



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
COMISION NACIONAL DE RIEGO

"MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN CANALES DE REGADÍO"



Autor Leoncio Martínez B.
Ingeniero Agrónomo Ph.D

"MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN CANALES DE REGADÍO"



Autor: Leoncio Martínez Barrera
Ingeniero Agrónomo Ph.D Riego
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Director
Responsable: Alfonso Osorio Ulloa.
Ingeniero Agrónomo M.Sc.
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Comité
Editor: Antonio Muñoz P. ,Ingeniero Agrónomo
Profesional Área de Transferencia Tecnológica
Comisión Nacional de Riego

Angela Rojas Escudero.,Ingeniero Agrónoma
Representante Regional
Comisión Nacional de Riego

Luis de Miguel Paul. ,Ingeniero Agrónomo
Coordinador Área de Transferencia Tecnológica
Comisión Nacional de Riego

Angélica Salvatierra González.
Ingeniera Agrónoma Ph.D Fruticultura
Subdirectora de Investigación y Desarrollo
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo M.Sc., Riego
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Denisse Avila Rojas.
Periodista y Licenciada en Comunicación Social
Unidad de Comunicaciones
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Este Manual fue editado por el Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA del Ministerio de Agricultura de Chile, financiado por la Comisión Nacional de Riego.

Cita Bibliográfica :

MARTÍNEZ, L. 2003. Manual de Buenas Prácticas Ambientales en canales de Regadío. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). Comisión Nacional de Riego (Chile)

Diseño y diagramación: Binden Art
Impresión: Grafic Suisse

Cantidad de ejemplares: 1000
La Serena, Chile, año 2003

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	4
EL CICLO HIDROLÓGICO	5
Evaporación del agua	5
Condensación y retorno del agua	5
CALIDAD DEL AGUA	7
¿Quiénes vigilan la calidad de las aguas?	8
Norma de calidad de aguas	8
Tabla de estándares de calidad para aguas de riego	9
CONTAMINACIÓN DEL AGUA	10
Contaminación puntual.. .. .	10
Contaminación difusa	11
Contaminación por organismos patógenos	12
Contaminación por basuras	15
Contaminación por residuos líquidos domésticos	18
Contaminación provocada por la actividad agrícola	22

INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria representa un sector muy importante para el país, debido a la producción de alimentos y al movimiento económico que genera toda la cadena productiva, de transporte y comercialización. Esta actividad agropecuaria debiera contemplar un mínimo impacto ambiental posible y ser capaz de producir productos sanos y de calidad. En este desafío, influye de manera determinante las prácticas agrícolas seleccionadas, los insumos utilizados y la protección de los recursos naturales como el agua.

Los agricultores, deben procurar el funcionamiento adecuado de todo el sistema de riego para minimizar las pérdidas de agua y evitar su contaminación a nivel predial. No obstante, debido a que los canales y ríos pasan frente a casas, villorrios, caminos y lugares públicos, todos tenemos la obligación de no contaminar las aguas y así proteger la agricultura local.

Este manual tiene por objetivo analizar los mecanismos que provocan esta contaminación y las prácticas ambientales recomendadas para prevenir este grave problema.

Gran parte de los problemas de contaminación de agua en los canales de regadío se pueden evitar.

EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico representa los caminos que sigue el agua en la naturaleza y es importante conocerlo para comprender el efecto que tiene la acción del hombre sobre la calidad del agua de riego. Un esquema muy simplificado del ciclo hidrológico se presenta en la **Figura 1**.

Evaporación del agua: El Sol calienta la Tierra y parte de esa energía es utilizada para evaporar el agua desde el mar, lagos y ríos. Este vapor de agua forma las nubes. Si no hubiese evaporación y formación de nubes, el planeta tendría una mayor temperatura y no existiría la vida como la conocemos actualmente.

Condensación y retorno del agua: Las nubes son arrastradas por acción del viento, y una vez que se encuentran saturadas de agua, producen la lluvia y la nieve. La lluvia cae sobre el suelo y rápidamente inicia su viaje de retorno al mar, reiniciándose nuevamente el ciclo. La nieve se demora más en completar el ciclo debido a que debe esperar temperaturas más altas para derretirse.

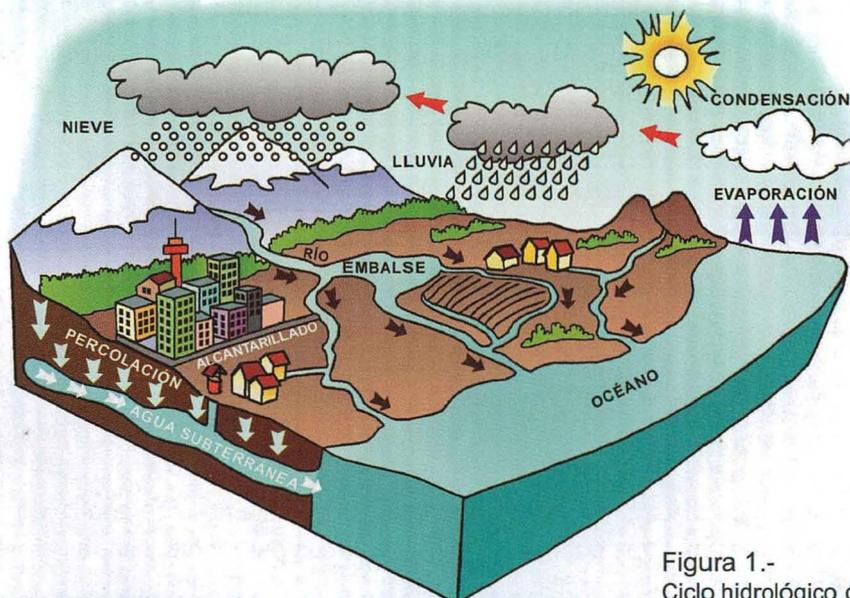


Figura 1.-
Ciclo hidrológico del agua.

El agua se mueve en forma de pequeños arroyos hacia lugares de posición más baja y en el trayecto se une con otros arroyos para formar pequeños riachuelos. Varios riachuelos forman un río y éste conduce finalmente todas las aguas hacia el mar. En algunos valles se han construido embalses, que tienen por función acumular agua durante las épocas de lluvias o derretimiento de nieve para utilizarla en épocas de menor abundancia.

Parte del agua que fluye superficialmente, se infiltra e inicia bajo el suelo su viaje hacia el mar. Esta agua subterránea puede ser elevada mediante bombas hasta la superficie para su uso en la agricultura, la industria, la minería o como agua potable para ciudades y villorrios.

Los ríos siempre ocupan la posición más baja dentro de la cuenca, por lo tanto, para llevar agua desde el río a los predios agrícolas, es necesario conducirla por canales ubicados al pie de los cerros. En el río se construyen bocatomas para conducir el agua hacia los canales y finalmente mediante este sistema conducir el agua hasta los potreros donde es utilizada por los agricultores.¹

Los agricultores no son los únicos usuarios del agua, pero sí los más importantes desde el punto de vista de los volúmenes utilizados. También son usuarios las empresas de agua potable que proveen del servicio a las ciudades, las industrias que la utilizan para sus procesos y la minería. Todos estos usuarios, no utilizan el total del agua que captan desde los ríos o canales; parte de ella vuelve a la fuente de origen, otra parte infiltra y otra se evapora siguiendo con el ciclo hidrológico.

¹ La infraestructura de riego extrapredial, está compuesta por los canales de regadío y una serie de estructuras como bocatomas, marcos partidores, canoas aforadoras, compuertas, sifones, alcantarillas y puentes.

CALIDAD DEL AGUA

El agua proveniente de la nieve recién derretida es de muy buena calidad, ya que es prácticamente pura. A medida que el agua fluye desde la cordillera hacia el valle, tiene contacto con piedras, rocas, vegetación natural y fauna silvestre, lo que afecta su composición química, física y biológica. Esto es una condición normal y cada río presenta características propias de acuerdo a los materiales que componen las rocas, la vegetación y la fauna existente. Un ejemplo de ello son los ríos Turbio y Claro que juntos forman el Río Elqui en la IV Región. El Río Turbio presenta aguas con un alto contenido de limo y arcilla en suspensión y por esta razón sus aguas son de color café. En cambio, el Río Claro es de aguas cristalinas, debido a que no pasa por lugares donde existe marcada erosión del suelo.

El agua puede pasar por asentamientos humanos, compañías mineras, sectores agrícolas o industrias que utilizan agua en sus procesos, devolviéndola al río con una composición química, física o biológica diferente al agua que ellos captaron, contribuyendo a deteriorar su calidad. Las industrias que utilizan agua para sus procesos y luego los excesos son devueltos al cauce natural, deberían realizar algún tipo de tratamiento de éstas aguas o tomar acciones de mitigación de los posibles efectos ambientales negativos.

Es necesario hacer esfuerzos por mantener el agua con una calidad óptima para la agricultura y la salud humana.

El agua para consumo humano debe recibir un tratamiento que permita ser utilizada con seguridad por la población. En cuanto a las aguas residuales, (aguas que han sido utilizadas en la casa), éstas deben ser tratadas previamente antes de ser devueltas a sus fuentes naturales.

¿Quiénes vigilan la calidad de las aguas?

En el país hay diversas instituciones como el Servicio Nacional de Salud (SNS), el Servicio Agrícola Ganadero (SAG), la Dirección General de Aguas (DGA) y otras, encargadas de vigilar la calidad de las aguas en los ríos. Cuando se detecta una fuente de contaminación puntual, ellos establecen procedimientos para evitar que esto ocurra y así proteger la vida de las personas, la flora, fauna y el entorno que nos rodea.

Cuando usted observe la presencia de peces muertos, exceso de espuma, cambios bruscos de color y/o temperatura del agua, debe comunicarlo de inmediato a la autoridad local para establecer procedimientos que corrijan el problema y eviten riesgos a la salud de las comunidades ribereñas.

Norma de Calidad de Aguas

La Norma Chilena NCh 1333 "Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos", establece desde el año 1978 los niveles máximos permitidos en el agua, de diferentes compuestos químicos y físicos, además de parámetros de calidad biológica para el agua de riego y su uso seguro en la agricultura (Tabla 1). Este documento es una referencia que nos permite determinar la calidad de las aguas utilizadas para el regadío.

Tabla 1 Estándares de calidad para aguas de riego.

ELEMENTO	SIMBOLO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Aluminio	Al	mg L-1	5,000
Arsénico	As	mg L-1	0,100
Bario	Ba	mg L-1	4,000
Berilio	Be	mg L-1	0,100
Boro	B	mg L-1	0,750
Cadmio	Cd	mg L-1	0,010
Cianuro	CN-	mg L-1	0,200
Cloruro	Cl-	mg L-1	200
Cobalto	Co	mg L-1	0,050
Cobre	Cu	mg L-1	0,200
Cromo	Cr	mg L-1	0,100
Fluoruro	F-	mg L-1	1,000
Hierro	Fe	mg L-1	5,000
Litio	Li	mg L-1	2,500
Litio (cítricos)	Li	mg L-1	0,075
Manganeso	Mn	mg L-1	0,200
Mercurio	Hg	mg L-1	0,001
Molibdeno	Mo	mg L-1	0,010
Níquel	Ni	mg L-1	0,200
pH	-		5,5-9,0
Plata	Ag	mg L-1	0,200
Plomo	Pb	mg L-1	5,000
Selenio	Se	mg L-1	0,020
Sodio porcentual	Na	%	35,000
Sulfato	SO4-2	mg L-1	250
Vanadio	V	mg L-1	0,100
Zinc	Zn	mg L-1	2,000
Coliformes fecales	-	NMP/100 ml	1,000 (1)

Fuente : Norma Oficial Chilena NCn 1333/1978

Nota: La NCh 1333/1978 fue aprobada por Decreto Supremo N°867 del 7/4/1978 del Ministerio de Obras Públicas y publicada en el Diario Oficial del 22/5/1978

(1): Aplicable en aguas de riego destinadas a verduras y frutas que se desarrollan a ras del suelo y que en forma habitual se consumen en estado crudo.

El contenido máximo de Coliformes fecales permitidos de acuerdo a la NCh 1333, es de 1.000 Coliformes fecales /100 ml de agua, para el cultivo de hortalizas de hoja que crecen sobre el suelo y que se consumen crudas.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación altera la composición química, física o biológica del agua y existen fundamentalmente dos tipos:

1. Contaminación puntual

Se refiere a la presencia de un punto específico donde se produce contaminación y está bien identificado. Por ejemplo, una fábrica que vierte residuos industriales líquidos (RIL) y altera la composición del agua de riego aguas abajo (**Figura 2**). Este tipo de contaminación se asocia a actividades industriales o mineras, además del vertido de aguas negras sin tratamiento. Ejemplos de este tipo de contaminación es la presencia en el agua de sólidos en suspensión como pulpa de papel, aserrín, fibras de origen animal o vegetal, espumas, cambios de color del agua, malos olores, etc.

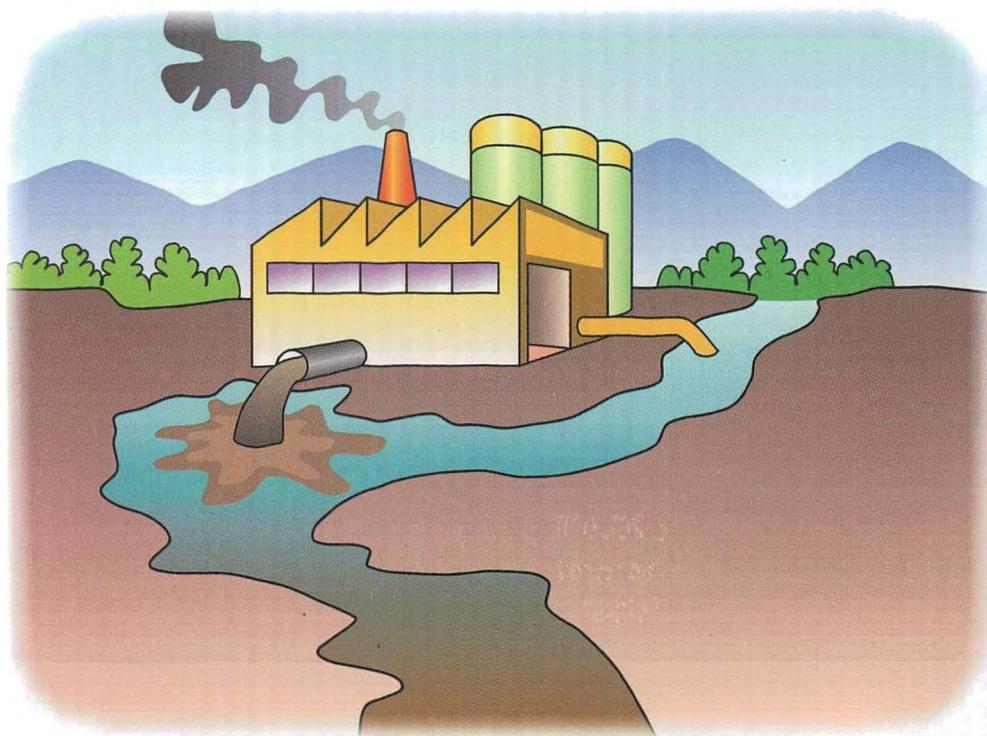


Figura 2.-
Fábrica que vierte residuos a un curso de agua.



2. Contaminación difusa

Es aquella que se produce por múltiples descargas, que no ocurren siempre desde un mismo sitio y no actúan de manera periódica. Por ejemplo, la contaminación provocada por muchos predios agrícolas, debido a la actividad productiva propiamente tal, o por la contaminación de actividades domésticas. Individualmente pueden ser de pequeña magnitud, pero finalmente son el responsable del proceso global.

Los efectos nocivos de la contaminación difusa están desfasados en el tiempo, la relación causa – efecto es directa y se evidencia siempre aguas abajo. El agua sufre un deterioro gradual de su calidad, llegando a alcanzar niveles que pueden perjudicar seriamente la actividad agrícola. Algunos ejemplos de contaminación difusa son: basura, descargas de aguas negras a los canales, letrinas en las proximidades del canal y escurrimiento superficial de agua con partículas de suelo, pesticidas y fertilizantes, entre otros.

Aunque las dos formas de contaminación son graves, en la contaminación difusa no es posible identificar fácilmente a los responsables. Su efecto acumulativo, puede tener iguales o peores consecuencias que un problema de contaminación puntual, el cual es más visible, y por ello, muchas veces se considera más importante.

Los principales contaminantes del agua en los canales son:

- Aguas residuales y otros compuestos que demandan oxígeno en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la disminución del contenido de oxígeno del agua.
- Basura doméstica e industrial.
- Microorganismos infecciosos.
- Nutrientes que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas (por ejemplo fósforo y nitratos).
- Productos químicos, incluyendo metales pesados, pesticidas, detergentes y compuestos provenientes de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Aceites, grasas y otros productos derivados del petróleo.
- Minerales inorgánicos.
- Sedimentos formados por partículas de suelo, que son arrastrados por el escurrimiento superficial del agua.

3. Contaminación por organismos patógenos

En la agricultura, es importante todo tipo de contaminación que ponga en riesgo la calidad de los productos cosechados y la salud de las personas. Un efecto directo es la alta incidencia de enfermedades infecciosas en la población, causada por el consumo de frutas y verduras con microorganismos patógenos como: *Escherichia coli*, *Vibrión cholerae*, *Salmonella typhi* y *Shigella*. Los síntomas de las enfermedades que causan estos microorganismos son parecidas e incluyen fiebre, dolores estomacales, vómitos y diarrea. Los síntomas aparecen uno o dos días después de contraído el microorganismo y pueden durar de 5 a 7 días. En algunas personas, especialmente niños y ancianos, se requiere hospitalización. (Figura3).



Figura 3.-
Ciclo de contaminación que afecta al ser humano.

Algunas enfermedades infecciosas como tifus, paratifus, fiebre tifoidea, *salmonellosis*, *shigellosis* y cólera, pueden ser adquiridas por alimentos que han estado en contacto con aguas contaminadas. En las zonas rurales donde no hay un sistema de alcantarillado para evacuar las aguas negras, se utilizan los canales de regadío para hacerlo, debido a que es una solución fácil y rápida de implementar (Figura 4). Sin embargo, **este tipo de letrinas debe ser erradicada**, ya que aguas abajo, los agricultores riegan sus cultivos con agua contaminada. Esta situación es particularmente grave en la producción de hortalizas.

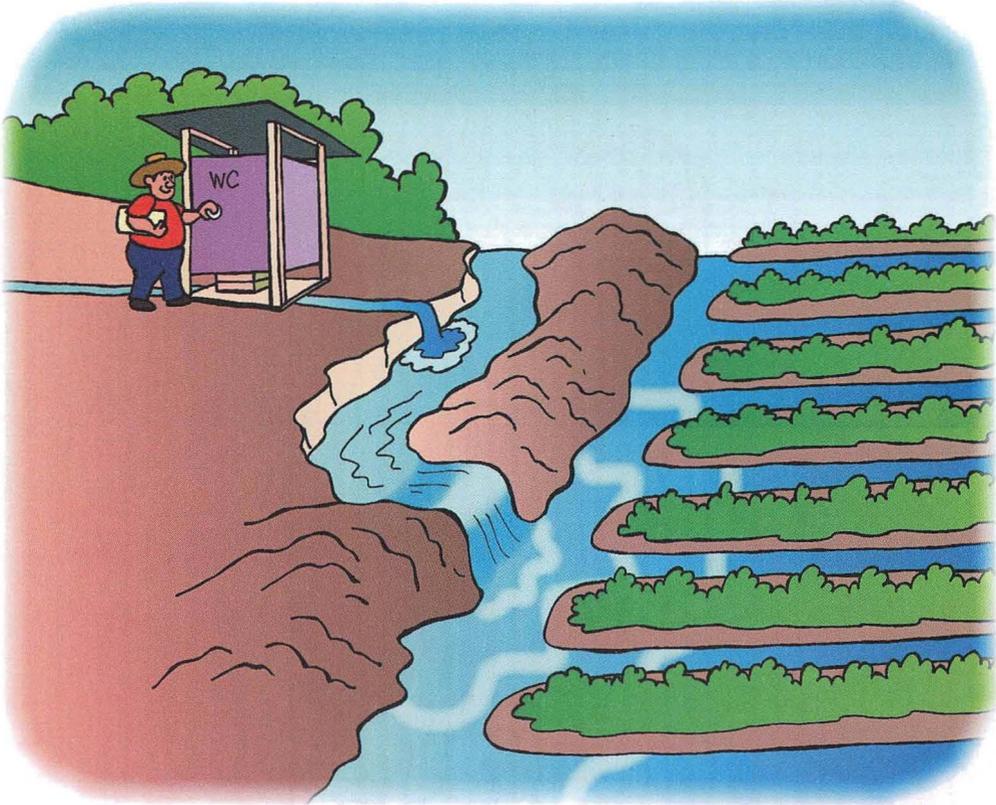


Figura 4.-
Contaminación del agua por descarga de letrinas.

La ocurrencia de estas enfermedades infecciosas está asociada a condiciones higiénicas deficientes. La solución del problema es la implementación de pozos sépticos en un lugar alejado de los canales de regadío.

Los pozos sépticos (**Figura 5**) son cámaras especiales que tienen como finalidad degradar los compuestos orgánicos y se pueden construir con cemento, bloques o ladrillos. En las cámaras sedimentan los sólidos y asciende el material flotante. El líquido "aclarado" fluye por una salida hasta zanjas subterráneas llenas de material poroso, se infiltra en el suelo y se oxida aeróbicamente. El material flotante y los sólidos decantados, pueden conservarse por varios meses, descomponiéndose anaeróbicamente (sin oxígeno).

Una vez que el pozo se ha llenado con sólidos, debe limpiarse mecánicamente utilizando camiones municipales especiales, los que introducen una manguera por un orificio pequeño que se construye para este propósito. También se puede limpiar manualmente extrayendo el lodo por medio de baldes. El material extraído debe ser depositado en un lugar autorizado y por ningún motivo se debe acumular en cualquier parte, ya que esto contribuye a la proliferación de enfermedades y malos olores.

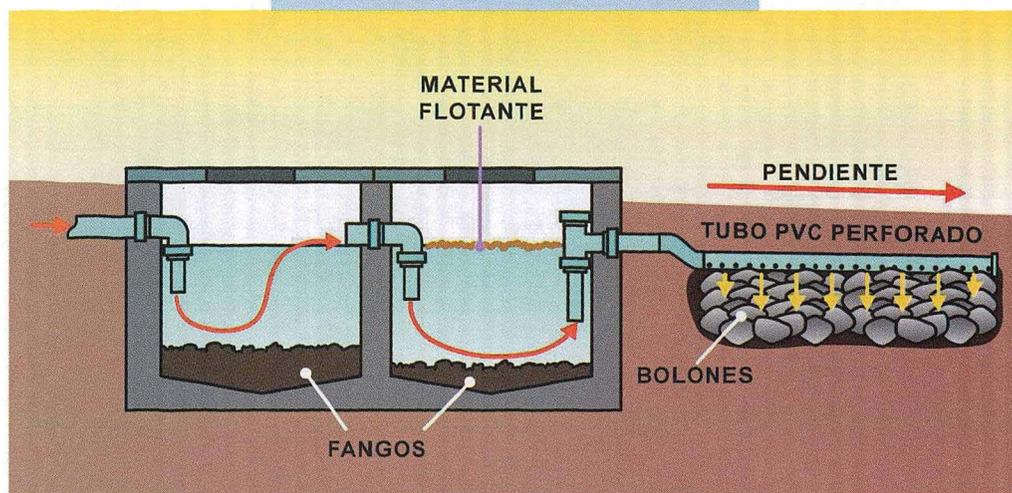


Figura 5.-
Componentes de un pozo séptico.

4. Contaminación por basuras

Este fenómeno ocurre principalmente cuando el canal pasa cerca de centros poblados como villorrios, caseríos o pueblos. Los habitantes de estos lugares botan basuras a los canales, compuesta por residuos orgánicos (restos de comida, animales muertos, residuos de vegetales, etc.) e inorgánicos (escombros, neumáticos, tarros de pintura, envases de artículos de consumo diario, bolsas plásticas, pañales desechables, etc.) (Figura 6).

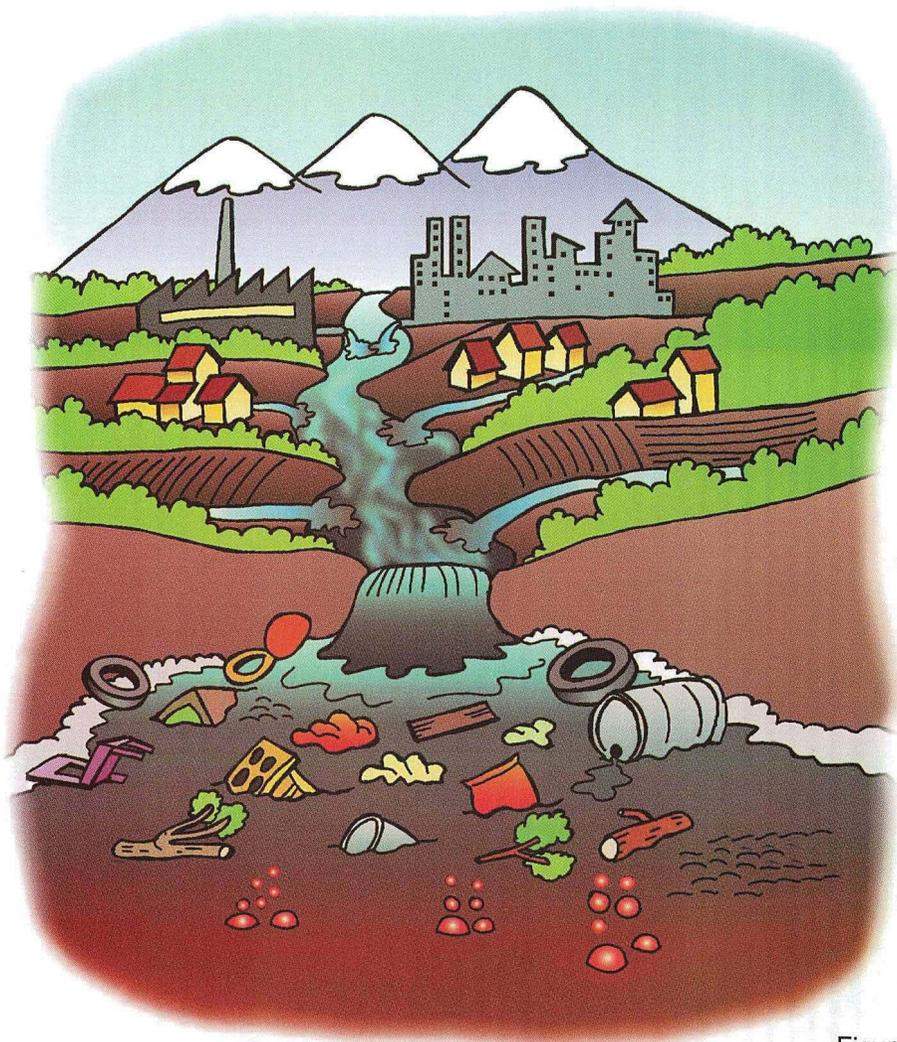


Figura 6.-
Contaminación del agua por basuras urbanas.

Los residuos vegetales sirven de alimento a roedores y animales domésticos que viven en el lugar y sus fecas contienen bacterias y virus que causan enfermedades infecciosas.

Algunos desechos liberan compuestos tóxicos, como ocurre en el caso de baterías de auto, pilas o tarros de pintura. La sola presencia de estos compuestos en el agua puede deteriorar la imagen de la agricultura local dificultando la comercialización de las hortalizas producidas en el lugar.

La presencia de basuras, también obliga a una limpieza más frecuente e intensa de los canales, aumentando notablemente el costo de mantención de la obra y por lo tanto, el costo del agua.

En la contaminación de ríos, hay un deterioro de la calidad del agua que después ingresa a los canales. En este punto también tienen un papel importante los turistas que hacen camping en las riberas de los ríos y dejan basura dispersa en el suelo. Los Municipios con áreas para acampar deben preocuparse de este aspecto en el territorio de su jurisdicción.

La solución al problema de la basura es depositarla en un lugar apropiado para ello. Una forma económica de hacerlo es cavar un hoyo en un lugar apartado de la vivienda y depositar allí la basura. Cada dos o tres días se debe aplicar una delgada capa de tierra para evitar malos olores y reducir la presencia de roedores y moscas.

Otra forma más conveniente es separar los residuos orgánicos (restos de vegetales y cáscaras) de los no orgánicos (tarros, vidrios y plásticos). Los residuos orgánicos pueden ser la base de una lombricultura familiar para la producción de humus. Por su parte, los residuos no orgánicos se deben acumular y luego depositarlos en un basurero municipal. Por ningún motivo botar esos desperdicios en lugares no autorizados.

5. Contaminación por residuos líquidos domésticos

Muchas familias vierten agua que ha sido utilizada en el aseo personal, lavado de ropa y residuos de comida, directamente en los canales (**Figura 7**). A pesar que el daño puede ser considerado inofensivo, la ocurrencia frecuente de esta acción causa un deterioro de la calidad del agua.



Figura 7.-
Contaminación del agua por vertido de residuos domésticos.

El agua de duchas, baños y lavalozas, contiene restos de jabón y detergentes que a su vez contienen fosfatos, un tipo de "fertilizante" muy apetecido por las plantas. Esto provoca el aumento de vegetación acuática, dificultando el movimiento del agua en el canal (**Figura 8a y 8b**). El exceso de vegetación acuática incrementa la altura de agua en el canal y en algunas ocasiones, origina desbordes no controlados (**Figura 9**) que causan deterioro al propio canal, a los cultivos y caminos vecinales.

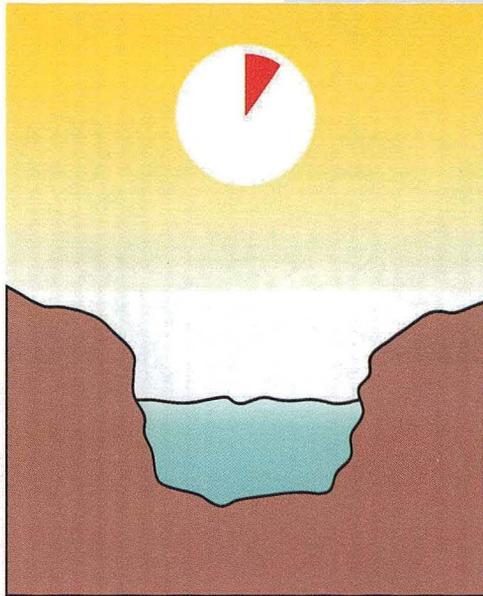


Figura 8a.-
Canal limpio sin contaminantes.

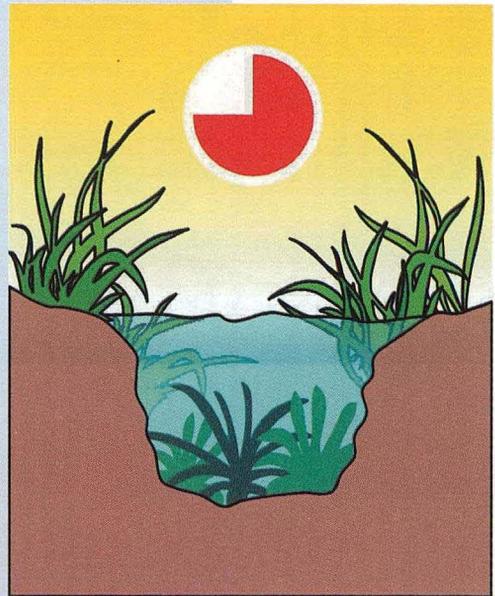


Figura 8b.-
Aumento vegetación acuática
en canales contaminados.

Para disminuir la población de vegetación acuática, es necesario limpiar los canales, lo que implica un costo de mano de obra. Otro problema asociado que se produce durante la limpieza del canal, es la interrupción del suministro de agua a los predios para riego. Bajo estas condiciones, las plantas podrían sufrir estrés hídrico moderado a severo, dependiendo del número de días que permanezca el problema.

Las aguas de duchas, baños y lavalozas se deben vaciar al mismo pozo séptico que se utilizará para el baño.



Figura 9.-
Desborde de canales con exceso de vegetación.

Otro problema severo, es la presencia de aceites y grasas en el agua (**Figura 10**). Los sistemas de riego por goteo utilizan agua filtrada para evitar el taponamiento de los emisores. Estas sustancias obstruyen los filtros, tanto de malla como de grava y no se eliminan durante el proceso de retrolavado. Para restablecer el buen funcionamiento de los filtros, se requiere de una limpieza profunda de las unidades, utilizando detergentes y escobillas para los filtros de malla y lavado de la grava sucia. Realizar este proceso una o dos veces al año no implica un gran costo para el agricultor, pero hacerlo todos los días implica un importante costo en mano de obra.



Figura 10.-
Vertido de aceites y grasas a cursos de agua.

La solución al nivel de hogar para disminuir el contenido de grasas en el agua, es instalar un "desgrasador" a la salida del lavaplatos y limpiarlo cuando éste se llene. (Figura 11).

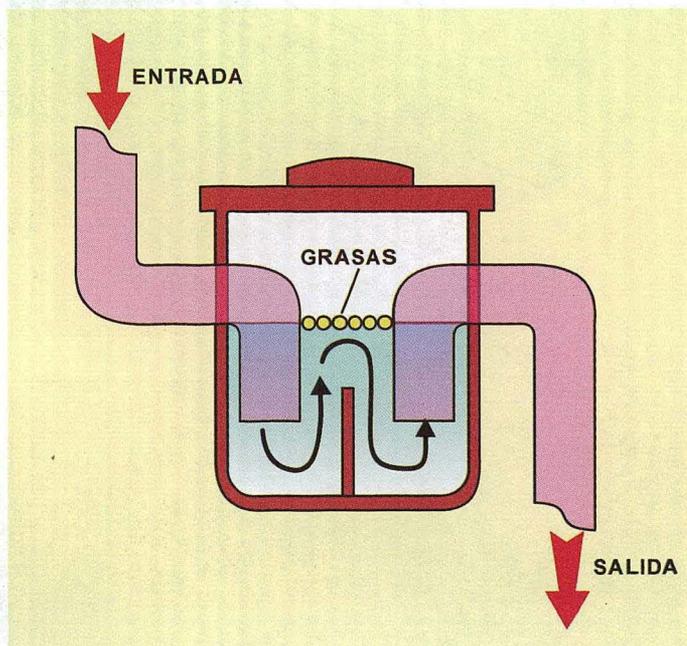


Figura 11.-
Esquema de un desgrasador.

6. Contaminación provocada por la actividad agrícola

Una de las formas más comunes de contaminación, son los derrames superficiales de agua de los sistemas de riego por surco y tendido a los canales ubicados en una posición más baja respecto al potrero que se está regando. El agua presenta turbidez (agua color chocolate) ya que contiene una gran cantidad de partículas en suspensión, como resultado del proceso de erosión del suelo, lo que representa un problema doble (**Figura12**). Una vez en el canal, estas partículas decantan produciendo embancamientos que deben ser removidos a través de limpieas.

Adicionalmente, el agua derramada superficialmente, arrastra insectos, semillas de malezas, microorganismos patógenos, fertilizantes, nutrientes y residuos de productos químicos utilizados en la agricultura.

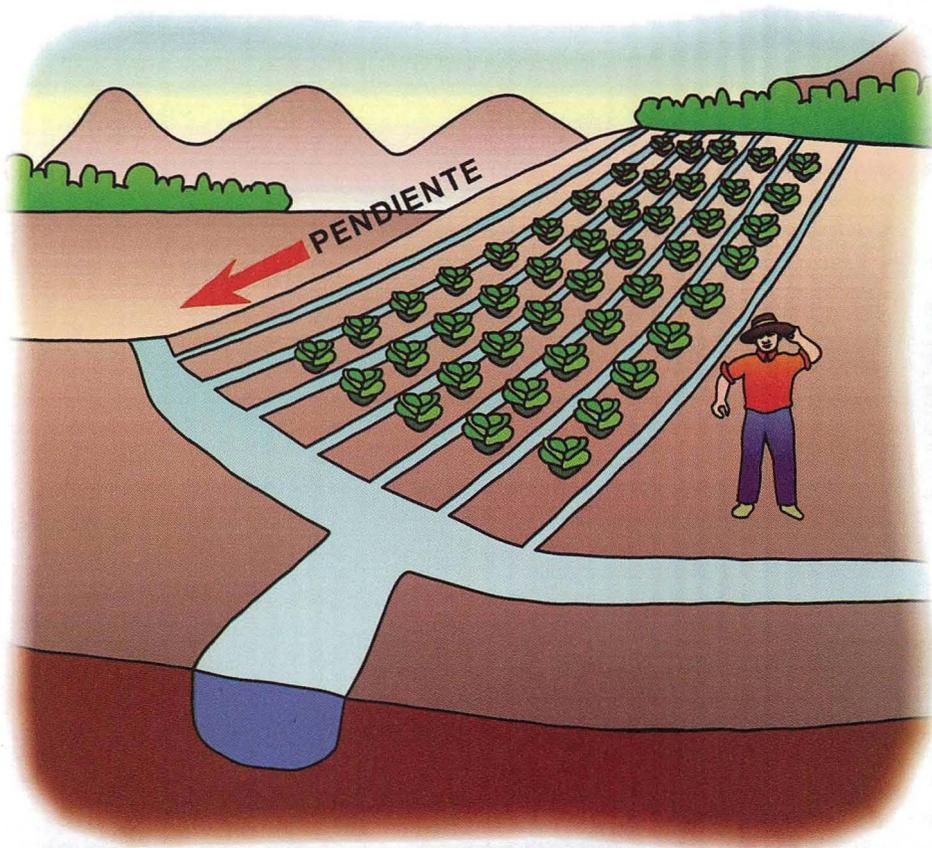


Figura 12.-
Contaminación del agua por partículas de suelo.

Una forma de evitar la ocurrencia de escurrimientos superficiales, es utilizar métodos de riego más eficientes. Riego por aspersión, microaspersión o goteo no provocan escurrimiento superficial. Otro camino es mejorar los sistemas de riego tradicionales a través de la utilización de estructuras de control, caudales máximos no erosivos, optimizar el largo de los surcos y construir acequias en contorno o curvas de nivel. (Figura 13).

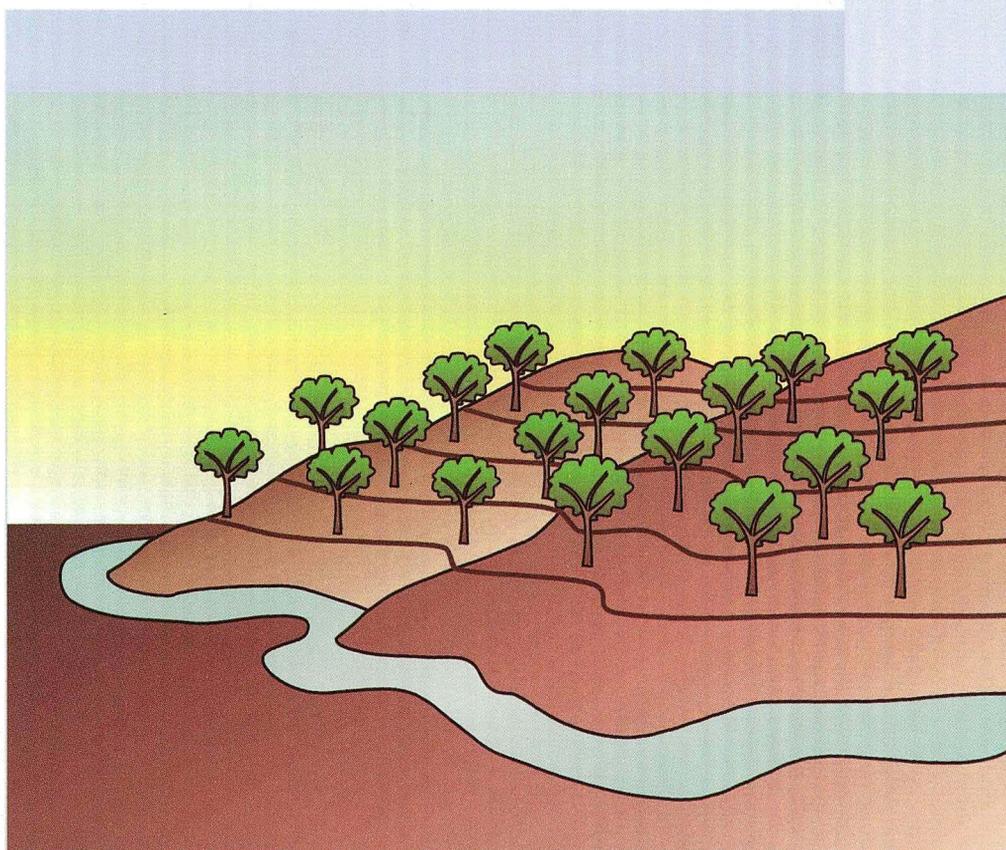


Figura 13.-
Control de la erosión a través de acequias en contorno o en curvas de nivel.

También se debe evitar el lavado de las máquinas para aplicar pesticidas en los canales de riego, ya que siempre queda algo de producto químico en el estanque después de la aplicación, provocando la contaminación del agua (Figura 14a y 14b). Con la limpieza de las máquinas, también se utilizan detergentes que producen espumas y aportan fosfatos.

Figura 14a.-
Contaminación del agua
por limpieza de envases.



La maquinaria agrícola se debe lavar en un lugar especialmente destinado para este propósito. El agua utilizada debe escurrir hasta un pozo absorbente diferente al utilizado para la casa.



Figura 14b.-
Contaminación del agua
por limpieza de maquinaria.

Tampoco se deben botar los envases vacíos de pesticidas a los canales (**Figura 15**). Los residuos de los compuestos químicos, permanecen en los envases después de ser utilizados contaminando el agua de riego. Los envases deben ser lavados y luego inutilizados haciéndole una perforación en el fondo (**Figura 16**). Después, estos deben ser llevados a un lugar especial donde se encargan de reciclarlos. No se debe reutilizar los envases de pesticidas ya que contienen residuos tóxicos dañinos para la salud.



Figura 15.-
Envases de pesticidas
vertidos en el agua.



Figura 16.-
Inutilización de envases
de pesticidas.

El establecer sistemas productivos más sustentables y "amigables con el medio ambiente", permite obtener productos sanos y de alta calidad. Además de proteger la salud de los trabajadores agrícolas que tienen que trabajar con pesticidas (**Figura 17**) y conservar los recursos naturales para un medio rural limpio y libre de contaminación. (**Figura 18**).

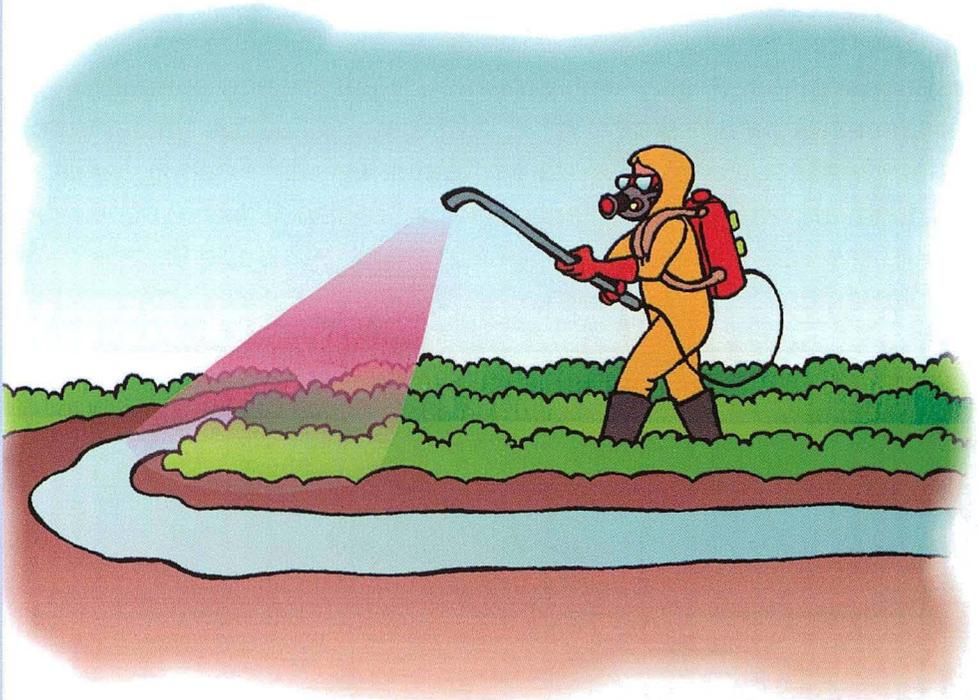


Figura 17.-
Aplicación de pesticidas con elementos protectores.

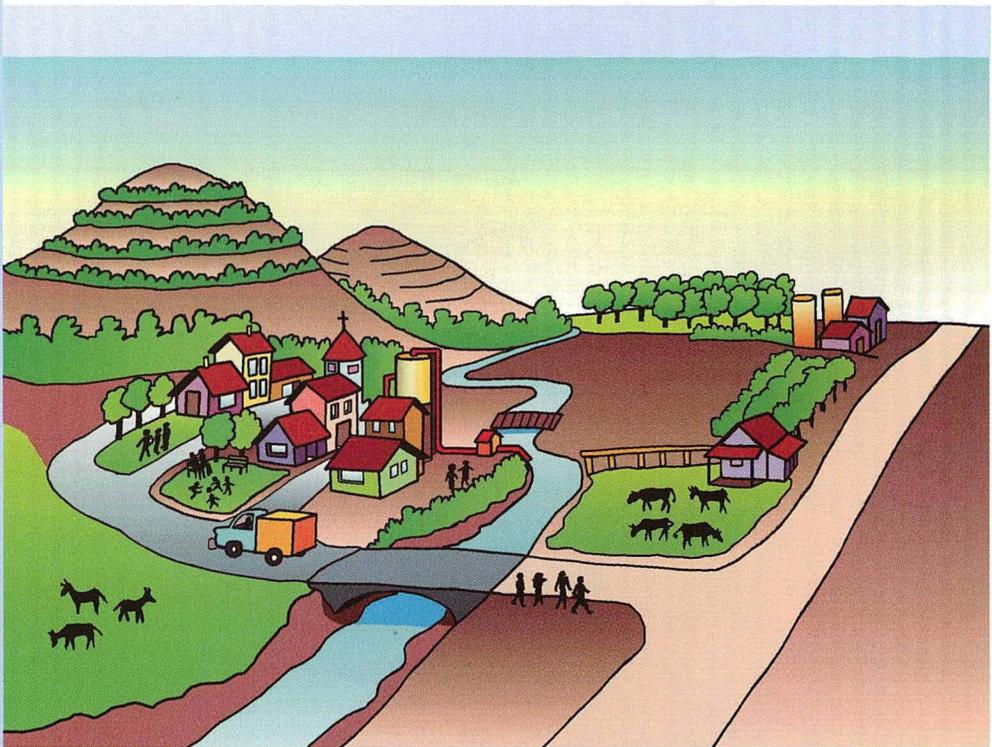


Figura 18.-
Ambiente limpio producto de las buenas prácticas ambientales en canales de regadío.