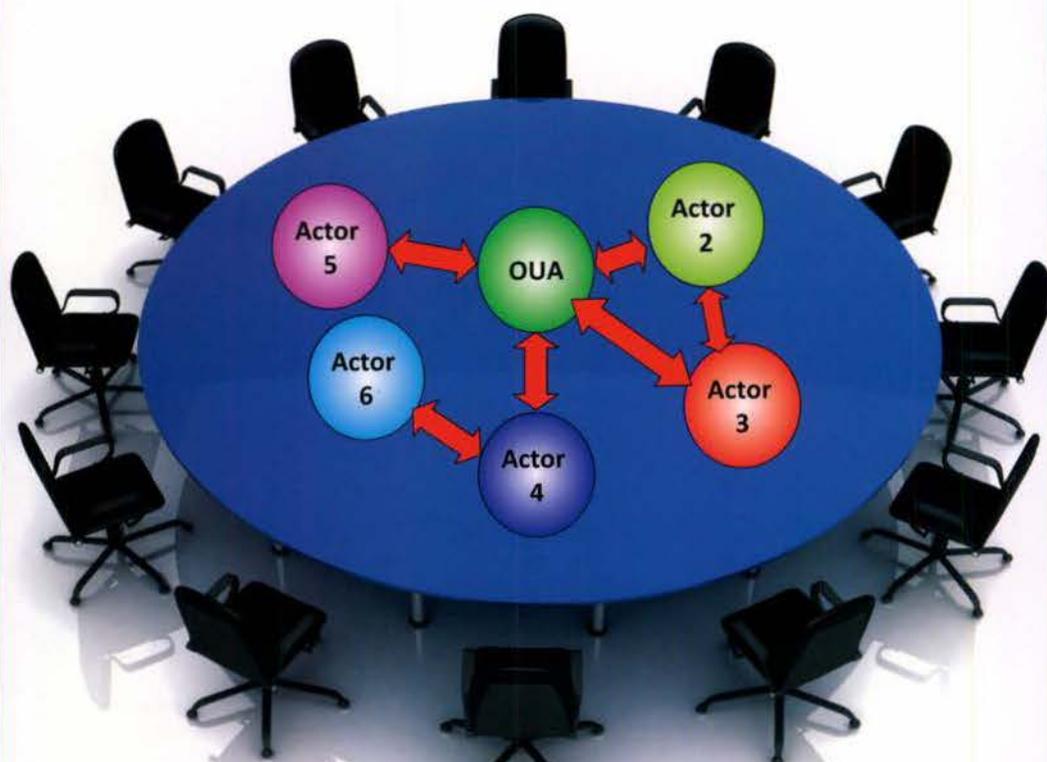
Informe de Laboratorio

Mapas y Diagramas

Se requiere que la OUA formalice las acciones que desarrolla para gestionar la calidad del agua de riego. Esta formalización tiene como objetivo, transmitir y revisar como se hacen las cosas y sobre esta base proponer mejoras a las mismas, establecer responsabilidades y asegurar que las acciones no queden sujetas a criterios arbitrarios.

Esta formalización se materializa con la elaboración de procedimientos escritos, en los cuales se establece el objetivo que se persigue con el procedimiento, las etapas o acciones estandarizadas que involucra, los responsables de ejecutar las etapas o acciones y los registros asociados al procedimiento.

Los procedimientos y sus registros asociados, minimizan el riesgo de perder información valiosa o de realizar acciones de manera incompleta. A su vez permite corroborar las acciones implementadas por la OUA y construir un historial de antecedentes para una mejor gestión.



## 2. Coordinación de las OUA con otros actores

Las soluciones a los problemas que afectan la calidad del agua de riego, requieren del trabajo conjunto de diversos actores, ya que la OUA no puede resolverlo todo.

Esta coordinación se debe hacer en un marco de reconocimiento de los intereses particulares de cada uno de los actores, los que deben supeditarse a un interés general y de consenso.

El tipo de trabajo que se desarrolle con los diversos actores, va a depender de los objetivos que se hayan definido previamente.

Dado el origen de los problemas y su dinámica, es posible requerir el concurso de uno o más actores, de acuerdo a cada objetivo específico que se plantee.

La coordinación de diversos actores se basa en compartir un diagnóstico común del problema, sus causas y las soluciones necesarias a implementar.

## COORDINACIÓN CON ORGANISMOS PÚBLICOS



Organismo Público	Ámbito de Coordinación
CONAMA Regional	Comité Ampliado de la Norma Secundaria.
SISS	Decreto Supremo 90.
SEREMI de Salud	Aplicación del Código Sanitario.

En el marco de la Norma Secundaria, las OUA y en particular las Juntas de Vigilancia, pueden coordinar con la CONAMA Regional el aporte de información y antecedentes de calidad de agua y participar en los Comités Ampliados.

En relación al control de descargas, se debe coordinar con la SISS y la SEREMI de Salud la aprobación de descargas de RILES sujetas al D.S N°90 y las sujetas según el Código de Aguas, respectivamente, así como su fiscalización y seguimiento de denuncias.

## COORDINACIÓN CON ORGANISMOS PÚBLICOS

Organismo Público	Ámbito de Coordinación
Municipio	Control de Fuentes.
INDAP PRODESAL Municipio SAG	Capacitación.
INDAP CNR	Ley 18.450 Programa de Riego
MINAGRI	Ley 19.300. Ley 3.557

Con el Municipio se puede impulsar la elaboración de Ordenanzas Municipales para regular las fuentes de contaminación, difusas y puntuales. Este también puede participar en el seguimiento de denuncias.

Con INDAP, PRODESAL, Municipios y SAG, se puede coordinar acciones de capacitación en base a los problemas de contaminación detectados.

Con el Ministerio de Agricultura se puede ver como fundamentar una presentación por Daño Ambiental, que afecte a obras de riego o cultivos.

Con INDAP y CNR, se puede coordinar la entrega de antecedentes que permitan definir y focalizar de mejor manera algunos instrumentos de fomento.

## COORDINACIÓN CON OTROS ACTORES

Otro Actor	Ámbito de coordinación
OTEC	● Capacitación
Establecimiento educacional	● Sensibilización.
Escuela Agrícola	● Difusión y capacitación de BPA.
Organización Social (Junta de Vecinos, etc.)	● Sensibilización. ● Inversión.
Laboratorio de Análisis de Aguas	● Convenio.

El sector rural es un espacio donde las OUA comparten con otros actores privados, con los cuales es necesario coordinarse para resolver el problema de contaminación de las aguas, el cual representa un freno a la actividad agrícola y afecta también a otros ámbitos, como por ejemplo:

- La salud de los trabajadores agrícolas.
- La salud de quienes usan las aguas con fines recreacionales.
- La salud de los animales que utilizan el agua para bebida.
- El deterioro ambiental, considerado como un empobrecimiento de la calidad de vida.

Otra esfera de coordinación de tipo práctico, se puede dar con aquellas instituciones o empresas que puedan prestar servicios, como es el caso de Laboratorios de Análisis de Agua.

## COORDINACIÓN CON OTROS ACTORES

Otro Actor	Ámbito de coordinación
Otra OUA	Norma Secundaria. Capacitación y sensibilización. Comité Ampliado. Normas Legales. Convenios de trabajo e intercambio de experiencias.
Asociación de Productores	Estudios de Calidad de Agua. Sensibilización y capacitación.
Industria	Estudios de Calidad de Agua. Descargas.

En el ámbito de coordinación con otras OUA, se puede compartir información sobre calidad de aguas, desarrollar acciones comunes en el ámbito legal y coordinar criterios en el marco de la Norma Secundaria. Por último, se puede dar una transferencia de experiencias en temas de capacitación y sensibilización. Esto último también puede ser trabajado con las Asociaciones de Productores.

Con las industrias que descargan sus aguas residuales, se podrían generar convenios de monitoreo de la descarga, evaluar el costo de recibir esas aguas residuales, estudios de calidad de agua y fiscalización.

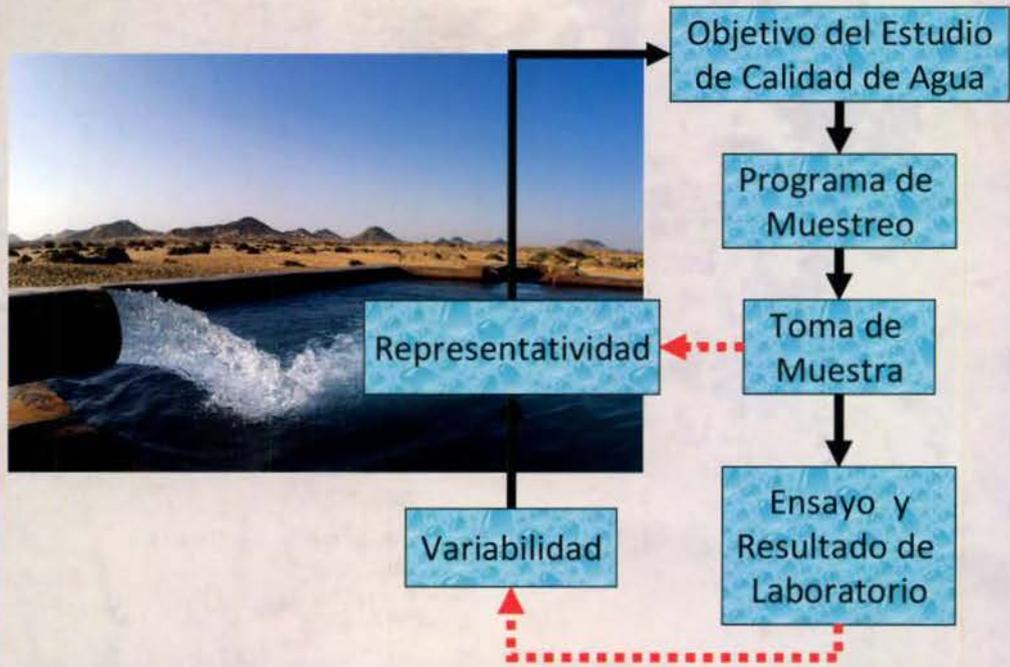
### 3. Estudio de Calidad de las Aguas



La base para mejorar la calidad del agua de riego, es establecer en primer lugar, cual es el nivel de los parámetros de interés. Para esto, es necesario desarrollar estudios de calidad del agua de riego y de posibles fuentes de contaminación.

Los estudios pueden ser puntuales o permanentes en el tiempo, transformándolos en verdaderos Planes de Vigilancia.

## ETAPAS DE UN ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA



Un Estudio de Calidad de Aguas no comienza ni termina con el muestreo del agua, sino que involucra una serie de etapas e interrelaciones. El estudio debe permitir el tomar acciones concretas para mejorar o preservar la calidad del agua de riego.

En la definición del programa de muestreo, también hay que considerar la variabilidad temporal y/o espacial que puede experimentar la calidad del agua. Conocer de mejor manera esta variabilidad determina lo representativo del estudio que se realiza.

La representatividad de la muestra de agua también depende de su adecuado manejo; disponiendo del volumen requerido y que se preserve de manera adecuada para evitar que se alteren los parámetros de calidad del agua.



**EL MONITOREO DEBE AYUDAR AL DISEÑO DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE DESCONTAMINACIÓN A NIVEL DE RÍOS, CANALES Y PREDIOS.**

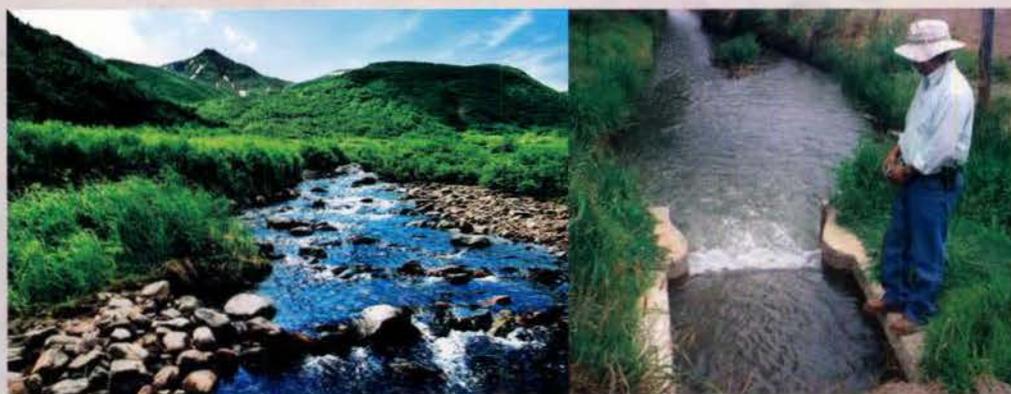
La OUA debe reflexionar sobre el objetivo del Estudio de Calidad de Aguas, para su diseño.

A través del monitoreo se debe intentar responder las siguientes preguntas:

- ¿Las aguas en el canal cumplen la norma?
- ¿Las descargas que hay afectan la calidad del agua?
- ¿Que cantidad de contaminantes trae la descarga?
- ¿Tengo contaminación difusa en algún tramo de canal?
- ¿Qué efecto tiene el aporte de aguas desde otro canal?
- ¿El agua en la bocatoma cumple con la norma?
- ¿Cómo varía la calidad del agua en el año y en diferentes puntos?
- ¿Cuáles podrían ser las causas de las variaciones?

### El Programa de Muestreo debe:

- Definir y planificar acciones y procedimientos en terreno.
- Considerar las condiciones del terreno.



El programa de muestreo debe ser capaz de entregar información representativa de la calidad del agua y tomar en cuenta su variabilidad estacional durante el año. Para ello es necesario definir los parámetros, las fechas para tomar las muestras, los puntos de muestreo, el período de tiempo que abarca el muestreo, el número de muestras y frecuencia de muestreo.

También se debe precisar el tipo de muestras que se va a tomar, pudiendo ser puntual o compuesta. La muestra puntual permite determinar valores máximos y mínimos de calidad de agua en un punto y momento determinado, en tanto la muestra compuesta,

conformada por submuestras, establece una situación promedio para un período de muestreo.

Esta planificación debe tener presente las condiciones del terreno, para considerar la seguridad del personal de muestreo, los costos asociados a la accesibilidad del punto de muestreo y la forma de tomar la muestra.

## TOMA DE MUESTRA

- No se debe alterar la muestra durante la extracción, preservación y traslado hacia el laboratorio.
- Debe ser representativa de las condiciones del agua.
- Se debe llevar un registro de parámetros de terreno.



Los materiales para tomar las muestras deben estar limpios y preparados de acuerdo al tipo de parámetro a muestrear. También se debe contar con los preservantes, las instrucciones de terreno, las etiquetas y documentos, como por ejemplo la Cadena de Custodia.

Las muestras se toman a lo menos a 30 centímetros de profundidad y sin tocar el fondo. Se debe tener la precaución de utilizar los envases de acuerdo al tipo de parámetro y las indicaciones del laboratorio. Por ejemplo, el envase para Coliformes Fecales se debe abrir justo antes de llenarlo, dejando un espacio con aire y se debe cerrar inmediatamente después de haber tomado la muestra. Cada parámetro requiere de un volumen

mínimo y de una preservación específica que evite reacciones químicas, físicas y biológicas que hagan variar su concentración durante el traslado.

Se debe llenar un registro de terreno con información útil para poder interpretar y comparar los resultados. Algunos datos de interés son: caudal, hora, fecha, condiciones del día, situaciones que se estén produciendo aguas arriba y condiciones del agua como color, olor, apariencia, etc.

Para el seguimiento de la muestra se debe etiquetar correctamente el envase, señalando el punto de monitoreo, hora, fecha, parámetro a analizar, etc.



#### Aspectos que se debe conocer del Laboratorio:

- Acreditación vigente para los parámetros a medir.
- Técnica analítica o ensayo a emplear.
- Cómo se informa el resultado para su correcta interpretación y comparación.
- Condición de ingreso de la muestra.

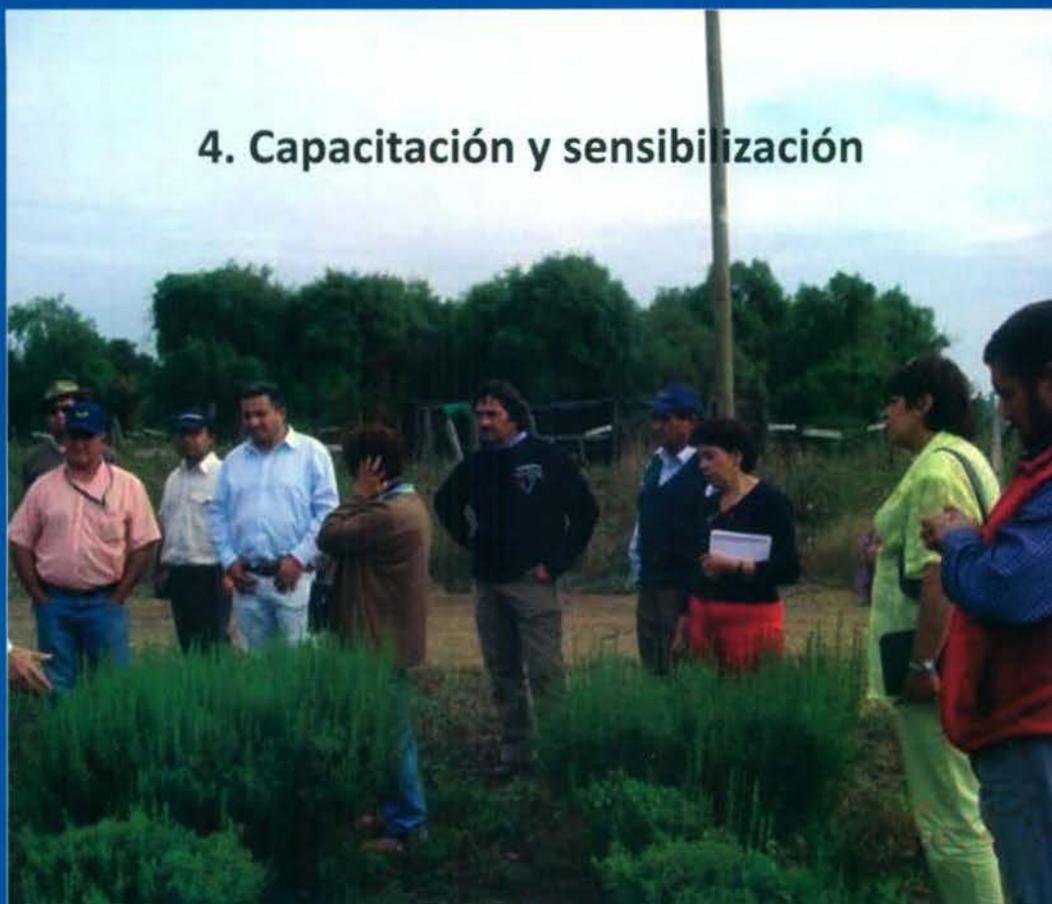
Los parámetros pueden ser analizados por los laboratorios con distintas técnicas analíticas y por eso la OUA debe señalar la técnica que requiere. Esto es relevante ya que uno de los pilares sobre los que se construye la comparación de datos, es que hayan sido obtenidos con la misma técnica.

Para establecer la técnica analítica se puede considerar las que indican las normas de uso, de emisión de aguas residuales y las normas primarias o secundarias de calidad. Sin perjuicio de la técnica que se decida emplear, se sugiere trabajar con laboratorios cuya acreditación del Instituto Nacional de

Normalización, esté vigente para el parámetro de interés.

Al laboratorio se le debe indicar las unidades con que se deben expresar los resultados para cada parámetro en el informe. Esto facilita la comparación entre datos expresados en las mismas unidades. Por último, el informe debe señalar claramente las técnicas analíticas empleadas, junto con sus límites de detección y de cuantificación.

## 4. Capacitación y sensibilización



La sensibilización tiene como objetivo, provocar cambios de percepción y de conducta con respecto a un tema en particular.

La capacitación implica la transferencia de conocimientos técnicos, que tengan una aplicación práctica en la solución del problema que se desea resolver.

Dentro del alcance de un Plan de Gestión de Calidad de Agua, se debiera considerar acciones de sensibilización y capacitación.

**¡Aquí cuidamos el  
agua de riego,  
no la contaminamos!**

La Comunidad de Aguas Canal Punta del Viento junto con la  
Comisión Nacional de Riego (CNR), el  
Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) y la  
Ilustre Municipalidad de San Vicente de Tagua Tagua están  
trabajando para proteger la calidad de nuestras aguas de riego.



CENMA



CANAL PUNTA  
DEL VIENTO



Regando Futuro



MUNICIPALIDAD DE  
SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA

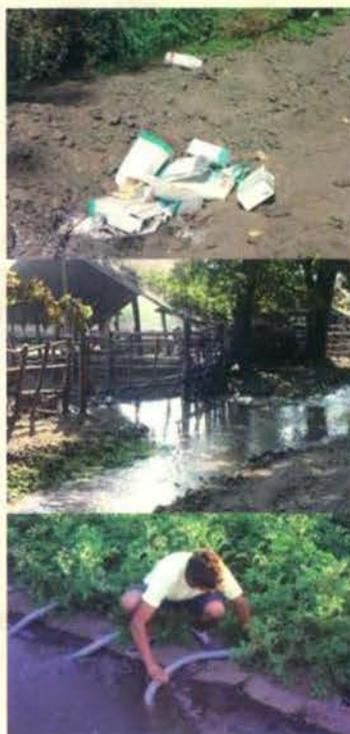
**LA SENSIBILIZACIÓN DEBE BUSCAR  
CAMBIOS DE ACTITUD A TRAVÉS DE  
MENSAJES CLAROS**

La sensibilización debe considerar los siguientes elementos:

- La característica del público al cual se dirige la campaña.
- Cualquiera sea el público, el mensaje que se transmita debe ser claro, directo y breve, adaptado a la capacidad de comprensión del público objetivo.
- Se debe seleccionar los medios de difusión más apropiados: medios escritos (diarios comunales, regionales, informativos de la OUA), radios locales, señalética (letreros, afiches), charlas, entre otras.
- Se debe contar con material de difusión para distribuir en charlas, reuniones y asambleas.
- Cierta tipo de obras, como la instalación de rejas para atrapar basuras o entubamiento en canales, contribuyen a potenciar las campañas de sensibilización.

## TEMAS QUE PODRÍAN FORMAR PARTE DE UN PROGRAMA DE SENSIBILIZACIÓN CON REGANTES

- Información de la situación de pozos de Agua Potable Rural (APR).
- Evaluación del manejo de la ganadería y animales domésticos.
- Evaluación de prácticas agrícolas más utilizadas.
- Problemas de comercialización y enfermedades asociadas a la contaminación de las aguas.
- Costo de limpieza de los canales de riego.
- Contaminación difusa producto de malas prácticas de riego.
- Evaluaciones de costo – beneficio entre prevenir v/s mitigar la contaminación.
- Diseño y difusión de mensajes.



Las actividades de sensibilización se pueden fortalecer con una evaluación de las prácticas (agrícolas o domésticas) que inciden en la contaminación de las aguas. Esto se puede acompañar con antecedentes económicos y de efectos en la salud humana.

La Agricultura es una Fuente de Contaminación Difusa de las aguas superficiales a través de los retornos de aguas de riego, más conocidos como derrames. Es importante resaltar el impacto que tiene la agricultura en el problema de contaminación de las aguas.

Con respecto a la contaminación microbiológica, resulta de interés informar sobre los costos involucrados en el control de la contaminación, así como el costo económico y social de no poder cultivar ciertas especies vegetales, debido a la mala calidad del agua.

Del mismo modo, se hace necesario cuantificar los costos de limpieza de los sedimentos del canal y los efectos a nivel predial.

Los resultados serán la base para el diseño y difusión de mensajes a través de letreros, cartillas, mensajes radiales y reuniones, entre otros.

## TEMAS QUE PODRÍAN FORMAR PARTE DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

- Programa técnico de fertilización basado en análisis y requerimiento de los cultivos.
- Manejo integrado de plagas (MIP) y buen uso de plaguicidas.
- Buenas Prácticas Ganaderas.
- Gestión de residuos en el predio.
- Buenas prácticas agrícolas de riego.
- Manejo eficiente y sustentable de los recursos hídricos.



La capacitación debe considerar la evaluación de las prácticas agrícolas que se utilizan y a partir de esta realidad, se debe identificar cuales son los posibles cambios que se requieren y la forma de hacerlo.

Básicamente, la capacitación se basa en la realización de talleres, seminarios, visitas a terreno y en el uso de material didáctico como manuales, videos, cartillas, etc.

Un tema relevante dentro del programa de capacitación, lo constituye las Buenas Prácticas de Riego, las cuales ayudan a utilizar el agua de manera más eficiente y a prevenir y reducir su contaminación.



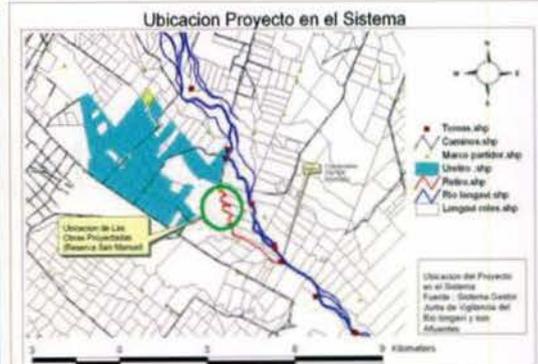
## 5. Equipamiento e Inversiones

Contar con una mejor calidad de agua para riego, puede requerir de inversiones para prevenir, mitigar y controlar el aporte de fuentes puntuales y difusas.

Estas inversiones pueden ser financiadas con el apoyo del Estado, con recursos propios o con el apoyo de otros actores privados.

## EQUIPAMIENTO

Objetivo	Tipo de equipamiento y accesorios
Contar con información territorial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● GPS - Cámara fotográfica</li> <li>● Aforador de Caudal.</li> <li>● Plano – Cartografía.</li> <li>● Equipamiento computacional.</li> </ul>
Información de calidad de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipo de medición portátil - Fijo.</li> <li>● Soluciones de Calibración y Limpieza.</li> </ul>



Para mejorar la calidad del agua de riego, se requiere de algunos recursos económicos que permitan obtener datos de terreno, procesarlos o manejarlos, y en particular, obtener información básica de los parámetros de calidad del agua.

Para conocer la situación de los parámetros de calidad del agua en terreno, existe en el mercado algunos equipos portátiles que permiten medir, por ejemplo, pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, y otros algo más complejos, para determinar parámetros como compuestos nitrogenados y fosforados.

Es importante contar con el instrumental mínimo que permita obtener información de calidad para la toma de decisiones, por lo tanto si la OUA no cuenta con ello, debe considerarlo en su presupuesto.

## INVERSIONES

Objetivo	Inversión
Remoción de sólidos gruesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rejas provistas de vertederos.</li> <li>● Entubamiento/Abovedamiento.</li> </ul>
Impedir ingreso de contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Desvío del canal.</li> <li>● Abrevaderos para animales.</li> <li>● Pasos para animales.</li> <li>● Rejas perimetrales.</li> </ul>
Remoción de sólidos decantables.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Decantadores.</li> </ul>



Abovedamiento de canal



Reja



Sedimentador.

Las inversiones a implementar dependen tanto de los requerimientos de calidad, como de las posibilidades de financiamiento.

Debe haber una priorización de las inversiones más urgentes y apropiadas frente a los problemas, de tal forma que los esfuerzos y recursos invertidos no se diluyan en acciones parciales, que no logren avances en la mejora de las condiciones de calidad del agua de riego.

Por ejemplo, si se desea enfrentar un problema de basuras domésticas en un tramo de canal, el entubamiento o la instalación de rejas perimetrales puede

ser una alternativa, entendiendo que no son la solución de fondo al problema. Si las soluciones sólo se pueden aplicar a nivel predial, entonces hay que pensar en el uso de tecnologías específicas de acuerdo al tipo de contaminante.

**Para mitigar la contaminación a nivel intrapredial existen diversas tecnologías**



Para el control de coliformes fecales a nivel predial, existen algunas alternativas entre las que destaca el uso de Luz Ultravioleta.

La Comisión Nacional de Riego, cuenta con una Unidad de Validación Tecnológica, ubicada en la Comuna de Coltauco, VI Región, la cual cuenta con equipos de UV, Microfiltración y Ozono.

Este tipo de Tecnologías u otras, se pueden presentar al concurso especial de calidad de aguas que tiene la Comisión Nacional de Riego en el marco de la Ley 18.450.

## LEY 18.450 DE FOMENTO A LA INVERSIÓN PRIVADA EN OBRAS DE RIEGO Y DRENAJE

- Instrumento de Fomento administrado por la Comisión Nacional de Riego (CNR).
- Corresponde a un fondo concursable.
- Cuenta con un calendario anual, dividido en concursos específicos para zonas geográficas, tipo de productores y organizaciones.
- Existe un concurso especial orientado a prevenir o mitigar la contaminación de las aguas de riego.



Desde su origen, en 1985, esta normativa ha tenido por finalidad, incrementar la superficie regada del país, mejorar del abastecimiento de agua en aquellas áreas regadas en forma deficitaria, incentivar un uso más eficiente de la aplicación del agua e incorporar nuevos suelos a la explotación agropecuaria, esto último, por la vía de eliminar el mal drenaje o facilitar la puesta en riego predial.

Las obras de riego bonificadas por esta Ley, han permitido mejorar la conducción del agua evitando pérdidas en canales y cauces, ha contribuido a incrementar la superficie regada y, en forma muy importante, aumentar la

eficiencia del uso del agua, mediante el incremento de las superficies de riego tecnificado en las distintas regiones del País. Este instrumento de fomento, permite potenciar sustantivamente la actividad de las OUA y focalizar recursos en concursos especiales con el objetivo de mitigar o prevenir la contaminación de las aguas de riego

La Ley N° 18.450 fue modificada en diciembre de 2009 por la Ley N° 20.401, que entre otras cosas, proroga su vigencia por un plazo de 12 años.

Para más información, revisar la página Web de la CNR : [www.cnr.cl](http://www.cnr.cl)

## REFERENCIAS

### Módulo 1

- Instituto Nacional de Normalización, NCh409/1.Of2005 Agua potable - Parte 1: Requisitos
- Instituto Nacional de Normalización, NCh1333.Of1978 MOD.1987 Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.
- DS 609 Establece Normas de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

### Módulo 2

- Instituto Nacional de Normalización, NCh410.Of1996 Calidad del agua – Vocabulario.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh411/1.Of1996 Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh411/10.Of2005 Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Muestreo de aguas residuales - Recolección y manejo de las muestras
- Instituto Nacional de Normalización, NCh411/2.Of1996 Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh411/3.Of1996 Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras
- Instituto Nacional de Normalización, NCh411/6.Of1998 Calidad del agua - Muestreo - Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh9000.Of2001 ISO 9000:2000 Sistemas de gestión de calidad - Fundamentos y vocabulario.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh-ISO9001.Of2009 Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh9004.Of2001 ISO 9004:2000 Sistemas de gestión de calidad - Directrices para el mejoramiento del desempeño.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh-ISO10013.Of2003 Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh2796-Of 2003Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Vocabulario.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh2797-Of 2009Acuerdos de **Producción Limpia** (APL) - Especificaciones.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh 2807-Of 2009Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Diagnóstico, seguimiento y control, evaluación final y certificación de cumplimiento .
- Instituto Nacional de Normalización, NCh2825-Of 2009Acuerdos de Producción Limpia (APL) - Requisitos para los auditores y procedimiento de la auditoría de evaluación de cumplimiento.
- DFL 122 Código de Aguas.
- Ley 19.300 Ley de Bases del Medio Ambiente.
- DS 93 Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión
- DS 94 Reglamento que fija el procedimiento y etapas para establecer Planes de Prevención y de Descontaminación.