



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD  
-PROGRAMA DE SALUD AMBIENTAL-



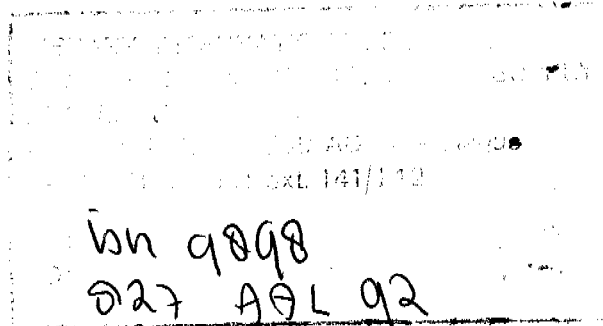
***LA SALUD AMBIENTAL Y LA  
GESTION DE LOS RECURSOS DE  
AGUA DULCE EN LAS AMERICAS***

WASHINGTON D.C. 1992

**LA SALUD AMBIENTAL Y LA GESTION  
DE LOS RECURSOS DE AGUA DULCE  
EN LAS AMERICAS**

**Editado por  
Henk W. de Koning**

**Enero 1992**



## **RECONOCIMIENTO**

Por el presente se reconoce la contribución del Ing. Walter Castagnino, quien preparó el borrador sobre el manejo de fuentes de agua potable y la salud humana en América Latina y el Caribe. Este material se editó e incorporó en el Capítulo 4 del presente texto.

## **PREFACIO**

En las Américas existe una extensa tradición en cuanto a planificación del uso de los recursos hídricos. Inicialmente esa planificación se enfocaba casi exclusivamente a la explotación de los recursos, pero recientemente se ha asignado mayor importancia a otros factores relacionados con el agua, tanto económicos como ambientales. En vista del acelerado crecimiento de la población y del desarrollo económico concomitante, la planificación también ha empezado a abarcar aspectos sociales. Actualmente, se están planteando preguntas referentes, por ejemplo, a la forma en que los planes de explotación de los recursos hídricos afectan la salud de las poblaciones locales y sus estilos de vida.

Impulsados en gran medida por las Resoluciones de las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972), sobre los Asentamientos Humanos (Vancouver, 1976) y sobre el Agua (Mar del Plata, 1977), los organismos internacionales, incluyendo a la Organización Panamericana de la Salud, iniciaron una amplia variedad de programas destinados a suministrar agua no contaminada a todas las personas. Como resultado de estos esfuerzos se lograron avances importantes, pero la brecha entre lo que se desea y lo que se ha logrado sigue siendo enorme. Las causas de esta insuficiencia son complejas, pero al menos en parte, las principales son el aumento acelerado de la población unido a las exigencias de mayor cantidad de agua para el desarrollo económico.

Los estudios realizados sobre la situación actual de los planes de desarrollo de los recursos hídricos, revelan que la repercusión potencial de esos planes sobre la salud puede ser muy grave, en particular debido al incremento acelerado de la demanda de agua. Los efectos abarcan un amplio rango, desde problemas de salud ocasionados por un incremento en los vectores transmisores de enfermedades, o por bajos niveles en la calidad del agua y de los alimentos debido a su contaminación con desechos humanos o químicos, hasta los impactos sobre la salud asociados a los trastornos sociales que afectan a las personas que nacieron o viven en zonas donde hay escasez de agua. Actualmente también se observa preocupación por lograr una distribución equitativa del agua entre los diferentes sectores incluyendo el de la energía, la industria, la agricultura y, en último término, pero no por ello menos importante, el del consumo humano.

Debido a las muchas interacciones que configuran y afectan el desarrollo de los recursos hídricos, los niveles de toma de decisiones en un número creciente de países, están llegando a la conclusión de que la planificación y la ejecución deben llevarse a cabo de manera integral.

Este documento tiene como objetivo facilitar la toma de decisiones integrada, y con este fin, presenta un amplio panorama de aspectos actuales del desarrollo y manejo de los recursos hídricos. A través de todo el texto, se ha dado especial atención a los problemas de salud que suelen asociarse a los diferentes esquemas de utilización del agua.

Horst Otterstetter  
Coordinador  
Programa de Salud Ambiental

Washington, D.C., enero de 1992

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El agua es importante para el sostenimiento de la vida y el desarrollo socioeconómico. En América Latina, la disponibilidad de agua de por sí no es motivo de inquietud. Sin embargo, hay problemas de abastecimiento en relación con la distribución de la población y la actividad económica en la Región. Resumiendo la situación: 60% de la población está concentrada en el 20% de la superficie terrestre de América Latina, que solo contiene el 5% de sus recursos hidráulicos. En consecuencia, los problemas de agua en la Región tienden a ser localizados y pueden ser graves.

A grandes rasgos, se reconocen tres tipos de efectos ambientales como resultado del desarrollo de recursos hidráulicos.

- (i) Daño a la fuente - esto se refiere a la alteración física de ríos, lagos, acuíferos y sistemas ecológicos conexos como consecuencia de actividades humanas, tales como la construcción de represas, grandes proyectos de riego, la deforestación en gran escala, grandes asentamientos urbanos o las repercusiones de carácter regional/mundial resultantes de la lluvia ácida, el recalentamiento del planeta, etc. Los efectos de este tipo de modificaciones sobre la salud humana se manifiestan a través de cambios importantes en la transmisión de diversos tipos de enfermedades transportadas por vectores; de los desplazamientos en gran escala de las poblaciones nativas, con todas las dificultades atinentes a la destrucción de la estructura social y cultural; de la pérdida de empleo; de enfermedades y violencia, así como de una creciente competencia por el agua entre diversas categorías de usuarios.
- (ii) Daño al agua propiamente dicha - esto se refiere a los cambios en la calidad del agua debido a las actividades domésticas, industriales, agrícolas y de otro tipo llevadas a cabo por el hombre y que contaminan el agua con desechos biológicos y químicos. De este modo, el agua se vuelve inapropiada para el consumo humano, y en muchos casos también para otras aplicaciones, como el cultivo de alimentos, actividades de recreo, etc.

El impacto de la contaminación de las aguas en la salud incluye los efectos agudos de la presencia de desechos humanos en el agua de bebida, que están causando diarrea y gastroenteritis generalizadas en la Región y dando lugar a tasas de morbilidad y mortalidad particularmente altas entre los niños. Además, el riego de los productos alimentarios con agua contaminada está creando problemas generalizados de salud, sobre todo en las zonas áridas de la Región. Por otro lado, se sabe que el agua contaminada con una variedad de productos químicos, como plaguicidas, resultantes de prácticas agrícolas, metales pesados y sustancias orgánicas, originados como derivados de diversas actividades industriales, es responsable de varias enfermedades agudas y crónicas, entre ellas, por ejemplo, la metahemoglobinaemia entre los lactantes cuando hay niveles de nitrato elevados en el agua potable, y el peso bajo al nacer de recién nacidos cuando las madres comieron pescado contaminado con productos químicos. Otros efectos tienen que ver con un riesgo moderado, pero significativamente mayor, de cáncer de la vejiga, el colon y el recto.

- (iii) Economías de agua - los recursos hidráulicos a menudo se perciben como productos públicos "gratuitos", que se pueden usar con la misma rapidez y despilfarro con que un grupo de la sociedad es capaz de apropiárselos. La indiferencia hacia los efectos ambientales de los desechos derivados de la actividad económica, y la definición inadecuada de los costos y de las instituciones para protegerlos, son causas directas de la degradación ambiental. Sin una identificación clara de los derechos de propiedad y de la responsabilidad de su administración, no puede haber responsabilidad económica o política con respecto al uso de los bienes públicos y la "tragedia de los acontecimientos comunes" (inundaciones, sequías, desertificación, enfermedades fuera de control) se convierte en regla.

Se pueden lograr reducciones considerables en el consumo de las aguas mediante el reciclaje y otras aplicaciones de la reutilización del agua, como en el riego. Las técnicas de riego a menudo también se pueden mejorar para conservar el agua. Estas técnicas adquieren particular importancia en las zonas más áridas de la Región. Pueden ejercerse otros controles mediante una estructura adecuada de tarifas. Por último, el agua (subterránea) pristina debe ser siempre destinada en forma prioritaria para el consumo humana. Las agencias nacionales de salud deben continuar fomentando la regulación adecuada de los recursos hidráulicos y la cantidad y calidad del agua potable para la protección de las personas.

Durante los últimos decenios, la atención prestada a la evaluación de los planes de desarrollo de recursos hidráulicos ha pasado gradualmente de las consideraciones técnicas a los factores económicos y ambientales. Ultimamente ha surgido una preocupación por los efectos sociales y sanitarios. Entre las reacciones suscitadas figuran el requisito de hacer evaluaciones integrales del impacto en relación con proyectos de desarrollo y utilización de aguas. La experiencia adquirida con la adopción de este concepto ha dado lugar a una variedad de arreglos institucionales para la regulación de los recursos hidráulicos, que varían de un país a otro conforme a las diferencias en la cultura política.

Parece que existen dos tendencias principales en los arreglos institucionales para la regulación de los recursos hidráulicos. Una está orientada hacia la centralización para tratar de que los efectos de las decisiones sean internos. El establecimiento de administraciones nacionales de aguas, encargadas de regular tanto la cantidad como la calidad de las aguas, es un modelo típico. La otra apunta hacia la descentralización, en cuyo caso la regulación de las aguas debe tener autoridad para influir en las acciones de todos los usuarios de agua. Estos dos modelos no deben considerarse como opciones que se excluyan mutuamente.

Lo importante es que la formulación de proyectos para recursos hidráulicos (así como otras empresas en gran escala) debe incluir la necesaria infraestructura de atención de salud. Este desarrollo de la infraestructura debe incluir los gastos de capital para edificios, clínicas, instalaciones para pacientes ambulatorios, así como los gastos ordinarios para los servicios de salud, control de vectores y educación en salud. Ambos tipos de gastos son esenciales para evitar que los proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos se conviertan en riesgos de salud para las poblaciones cercanas.

## **INDICE**

Página

<b>1. INTRODUCCION</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Calidad y cantidad de agua . . . . .	1
1.2 Acuíferos . . . . .	5
<b>2. EL DESARROLLO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y LA SALUD</b> . . . . .	<b>6</b>
2.1 Cambios en el paisaje . . . . .	7
2.2 Cambios y disloques ecológicos . . . . .	11
2.3 Vulnerabilidad de la comunidad y receptividad ambiental . . . . .	13
2.4 Cambios socioeconómicos y demográficos . . . . .	15
<b>3. AGUA CONTAMINADA CON DESECHOS HUMANOS</b> . . . . .	<b>16</b>
3.1 Abastecimiento de agua y saneamiento . . . . .	16
3.2 Reutilización de aguas . . . . .	18
<b>4. AGUA CONTAMINADA CON SUSTANCIAS QUIMICAS</b> . . . . .	<b>20</b>
4.1 Contaminación por metales pesados . . . . .	20
4.2 Contaminación por nitrato . . . . .	25
4.3 Contaminación por productos químicos industriales . . . . .	26
4.4 Contaminación por herbicidas y plaguicidas . . . . .	30
<b>5. EVALUACION DE RIESGOS Y DE LA SALUD</b> . . . . .	<b>32</b>
5.1 Enfermedades relacionadas con el desarrollo . . . . .	32
5.2 Enfermedades relacionadas con una protección sanitaria inadecuada . . . . .	37
5.3 Enfermedades asociadas con la exposición a sustancias químicas . . . . .	44
<b>6. GESTION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS Y DE LA CALIDAD DEL AGUA</b> . . . . .	<b>49</b>
6.1 Planes nacionales de recursos hidráulicos y evaluación de sus repercusiones . . . . .	50
6.2 Regulación efectiva en función de los costos . . . . .	52
6.3 Control de la calidad del agua . . . . .	54
6.4 Economía de aguas . . . . .	59
<b>REFERENCIAS</b> . . . . .	<b>63</b>
<b>ANEXOS</b> . . . . .	<b>70</b>
I. Normas de calidad del agua para diversos usos . . . . .	72
II. Lista de sustancias y materiales tóxicos o peligrosos . . . . .	73
III. Grandes Lagos de los Estados Unidos. Aviso de Salud Pública sobre Consumo de Pescado 1987 . . . . .	74
IV. Campos de interés humano (categorías de impacto) . . . . .	75

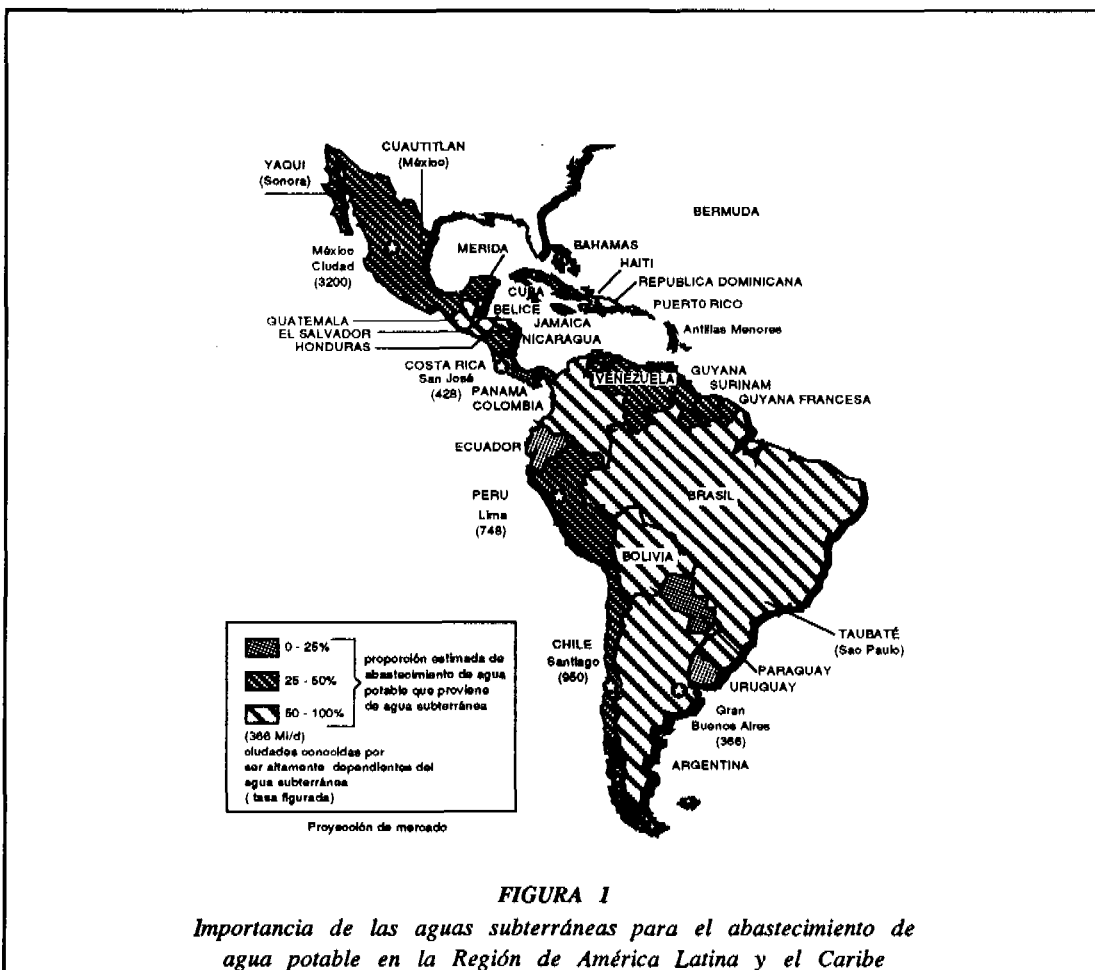


## 1. INTRODUCCION

Los recursos hidráulicos se determinan conforme a sus características hidrológicas y sus límites se confinan naturalmente a las áreas de drenaje, como las cuencas de ríos y lagos o acuíferos de aguas subterráneas. La disponibilidad de agua dentro de una cuenca específica determina, y a menudo limita, las posibilidades de desarrollo social, de salud y económico. En consecuencia, el agua dulce es no solo un recurso natural renovable para la preparación de alimentos y fines sanitarios, sino que también forma parte importante de nuestro sistema ecológico y, por lo tanto, es parte de las actividades de desarrollo económico.

### 1.1 Calidad y cantidad de agua

El agua dulce se obtiene de ríos y lagos, así como de acuíferos subterráneos. La Figura 1 es un mapa de América Latina en el que se ilustra hasta qué grado dependen los diversos países de las aguas subterráneas (Foster et al, 1987). Puede observarse que el 50% de toda el agua potable en América Latina y el Caribe proviene de acuíferos.



Fuente: Foster et al, 1987

2 *Salud ambiental y gestión de recursos de agua dulce*

Actualmente, 20% del total de agua consumida en los EE.UU. se extrae de fuentes de aguas subterráneas, y se estima que este uso aumentará al 33% en el año 2000. Se calcula que unos 60 millones de personas en los EE.UU. son servidas por abastecimientos públicos que emplean las aguas subterráneas, y que alrededor del 54% de la población rural y el 2% de la población urbana obtienen su agua de pozos individuales (Gerba, 1985). En Canadá, los pozos perforados son la fuente primaria de agua potable para las poblaciones rurales (Environment Canada, 1986).

El Cuadro I enumera los principales usos de agua y sus efectos sobre la calidad del agua. Cabe observar que hay grandes diferencias en las cantidades requeridas para cada uso, que su repercusión en el ciclo hidrológico varía, y que vienen acompañados de requisitos de calidad divergentes (OMS, 1988).

**CUADRO I**  
*Relaciones entre el uso y la calidad del agua*

<p><b>A. <u>Usos que afectan a la calidad del agua</u></b></p> <p>(i) Municipal:</p> <p>(ii) Agrícola:</p> <p>(iii) Industrial:</p>	<p>la descarga de aguas residuales, flujo de agua de lluvias.</p> <p>eliminación de estiércol, uso de productos agroquímicos, descarga de aguas de drenaje.</p> <p>efluentes de aguas residuales, descarga de aguas usadas para enfriamiento, drenaje de minas.</p>
<p><b>B. <u>Usos afectados por la calidad del agua</u></b></p> <p>(i) Municipal:</p> <p>(ii) Agrícola:</p> <p>(iii) Industrial:</p> <p>(iv) Recreativo:</p> <p>(v) Vida acuática:</p>	<p>potable, domésticos, públicos.</p> <p>abastecimiento a granjas domésticas, abrevaderos de ganado, riego.</p> <p>alimentación de calderas, enfriamiento, procesamiento, minería.</p> <p>deportes de contacto con agua (natación), disfrute estético.</p> <p>vida acuática y silvestre, pesca, hábitat de pantanos y marismas, acuicultura.</p>
<p><b>C. <u>Usos no vinculados a la calidad del agua</u></b></p> <p>(i) Comercial:</p> <p>(ii) Recreativo:</p>	<p>generación hidroeléctrica, navegación.</p> <p>deportes recreativos, botes.</p>
<p>Fuente: OMS, 1988</p>	

Las necesidades cuantitativas de agua varían mucho entre los diferentes usos. En una escala global, las necesidades para el riego representan cerca de dos tercios de todos los usos humanos a medida que aumenta la necesidad de alimentos y fibras textiles. Por ejemplo, se requieren aproximadamente 1.000 toneladas de agua para cultivar una tonelada de granos, y unas 2,000 para cultivar una tonelada de arroz. Debe observarse, sin embargo, que muchas actividades de riego entrañan pérdidas de agua, que se estiman entre el 50% y el 80%, lo que ofrece un considerable potencial para mejoras tecnológicas que permitan hacer considerables ahorros de agua (WRI, 1987). En consecuencia, se cree que la mejora en la regulación del agua de riego es una tarea de suma importancia para el futuro. Además, gradualmente se está comprendiendo el potencial para reutilizar las aguas residuales municipales en las zonas áridas y semiáridas para responder a algunas de las demandas de riego, aunque esto no se reflejaría claramente en el equilibrio global (ver también la Sección 3.2).

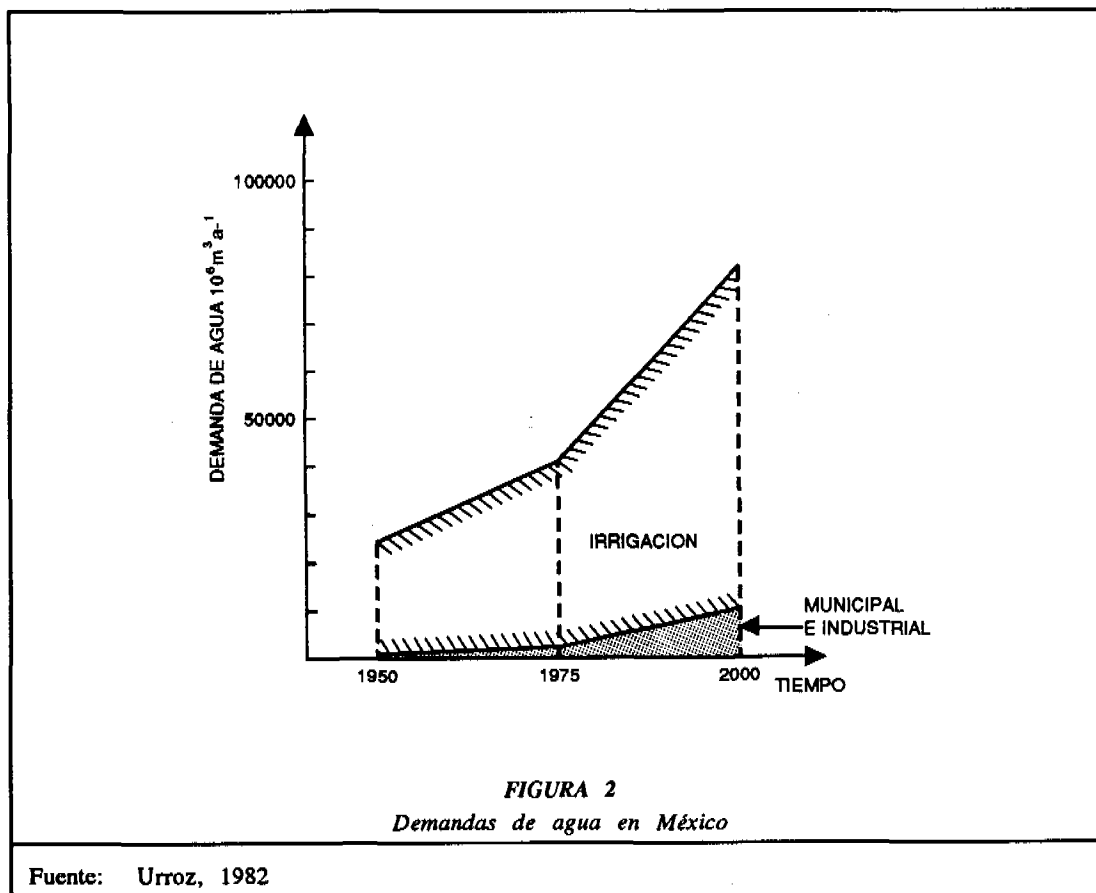
**CUADRO II**  
*Uso sectorial de agua en países selectos*

País	Uso sectorial en %			
	Abastecim. Público	Industria (Procesam.)	Enfriamiento (Prod. Energía)	Agricultura (Riego)
Canadá	13	39	39	10
EE.UU.	10	11	38	41
México	5	7	0	88
Venezuela	37	4	0	59
Perú	7	0	0	93
Argentina	9	8	10	73

Fuentes: OECD, 1985; WRI, 1986

El Cuadro II muestra que, según el estado de industrialización y las prácticas agrícolas, los cambios en el patrón de uso del agua son notorios en muchos países en desarrollo. En los países más rurales el riego es frecuentemente el factor crucial que determina el progreso en la producción de las cosechas. En los países en desarrollo que están pasando por una industrialización de moderada a rápida, la competencia entre los usuarios de los recursos hidráulicos de disponibilidad limitada,

se convierte en un factor predominante en la regulación de los recursos hidráulicos. Las demandas proyectadas de agua para el año 2000 han indicado que el total de los recursos hidráulicos nacionales en muchos países situados en las zonas áridas y semiáridas no será suficiente para satisfacer estas demandas. El mantenimiento del ritmo planificado del progreso económico inevitablemente requiere que se reutilice el agua, ya sea pasándola de un usuario a otro o reciclándola dentro de un sector, como ocurre en muchas plantas de fabricación industrial. Como ejemplo, la Figura 2 muestra el progreso de las demandas de agua en México con el transcurso de los años.



El uso de las tierras en las cuencas de agua y la naturaleza de la fuente de agua (por ejemplo, agua superficial o subterránea) a menudo dictarán la necesidad de contar con normas para controlar las variables químicas, biológicas y estéticas. Por lo tanto, en algunas localidades el riesgo planteado por la presencia de ciertos

productos químicos industriales tóxicos en el agua puede ser de importancia, mientras que en otras los asentamientos humanos y la falta de procedimientos adecuados de saneamiento pueden crear un peligro potencial de contaminación fecal. Con base en las consideraciones prácticas de los requisitos para el uso del agua, los problemas de la contaminación y los efectos sobre la salud, se han establecido valores normativos para diversas categorías de uso, como el agua potable, de riego, agua para dar de beber al ganado, y pesca. En el Anexo I aparece un resumen de esta información (OMS, 1988).

## 1.2 Acuíferos

Un acuífero es un cuerpo de agua ubicado en una formación rocosa. Por lo general, los acuíferos más importantes se encuentran en roca sedimentaria o volcánica. Siempre tienen una región de entrada, una de almacenamiento y circulación y otra de descarga. Los acuíferos pueden ser confinados, cuando se encuentran entre capas relativamente impermeables, o freáticos, cuando no tienen una capa superior que los confina.

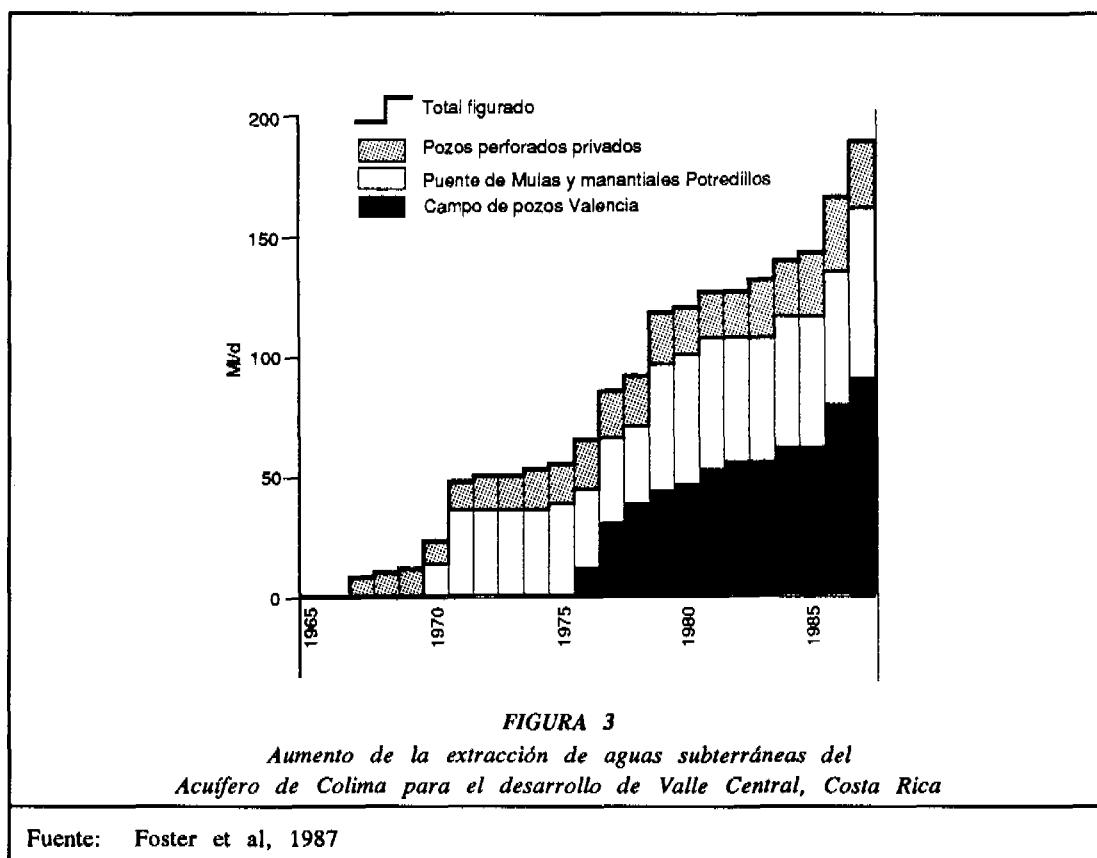
Por varias razones, la protección de acuíferos no ha recibido mucha consideración en la Región de América Latina y el Caribe. Gran parte de la contaminación de las aguas superficiales y los suelos llegará a contaminar las aguas subterráneas. La migración de la contaminación de la superficie terrestre tiende a ser relativamente lenta, lo que puede llevar a la complacencia. Por otro lado, una vez que las aguas subterráneas se contaminan, resulta extremadamente difícil volverlas a limpiar.

La contaminación de aguas subterráneas proviene de diferentes fuentes, entre ellas:

- ▶ La práctica cada vez más generalizada de desechar en el sitio efluentes domésticos e industriales no tratados, debido al costo mucho mayor de otras formas de eliminación.
- ▶ Las prácticas agrícolas intensivas introducen grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas en el suelo y, con el tiempo, en las aguas subterráneas; las prácticas de riego intensivo pueden causar grandes aumentos en la salinidad de las aguas subterráneas, en particular en las zonas áridas.
- ▶ los pozos para extraer las aguas subterráneas pueden contaminarlas, como sucede, por ejemplo, en Lima, Sao Paulo, o la Ciudad de México, donde el número de pozos oscila entre 1.500 y 4.000.

La contaminación de las aguas subterráneas puede variar desde sustancias orgánicas derivadas de los desechos domésticos, nitratos y otros materiales inorgánicos, los metales pesados (cromo de cadmio, plomo, mercurio), diferentes tipos de solventes (alcanos clorados, alcanos y bencenos), algunos plaguicidas que no son muy bien absorbidos en los suelos hasta bacterias indicadoras de coliformes fecales. En algunas zonas industriales, un accidente puede hacer que se contaminen las aguas subterráneas con cualquier número de sustancias, entre ellas los PCB, petróleo combustible, etc. (Foster et al, 1987).

En muchos países se está registrando un rápido crecimiento en la explotación de aguas subterráneas para el abastecimiento de agua municipal, por ejemplo, en Costa Rica, según se muestra en la Figura 3.



## 2. EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS Y LA SALUD

Los recursos hidráulicos proceden de la precipitación. Donde existen bosques, parte de la lluvia es interceptada por las hojas y se evapora o cae al suelo. Los bosques, en consecuencia, actúan como amortiguadores de las aguas pluviales, pero cuando son talados se pierde la capacidad de regulación de agua del sistema. Cuando no existe una cubierta de vegetación para retener la humedad, el agua de los aguaceros torrenciales escurre rápidamente sobre la tierra, erosionando rápidamente el suelo que contamina nuestros arroyos y ríos. Como consecuencia, pueden ocurrir extensas inundaciones, especialmente en tierras con laderas muy escarpadas. El resultado general es que tenemos demasiada agua cuando no la necesitamos, y demasiado poca cuando sí la necesitamos (Caribbean Forest Conservation Association, 1989). Las consecuencias de este fenómeno para la salud de los seres humanos y las prácticas agrícolas generalmente son devastadoras, en particular porque tienden a afectar principalmente a las secciones más pobres de la población.

En muchas regiones tropicales, los planes de desarrollo de aguas son la clave para el desarrollo económico y agrícola. Por un lado, esto implica la mejor utilización de los recursos hidráulicos existentes, especialmente para fines agrícolas, o la producción de energía eléctrica, y por el otro, el drenaje de pantanos y marismas para la rehabilitación de la tierra y piscicultura. La represas, los proyectos de riego, y los lagos producidos por el hombre son algunos de los dispositivos utilizados para alcanzar estos objetivos. Sin embargo, a pesar de los beneficios económicos resultantes de tales proyectos, estos pueden afectar al desarrollo normal de las actividades rurales humanas y de los asentamientos urbanos. Además, ocasionalmente se producen trastornos muy grandes, por lo que es necesario prestar cuidadosa atención a los lugares de asentamiento y a los cambios en ocupación, estilo de vida, salud y condiciones sociales, servicios infraestructurales, etc. Hay muchos ejemplos, entre ellos los proyectos hidroeléctricos de Sao Simao, Itumbiara y Paulo-Alfonso en Brasil, en los que hubo que afrontar los problemas de asentamiento como parte integral de la construcción de proyectos (Banco Mundial, 1975).

Otros cambios importantes que pueden afectar a las condiciones de salud de las poblaciones vecinas son la preservación de la vida silvestre y los animales domésticos, y la epidemiología de las infecciones parasitarias, lo que generalmente aumenta los riesgos de salud del hombre. La comprensión de las consecuencias para la salud y la introducción inmediata de medidas de control pueden reducir considerablemente, o incluso prevenir, estos riesgos de salud.

### 2.1 *Cambios en el paisaje*

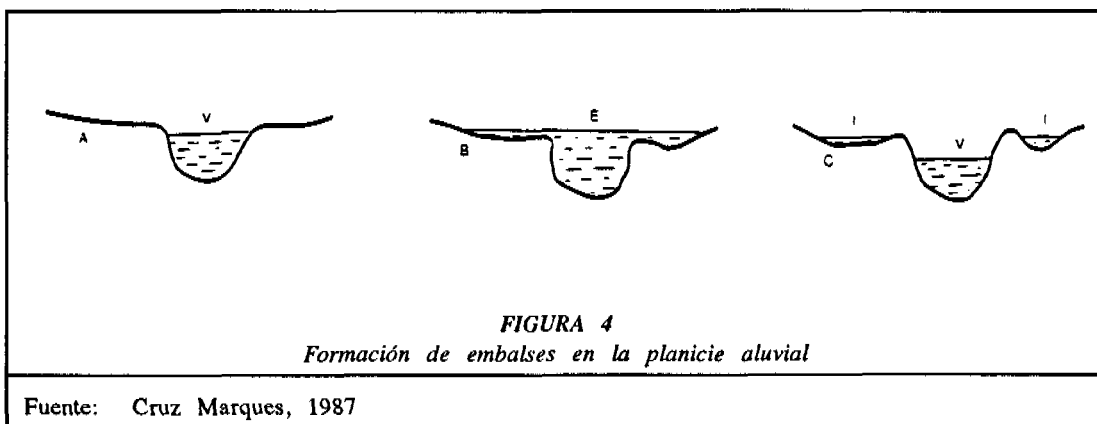
La construcción de represas, la formación de lagos artificiales y el desarrollo de proyectos de riego en las regiones tropicales introducen cambios importantes en el

ambiente y, al propio tiempo, crean varios riesgos para la salud humana, aparte de los beneficios que representan para la economía del país o la Región.

Aunque los cambios naturales en el paisaje representan un proceso lento e inexorable irreversible en cuanto a tiempo, los causados por el hombre con grandes recursos técnicos modernos son capaces de producir el rápido deterioro del ambiente y la aparición de riesgos para la salud humana que se presentan incluso antes de que haya ninguna conciencia del peligro, o de que se hagan preparativos para superarlos.

La disociación, que casi siempre es lo que ocurre, entre los que deciden los proyectos de desarrollo de aguas y los que los ponen en práctica, y los que evalúan los resultados y proponen las soluciones, a menudo explica la falta de previsión y el reconocimiento tardío del problema.

Como ejemplo, la Figura 4 muestra la formación de embalses para captar aguas de planicies aluviales en la región de la Amazonía. (A) El nivel de la estación seca normal del río por debajo del nivel de la planicie aluvial. (B) Después de lluvias intensas en que el agua fluye por las laderas deforestadas, desbordándose por las orillas hacia la planicie aluvial. (C) Después de cesar las lluvias, pero dejando los embalses de la planicie aluvial a lo largo de su margen, proporcionando extensos terrenos propicios para criaderos de mosquitos. Obsérvese que el sedimento resultante de la erosión aumenta las márgenes entre los embalses de la planicie aluvial y el río, haciendo que esta agua adopte un carácter más permanente.



El Cuadro III muestra la situación con respecto al número de represas existentes en diferentes países latinoamericanos.



**CUADRO III**  
*Número de represas de más de 15 metros de alto terminadas en América Latina*

País	Pre-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	Post-1981*	Total
Argentina	13	16	30	17	98	174
Bolivia	-	2	1	1	2	6
Brasil	119	111	97	113	93	533
Chile	34	7	10	13	15	79
Cuba	2	2	17	28	-	49
Colombia	-	10	18	3	10	41
Costa Rica	1	2	1	1	5	10
El Salvador	-	2	1	1	1	5
Ecuador	-	1	1	2	7	11
Guatemala	1	-	3	1	5	10
Haití	-	1	-	-	-	1
Honduras	-	-	1	6	1	8
Jamaica	2	-	-	-	-	2
México	75	45	132	150	55	457
Nicaragua	2	-	-	2	4	8
Panamá	2	-	2	1	-	5
Paraguay	-	-	1	1	1	3
Perú	35	5	13	4	6	63
Rep. Dominicana	-	-	-	8	6	14
Surinam	-	-	1	-	-	1
Trinidad & Tabago	-	2	-	1	1	4
Uruguay	1	2	-	1	2	6
Venezuela	10	22	20	20	81	153
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>230</b>	<b>349</b>	<b>374</b>	<b>393</b>	<b>1,643</b>
* Terminadas o en construcción						
Fuente: ICOLD, 1988; WRI, 1987						

La construcción de una represa, cualquiera que sea su finalidad, afecta inevitablemente al río, tanto aguas arriba como aguas abajo. Aguas arriba de la represa, el nivel del agua sube por largas distancias, a veces creando embalses como lagos, los bordes del agua son empujados tierra adentro, y la velocidad del agua normalmente se reduce considerablemente.

La situación así cambiada puede ejercer un efecto perjudicial o beneficioso con respecto a las enfermedades parasitarias relacionadas con el agua. En lo concerniente a las enfermedades transmitidas por vectores, sitios que servían de criaderos pueden quedar cubiertos por el agua sobre grandes regiones. La menor velocidad y turbulencia del agua más alta serán desfavorables para la cría de los vectores Simulium de oncocercosis, lo que reduce o incluso elimina los sitios de transmisión.

Un agua casi estacionaria corriente arriba de una represa, a menudo acompañada del rápido crecimiento de vegetación acuática, proporciona condiciones de vida ideales para el mosquito de la malaria y, por lo tanto, crea un peligro potencial para una propagación más generalizada y el aumento en la transmisión de la infección en la zona, con todos sus efectos perjudiciales para la comunidad. La manera más apropiada de controlar este riesgo es mediante el diseño cuidadoso de la represa y el reservorio, la aplicación de plaguicidas al agua y/o el control de malezas.

El efecto corriente abajo de la construcción de una represa es generalmente opuesto al de aguas arriba. El agua fluyente en su mayor parte es muy turbulenta y se mantiene así por alguna distancia, creando condiciones muy favorables para la cría de Simuliidae. Dado que la etapa acuática de la mosca negra es muy susceptible a los insecticidas, el tratamiento a intervalos del agua corriente abajo es sumamente eficaz para eliminar o reducir esta población de vectores, por lo menos a un nivel insignificante con respecto a su importancia para la salud pública. En las represas más grandes, se pueden incorporar dispositivos de tratamiento con insecticidas en la propia construcción; en otros casos, el tratamiento tiene que hacerse de la manera más convencional. Indudablemente, el tratamiento de aguas para el control del Simulium ejercerá algún efecto sobre las otras poblaciones de insectos, que también usan el río como criaderos.

Los riesgos para la salud que acarrear las represas más pequeñas, principalmente las construidas con fines de riego, radican principalmente en las condiciones favorables de cría que proporcionan a los vectores de oncocercosis, a menudo en los propios aliviaderos. El diseño específico de los aliviaderos, la fluctuación controlada del nivel del agua y el mantenimiento adecuado del sitio de la represa son métodos recomendados de control.

El Cuadro IV presenta datos sobre la formulación de planes de riego en un número seleccionado de países latinoamericanos.

**CUADRO IV**  
*Area de riego en algunos países de América Latina*

País	Area irrigada en 1984 (miles de hectáreas)	Cambio porcentual en 1974-1984
Argentina	1,660	15
Brasil	2,200	69
Chile	1,275	1
Colombia	322	16
Cuba	1,030	74
Ecuador	537	6
México	5,100	13
Perú	1,200	6
Venezuela	322	8
<b>Total</b>	<b>13,646</b>	<b>23</b>
Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación		

Cualquier sistema de riego que lleve agua superficial a las zonas áridas donde anteriormente escaseaba o no existía, requiere mucha atención con respecto a su posible efecto sobre las enfermedades parasitarias relacionadas con el agua. No solo pueden crearse condiciones especialmente favorables para la proliferación de vectores que dependen del agua o de huéspedes intermediarios, sino también el aumento o influjo de la población humana puede proporcionar oportunidades muy favorables para la transmisión de enfermedades (Hunter et al, 1990).

## 2.2 Cambios y disloques ecológicas

Dependiendo de su ecología, ciertas especies de mosquitos pueden desaparecer o seguir confinadas a territorios pequeños no afectados por el desarrollo de la Región. Otras especies pueden encontrar condiciones de vida más favorables, ya sea debido al aumento en la superficie del agua para su ciclo larval, o a factores físicos, químicos o nutricionales que les convienen más en los nuevos cuerpos de agua: lagos, canales de riego, excavaciones, marismas y zonas de filtración o, de nuevo, porque una reducción o desaparición de los predadores aumenta su abundancia y la efectividad para transmitir enfermedades, como malaria, arbovirus y filariasis. Parece que

circunstancias similares ejercen una influencia en las poblaciones de caracoles. Tanto la extensión del hábitat acuático como el estado del sistema ecológico en cierta etapa del proceso de eutroficación pueden favorecer la implantación o multiplicación de las especies al actuar como huéspedes intermediarios para esquistosomas u otros trematodos.

Los cambios ecológicos a menudo modifican la incidencia y la prevalencia de las enfermedades ya presentes en la Región. Habrá una tendencia de estas a disminuir si, por ejemplo, se reducen vectores específicos o aquéllos que desempeñan la función más eficaz en la transmisión. La destrucción de los bosques primitivos en el Brasil reduce la población de las especies de mosquitos simúlidos (jejenes), que es sumamente importante para la propagación de la leishmaniasis cutánea. Por tanto, después de un aumento de leishmaniasis a raíz del primer contacto con el bosque, se observa un cambio a medida que se destruye o se sumerge este último, y los casos nuevos se hacen cada vez más raros y finalmente desaparecen.

Sin embargo, generalmente hay una tendencia hacia una mayor incidencia o prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores y de las enfermedades cuyos vectores se desarrollan en el agua. En América del Sur, la multiplicación de los mosquitos maláricos (Anopheles darlingi, A. pseudopunctipenis y A. albimanus) se favorece con la construcción de represas y redes de riego. El A. albimanus también transmite arbovirus.

El Culex tarsalis, que es muy característico de las regiones irrigadas, es un vector importante de la encefalitis de St. Louis. En California, más del 80% de los criaderos de mosquitos responsables de los brotes anuales de encefalitis son producto del hombre.

En la transmisión de enfermedades del tipo de hábitat de agua intervienen tres tipos diferentes de vectores:

- ▶ Los vectores de caracoles, que son el vínculo esencial en la transmisión de la esquistosomiasis. Más de 70 países en los trópicos y subtropicos están afectados, y la enfermedad se está propagando e intensificando debido a nuevos proyectos de riego que crean un ambiente favorable para el huésped acuático del vector de la enfermedad.
  
- ▶ Los vectores de mosquitos, que son responsables de la ocurrencia generalizada de malaria, filariasis y arbovirus. El parásito de la malaria es transmitido por un mosquito que depende del ambiente acuático para su reproducción. En las regiones donde la malaria es actualmente endémica habitan unos 1,200 millones de personas.

- ▶ Los vectores de moscas que transmiten la oncocercosis (la ceguera del río) y la tripanosomiasis (enfermedad del sueño). El agua corriente sumamente aireada es el hábitat preferido para la reproducción del vector (la mosca de *Simulium*) de la oncocercosis. Partes del sudoeste de Africa y Centroamérica están sufriendo mucho de ceguera que afecta hasta a un tercio de la población adulta en las áreas rurales infestadas.

### **2.3 *Vulnerabilidad de la comunidad y receptividad ambiental***

Dos factores son sumamente importantes en los cambios registrados en las enfermedades transmitidas por vectores, comúnmente relacionados con el desarrollo de recursos hidráulicos en una cuenca hidráulica: la vulnerabilidad de la comunidad y la receptividad ambiental (OMS, 1989). A continuación se discuten más a fondo estos factores.

La vulnerabilidad de una comunidad a la infección depende de su proximidad a las zonas donde está presente la enfermedad transmitida por vectores, de su estado inmune, de su historia de exposición, del estado de salud general, del efecto potencial de un influxo de población migratoria infectada y de las actividades principales de la comunidad. Puede haber un grupo humano que mantiene un estrecho contacto con poblaciones de vectores debido al lugar en que vive o a su ocupación. De este modo también pueden proporcionarles una fuente potencial de infección a los miembros de otras comunidades.

El comportamiento humano ejerce un efecto profundo sobre el grado de contacto con vectores o agua contaminada. El contacto puede ocurrir cerca o lejos del ambiente doméstico. El contacto cerca del ambiente doméstico a menudo asegura que la prevalencia de la enfermedad se distribuya más ampliamente entre la edad y las clases de sexo. El contacto lejos del ambiente doméstico con frecuencia se relaciona con actividades económicas y puede restringir la prevalencia de las enfermedades a cierta edad y clase de sexo. Las actividades económicas pueden relacionarse con el proyecto y podrían incluir trabajo de construcción o agrícola. En estos casos debe considerarse un medio especial de protección individual. Sin embargo, los lugareños generalmente desempeñan un gran número de ocupaciones informales además de las principales.

Para determinar cómo la comunidad humana será afectada por el proyecto, es necesario clasificar los grupos humanos que la componen y considerar el estado de salud de cada uno de ellos. Se puede agrupar a las familias de los trabajadores de construcción, de colonos, de inmigrantes espontáneos y de ocupantes anteriores del sitio propuesto y los sitios periféricos. La estructura de edades de las comunidades relacionadas con proyectos de desarrollo a menudo es muy diferente de la norma nacional debido a que nace y sobrevive un mayor número de niños, o a que los

colonos están en sus años primarios de concebir. Los inmigrantes de regiones o zonas climáticas diferentes pueden estar especialmente sujetos a riesgo.

Para evaluar la vulnerabilidad de una comunidad, se deben recabar datos e información adecuada sobre las preguntas siguientes (OMS, 1989):

- (i) ¿Qué enfermedades son importantes en la Región?
- (ii) ¿Cuán prevalente son estas enfermedades?
- (iii) ¿Hay alguna resistencia a los medicamentos?
- (iv) ¿Existe un reservorio de parásito humano?

La receptividad ambiental a la transmisión del organismo patógeno la determina la abundancia del vector, el contacto humano con vectores o agua contaminada, y con otros factores ecológicos o climáticos que favorecen la transmisión. Las categorías sugeridas para clasificar la receptividad incluyen:

- ▶ es posible la transmisión, pero no está ocurriendo actualmente;
- ▶ se reanuda fácilmente; y
- ▶ es probable que dé lugar a brotes explosivos de la enfermedad.

La receptividad ambiental aumentará si el proyecto de desarrollo hidráulico crea, o mejora, los criaderos de vectores o las oportunidades de contacto humano con vectores o fuentes de agua contaminada, o conduce a una expansión de la población del reservorio de la enfermedad.

El organismo patógeno responsable de algunas enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, no sobrevive en huéspedes mamíferos con excepción de los humanos. Sin embargo, otros organismos patógenos como los vinculados a la enfermedad del sueño africana y la leishmaniasis se encuentran en los animales salvajes, que son designados como reservorios de la infección.

La mayoría de los vectores tiene una capacidad enorme para colonizar y recolonizar los criaderos. Los insectos voladores pueden migrar grandes distancias, especialmente cuando reciben la ayuda de los vientos predominantes. Los caracoles se adaptan a la búsqueda de un transporte pasivo en materias flotantes en los ríos, las piernas de los animales y vehículos. Si un vector, o huésped intermediario, se encuentra presente en una Región, más tarde o más temprano colonizará o recolonizará los criaderos creados por el proyecto.

## 2.4 Cambios socioeconómicos y demográficos

Desde el punto de vista de la salud pública, las nuevas condiciones ecológicas y sus repercusiones en los vectores y los mecanismos de transmisión de enfermedades adquieren su importancia máxima cuando son considerados en relación con cambios socioeconómicos y demográficos que ocurren al mismo tiempo.

Primero, los ocupantes originales de la región inundada, expulsados por el proyecto, deben afrontar las consecuencias del abandono de cultivos, sitios en el terreno, hogares y la organización local de sus vidas. Esto crea tensión aunque se ofrezcan propiedades nuevas, viviendas y recursos económicos para que puedan reorganizar su existencia en otro sitio (Schorr, 1984). Por ejemplo, los "Refugiados ambientales" ascendieron a cerca de 65.000 en la cuenca de Itaipu (Brasil-Uruguay). La ruptura súbita de la estructura económica y social de las comunidades desplazadas arriesga el exponerlas, especialmente a los niños, a inadecuaciones más serias que las acostumbradas en lo referente a nutrición, vivienda e higiene, en unos momentos en que aumentarán los riesgos para la salud, posiblemente al realojarlos en las orillas del lago, o en la zona de riego con mayor densidad de vectores, y el contacto con nuevos inmigrantes.

Además, otros trabajadores van allí para participar en la construcción de la represa y la red de riego, y a menudo son muy numerosos. Por ejemplo, en Itaipu (Brasil), donde el número de empleados una vez alcanzó la cifra de 38.000, la rotación a fines de 1978 era de alrededor de 2,000 partidas y nuevas llegadas por día. Los aspirantes a trabajar y sus familias aumentaron de tres a siete veces la población de los poblados vecinos. Estos trabajadores y sus familias, que a veces vienen de regiones muy distantes, afectan a la situación epidemiológica mediante:

- a) La introducción de enfermedades nuevas a la Región.
- b) La introducción de nuevas cepas de un parásito, o de vectores nuevos de ese parásito, posiblemente mejor adaptados a las condiciones ecológicas creadas por las instalaciones del proyecto hidráulico.
- c) La introducción de una población no inmune a los organismos patógenos locales; y
- d) El aumento de la densidad de población en los focos de transmisión.

A menudo los reservorios y la agricultura de riego son implantados en una Región, en la que anteriormente solo existía la cría de ganado o una agricultura de subsistencia primitiva. Luego la población dispone de nuevos tipos de empleo: como

trabajadores de construcción; en el lago como pescadores; o en los campos irrigados como trabajadores agrícolas, adaptándose a nuevas técnicas que incluyen más contacto con agua, plaguicidas y fertilizantes químicos.

La Figura 5 muestra un proyecto de matriz que se puede emplear en la evaluación de los riesgos potenciales para la salud relacionados con diversos tipos de desarrollo de recursos hidráulicos (OMS, 1987).

Poblaciones	MEDIDAS DE SALUD DIRIGIDAS A										MEJORAS SOCIOECONÓMICAS GENERALES			
	ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES					OTRAS ENFERMEDADES					Educación	Vivienda	Infraestructura	Empleo
	Malaria	Esquistosomiasis	Filariasis	Enfermedades víricas	Otras	Enfermedades diarréicas	Desórdenes multifocales	Parasitosis	Accidentes	Enfermedades transmisibles sexualmente				
Residentes originales														
Trabajadores de construcción														
Migrantes espontáneos														
Residentes aguas abajo afectados por el cambio hidrológico														
Asentamientos planificados														
Poblaciones migrantes (estacional)														
Poblaciones adyacentes														

**FIGURA 5**  
*Matriz para el estudio y evaluación del impacto en la salud pública de los proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos*

Fuente: OMS, 1987

### 3. AGUA CONTAMINADA CON DESECHOS HUMANOS

#### 3.1 Abastecimiento de agua y saneamiento

Las aguas naturales y las tratadas varían en cuanto a calidad microbiológica. Lo ideal sería que el agua potable no contuviera ningún microorganismo que se sepa que es patógeno. También debe estar libre de bacterias indicativas de la contaminación con excrementos. La detección de organismos fecales, en particular Escherichia Coli, se toma como prueba definitiva de contaminación fecal en el análisis de la calidad del agua (OMS, 1984).



Hay ciudades en América Latina, incluido algunos centros metropolitanos grandes, que tienen concentraciones medias tan altas de bacterias coliformes en el agua cruda de sus fuentes de agua potable, que las poblaciones continúan en riesgo a pesar de que ya se están intensificando los proyectos de tratamiento de aguas potables. Las concentraciones de bacterias coliformes en las tomas de agua cruda (agua superficial) de las plantas en Buenos Aires, Porto Alegre, Caracas y Lima exceden un promedio 100.000 por 100 ml durante períodos prolongados. Una planta convencional no puede tratar las aguas crudas con tales concentraciones y además producir agua potable que reúna las normas aceptadas (menos de 1 coliforme fecal por 100 ml de agua tratada). Por este motivo, se está usando la cloración previa intensa. Sin embargo, esto introduce otro riesgo que se explica en la Sección 5.3, supra.

Cabe observar que las concentraciones de bacterias coliformes arriba mencionadas, son también una indicación de otros peligros. Aunque las bacterias coliformes básicamente son un indicador, hay casos en que son enterotoxígenos (Sato et al, 1983), en el sentido que se ha demostrado que las concentraciones elevadas de estas bacterias vienen acompañadas de bacterias y virus patógenos (Martins et al, 1986). Como el control de la calidad del agua potable se basa en pruebas para detectar la probable presencia de bacterias coliformes fecales en el agua tratada y suministrada a los consumidores, el agua puede que no esté contaminada desde el punto de vista de la ausencia de bacterias patógenas si se cumple la norma, tal como se ha establecido una y otra vez en muchos sistemas de abastecimiento de agua potable durante decenios. Sin embargo, este procedimiento no incluye ciertos virus que son muy resistentes incluso a altas dosis de precloración para combatir las concentraciones de bacterias coliformes en el agua no tratada.

La información compilada en 1988 como parte del Programa sobre el Decenio Internacional para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento muestra que en América Latina y el Caribe los servicios urbanos de abastecimiento de agua mediante conexiones domiciliarias alcanzaron una cobertura del 78% de la población, y con la inclusión de las fuentes públicas (acceso dentro de 200 metros de la vivienda), llegaron al 80% de la población. Los servicios urbanos de alcantarillado sanitario llegan al 48% de la población. En las áreas rurales, los promedios son menores: alrededor del 55% en el caso del abastecimiento de agua y del 22% en el de la eliminación sanitaria de excrementos.

Estos números indican que se han logrado avances durante el Decenio de los 80 para extender servicios de agua a las personas. Sin embargo, se sabe que 75% o más de los sistemas de abastecimiento de agua no la desinfectan, o tienen graves problemas operativos que interfieren con la desinfección eficaz y continua. Esto es mucho más grave en vista de que se estima que actualmente solo un 5-10% de toda el agua residual, incluyendo la procedente de los sistemas de alcantarillado, es tratado en la Región (OPS, 1990).

En los EE.UU., en los últimos años cada vez se han documentado más incidentes de contaminación de aguas subterráneas y cierres de pozos. En 1984, los estados notificaron que aproximadamente 4.900 fuentes de aguas subterráneas por año (10% del total) excedían la norma de la EPA para contaminantes microbiológicos (The Conservation Foundation, 1987).

### **3.2 *Reutilización de aguas***

La eliminación de aguas residuales no tratadas constituye un problema crítico en todos los países de la Región. Estas aguas residuales contaminan y dañan las vías de agua, así como las aguas subterráneas, que son las fuentes de abastecimiento de agua potable para comunidades grandes y pequeñas. Además, esta agua a menudo se emplea para bañarse, actividades de placer, riego y pesca, todo lo cual hace que aumente el potencial de riesgo para la salud. Asimismo, la mayor carga con material orgánico promueve el crecimiento excesivo de algas, fenómeno conocido como eutroficación, que, además de ser desagradable, perjudica otras formas de vida.

La reutilización en gran escala de las aguas residuales domésticas no tratadas para el riego es común en muchas zonas áridas y semiáridas de América Latina, en respuesta a mayores presiones de población, escasez de agua e insuficiencias proteicas. Veinte por ciento de la tierra es árida o semiárida, y aunque solo cuenta con el 5% de los recursos hidráulicos de la Región, sostiene al 60% de la población. Ríos que en períodos anteriores servían adecuadamente las necesidades de los habitantes en materia de abastecimiento de agua, eliminación de desechos y riego, ahora no pueden satisfacerlas. Esto sugiere la idoneidad de alguna forma de eliminación de aguas residuales en tierra, y la creciente importancia de la reutilización (Bartone, 1985).

Sin embargo, esta práctica puede plantear cierto riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas y de la población general que consumen productos agrícolas procedentes de los lugares donde se reutilizan las aguas residuales (OMS, 1989). En las poblaciones que descargan aguas residuales sin tratar o deficientemente tratadas están ocurriendo elevadas tasas de enteritis, tifoidea, cólera, y otras enfermedades diarreicas, hepatitis. La supervivencia ambiental de los organismos patógenos relacionados con estas enfermedades se favorece en las regiones tropicales. Es esencial que cualquier proyecto de utilización de aguas residuales tenga medidas eficaces de control sanitario para mitigar los riesgos potenciales para la salud pública.

Algunos ejemplos de reutilización de aguas residuales en América Latina son:

En Chile, el canal de riego llamado "Zanjón de la Aguada" recibe el 80% de las aguas residuales domésticas e industriales de Santiago y se usa junto con las aguas contaminadas del Río Maipo inferior para regar unas 16.000 hectáreas de tierra cerca de la ciudad. De esto, unas 6.200 hectáreas regadas con 6 m<sup>3</sup>/s de aguas

residuales crudas proveen a la ciudad con productos de horticultura. Hay problemas con Salmonella, E. Coli, Shigella, Hepatitis A, Entamoeba histolytica, Giardia lamblia y otros organismos patógenos. Se han detectado anticuerpos de Salmonella en el 57% de la población y anticuerpos de tifoidea en el 30%.

El distrito de riego No. 3 cerca de la Ciudad de México comprende 41.500 hectáreas que son regadas con aguas residuales crudas o mezcladas. Otros distritos de riego cerca de la ciudad también emplean aguas residuales crudas. En el agua de riego se han medido valores promedio de coliformes fecales de  $10^8$  NMP<sup>1\*</sup>/100 ml. Se ha revelado que las cosechas comestibles para consumo crudo procedentes de estos lugares donde se reutilizan las aguas están contaminados con coliformes fecales del orden de 3.000 NMP-E. Coli/10 g.

A lo largo de la desértica costa peruana se han identificado 33 proyectos de reutilización; muchos de ellos usan los efluentes de lagunas de estabilización de aguas residuales. Sin embargo, en Lima y sus alrededores hay algunos sitios de reutilización sin controlar que riegan un total de 800 hectáreas con  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  de aguas residuales crudas domésticas e industriales. Las autoridades peruanas están planificando la reutilización de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  de aguas residuales tratadas para regar 5.000 hectáreas de tierra desértica al sur de Lima.

Estas y otras experiencias en toda la Región indican claramente que la reutilización es una realidad y que la demanda económica a menudo crea la reutilización indiscriminada y espontánea. Las autoridades de salud pública responsables deben prever estas presiones económicas y formular y ejecutar planes para contar con medidas sanitarias de control adecuadas. Además del riesgo de contaminación microbiana por bacterias, virus y parásitos, hay problemas potenciales de contaminación química de las cosechas comestibles, el ganado, los productos lácteos y los peces mediante la bioacumulación de vestigios de metales y sustancias orgánicas tóxicas. Obviamente, hay una necesidad urgente de realizar investigaciones prácticas destinadas a evaluar las estrategias de control sanitario para la reutilización.

Hasta ahora no se ha atribuido ningún brote de enfermedad a los sistemas de aplicación de aguas residuales a tierras en los EE.UU. (Gerba, 1985).

---

1\* NMP = Número Más Probable

#### **4. AGUA CONTAMINADA CON SUSTANCIAS QUIMICAS**

La minería y el procesamiento de minerales metálicos y minerales contribuyen significativamente, y de varias maneras diferentes, a la carga de contaminación de los recursos hidráulicos de América Latina y el Caribe. Es particularmente grave en las zonas deficientes de agua del Perú y Chile, los dos países que más dependen económicamente de la producción mineral. En muchos otros países de América Latina, la minería también figura entre las industrias principales. El cobre, el aluminio, la plata, el oro, el estaño, el cromo, el plomo, el hierro, el manganeso, el níquel y el cinc son los principales minerales metálicos que se están explotando. Otros minerales que se extraen son antimonio, arsénico, berilio, bismuto, selenio y azufre. El drenaje y desagüe de minas, la decantación de minerales, los lechos de extracción y el sedimento son las causas primordiales de la contaminación de aguas por materias inorgánicas, especialmente los metales pesados.

##### **4.1 Contaminación por metales pesados**

Los cuerpos de agua superficial (ríos, arroyos, estuarios, lagos) pueden contener metales pesados en solución o en materia suspendida en el agua. Puede suponerse que un contaminante está en solución si no se retiene cuando se filtra el agua por una membrana con poros que midan 0,45µm. El mecanismo principal de estos cuerpos de agua para la reducción de las concentraciones de metales es la sedimentación de sus sólidos en suspensión. En el resto de esta sección se presentan diferentes ejemplos de contaminación de las aguas por metales pesados.

El Río Rimac alimenta la planta de tratamiento de La Artajea, que abastece a alrededor del 70% de los 6 millones de habitantes de Lima metropolitana, Perú. La cuenca del Río Rimac desciende de una altitud de más de 4000 metros en los picos de los Andes hasta Lima y el Océano Pacífico en algo más de 100 km del curso principal del río. Numerosos concentradores de minería, que actualmente procesan más de 5000 toneladas de mineral por día, descargan sus aguas residuales en el río y sus tributarios a unos 80 km aguas arriba de La Artajea.

Las plantas de extracción están ubicadas bien alto en las sierras y tienen lo que se llaman lechos de extracción, que son cuencas de sedimentación para tratar las aguas usadas en la extracción de los metales del mineral. En promedio, se utilizan aproximadamente 2,5 m<sup>3</sup> de agua para procesar cada tonelada de mineral. En la zona de las plantas extractoras hay poco espacio para los lechos de extracción debido al terreno escabroso, y la construcción de los muros de retención deja mucho que desear. A veces las cuencas están ubicadas en valles sometidos a torrentes o inundaciones causadas por el deshielo y las lluvias. Cuando el agua usada en el procesamiento sale de las plantas de extracción, siempre quedan concentraciones de

metales no recuperados, y los lechos de extracción retienen solo parte de esas concentraciones, que por último se descargan en el río. Un metal que está sumamente concentrado en el agua del río es el plomo.

Durante varios años SEDAPAL y el Ministerio de Salud peruano han tomado muestras de siete estaciones de muestreo ubicadas 80 km aguas arriba de la planta de tratamiento. La concentración media de plomo en el agua durante los períodos críticos de bajo contenido de agua es aproximadamente de 0,15mg/l de plomo. Esto es más de tres veces el límite permisible en las normas de los países desarrollados que se han adoptado en los países latinoamericanos, incluido el Perú.

Para estudiar la posibilidad de reducir las concentraciones de plomo por medio de reguladores pre-sedimentadores, el CEPIS llevó a cabo investigaciones con el apoyo de SEDAPAL. Los resultados indicaron que la concentración de plomo se reduce significativamente haciendo pasar el agua a través de un pre-sedimentador, si se opera adecuadamente (Castagnino, 1989).

En Antofagasta, Chile, se resolvió un caso similar. La fuente de abastecimiento está ubicada a más de 200 km, en lo alto de los Andes, y el agua va por tubería hasta la ciudad. El Río Toconce es la única fuente, y se encontró que tenía una concentración media de arsénico de 0,8 mg/l (Puga, 1973). Esto equivale a 16 veces el límite permisible para los Estados Americanos, incluido Chile (0,05 mg/l). La presencia de arsénico en el abastecimiento de agua de Antofagasta estaba causando daño a los sistemas circulatorio y respiratorio humanos, así como lesiones en los pies y las uñas. En 1970 se construyó una planta de tratamiento de aguas para reducir las concentraciones de arsénico mediante coagulación, floculación, sedimentación y filtración, y los estudios clínicos y epidemiológicos revelan que ha sido eficaz (Borgono, 1977).

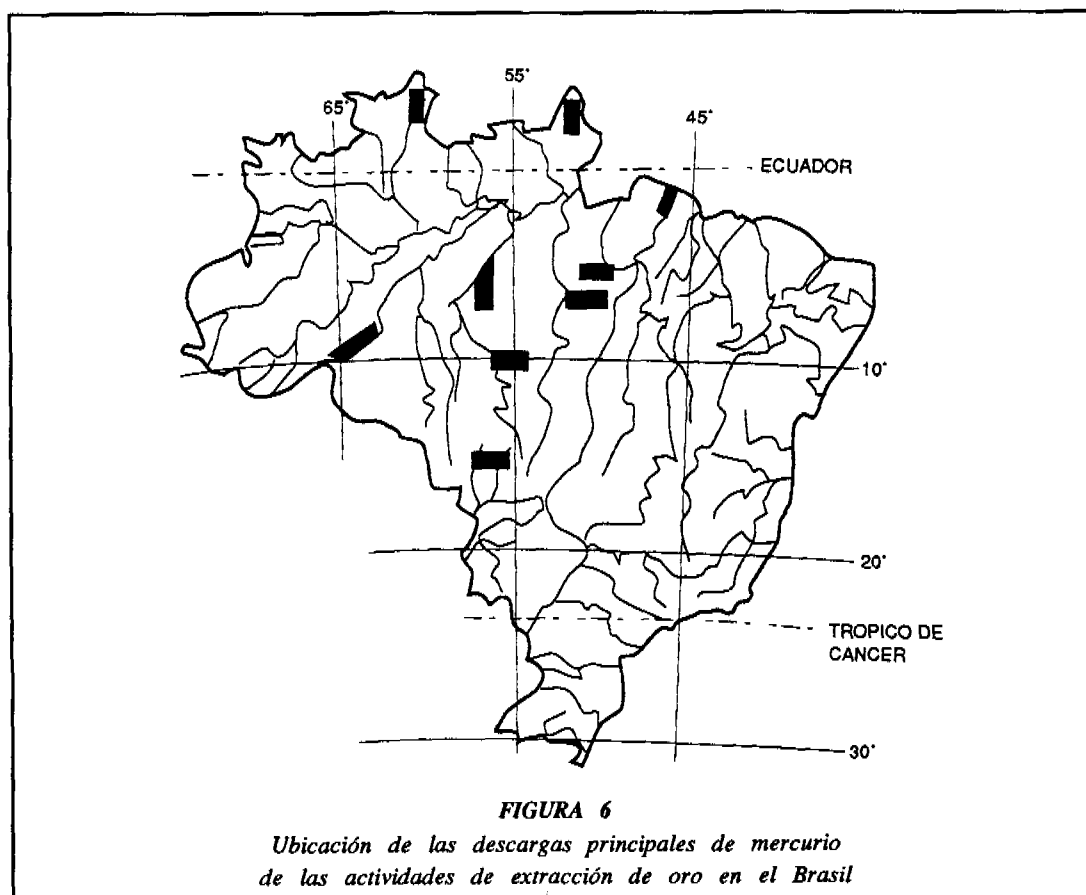
También existen concentraciones peligrosas de arsénico en las aguas centroamericanas. Se está estudiando la posibilidad de tratar las aguas del Lago Ilopango, que abastece a la ciudad de San Salvador. Para este caso quizás se les pueda suministrar información útil acerca de la experiencia de Antofagasta.

En la región Lagunera, de México, muchos pueblos son abastecidos con aguas subterráneas que contienen 0,20 mg/l de arsénico. Esto produjo lesiones cutáneas en un porcentaje relativamente alto de la población de consumidores.

Aunque el oro solo representa una pequeña parte de la actividad minera con respecto a peso, desde el punto de vista de la salud pública es probablemente el problema más grave debido al uso indiscriminado del mercurio en el proceso de separación. Estas concentraciones de mercurio se producen al utilizarse amalgamas

mercúricas, principalmente en la cuenca Amazónica, aunque también se están afectando a algunos de los tributarios en la cuenca del Río de la Plata (Eysink, 1988).

En el Brasil, que actualmente extrae casi la mitad del oro producido en América Latina y el Caribe, se estima que cada año se emplean cerca de 300 toneladas de mercurio en la separación del oro. La figura 6 indica los lugares principales donde se está descargando mercurio en el ambiente acuático. En el Brasil, la mayoría penetra en la cuenca Amazónica. También se está usando en Venezuela y Colombia. Sobre una base regional, la producción de oro subió de cerca de 54,8 toneladas métricas en 1950 a 147,8 toneladas métricas en 1985. Los principales países productores de oro (Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, México, Perú y Venezuela) representan más del 98% de la producción total de la Región.



El problema se ha agravado recientemente porque la separación del oro de las rocas y las arenas auríferas ya no se hace a mano. Ahora se emplean potentes chorros de agua para pulverizar los acantilados auríferos, seguido de la recogida de aguas arenosas con bombas de succión que las dirigen hacia rampas inclinadas con rejillas y tamices especiales que retienen el oro separado mediante la formación de la amalgama de mercurio. La excavación hidráulica de los depósitos de los lavaderos de oro causa un grave problema al introducir cantidades masivas de sedimentos en las aguas receptoras, ocasionando estragos en la mayor parte de la vida acuática muchos kilómetros aguas abajo.

Aunque es difícil evaluar la cantidad de mercurio que se descarga en el ambiente acuático, se cree que es de alrededor del 50% del uso anual. Además, todavía no se ha determinado el grado de metilización del mercurio en el ambiente ribereño, pero se sospecha que es considerable porque se están notificando niveles peligrosos de mercurio y parece que están en aumento en el pescado y la leche materna. Cada vez se diagnostican más casos de efectos neurológicos, y se cree que están relacionados con la exposición a los vapores y los alimentos. Se estima que la continua descarga no regulada de mercurio podría perjudicar a casi un millón de personas en las cuencas de aguas afectadas, y tiene el potencial para hacer mucho más daño cuando se contamine el ambiente marino. El riesgo potencial está principalmente entre las poblaciones rurales del río que viven cerca de las vías de agua afectadas (Eysink, 1988).

La extracción de oro también se lleva a cabo en el Departamento de Madre de Dios, en el Perú, y aunque faltan datos, es probable que ocurra lo mismo con respecto a las concentraciones de metil-mercurio en el agua superficial de la cuenca del Amazonas-Madeira.

Durante más de 50 años se ha bombeado agua de la cuenca del Río Tieté en Sao Paulo hacia el reservorio de Billings. Las aguas bombeadas contienen una gran proporción de aguas residuales procedentes del parque industrial y del sistema de alcantarillado de Sao Paulo. Sin embargo, CETESB (Eysink, 1987) muestra concentraciones de mercurio en Billings superiores a los niveles admisibles. La entrada de agua de la planta que abastece a los distritos industriales de Santo André, Sao Bernardo y Sao Caetano, en Sao Paulo, está ubicada dentro de la zona protegida. Si las aguas de Billings se pudieran usar para suministrar a la ciudad, podrían ahorrarse enormes sumas de dinero que se invertirían en aumentar el flujo al nivel que São Paulo pronto requerirá.

También se han encontrado concentraciones de mercurio en las orillas de los ríos en Paraguay, pero su origen no ha sido investigado adecuadamente (ITED, 1985). Cabe señalar que la fuente del Río Paraguay está ubicada en la región del Pantanal brasileño, tal como sucede con los otros tributarios del río. Pero esto no es

suficiente para establecer una causa y efecto, especialmente en lo que se refiere a los metales pesados. En consecuencia, es aconsejable realizar más investigaciones, ya que están afectados los abastecimientos de agua de Asunción, Formosa y otras ciudades.

Se pueden citar algunos abastecimientos de agua de los centros metropolitanos principales como casos en los que deben evaluarse las concentraciones de metales pesados y otras sustancias tóxicas de las descargas industriales. Por ejemplo, se debe mencionar la nueva planta de tratamiento de agua potable de Guadalajara, México, que tomen el agua del Río Santiago, el que a su vez recibe aguas diluidas descargadas en el Río Lerma por el enorme complejo industrial de Salamanca y otros pueblos. Identificado en el Plan Nacional de Agua y el Plan de Desarrollo Urbano para México, este río constituye una cuenca de alta prioridad cuya calidad del agua está recibiendo mucha atención de los Ministerios de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Salud y Bienestar, Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Esta situación también se podría aplicar al agua destinada a la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil, procedente de la planta de Guandú, que abastece a varios millones de habitantes. El Río Guandú está formado por la desviación de las aguas del Río Paraíba do Sul. Más de 4.000 plantas industriales en el Estado de Sao Paulo, y un número considerable en el Estado de Rio de Janeiro, descargan aguas residuales en este río. Estas industrias son de una extensa variedad de tipos, y sus efluentes contienen no solo sustancias metálicas tóxicas sino también muchas otras clases de sustancias, a pesar de que los estados interesados han exigido (y en su mayor parte se ha llevado a cabo) el establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales en gran escala.

En los EE.UU., los datos compilados revelan que, salvo por el plomo, que está mejorando, las tendencias de muchos de los otros metales pesados en las aguas superficiales se están deteriorando (The Conservation Foundation, 1987). Las concentraciones de arsénico en general aumentaron de 1974 a 1982, con mayor frecuencia en las cuencas de los Grandes Lagos y Ohio y en el Noroeste del Pacífico. En general, existe poca correlación entre los niveles de arsénico en el agua y la presencia natural de este metal en los suelos y otros materiales naturales. Las mediciones de cadmio también mostraron tendencias predominantemente deteriorantes, particularmente en los Grandes Lagos, el Misisipí superior y regiones del Golfo en Texas. En cuanto a otros metales, como el cromo, manganeso, selenio, mercurio y cinc, no se notifica ninguna tendencia significativa, ya sea ascendente o descendente.

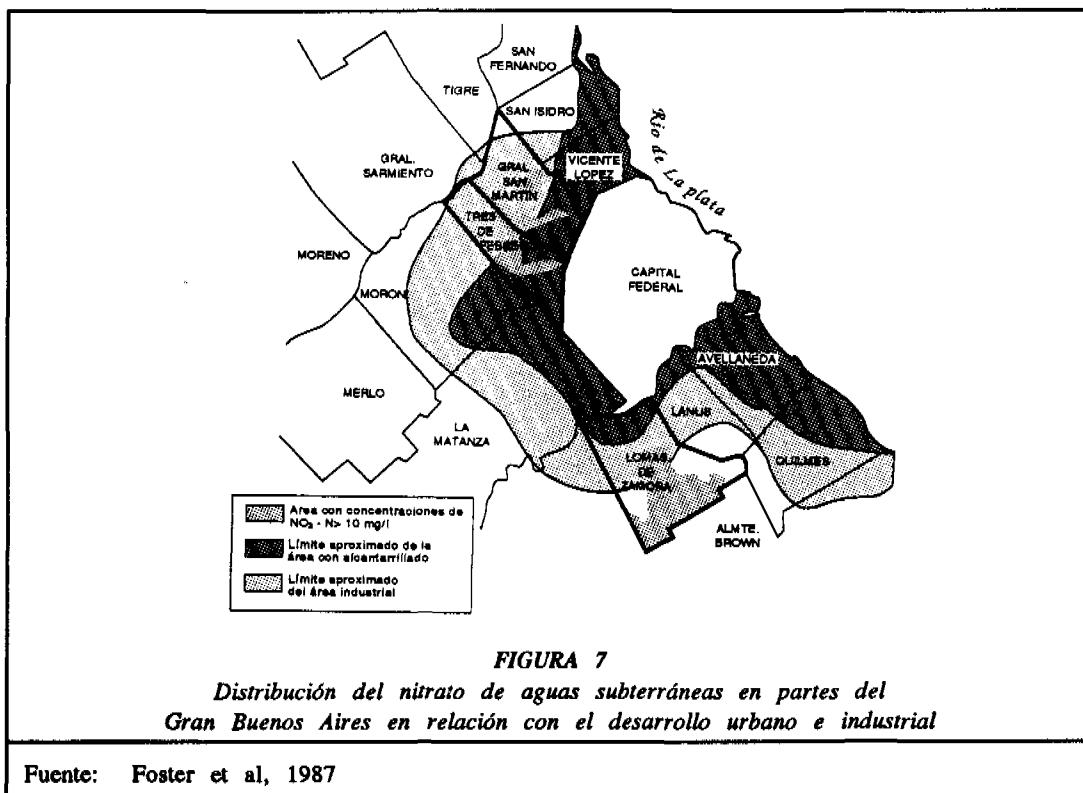
El selenio y el arsénico fueron los metales que con más frecuencia se informó que excedían las normas de los EE.UU. para la calidad del agua potable. Se observaron niveles de mercurio en exceso de las normas de calidad de agua potable en casi un cuarto de los pozos rurales de toda la nación. El cadmio y el plomo exceden la norma en cerca del 10-15 por ciento de todas las mediciones.



#### 4.2 Contaminación por nitrato

Las concentraciones de nitrato son principalmente de origen orgánico y consecuencia de la oxidación bacteriana del amonio y otros grupos nitrogenados. Debido a la movilidad y persistencia de los nitratos en las aguas subterráneas, existen grandes riesgos para la salud en ciertos acuíferos de América Latina y el Caribe, ejemplos de los cuales aparecen a continuación.

En la parte noroeste del área metropolitana de Buenos Aires, Argentina, en los distritos de Tres de Febrero, Morón y General San Martín, existe un acuífero importante, la formación Puelche. Estas zonas no tienen servicios de alcantarillado, y el saneamiento de las casas y propiedades pequeñas se realiza por medio de tanques sépticos y drenaje subsuperficial del agua de esos tanques. El efluente del drenaje, con la materia nitrogenada transformada en nitratos, infiltra el agua del acuífero de Puelche (ver Figura 7 abajo). Dado que en su mayor parte estas zonas no tienen abastecimiento de agua de un sistema central con cañerías, las casas en general se abastecen de pozos individuales que se nutren de las aguas del acuífero. Algunas industrias de bebidas y procesamiento de alimentos también tienen pozos privados que extraen las aguas de Puelche. Más de 800.000 personas residen o pasan los fines de semana en estos distritos.



Las concentraciones de nitratos en algunas áreas del acuífero de Puelche son mucho mayores que el nivel máximo permisible de 10 mg/l como N, y en Tres de Febrero y Morón a veces exceden 60 mg/l. También se han confirmado casos de metahemoglobinemia en los niños.

En las islas, como las Bermudas, así como en ciertas penínsulas del Mar Caribe, hay poblaciones sin sistemas de alcantarillado donde las aguas residuales se vacían en fosas no revestidas. El abastecimiento de agua potable viene en parte de la captación de aguas pluviales y en parte de las aguas subterráneas que son afectadas por la práctica de desechar las aguas residuales de la manera descrita. En ciertas áreas de Bermudas, donde la densidad de población es mayor, las aguas subterráneas captadas alcanzan niveles de nitrato mucho más altos que el límite de 10 mg/l.

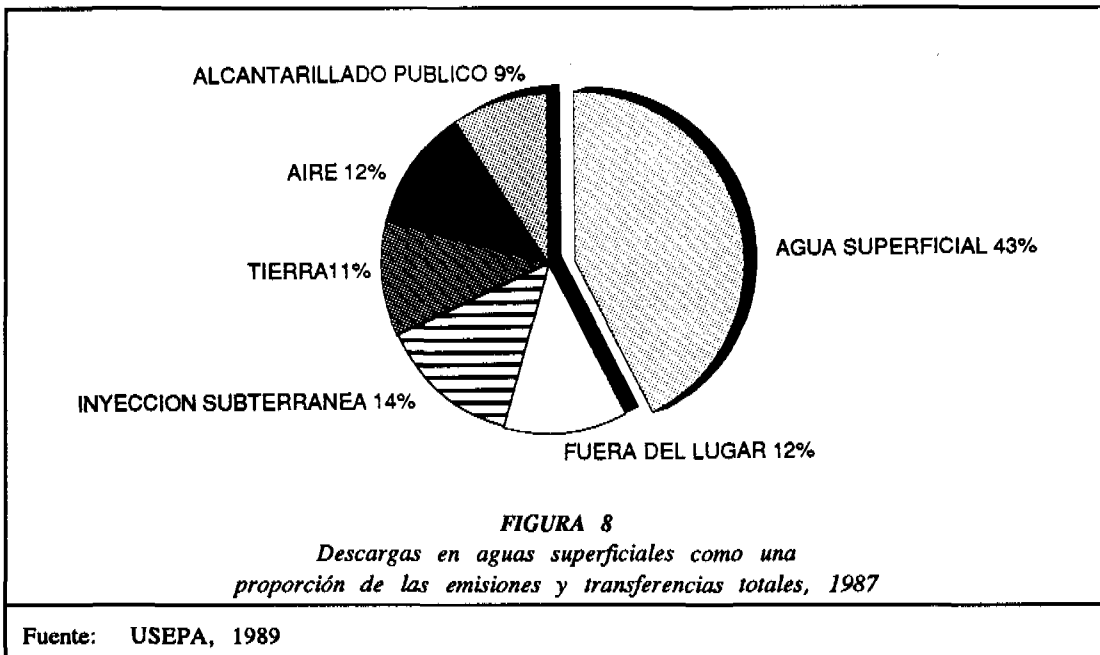
En estos dos ejemplos, y en otros casos de riesgos para la salud por altas concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas, se debe volver a evaluar la práctica de desechar aguas residuales, la recarga de aguas subterráneas, la vulnerabilidad de los acuíferos a la infiltración de nitratos y otros contaminantes, y las características hidrogeológicas de las formaciones afectadas. Tampoco debe olvidarse que las prácticas de riego y los fertilizantes inorgánicos también pueden conducir a este tipo de contaminación.

Los nitratos tal vez sean el contaminante de aguas subterráneas más común en los EE.UU. Se estima que el 20% de los pozos tienen concentraciones de nitrato-nitrógeno mayores de 3 mg por litro, nivel que puede indicar contribuciones de actividades humanas. Cerca del seis por ciento de los pozos tienen concentraciones que exceden de 10 mg/l, la norma de la EPA para el agua potable. Los pozos menos profundos (menos de 100 pies) tienen más probabilidades de tener altas concentraciones de nitrato (The Conservation Foundation, 1987).

#### **4.3 *Contaminación por productos químicos industriales***

Un reciente informe de los EE.UU. sobre el Toxic Release Inventory, National Perspective, indica que en 1987 las instalaciones industriales descargaron productos químicos en las aguas superficiales en cantidades mayores que en la tierra o en el aire, según se muestra en la Figura 8.

Sin embargo, según esta figura hay varias otras maneras de descargar arroyos de desechos industriales. Pueden seguir trayectos totalmente diferentes en otros compartimientos del ambiente, como los sistemas de alcantarillado, pozos profundos o distribuyéndolos sobre los suelos. Todos estos métodos, si no se ejecutan con sumo cuidado, contaminarán el agua potable.



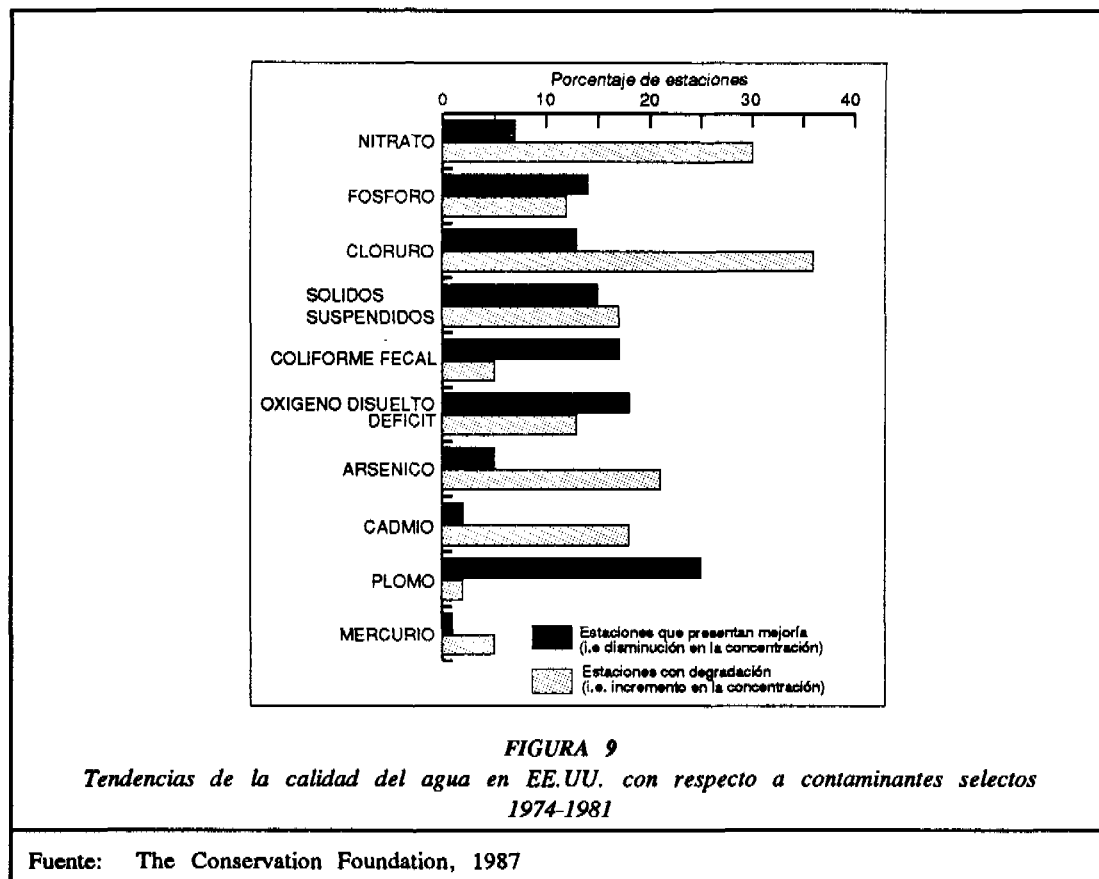
Veinticinco productos químicos (véase el Cuadro V), representaron el 99,9 por ciento (9.600 millones de libras) de la descarga total de productos químicos en las aguas superficiales. El sulfato de sodio equivalió al 94 por ciento del total.

**CUADRO V**  
*Productos químicos con las descargas más grandes en aguas superficiales en EE.UU, 1987*

NOMBRE QUIMICO	
Sulfato de sodio (solución)	Glicol de etileno
Acido fosfórico	Acetona
Sulfato de amonio (solución)	Compuestos de cinc
Hidróxido de sodio (solución)	Formaldehído
Acido sulfúrico	Cloroformo
Oxido de aluminio	Quetona de isobutilo metílico
Amoníaco	Compuestos de manganeso
Metanol	Melamina
Acido nítrico	Total de mezclas
Acido clorhídrico	Xilene (isómeros mezclados)
Nitrato de amonio (solución)	Cinc (gas o polvo)
Cloro	1,3 - Butadieno
Compuestos de arsénico	

Fuente: USEPA, 1989

Hablando en términos generales, el riesgo de que las concentraciones de ciertos productos químicos alcancen niveles nocivos para la salud humana es muy grande. La Figura 9 muestra las tendencias en cuanto a la calidad del agua con diversos parámetros, incluyendo varias sustancias químicas.



En la actualidad se dispone de menos información sobre la presencia de sustancias tóxicas. Sin embargo, varios estudios indican la existencia de un problema. Por ejemplo, en uno de ellos, 41 estados detectaron materiales tóxicos que representaban un problema importante, por lo menos con 14.000 millas de arroyos y ríos en 39 estados, 638.000 acres de lagos en 16 estados y 920 millas cuadradas de estuarios en 8 estados afectados. Una encuesta de la Oficina Nacional de Pesca notificó la contaminación tóxica de poblaciones de peces en 10 por ciento de todas las aguas.

En los EE.UU. se han medido 175 productos químicos orgánicos diferentes en los suministros de aguas subterráneas (The Conservation Foundation, 1987). Es particularmente molesto el descubrimiento de que las concentraciones de productos químicos orgánicos sintéticos en las aguas subterráneas a menudo son de una magnitud mayor que la de los encontrados en aguas extraídas de las fuentes de agua superficial potable más contaminadas. Por ejemplo, las concentraciones de tricloroetileno en las aguas subterráneas alcanzan 27.300 partes por mil millones (ppmm), mientras que la concentración más alta notificada en una fuente de agua superficial fue de 160 ppmm. Varios análisis de los datos disponibles concluyen que la contaminación de los abastecimientos de agua potable por productos químicos orgánicos tóxicos es un problema mayor para los abastecimientos de aguas subterráneas que para los de aguas superficiales. Los solventes como el tricloroetileno, tetracloroetileno, cloroformo y tetracloruro carbónico aparecen con más frecuencia, tanto solos como combinados, en concentraciones altas.

En Puerto Rico, una reciente encuesta de compuestos orgánicos sintéticos en unos 240 pozos de sondeo de fuentes de abastecimiento público de agua revelaron que más del 3% tenía concentraciones de por lo menos un compuesto peligroso que excedía de 10 mg/l. Los contaminantes más frecuentes fueron los solventes industriales comunes, como cloroformo, tricloroetileno y tetracloroetileno. Se cerraron numerosas fuentes en lugares dispersos de la isla como resultado de la encuesta (Foster et al, 1987).

Se dispone de relativamente poca información de América Latina y el Caribe sobre los miles de sustancias químicas orgánicas que se están empleando actualmente y que, modificadas o no, se están infiltrando en los cuerpos de agua. Algunos de estos productos químicos orgánicos no tienen un "umbral" de toxicidad, que significa que, teóricamente, con vestigios bastaría para causar efectos adversos sobre la salud. Además, aun en el caso de productos químicos conocidos, se necesitaría cierta vigilancia, lo que requiere personal, equipo y laboratorios, que en muchos casos no están disponibles. Como resultado, solo se mencionan unos pocos casos, con la advertencia de que indudablemente hay otros lugares donde la presencia de productos químicos orgánicos en las fuentes de agua potable puede representar un grave riesgo para la salud.

Debido a su ubicación, es importante indicar los complejos petroquímicos establecidos aguas arriba de los cuerpos de agua, o cerca de ellos, que pueden afectar a las tomas de agua. Tal es el caso en Porto Alegre, Brasil, donde a pesar del tratamiento completo e incluso terciario de las aguas residuales, con lagunas finales, este último está conectado al Río Caf, que es uno de los tributarios del Guaíba, donde hay una toma de aguas para una gran planta de tratamiento que sirve a Porto Alegre. En Salvador, Brasil, se presenta una situación similar, y tal vez en los complejos de Campana, cerca de Buenos Aires, Argentina, y en el Río del Paraná en Rosario, Argentina.

Los grandes complejos como los del Golfo de México, y los de los ríos de la costa del Pacífico de Ecuador, Perú y Chile, también pueden ejercer efectos a largo plazo sobre los abastecimientos de agua. La evaluación de los riesgos puede ser no solo extensa sino costosa. La ubicación de estos complejos generalmente la dictan factores como la producción, transporte y consumo de petróleo, pero no hay duda de que también debe darse más atención al trato de los riesgos de salud, la biota acuática y otros usos y protección de los cuerpos de agua cercanos o que son afectados de alguna forma.

#### **4.4 *Contaminación por herbicidas y plaguicidas***

No se han hecho estudios integrales de la repercusión del uso de estos productos químicos en los recursos hidráulicos de la Región, pero las verificaciones esporádicas y los estudios a pequeña escala indican que es significativa. En estos momentos se están realizando estudios de casos sobre la contaminación de los ríos con plaguicidas en Argentina, Brasil y México. En Santa Lucía, un tanque de peces precede a la planta más grande de tratamiento de aguas del país para indicar la presencia de sustancias tóxicas en el agua sin tratar. El tratamiento de aguas ha sido interrumpido varias veces debido a las muertes de peces, que se encontraron relacionadas con el uso intensivo de plaguicidas para el cultivo de bananos a solo unos pocos metros del reservorio de agua y su toma. La manera casual de controlar los plaguicidas se refleja en el número de intoxicaciones por esta causa. En Centroamérica se notificaron 1.800 intoxicaciones por plaguicidas al año por 600.000 habitantes, mientras que en los EE.UU. hubo 1 por 600.000. En un quinquenio reciente, tan solo en Guatemala y El Salvador se registraron algo más de 17.000 de estas intoxicaciones certificadas médicamente. En una situación tan grave y dramática, los efectos crónicos a largo plazo menos obvios a largo plazo sobre la salud, que entraña la contaminación de los recursos hidráulicos, tienden a recibir consideración secundaria.

Está aumentando el uso de los plaguicidas en la agricultura. Solamente el Brasil consume cerca de 150.000 toneladas anualmente, situándose entre los cinco usuarios mayores del mundo. Algunas zonas de otros países han alcanzado tasas de aplicación que exceden las de los Estados Unidos, pero en general el uso es algo menor. Sin embargo, el riesgo puede ser mucho mayor porque estos países tienen relativamente pocas restricciones sobre el uso de estos productos químicos y existen pocos programas de educación de los usuarios. Solo el 20% de los productos que están prohibidos, retirados, o sumamente restringidos en los Estados Unidos está sujeto a cualquier tipo de restricción en América Latina y los países del Caribe. Un ejemplo notable de esta tendencia es el plaguicida dibromocloropropano (DBCP), que está clasificado por la Organización Mundial de la Salud como extremadamente peligroso, y que está prohibido en la mayoría de los países desarrollados, pero continúa utilizándose en Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras y Panamá. El Brasil sigue usando aldrin, eldrin, paratión etílico, heptacloro y lindano.

El agua drenada de los regadíos generalmente está contaminada con fertilizantes, plaguicidas y otros productos agro-químicos, y frecuentemente con sales disueltas. Dado que la mayoría de las fuentes de riego están contaminadas con aguas residuales municipales no tratadas, tanto el agua de riego como el flujo de retorno generalmente contienen organismos patógenos. En toda América Latina, la reutilización del flujo de retorno de riego para volver a regar cultivos, añade contaminantes al agua. En los climas áridos, esta práctica conduce a la acumulación acelerada de sales en el suelo, sufriendo hasta el 30% de los suelos de problemas resultantes de la salinización y el drenaje. Tradicionalmente, se han empleado los fertilizantes orgánicos de desechos animales, pero está aumentando el consumo de fertilizantes químicos. En Cuba, Dominica, El Salvador, Santa Lucía y Trinidad y Tabago ya se ha alcanzado un nivel de aplicación similar al de los países desarrollados. Su uso general casi se duplicó entre 1974 y 1984, y probablemente continuará esta tendencia.

La Corporación de Desarrollo del Guayas (CEDEGE) en el Ecuador, con un préstamo del BID, está desarrollando vastas áreas de riego (hasta 50.000 hectáreas). La gran represa de Daule-Peripa fue construida para regular el flujo, el suministro de agua para el riego, la producción de energía y el control de la intrusión salina.

Debido a las mareas tan marcadas en el estuario del Guayas, la intrusión salina en este cuerpo de agua aumentaría a niveles inadmisibles la concentración de los cloruros en la toma de aguas de la planta de Guayaquil, a menos que haya un flujo de agua dulce para controlar esa intrusión. Al igual que cualquier operación convencional de su clase, la planta de tratamiento de aguas de Guayaquil no puede reducir las concentraciones de cloruro. Los cálculos también demostraron que durante los períodos críticos no se necesitaban las plantas de tratamiento avanzado de las aguas residuales del sistema de alcantarillado de Guayaquil para evitar riesgos para la toma de aguas; solo se necesitan las plantas más pequeñas, a fin de no hacer daños estéticos.

Considerando el desarrollo planificado del riego en la cuenca del Río Daule, el BID pidió al CEDEGE que predijera las concentraciones de plaguicidas y herbicidas que podrían ocurrir en puntos críticos a lo largo del Río Daule y en el estuario del Guayas, como la toma de la planta de tratamiento y las entradas a los estanques de cría de langostinos. Se hicieron cálculos de concentraciones estimadas en los flujos de retorno de los riegos (todavía no están disponibles los resultados del terreno experimental), y los resultados son favorables con respecto a la protección de la biota acuática. Sin embargo, no se sabe exactamente cuál es la concentración admisible en las tomas de agua de las plantas de tratamiento. Según la información del CEDEGE, por el momento se están expulsando flujos sumamente grandes de la represa Daule Peripa para controlar la intrusión, diluyendo así todavía más los flujos de retorno del riego que podrían transportar concentraciones de plaguicidas.

Cabe señalar que lo anterior es un caso clásico de conflicto en el uso de un cuerpo de agua, ya que incluye la competencia entre el abastecimiento de agua potable, de riego y la producción de energía hidroeléctrica. La evaluación y el control de los riesgos para la salud humana se deben considerar en este contexto.

En los EE.UU., los resultados de la vigilancia de plaguicidas para detectar organocloro y organofosfato, y los herbicidas, indican que menos del uno por ciento de las muestras de agua mostraron cantidades detectables de estos productos químicos. La excepción fue la atracina, que se detectó en casi el cinco por ciento de las muestras, y los insecticidas lindano y diazinón, que se encontraron en el uno al dos por ciento de las muestras (The Conservation Foundation, 1987).

## 5. *EVALUACION DE RIESGOS Y DE LA SALUD*

Hay pruebas abundantes de que el propio hombre a menudo crea las condiciones ambientales básicas para la ocurrencia generalizada de diversas enfermedades, como diarrea, malaria, tracoma o la relacionada con sustancias químicas en el agua potable, como la metaemoglobinemia. Las técnicas y la ciencia moderna ofrecen los medios para prevenir, o por lo menos reducir, los peligros de tales condiciones, siempre y cuando se tenga en cuenta el factor salud y se incorporen las medidas correctivas en cada plan de desarrollo.

### 5.1 *Enfermedades relacionadas con el desarrollo*

Todavía no se comprende a fondo el impacto de las causas de las enfermedades relacionadas con el desarrollo y sus técnicas de control. La razón es que los proyectos de desarrollo tienden a repercutir muy ampliamente en las condiciones ecológicas locales, para las cuales las técnicas analíticas todavía se encuentran en su etapa formativa. El cuadro VI presenta una distribución global de algunas de las enfermedades principales transmitidas por vectores que con mayor frecuencia se asocian con proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos.

El cuadro indica que de todas las enfermedades relacionadas con el agua y asociadas con proyectos de desarrollo, la malaria es la más común. Dondequiera que la enfermedad sea endémica, se considera que es uno de los más graves problemas de salud pública. El riesgo es mayor en todos los países de la Región que están



**CUADRO VI**  
*Distribución global de las principales enfermedades parasitarias  
 asociadas con el desarrollo de recursos hidráulicos*

	Número de países endémicos	Población Expuesta	Población infectada
Esquistosomiasis	76	600 millón	200 millón
Filariasis linfática	75	905 millón	90 millón
Oncocercosis	34	166 millón	25 millón
Malaria	98	2,117 millón	264 millón
Fuente: WHO, 1989			

promoviendo activamente proyectos de desarrollo económico. La colonización de tierras nuevas y la construcción de carreteras, las plantas hidroeléctricas, las represas y otros proyectos similares, siempre traen a inmigrantes y trabajadores a zonas donde las condiciones de vida son precarias (WHO, 1987).

El problema de salud pública de la malaria en los países de la Región es influenciado por factores socioculturales unidos al desarrollo y a la situación económica adversa. En los últimos 20 años, la extensión geográfica del área malárica ha aumentado a medida que se han ido abriendo nuevas áreas al desarrollo y la repoblación. Los datos muestran que la situación de la malaria empeoró durante el período 1960-1988 cuando la población estimada en riesgo de contraer malaria subió de 143,6 millones (30% del total) a 280,7 millones (39% del total) (OPS, 1990).

El caso del Brasil es una ilustración notable del efecto del cambio ambiental producido por el hombre en la epidemiología de las enfermedades transmitidas por vectores. En 1970 el Brasil notificó solamente 53.000 casos de malaria, pero la incidencia había aumentado a 600.000 para 1989. La inmensa mayoría de los casos provenían de la Región Amazónica. La extensa minería y explotación forestal en la Amazonía dieron lugar a la rápida inmigración de personas no inmunes de las zonas exentas de malaria. Por ejemplo, la población de Rondonia se duplicó a más de dos millones de personas entre 1975 y 1985. Posteriormente, muchos de los inmigrantes regresaron a sus hogares, reintroduciendo la infección en zonas donde con anterioridad se había erradicado la malaria. Cuando se investigaron estos casos "extra-Amazónicos", se encontró que solo el siete por ciento se debía a la transmisión local. En total se establecieron 26 focos de malaria en el país (Cruz Marques, 1987).

La experiencia brasileña tipifica la función que la cambiante ecología humana ha desempeñado en el resurgimiento local de la malaria. También indica la dificultad de desarrollar los servicios de salud requeridos para mantenerse a la par con esos rápidos cambios humanos. El gobierno del Brasil está negociando un cuantioso préstamo con el Banco Mundial (del orden de US\$400 millones) para abordar el problema de la malaria en la Amazonía y su reintroducción en las secciones anteriormente despejadas del país.

El movimiento de refugiados, personas desplazadas y trabajadores dedicados a los proyectos de desarrollo socioeconómico ha contribuido a los aumentos de la incidencia y la propagación de la enfermedad. En general, la malaria afecta principalmente a los territorios de la cuenca Amazónica del Brasil, o adyacentes a ella, y a los países circundantes de Bolivia, Colombia, Ecuador, Guayana francesa, Guyana, Perú, Suriname y Venezuela. Estas áreas comparten características geográficas y ecológicas similares, así como factores de riesgo relacionados con el desarrollo socioeconómico, tales como la migración y la colonización de tierras para la extensión de la frontera agrícola, la construcción de caminos y la cría de ganado, la minería y los proyectos de desarrollo urbano (véase el ejemplo en el Cuadro VII).

**CUADRO VII**  
*Influencia de la carretera Trans-Amazónica  
en la distribución de la prevalencia de la malaria*

Estado	Prevalencia de Malaria % de análisis de sangre positivos	
	Zona de la carretera trans-Amazonia	Otras zonas del Estado
Maranhao	12.3%	5.0%
Para	14.5%	3.9%
Amazonas	17.7%	7.4%
Acre	22.8%	1.9%

Fuente: Situación de la salud en la zona de influencia hidroeléctrica de Itaipu (Documento inédito, Ministerio de Salud (SUCAM), Brasil, 1976)

Las actividades principales de prevención y control de la malaria tienen que ver con el diagnóstico y tratamiento, así como varias medidas de orientación ambiental, como la fumigación con plaguicidas y el control del ambiente mediante modificaciones

de ingeniería pequeñas, y en gran escala, destinadas a reducir los criaderos de mosquitos.

La esquistosomiasis figura entre los otros problemas importantes de salud pública en la Región, que está conectada con la gestión de los recursos hidráulicos. En años recientes, la incidencia y prevalencia de la esquistosomiasis ha disminuido en algunas partes de la Región, mientras que en otras esta enfermedad parasitaria endémica se ha generalizado más. Esto último se debe principalmente a los grandes proyectos hidroeléctricos y de riego, muchos de los cuales incluyen la creación de recursos hidráulicos artificiales, así como a los aumentos y movimientos masivos de población.

El control de la esquistosomiasis y la limitación del contacto humano con el agua requiere un enfoque integrado y multisectorial para superar los problemas logísticos, económicos y culturales. Dos de las intervenciones de salud más importantes de esta índole están reduciendo la contaminación fecal del suelo, evitando así la infección por caracoles al disminuir el número de huevos viables en el suelo, y el diseño adecuado y vigilancia epidemiológica de los proyectos de riego que representan un alto riesgo de establecimiento de nuevos focos de transmisión.

La oncocercosis es una infección transmitida por vectores que se presenta en zonas circunscritas de México, Guatemala, Venezuela y Colombia; posiblemente existen otros focos todavía no descubiertos. Las lesiones más graves causadas por la oncocercosis conducen al eventual trastorno de la visión y la ceguera. En México y Guatemala ocurren infecciones, principalmente entre los trabajadores de las zonas productoras de café.

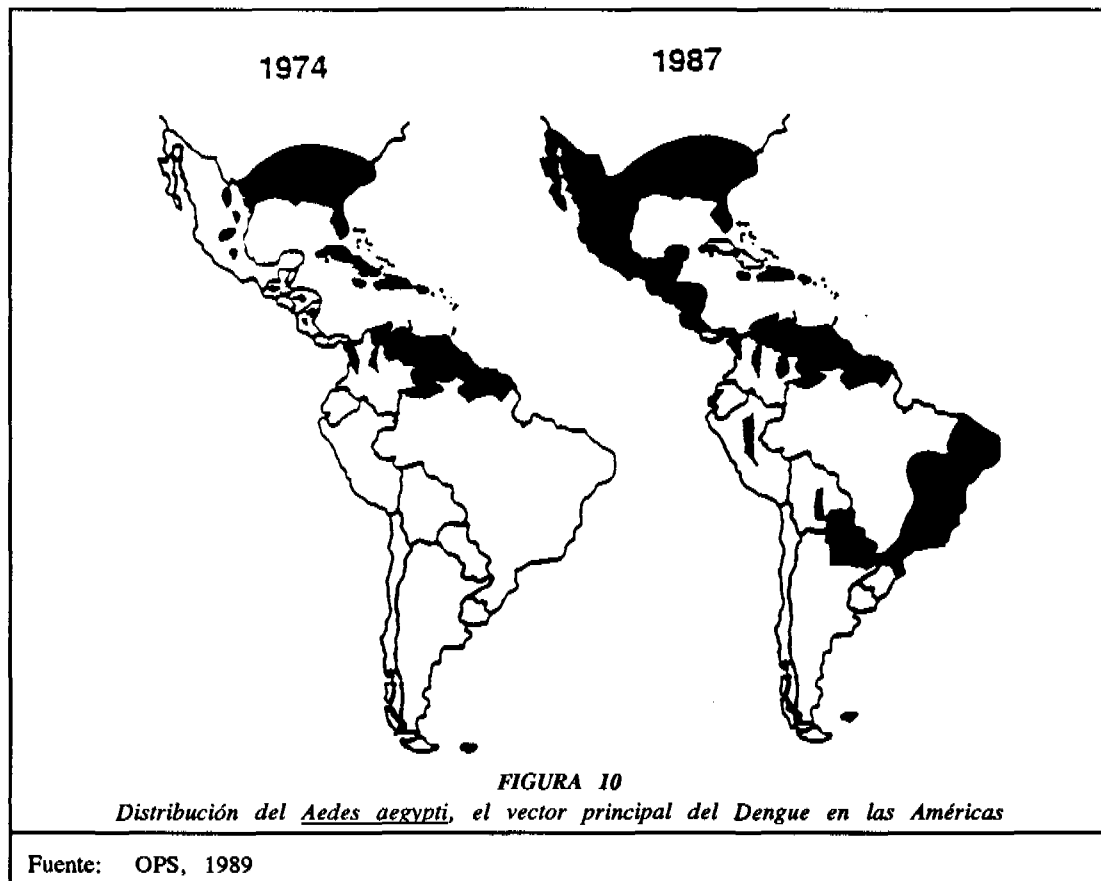
Todas las especies de este vector tienen en común la necesidad de que el agua fluya con rapidez o turbulencia para poder desarrollar sus etapas acuáticas. Las condiciones particularmente favorables se encuentran, por tanto, en los saltos de agua, rápidos, canales de aliviaderos, etc.

La fiebre amarilla selvática en las Américas, aunque normalmente no está relacionada con grandes masas de agua, continúa siendo un problema, principalmente en Bolivia, Brasil, Colombia y Perú. La mayoría de las víctimas son los trabajadores migratorios reclutados en las zonas no endémicas para trabajar donde predomina la fiebre amarilla, en particular en Bolivia y Perú. La enfermedad ocurre con más frecuencia al final de la estación lluviosa, cuando las poblaciones de mosquitos son elevadas y las personas están ocupadas en la tala de bosques en preparación para la siembra.

No se ha notificado ningún caso de fiebre amarilla urbana en el continente sudamericano durante muchos decenios. Sin embargo, la situación se agrava con la

reciente introducción del *Aedes albopictus*, un vector que, debido al hábitat que escoge, podría servir de puente entre la selva y las áreas urbanas (OPS, 1990).

El dengue ha tenido una gran repercusión en las Américas, especialmente durante los períodos epidémicos cuando cientos de miles de personas son afectadas por la enfermedad. Hasta la fecha, la propagación del dengue no ha sido vinculada directamente a los proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos, pero las poblaciones del vector, *Aedes aegypti*, sin duda alguna son influidas por los patrones de asentamiento en las áreas tropicales pobladas, en las que se distingue poco entre las prácticas agrícolas rurales y las poblaciones humanas conexas en pequeños conglomerados urbanos densamente poblados (véase la Figura 10).



En el Cuadro siguiente se enumeran algunas epidemias recientes del dengue en ciertos países de América Latina.

Dengue (epidémico):

- ▶ 350.000 casos en La Habana, Cuba 1981
- ▶ 400.000 casos en Guayaquil, Ecuador 1988
- ▶ 500.000 casos en Rio de Janeiro, Brasil 1987
- ▶ 160.000 casos en Santa Cruz, Bolivia 1987

En los próximos decenios se espera que se desarrollen cambios climáticos que, entre otras cosas, producirán alteraciones en los ecosistemas naturales, y afectarán aspectos tales como la producción de alimentos y las enfermedades transmitidas por vectores. Los posibles efectos del cambio de clima sobre las enfermedades transmitidas por vectores se pueden analizar mejor utilizando modelos epidemiológicos. En el cuadro VIII se presenta un ejemplo de este tipo de análisis.

Tal como se teme, los cambios climáticos lentos también vienen acompañados de un aumento, por lo menos en intensidad, de algunos desastres naturales, como los ciclones y las inundaciones. Tales catástrofes pueden generar grandes movimientos de refugiados y población, con la concomitante necesidad de reasentarlos en lo que ya pueden ser áreas densamente pobladas.

## ***5.2 Enfermedades relacionadas con una protección sanitaria inadecuada***

Las enfermedades transmitidas por el agua se relacionan principalmente con una protección sanitaria inadecuada, como resultado de la cual se ingieren organismos patógenos, como bacterias, virus, protozoarios y gusanos parasitarios, que casi siempre están presentes en las aguas residuales domésticas. La ingestión ocurre ya sea directamente al beber agua contaminada, o indirectamente del consumo de cosechas, como hortalizas crudas, que han sido regadas con agua contaminada. Otras vías de ingestión son a través del lodo de aguas residuales depositado en la tierra, o comiendo la carne de animales que se alimentaron de cosechas contaminadas.

**CUADRO VIII***Estado global de las principales enfermedades transmitidas por vectores <sup>a/</sup>*

No.	Enfermedad	Poblaciones en riesgo (millones) <sup>b/</sup>	Prevalencia de infección (millones)	Distribución Actual	Cambio posible de distribución como resultado de cambio climático <sup>b/</sup>
1.	Malaria	2,100	270	trópicos/ subtrópicos	+++
2.	Filariasis linfática	900	90.2	trópicos/ subtrópicos	+
3.	Oncocercosis	90	17.8	Africa/ América Latina	+
4.	Esquistosomiasis	600	200	trópicos/ subtrópicos	++
5.	Tripanosomiasis africana	50	(25,000 casos nuevos/año)	Africa tropical	+
6.	Leishmaniasis	350	12 millones infectados + 400,000 nuevos casos/ año	Asia/ S. Europa/ Africa/ S. América	?
7.	Dracunculiasis	63	1	trópicos (Africa/ Asia)	0
<b>Enfermedades arbovíricas</b>					
8.	Dengue			trópicos/ subtrópicos	++
9.	Fiebre amarilla	No hay		Africa/ América Latina	+
10.	Encefalitis japonesa	estimados		Asia oriental/ Sudoriental	+
11.	Otras				+
<p>a/ Basado en una población estimada en 4,800 billones (1989).</p> <p>b/ 0 = improbable; + = probable; ++ = muy probable; +++ = sumamente probable; ? = se desconoce.</p>					
Fuente: OMS, 1990					

En el Cuadro IX, se presenta un resumen de los diversos tipos de organismos que se pueden presentar y las enfermedades que causan.

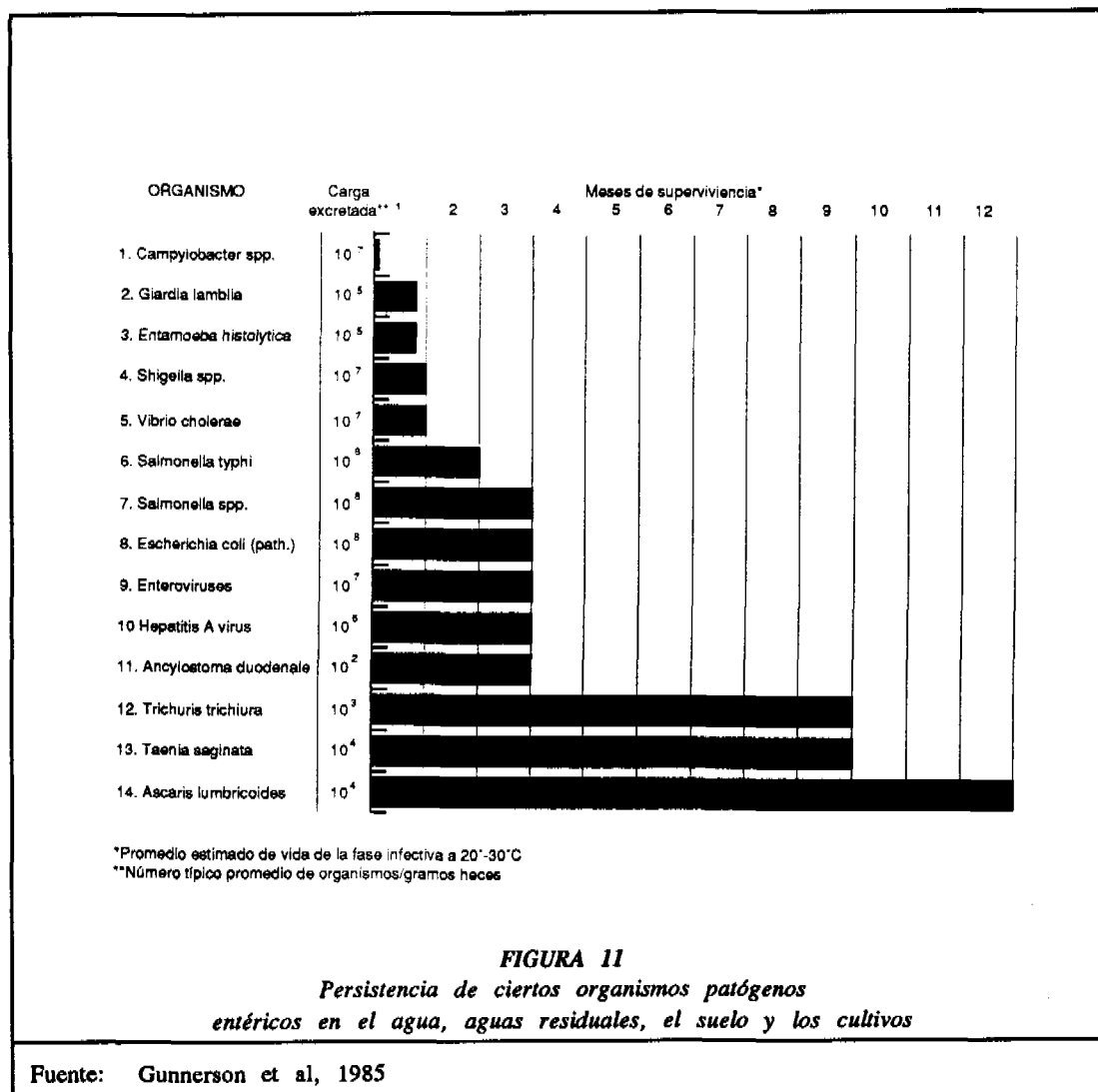
**CUADRO IX**  
*Bacterias, parásitos y virus en los desechos humanos*

Grupo	Organismo Patógeno	Enfermedad Causada
Bacterias	<u>Salmonella</u> (1700 tipos) <u>Shigella</u> (4 spp.) Enteropatógena <u>Escherichia coli</u> <u>Yersinia enterocolitica</u> <u>Campylobacter jejuni</u> <u>Vibrio cholerae</u> <u>Leptospira</u>	Tifoidea, paratifoidea, la salmonelosis Disentería bacilar Gastroenteritis  Gastroenteritis Gastroenteritis Cólera Enfermedad de Weil
Protozoarios	<u>Entamoeba histolytica</u>  <u>Giardia Lamblia</u> <u>Balantidium coli</u>	Disentería amebiana, absceso hepático, ulceración colónica Diarrea, mala absorción Diarrea leve, ulceración colónica
Helmintos	<u>Ascaris lumbricoides</u> (Gusano redondo) <u>Ancylostoma duodenale</u> (Uncinaria) <u>Necator americanus</u> (Uncinaria) <u>Taenia saginata</u> (Tenia)	Ascariasis  Anemia  Anemia  Teniasis

Grupo	Organismo Patógeno	Enfermedad Causada
Virus	<p>Enterovirus:</p> <p>Poliovirus</p> <p>Ecovirus</p> <p>Coxsackievirus</p> <p>Coxsackievirus</p> <p>Enteroviruses nuevos (Tipos 68-71)</p> <p>Hepatitis tipo A (enterovirus 71?)</p> <p>Virus Norwalk</p> <p>Calicivirus</p> <p>Astrovirus</p> <p>Reovirus</p> <p>Rotavirus</p> <p>Adenovirus</p>	<p>Meningitis, parálisis, fiebre</p> <p>Meningitis, diarrea, erupción, fiebre, enfermedad respiratoria</p> <p>Meningitis, herpangina, fiebre, enfermedad respiratoria</p> <p>Miocarditis, anomalías congénitas cardíacas, pleurodinia, enfermedad respiratoria, fiebre, erupción, meningitis</p> <p>Meningitis, encefalitis, conjuntivitis hemorrágica aguda, fiebre, enfermedad respiratoria</p> <p>Hepatitis infecciosa</p> <p>Diarrea, vómito, fiebre</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>No establecido claramente</p> <p>Diarrea, vómito</p> <p>Enfermedad respiratoria, infección del ojo</p>
Fuente: Gerba, 1985		

Debe recalarse que no todos estos organismos pueden estar presentes en un lugar determinado. Además, el número presente varía de una comunidad a otra, dependiendo del nivel de urbanización, la densidad de población, costumbres sanitarias, la estación del año y las tasas de enfermedad en la comunidad. Sin embargo, sus concentraciones son suficientemente altas y su persistencia en un ambiente generalmente desfavorable con luz solar y seco es suficiente como para permitir, teóricamente, la infección de grupos de población expuestos. La Figura 11 proporciona la persistencia media estimada de determinados organismos patógenos entéricos, que muestra que la mayoría de ellos pueden sobrevivir durante semanas o incluso meses.





Sin embargo, la infección humana no se debe a la mera presencia de los organismos patógenos en el agua o cosechas comestibles. Intervienen varios factores que controlan las posibilidades de infección humana. La dosis infectiva mínima de un organismo patógeno requerido para causar infección o enfermedad humana varía enormemente. Algunos, como los helmintos y los virus, pueden causar infecciones, en un huésped susceptible, con un solo organismo, mientras que otros, como el Salmonella, causará infección o enfermedad únicamente si se ingieren muchos miles de organismos.

Las enfermedades diarreicas constituyen uno de los problemas de salud más importantes que afectan a la población infantil. La prevalencia de estas enfermedades se asocia estrechamente con el nivel del desarrollo. Por lo tanto, hay países en la Región donde figuran entre las primeras cinco causas de muerte entre los lactantes menores de un año y constituyen la causa principal de muerte entre los niños de uno a cuatro años. Por otro lado, en los países desarrollados de la Región, las enfermedades diarreicas ya no se encuentran entre las primeras cinco causas de muerte en ninguno de los dos grupos de edad. Estas observaciones se ilustran en el Cuadro X.

**CUADRO X**  
*Porcentaje de defunciones<sup>\*/</sup> debido a enfermedad diarreica  
en los niños menores de 5 años, en determinados países, alrededor de 1986*

País	Menos de 1 año	1 a 4 años
Canadá	0.1	0.5
Brasil	17.8	14.5
Chile	3.7	2.2
Cuba	4.2	2.5
Ecuador	20.9	31.4
El Salvador	16.9	30.9
Guatemala	12.9	35.6
Paraguay	21.3	35.0
Perú	18.2	25.3
Estados Unidos de América	0.3	0.2
*/ El porcentaje se basa en el número total de defunciones por causas definidas en cada grupo de edad.		
Fuente: OPS (1990)		

Se han hecho avances durante la década de los 80 en la reducción de la mortalidad y la morbilidad debidas a infecciones intestinales. Sin embargo, en general parece que las reducciones porcentuales son más grandes en los países desarrollados. A pesar de esto, la mejor atención clínica de los niños con diarrea, mediante el énfasis en el uso inmediato de sales de rehidratación oral y alimentación apropiada

parece estar surtiendo efecto. De 1984 a 1987, la tasa de utilización de la terapia de rehidratación oral aumentó del 12% al 39% en la Región.

La mortalidad de lactantes y niños se puede reducir en más del 50%, y se puede evitar una cuarta parte de todos los episodios de diarrea, mejorando las condiciones del agua y el saneamiento. Estas reducciones fueron cuantificadas en una reciente revisión de todos los estudios disponibles relacionados con mejoras del agua y el saneamiento y la morbilidad de enfermedades diarreicas y la mortalidad de lactantes y niños. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO XI**  
*Efectos sanitarios de las mejoras en el agua y el saneamiento*

Indicador de salud	Número de estudios	Media	Gama superior
Incidencia de diarrea	55	26	68
Mortalidad por diarrea	3	65	79
Total mortalidad infantil	9	60	91
Fuente: Esrey, 1990			

Otro problema es el uso indiscriminado de las aguas residuales sin tratar, para el riego de cosechas destinadas a consumo humano, que da lugar a una morbilidad notoriamente alta - tasas de mortalidad debida a gastroenteritis, disentería y helmintiasis. En el Cuadro XII se muestran algunos datos recogidos durante un estudio llevado a cabo en el Perú de un análisis de determinadas hortalizas vendidas en los mercados, para detectar la presencia de protozoarios y helmintos.

**CUADRO XII**  
*Presencia de protozoarios y helmintos en las hortalizas de los mercados de Lima*  
*Abril/Junio de 1987*

Vegetales	Número de muestras	Protozoarios (%)	Helmintos (%)
Lechuga	73	36.96	17.80
Espinaca	73	34.22	15.05
Perejil	73	42.43	9.58
Cilantro	73	36.96	8.21
Rábano	73	35.59	8.21

Fuente: Borrador de documento de la OPS, sin fecha

### 5.3 *Enfermedades asociadas con la exposición a sustancias químicas*

Como se informó en el Capítulo 4, se han detectado muchos productos químicos en las aguas superficiales y subterráneas. Varios han sido designados como peligrosos (Grisham, 1986). El Anexo II muestra una lista de categorías generales de sustancias consideradas peligrosas. La determinación de la posible extensión o magnitud de la amenaza, y de la probabilidad de que surjan efectos sobre la salud, depende de las condiciones de exposición, es decir, del contacto con el producto químico por los humanos y por qué ruta(s). A los fines de la evaluación, los productos químicos en el agua potable pueden clasificarse en dos categorías (de Koning, 1987).

- (i) Las sustancias que ejercen un efecto agudo y/o tóxico al ser ingeridas, que se agrava al aumentar su concentración. Sin embargo, normalmente por debajo de cierto umbral no se observa ningún efecto. Dentro de esta categoría figuran diversos metales, nitratos y cianuros.
- (ii) Las sustancias genotóxicas que causan efectos sobre la salud, tales como carcinogenicidad, mutagénesis y defectos de nacimiento. Para estas sustancias no existe ningún umbral. Las sustancias orgánicas sintéticas, muchas sustancias orgánicas cloradas, algunos plaguicidas y el arsénico caen dentro de esta categoría.

Literalmente existen miles de sustancias químicas diferentes que pueden ocurrir en aguas superficiales y subterráneas como resultado de las actividades industriales del hombre y de otra índole. Afortunadamente, un número mucho más pequeño ocurre generalmente en cantidades detectables en relación con las cuales se puede recopilar de la literatura científica alguna información sobre los efectos conexos en la salud. Una compilación de las rutas más probables de la exposición química asociada con sistemas orgánicos específicos: el hígado, el sistema reproductivo y el feto, el sistema hematopoyético y linfático, el sistema genitourinario, los pulmones y las vías respiratorias, el tracto gastrointestinal y el sistema cardiovascular. Estos se clasifican provisionalmente, considerándose que las afecciones de la piel y del sistema nervioso central son los efectos más probables del contacto directo con productos químicos, mientras que los efectos hepáticos, hematopoyéticos, renales, reproductivos y de SNC parecen ser los indicadores más probables de dosis bajas de exposición crónica por ingestión.

Aunque hasta ahora las mediciones han sido relativamente aproximadas, parece que la exposición al agua contaminada con productos químicos orgánicos se relaciona con un riesgo pequeño, pero significativamente mayor, de cáncer de la vejiga, el colon y rectal. Se necesita realizar extensos estudios de cohortes y de comparación de casos debido a la baja frecuencia de estos extremos de la enfermedad. Se proponen preguntas definitivas acerca de estos temas y otros conexos para su estudio y resolución cooperativamente por químicos, ingenieros y epidemiólogos especializados en aguas (Grisham, 1986).

Los efectos adversos de diferentes clases de productos químicos en la salud humana, como los productos químicos biológicos, inorgánicos y orgánicos, son revisados periódicamente en la documentación suplementaria publicada para el establecimiento de normas y pautas de calidad del agua potable, es decir, la OMS, 1984. Como ilustración, los valores de las normas para el DDT se derivan de los valores de ingestión diaria aceptable (IDA) fijados por el Comité Conjunto de Expertos de la FAO/OMS en Residuos de Plaguicidas; se adoptó el 1% del valor de IDA como la base de los valores para el agua potable. Las estimaciones de los riesgos carcinogénicos potenciales con los valores recomendados indican que es improbable que den lugar a un riesgo de cáncer incremental durante toda la vida en exceso de 1 por 100.000 habitantes.

Debido a la amenaza que plantean las concentraciones medias excesivas de bacterias coliformes en las tomas de agua de las plantas de tratamiento de las ciudades grandes como Buenos Aires, Porto Alegre y Caracas, se indicó que se usó la precloración intensa porque el tratamiento convencional no puede reducir las concentraciones bacterianas en el agua de escorrentía lo suficiente como para cumplir con las normas aceptadas de calidad para el agua potable. En estos casos, el agua

no tratada generalmente contiene alcanos o metanos, que junto con el cloro, forma los denominados halometanos. Estos hidrocarburos halogenados, cuyo ejemplo más conspicuo es el cloroformo, son sumamente tóxicos. Las normas aceptadas requieren valores inferiores a 0,35 mg/l. Las investigaciones realizadas con autoridades de Obras Sanitarias de la Nación, en Buenos Aires, revelaron la presencia de halometanos en el agua producida en la planta General San Martín. La situación mejoró cuando se cambió la práctica a fin de agregar el cloro después de la floculación y sedimentación. Sin embargo, las aguas subterráneas no-cloradas tampoco están extentas de productos químicos orgánicos, según se demuestra en los datos recogidos en los EE.UU, (véase el Cuadro XIII).

**CUADRO XIII**

*Algunos productos químicos orgánicos detectados en pozos de aguas subterráneas usados para agua potable*

Producto químico	Concentración máxima notificada (ppmm)*	Ubicación *	Prueba de carcinogenicidad **
Acetona	3,000	Nueva Jersey	NR
Bencina	330	Nueva Jersey	Grupo 1 (1982)
Bromoformo	20	Delaware	NR
Butilo de bencil talato	38	Nueva York	Grupo 3 (1982)
Tetracloruro carbónico	400	Nueva Jersey	Grupo 2B (1982)
Cloroformo	490	Nueva Jersey	Grupo 2B (1982)
Clorometano	44	Massachusetts	NR
Ciclohexano	540	Nueva York	NR
Dibromochloropropano (DBCP)	137	Arizona	Grupo 2B (1979)
Dibromocloropropano	55	Nueva York	NR
1, 1-Dicloroetano	7	Maine	NR
1, 2-Dicloroetano	250	Nueva Jersey	Grupo 2B (1979)
1, 1-Dicloroetileno	280	Nueva Jersey	NR
1, 2-Dicloroetileno	323	Massachusetts	NR
Diclorometano	3,000	Nueva Jersey	Grupo 3 (1982)

Producto químico	Concentración máxima notificada (ppmm)*	Ubicación *	Prueba de carcinogenicidad **
Di-n-butil talato	470	Nueva York	NR
1, 4-Dioxano	2,100	Massachusetts	Grupo 2B (1982)
Benceno etílico	2,000	Nueva Jersey	NR
Dibromuro de etileno (EDB)	300	Hawai	Grupo 2B (1982)
bis (2-Etilhexilo) talato	170	Nueva York	NR
gamma-hexaclorociclohexano (Lindano)	22	California	Grupo 2B (1982)
Benceno isopropilo	290	Nueva York	NR
Parathion	4.6	California	NR
Tetracloroetileno	1,500	Nueva Jersey	Grupo 3 (1982)
Tolueno	6,400	Nueva Jersey	NR
1, 1, 1-Tricloroetano	5,440	Maine	Grupo 3 (1979)
1, 1, 2-Tricloroetano	20	Nueva York	Grupo 3 (1979)
Tricloroetileno	27,300	Pensilvania	Grupo 3 (1982)
Trifluorotricloroetano	135	Nueva York	NR
Cloruro de vinilo	50	Nueva York	Grupo 1 (1982)
Xileno	300	Nueva Jersey	NR
<p>* Según fue notificada en USEOP/CEQ, 1981.</p> <p>** Según fue notificada en la OMS/IARC (año indicado entre paréntesis):</p> <p>Grupo 1: Prueba suficiente de carcinogenicidad en seres humanos.</p> <p>Grupo 2A: Prueba suficiente de carcinogenicidad en animales, limitada en los seres humanos.</p> <p>Grupo 2B: Prueba suficiente de carcinogenicidad en animales, datos inadecuados en los seres humanos.</p> <p>Group 3: No se puede clasificar debido a datos inadecuados.</p> <p>NR: No revisada por la OMS/IARC.</p>			
Fuente: Grisham (1986)			

Las concentraciones de nitrato en las reservas de aguas subterráneas han estado aumentando en todas las partes de la Región, tanto Norte como Sur, suscitando inquietudes sobre la salud (OMS, 1985). Los altos niveles de nitrato en el agua potable presentan un riesgo para la salud de los niños pequeños y los lactantes. La baja acidez gástrica en los lactantes permite el crecimiento de bacterias reductoras de

nitrateo en el tracto gastrointestinal superior, lo que hace que el nitrato ingerido se reduzca a nitrito. El efecto se amplía en presencia de diarrea que ocasione infección, lo que aumenta la cantidad de bacterias que pueden convertir el nitrato en nitrito. El nitrito se combina con hemoglobina para formar metahemoglobina, que no puede transportar el oxígeno. El lactante sufre de anoxia celular, manifestada como cianosis clínica, cuando el 10 por ciento, aproximadamente, de la hemoglobina total se ha convertido en metahemoglobina. No se han notificado casos de anemia por metahemoglobina en las zonas donde el agua potable contiene sistemáticamente menos de 10 mg de nitrato-N por litro.

En el Canadá no existe un sistema nacional de vigilancia sistemática para medir los contaminantes en el agua potable. Existen varios programas municipales y provinciales para la observación de aguas potables. Estos indican que hasta hace muy poco no había muchas pruebas de que el agua potable pudiera constituir una fuente importante de exposición a los compuestos tóxicos (Environment Canada, 1977). La información más reciente (Environment Canada, 1986) indica que las concentraciones de cadmio en el agua entubada estaban por debajo de la norma para el agua potable (5 ng/l), pero que los valores más altos de plomo registrados excedieron la norma (50 ng/l). Las instalaciones de tratamiento de aguas, que sirven a cerca del 80% de la población, están diseñadas para satisfacer los requisitos bacteriológicos y no extraen los contaminantes orgánicos, que son motivo de mayor inquietud.

La situación es algo diferente en el ecosistema de la cuenca de los Grandes Lagos. Veinte por ciento del total de agua dulce del mundo está contenido en este sistema, que es la fuente de agua potable para unos 40 millones de norteamericanos y canadienses. Uno de cada tres canadienses toma su agua potable de los Grandes Lagos. Los ciudadanos de la cuenca de los Grandes Lagos han utilizado los lagos para muchos fines durante siglos: agua potable, paseos en bote, natación, pesca, comercio marítimo, procesamiento industrial y eliminación de desechos. Debe mantenerse la calidad ambiental de los lagos o se perderán estos beneficios. La Comisión Conjunta Internacional, con representación de los EE.UU. y Canadá, asegura la preservación de la calidad ambiental de la Cuenca de los Grandes Lagos. En 1972, estos dos países subscribieron el Tratado para la Calidad del Agua de los Grandes Lagos, para restaurar y mantener la integridad ambiental de la Cuenca.

Los lagos son esencialmente un sistema cerrado, del cual fluye menos del 1% del agua por el Río San Lorenzo. Por consiguiente, el riesgo de que aumenten los niveles de contaminación es considerable. Ya hay varias indicaciones ecológicas de que el agua está seriamente contaminada con sustancias orgánicas, incluyendo bifenilos policlorados (PCBs). Se ha demostrado que los PCB son tóxicos para los embriones y teratogénicos en los animales. En los Grandes Lagos se han observado efectos en los peces, aves, reptiles y mamíferos pequeños, tal como disminuciones de población,



problemas reproductivos, adelgazamiento de la cáscara de los huevos, cambios metabólicos y grave supresión inmune. Esta amenaza se plantea por la continuación de la exposición a los productos químicos, como PCB, dioxina, furans, hexaclorobenceno, DDT y sus metabolitos, dieldrin, plomo y mercurio.

El único estudio riguroso realizado en seres humanos que viven en la región de los Grandes Lagos fue iniciado en 1980 (Comisión Conjunta Internacional, 1989). En este estudio, los lactantes de pares de madres de Michigan occidental fueron pesados y medidos, y se les hicieron pruebas psicomotoras y de comportamiento poco después del nacimiento, a los siete meses y a los cuatro años. Durante su estadía en el hospital para el parto, a las madres se les dio un cuestionario sobre diversos aspectos socioeconómicos y estilo de vida, incluido preguntas sobre su consumo de pescado del Lago Michigan. Los resultados del estudio indicaron que las madres que comieron cerca de una libra de pescado por mes dieron a luz, cerca de una semana antes de tiempo, bebés que pesaron menos (200-250 g) y que tenían una cabeza más pequeña (0,3-0,7 cm). Los lactantes acusaban un desarrollo psicomotor reducido. Estos cambios fueron correlacionados con la cantidad de PCB en la sangre de la madre y en la sangre del cordón umbilical. El examen posterior en la primera infancia indicó que estos niños no alcanzaron a sus compañeros en cuanto al crecimiento o aptitudes mentales.

En vista de los considerables riesgos planteados por la condición ambiental de los Lagos, se ha iniciado un serio esfuerzo para controlar la situación. En efecto, hay pruebas de que los niveles de algunos contaminantes están disminuyendo en ciertas zonas. Además, se han introducido medidas destinadas a proteger a la población. Por ejemplo, se ha publicado un Aviso de Salud Pública sobre el Consumo de Pescado (Great Lakes Water Quality Board, 1989), que ofrece asesoramiento sobre la frecuencia con que debe comerse la pesca de los lagos y qué especies se deben evitar del todo (Anexo II).

## **6. *GESTION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS Y DE LA CALIDAD DEL AGUA***

La protección de los recursos hidráulicos incluye una gran variedad de medidas que van desde las políticas y planes nacionales y regionales adecuados para su desarrollo equitativo y nacional, a la prevención de la contaminación de aguas y, por último, hasta las medidas de reciclaje y conservación de aguas. La extensa variedad de cuestiones institucionales y técnicas involucradas hacen que resulte bastante complejo abordar este tema. Este capítulo se divide en cuatro secciones: (1) planificación del desarrollo de recursos hidráulicos y evaluación de las repercusiones, (2) regulación efectiva en función de los costos, (3) control de la contaminación de aguas y (4) reutilización y conservación de aguas. Esta clasificación solo pretende facilitar la

discusión porque en la práctica estos temas están estrechamente relacionados entre sí y forman parte del mismo proceso.

### *6.1 Planes nacionales de recursos hidráulicos y evaluación de sus repercusiones*

En el pasado, la tendencia común en los países de la Región era planificar el desarrollo de los recursos hidráulicos por sector de usuarios, especialmente el riego, la generación de energía y el abastecimiento de agua potable. Con frecuencia estos planes no formaban parte de los planes de desarrollo nacionales o regionales y no incorporaban cuestiones de protección ambiental ni promovían la utilización múltiple del agua.

Para responder a estos problemas, muchos países de la Región están buscando diferentes opciones para la gestión, coordinación e integración de las actividades relacionadas con los recursos hidráulicos.

En México, por ejemplo, a raíz de un largo proceso de desarrollo, en 1972 se estableció una Comisión para el Plan Nacional de Agua. Más recientemente, se han adoptado planes multinacionales que comprenden la regulación integrada de grandes cuencas, como, por ejemplo, la Cuenca del Río de la Plata, con la creación del Comité Intergubernamental de la Cuenca del Río de la Plata (ECLA, 1990).

Un plan nacional de agua es un marco que le permite al país completar o concebir los instrumentos necesarios para la planificación coherente, técnica y progresista de los recursos hidráulicos para: (a) satisfacer las demandas futuras con respecto al abastecimiento y la calidad del agua para el consumo humano, (b) asegurar los flujos y calidades necesarias para la generación de energía hidroeléctrica, la navegación, la acuicultura, el riego, el recreo y la mejora sostenida de la productividad del ecosistema, (c) asegurar la defensa contra la acción destructora del agua y proteger el agua y el suelo contra la acción humana cuando esta sea perjudicial a estos recursos.

Algunos planes también incluyen como objetivos una serie de medidas diseñadas para lograr la regulación de las aguas integradas en los recursos terrestres y forestales, promover una mejor utilización y conservación del agua en cada uno de los sectores de usuarios, mejorar la regulación de las aguas y la participación de los diferentes sectores de la población en el uso eficaz de este patrimonio. Así como, intensificar la investigación y la capacitación para abordar los aspectos de la operación y mantenimiento de las obras hidráulicas, y la regulación y conservación de los recursos a través de una organización y capacitación adecuada de los usuarios y los encargados de ayudarlos. Todo esto proporciona la base para tomar decisiones estratégicas relacionadas con el desarrollo de la política nacional de agua. El nivel siguiente se ocupa de tomar decisiones prácticas sobre la manera de intervenir en la oferta y la

demanda, lo cual requiere un enfoque más detallado dentro del contexto de las cuencas de ríos, conducente a la identificación y formulación de proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos.

En el análisis del suministro de aguas de superficie y subterráneas, se considera que las características físicas más importantes son las siguientes: precipitación, escurrimientos disponibles, suelos, descargas en los ríos, hidrología y carga de acuíferos. Una compilación de estos datos facilita la identificación de problemas concretos y potenciales a corto, medio y largo plazo. El desarrollo de los recursos hidráulicos está estrechamente vinculado al desarrollo social y económico de la Región, relacionándolo a otras actividades sectoriales, entre ellas el abastecimiento de agua potable, la agricultura, la generación de energía y explotación forestal.

Cualquier intento por desarrollar recursos hidráulicos da lugar a alguna modificación del ambiente. A veces, el impacto se expresa principalmente en una región de ríos, acuífera o en los propios lagos, como una alteración en el flujo normal o en la calidad del cuerpo de agua. En otros casos, los efectos son mucho más generalizados y pueden dar lugar a considerables cambios en los recursos terrestres, los bosques o la pesca. Más allá de esto, el desarrollo del agua puede tener un impacto considerable en los asentamientos humanos y las actividades económicas. La gravedad de estas repercusiones, muchas de las cuales son irreversibles, depende de la capacidad de los diversos sistemas físicos, naturales y humanos para absorberlos.

Cualquier proyecto grande de desarrollo cambiará el equilibrio ecológico en una cuenca y hará que se conozca su efecto en toda ella (Banco Mundial, 1990). Las repercusiones del desarrollo agrícola, incluyen la deforestación de grandes segmentos de tierra, la formulación de planes para represas y sistemas de riego, así como el desarrollo de caminos, pueblos e industrias. Desde el punto de vista de la salud pública, las nuevas condiciones ecológicas y sus repercusiones en los sectores y mecanismos de la transmisión de enfermedades adoptan su importancia total cuando se consideran en relación con los cambios demográficos y socioeconómicos que ocurren al mismo tiempo.

La dificultad de combinar un gran número de factores diferentes y efectos conexos en los proyectos de desarrollo ha llevado a la creación del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). La EIA se utiliza para identificar, predecir y evaluar los probables cambios primarios y secundarios, incluso en la salud, que puedan resultar de un acontecimiento o acción propuesta, y luego, de la manera más sistemática y objetiva que sea posible, presentar los resultados para la revisión y decisión (ver también OEA, 1978). En el Anexo IV aparece una lista de los campos de interés humano que pueden ser afectados por un proyecto. Sin duda no es

exhaustiva y se debe modificar para ajustarla a las circunstancias de cada proyecto específico.

El Banco Mundial y los Bancos Regionales de Desarrollo conceden préstamos para proyectos de desarrollo a tipos de interés bajos y su negocio consiste en obtener un rendimiento de esos préstamos; en consecuencia, la viabilidad económica es un criterio importante para apoyar proyectos. Las agencias bilaterales proporcionan colaboración técnica basada principalmente en subvenciones, con la meta principal de aliviar la pobreza y desarrollar recursos sostenibles, por cuyo motivo prestan atención especial a los temas sociales y ecológicos en los criterios que utilizan en relación con proyectos. La mayoría de estas agencias ha adoptado políticas que hacen de la EIA un componente obligatorio de los estudios de pre-factibilidad y factibilidad empleados en la evaluación y negociaciones financieras.

Si bien la introducción de la EIA es un cambio favorable, el marco de política actual en la mayoría de los casos sigue sin incorporar medidas de protección sanitaria en las fases operacionales y de construcción de los proyectos. Entre los problemas figuran: (1) todavía se sigue concentrando más la atención en los aspectos físicos y de conservación que en la dimensión humana, (2) la tasa interna de rendimiento será el criterio fundamental de las agencias de financiación al tomar sus decisiones, (3) a muchos países les desagrada la "eco condicionalidad" de la EIA y buscan financiación para sus proyectos, de agencias con reglas menos estrictas.

## **6.2 Regulación efectiva en función de los costos**

En cuanto a la inclusión de medidas de protección sanitaria en los proyectos de desarrollo de recursos hidráulicos, hay dos tipos básicos:

- (1) La modificación ambiental que implica cambios físicos duraderos, generalmente trabajos de ingeniería estructural. En principio, estos cambios requieren una gran inversión inicial de capital con poco o ningún gasto ordinario durante la fase de operación y mantenimiento, y
- (2) Las medidas de manipulación ambiental que incluyen actividades que es necesario repetir a intervalos regulares y, en consecuencia, hacen esencial la expectativa de gastos ordinarios para operación y mantenimiento.

El equilibrio entre los gastos de capital y los ordinarios es de importancia cuando las tasas de redescuento fluctúan. Las variaciones en la tasa de redescuento pueden afectar a la elección de los métodos de intervención. Por ejemplo, con tasas de descuento bajas, la erradicación de la malaria podría considerarse con un gasto

inicial alto, mientras que con tasas altas, a los costos en el futuro se les dan menos importancia y se prefiere el control.

Todo esto señala claramente hacia la necesidad de que los encargados de los programas de salud adquieran experiencia en el análisis económico. Para que las autoridades de salud tengan éxito en convencer a las personas dedicadas a la planificación, diseño y evaluación financiera de un determinado proyecto de desarrollo de recursos hidráulicos, de la necesidad de incorporar medidas ambientales, tal como las protectoras de la salud, tendrán que poder recopilar datos sobre costo y efectividad, analizarlos y presentarlos de modo que sean aceptables para las agencias reguladoras de los recursos hidráulicos (Bos, 1991). Esto implica la necesidad de contar con una metodología estándar del análisis de efectividad en función de los costos, que se ajuste a los requisitos del control de enfermedades en relación con los planes de desarrollo de recursos hidráulicos, así como otros tipos de proyectos de desarrollo.

Es importante señalar que las solicitudes de financiación de proyectos para el desarrollo de recursos hidráulicos deben ajustarse a las reglamentaciones nacionales para la prevención en cuestiones de salud. Los gastos de capital de la infraestructura de atención sanitaria que el proyecto requiere, tal como edificios, clínicas e instalaciones para pacientes ambulatorios, deben estar incluidos en el costo del proyecto. Por último, los gastos ordinarios de los servicios de salud, examen selectivo, tratamiento, control de vectores y educación en salud deben estar incluidos en la planificación regular de presupuestos para el plan. Estos fondos deben obtenerse directa o indirectamente del ingreso bruto del plan. Los gastos ordinarios también deben incluir el costo de la vigilancia y evaluación regular de la salud.

Esta discusión sobre la consolidación de la infraestructura de atención de salud con respecto a un proyecto de desarrollo en gran escala destaca la necesidad de establecer más arreglos institucionales permanentes para el control de la cuenca en su conjunto (Schorr, 1984). Parecen favorecerse dos modelos. El primero trata del establecimiento de una organización separada, como la de la Autoridad del Valle de Tennessee (TVA), que opera como una Agencia de Desarrollo Regional independiente, limitándose así los conflictos entre departamentos. El otro modelo incluye la organización de una red funcional entre las entidades existentes en los sectores pertinentes y fortalecerlos más (OMS, 1987). Conforme a este arreglo, generalmente se crea cierto tipo de Agencia Nacional de Desarrollo de Recursos Hidráulicos, que coordina (y posiblemente integra) las actividades de las agencias nacionales en asuntos relacionados con el desarrollo de recursos hidráulicos.

Los dos modelos descritos brevemente en el párrafo anterior tienen ventajas y desventajas (véase también PNUMA, 1989). El modelo más integrado del tipo de la TVA es probablemente más favorable en el sentido de que proporciona un marco

estable a largo plazo para el desarrollo. Este aspecto es importante, particularmente en los países en desarrollo, ya que una gran parte de los recursos financieros puede provenir del exterior y se requiere una infraestructura estable a largo plazo mucho después de haber terminado la construcción de ciertas obras, a fin de mantenerlas y evitar que se conviertan en un riesgo para la salud. Por ejemplo, en el Valle de Tennessee, un programa de mantenimiento de las orillas de todos los reservorios, incluye la siega y corte de malezas y el mantenimiento de los canales de drenaje para eliminar la vegetación que favorece los criaderos de mosquitos.

En términos generales, existen dos categorías de medidas de regulación ambiental que con toda seguridad se puede alegar que son más efectivas que otras en función del costo: las medidas que ejercen un efecto doble y las que se pueden incorporar en un proyecto sin costo alguno.

Las medidas de doble beneficio que, por ejemplo, mejoran la producción agrícola además de reducir las enfermedades transmitidas por vectores. Existe un vínculo importante entre las técnicas mejoradas de regulación de aguas y la reducción de los criaderos de vectores. Por ejemplo, las medidas para conservar el agua, como el revestimiento de canales de riego o los sistemas más complejos de suministro de agua, como mini-rociadores o riego por goteo, al mismo tiempo pueden mejorar el estado de salud.

Las medidas sin costo alguno básicamente son cambios en los procedimientos de diseño u operativos. Por ejemplo, diseño mejorado de represas, como la instalación de dos aliviaderos que puedan utilizarse alternativamente, o el agrandamiento de compuertas de descenso para acelerar las fluctuaciones y reducir los criaderos de vectores a lo largo de costas poco profundas, son opciones realistas en la creación de reservorios.

### **6.3 *Control de la calidad del agua***

Muchos acuíferos y aguas superficiales aisladas contienen agua de superior calidad que puede bombearse de la red de suministro y transmitirse directamente a cualquier número de usos finales, incluyendo el consumo humano, el riego y procesos industriales. Sin embargo, estas fuentes de agua limpia son la excepción y la mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua debe recibir grados variables de tratamiento antes de su uso. Las impurezas en el agua en su mayor parte son resultado de las actividades del hombre. Por tanto, se introducen productos químicos de las actividades industriales y agrícolas, organismos patógenos de origen humano, sedimentos y otros sólidos de trabajos hidrológicos, y así sucesivamente. Estos factores, junto con el uso final que se haga del agua, determinarán el tipo y el grado de tratamiento. El tema del tratamiento de aguas es extenso, y en el resto de

esta sección se presenta un breve resumen de las características principales del tratamiento de aguas regulares y de aguas residuales.

El tratamiento de aguas, que tiene como materia prima el agua relativamente limpia, está diseñado para eliminar los olores, el color, la turbiedad, así como bacterias y otros contaminantes de las aguas superficiales.

Los tratamientos son:

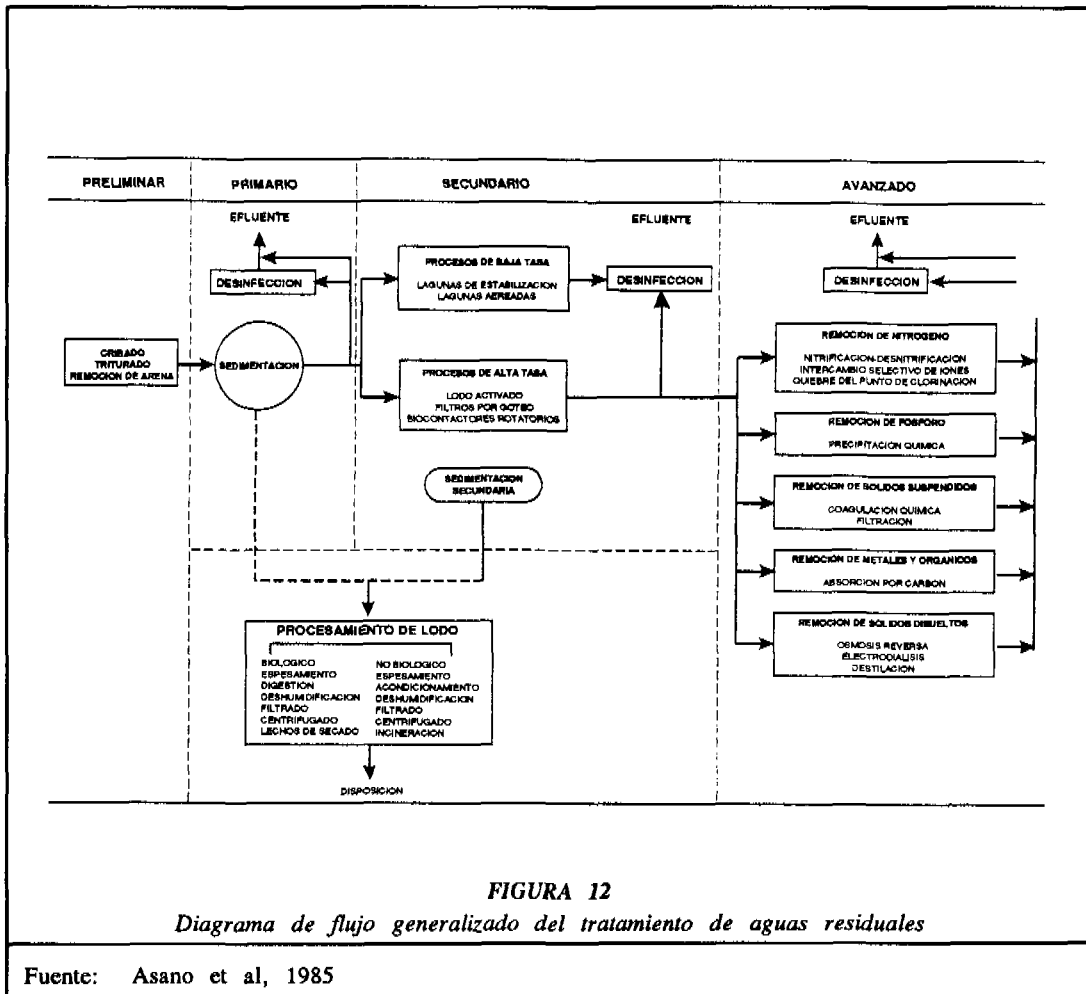
- ▶ Coagulación y floculación para coagular las partículas de sedimento que ocurren naturalmente en el agua,
- ▶ Sedimentación para facilitar la sedimentación de las partículas coaguladas,
- ▶ Filtración para eliminar las impurezas y material coloidal, y
- ▶ Desinfección para matar las bacterias restantes, normalmente con cloro.

El tratamiento de aguas residuales, tiene como materia prima el agua que ha sido contaminada seriamente por diversas actividades humanas. La composición de las aguas residuales puede variar considerablemente. En particular, el volumen y el carácter de los desechos industriales es importante ya que pueden afectar adversamente al funcionamiento de la planta de tratamiento. Actualmente, existe la tendencia a requerir un alto nivel de tratamiento previo de los efluentes industriales antes de su descarga.

El tratamiento de aguas residuales consta de una combinación de procesos y operaciones físicos, químicos y biológicos para extraer los sólidos, las sustancias orgánicas, los organismos patógenos y a veces los nutrientes de las aguas residuales. Los términos generales empleados para describir diferentes grados de tratamiento, en orden de un nivel de tratamiento cada vez más elevado, son el tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario. Al último proceso de tratamiento puede seguirle un paso de desinfección para matar los organismos patógenos residuales. En esta sección se describen brevemente los procesos y operaciones individuales comúnmente empleadas en los diversos pasos de tratamiento de aguas residuales. En la Figura 12 se presenta un diagrama de flujo generalizado del tratamiento de aguas residuales.

### **Tratamiento preliminar**

Las operaciones de tratamiento preliminar incluyen la separación de objetos por medio de un tamiz grueso y la extracción de partículas por sedimentación. En la mayoría de las plantas pequeñas de tratamiento de aguas residuales no se incluye la extracción de partículas como uno de los pasos de tratamiento preliminar.



### Tratamiento primario

El objetivo del tratamiento primario es extraer los sólidos asentables orgánicos e inorgánicos mediante sedimentación, y la extracción de materiales flotantes (escoria) por despumación. Durante la sedimentación primaria también se extrae cierto nitrógeno orgánico, fósforo orgánico y metales pesados, pero no así los elementos coloidales y disueltos.

El lodo del tratamiento primario generalmente se procesa biológicamente por digestión anaeróbica. En el proceso de digestión, las bacterias metabolizan el material orgánico en el lodo, reduciendo de esa manera el volumen de los desechos finales.



## Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es el nivel de tratamiento anterior a las aplicaciones, requerido cuando el riesgo de exposición pública a las aguas residuales es moderado. En la mayoría de los casos, el tratamiento secundario incluye la extracción de las materias biodegradables orgánicas disueltas y coloidales empleando los procesos de tratamiento biológico aeróbicos. El tratamiento biológico aeróbico lo realizan, en presencia del oxígeno, los microorganismos (principalmente bacterias) que metabolizan la sustancia orgánica en las aguas residuales, produciendo así más microorganismos y productos finales inorgánicos. En el tratamiento secundario se emplean varios procesos biológicos aeróbicos. Estos difieren principalmente en la manera en que se suministra el oxígeno a los microorganismos y en el ritmo con que los organismos metabolizan la sustancia orgánica.

Los procesos biológicos de gran rendimiento se caracterizan por volúmenes de la cuenca relativamente pequeños y concentraciones elevadas de microorganismos. La tasa de crecimiento de los organismos nuevos es mucho mayor en los sistemas de gran rendimiento debido a un ambiente bien controlado. Los microorganismos deben ser separados por sedimentación de las aguas residuales tratadas, a fin de producir el afluente secundario clarificado. Entre los procesos regulares de gran rendimiento figuran los de lodo activado, los filtros percoladores o bio-filtros y contactores biológicos rotatorios.

Los procesos biológicos de bajo rendimiento se caracterizan por microorganismos suspendidos en las aguas residuales en las cuencas grandes que generalmente son estanques o lagunas de tierra. La concentración de microorganismos en la cuenca y su tasa de crecimiento son inferiores que en los sistemas biológicos de gran rendimiento, y normalmente los microorganismos no se separan del líquido. En las plantas de tratamiento pequeñas, a menudo se omite la sedimentación primaria anterior a los procesos de bajo rendimiento. Los procesos biológicos de bajo rendimiento comúnmente usados incluyen lagunas de areación y estanques de estabilización.

## Tratamiento terciario

El tratamiento terciario, o avanzado, se emplea cuando los procesos de tratamiento individual son necesarios para extraer el nitrógeno, fósforo, sólidos en suspensión adicionales, sustancias orgánicas refractarias, metales pesados y sólidos disueltos.

El Cuadro XIV muestra un resumen de las publicaciones sobre extracción de organismos patógenos por diversos procesos de tratamiento de aguas residuales (Feachem et al, 1980). En la presentación de estos resultados, los autores comentan "que la mención de porcentajes de extracción puede ser engañosa porque una

extracción del 99% de los organismos patógenos de aguas residuales sin tratar con un contenido de  $10^5$  patógenos por litro, producirá un efluente que todavía contendrá  $10^3$  patógenos por litro". Este nivel aun puede ser de gran preocupación para la salud pública, dependiendo de cómo se vaya a emplear el efluente.

**CUADRO XIV**  
*Extracción porcentual de organismos patógenos  
por diversos procesos de tratamiento de aguas residuales\**

Tratamiento	Virus Enterico	Bacterias	Quistes Protozoarios	Huevos Helmintos
1. Sedimentación primaria	0-30	50-90	10-50	30-90
2. Filtro percolador +	90-95	90-95	50-90	50-95
3. Lodo activado +	90-99	90-99	50	50-99
4. Zanja oxidación +	90-99	90-99	50	50-99
5. Estanques para estabilización de desechos. Tres células, con 25 días de retención	99.99	99.99	100	100
6. Tanques sépticos	50	50-99	0	50-90
* Adaptado de Feachem et al, 1981				
+ Con sedimentación, digestión de lodo y secado de lodo				
Fuente: Gerba, 1985				

## Desinfección

El proceso de desinfección normalmente incluye la inyección de una solución de cloro en el extremo principal de un estanque de contacto de cloro. La dosificación de cloro depende de la calidad de las aguas residuales requeridas y otros factores, pero son comunes dosis de 5 a 10 mg/l. También puede usarse ozono para la desinfección, pero no está generalizado su uso.

### 6.4 Economía de aguas

Aunque la Región en su conjunto tiene un suministro muy adecuado de agua, ahora hay muchas zonas, en particular las que están densamente pobladas y situadas en lugares áridos, que están experimentando una escasez grave. Como resultado, se observa una tendencia de una era de desarrollo de recursos hidráulicos a una era de regulación de esos recursos.

El crecimiento demográfico y la mejora de los niveles de vida contribuyen a la mayor demanda de agua, una de las condiciones fundamentales para la vida. Además, en algunos países la demanda para el consumo industrial sobrepasará considerablemente el abastecimiento de agua para la población. Para compensar esta mayor demanda, existe la tendencia a utilizar aguas residuales para aplicaciones que no requieren agua de la misma calidad o mejor.

La reutilización del agua permite mejorar el equilibrio hidráulico de ciertas zonas. También permitirá utilizar más agua dulce natural para fines que requieren agua de mejor calidad. La reutilización reducirá la cantidad de agua residual descargada, lo que ayudará a proteger el agua dulce contra la contaminación. Otras ventajas son la recuperación de tierras áridas para la agricultura, las oportunidades de asentamiento y la creación de zonas de recreo.

En América Latina y el Caribe, las grandes concentraciones de personas en las zonas áridas dan lugar a la reutilización para el riego en gran escala del agua no tratada que contiene contaminantes biológicos y químicos (Bartone, 1990). Esta práctica puede plantear considerables riesgos para la salud de los trabajadores agrícolas y de la población, que consumen los productos agrícolas de esas regiones. Las autoridades de salud pública responsables, deben prever estas presiones económicas y hacer planes para poner en ejecución medidas sanitarias de control adecuadas para una reutilización segura.

La estrategia óptima de tratamiento a seguir para las aguas residuales depende en su mayor parte del propósito para el cual se empleará el agua. Si, por ejemplo, el agua se usará para el riego agrícola, se aplicarían los siguientes criterios: (1) la extracción máxima de helmintos; (2) la reducción eficaz de organismos patógenos

bacterianos y víricos; y (3) la eliminación del olor y apariencia molesta de modo que el efluente sea de interés para uso agrícola. Una serie de estanques de estabilización con un mínimo de 20 días de retención sería adecuada para reunir los tres criterios. La OMS ha publicado recientemente nuevas normas de salud pública para el uso de las aguas residuales en la agricultura y la acuicultura ( WHO, 1989).

Antes de su reutilización, las aguas residuales industriales deben ser tratadas. El grado de tratamiento depende de varios factores, especialmente del origen de las aguas residuales y la reutilización prevista. La contaminación química de las aguas residuales es característica de la industria. Cuando se reutiliza el agua, es imposible formular normas para decenas de miles de compuestos químicos que pueden estar presentes. Muchos toxicólogos, sin embargo, están de acuerdo en que las sustancias más nocivas en las aguas residuales industriales son los metales pesados, los cianuros y fluoruros, los compuestos de silicio orgánico, los petróleos crudos y los hidrocarburos (OMS, 1988).

Cuando se reutiliza para fines agrícolas, se hacen distinciones de calidad para las aguas residuales tratadas para cultivos destinados a forraje, fibras y semilla, cosechas que se comen cocinadas y las que se comen crudas (no de consumo directo). Cuando se reutiliza para fines industriales, la calidad del agua dependerá de si se usa para enfriamiento, producción de vapor, lavado y enjuague, u operaciones de procesamiento. El Cuadro XV muestra las recomendaciones de la OMS para la reutilización de aguas para fines agrícolas e industriales.

También se pueden lograr considerables reducciones en el consumo de agua mediante el reciclaje, una aplicación muy especial de la reutilización. Por ejemplo, en los EE.UU., la industria en su totalidad ha logrado una tasa de reciclaje de aguas de 2,2, que significa que el agua se usó un promedio de 2,2 veces antes de desecharla. Se informó que Alemania occidental (antes de la reunificación) tenía una tasa de reciclaje de cerca de 2,0, y en Japón es de 1,5.

Como comentario final, puede señalarse que hay una gran diversidad entre los varios tipos de industria, en función de las cantidades de agua necesaria y su uso eficaz. Unas pocas industrias, principalmente las de metales primarios, productos químicos, refinación de petróleo, pulpa y papel, y procesamiento de alimentos representan dos tercios o más de todas los usos industriales. Los procesos industriales específicos usados influyen considerablemente en la cantidad de agua necesaria. Una planta "ineficiente" puede emplear hasta 20 veces más agua que una "eficiente" en la fabricación del mismo producto (WRI, 1986).

**CUADRO XV**  
*Procesos de tratamiento sugeridos para cumplir con los criterios de salud fijados para la reutilización de aguas residuales*

Criterios para el tratamiento de salud	Riego			Reutilización industrial
	Cosechas que no son para consumo humano directo	Cosechas que se comen cocinadas piscicultura	Cosechas comidas crudas	
	A + F	B + F or D + F	D + F	
Tratamiento primario	+++	+++	+++	+++
Tratamiento secundario		+++	+++	+++
Filtración con arena o métodos equivalentes de pulir		+	+	+
Nitrificación			+	+
Clarificación química				+
Intercambio iónico u otros medios de extraer iones				+
Desinfección		+	+++	+

A - Libre de sólidos bastos, extracción considerable de huevos de parásitos;  
 B - Igual que A, más la extracción de considerables bacterias;  
 C - Igual que A, más la extracción más eficaz de bacterias, más alguna eliminación de virus;  
 D - No más de 100 organismos coliformes por 100 ml en 80% de las muestras; y  
 F - Ningún producto químico que produzca residuos indeseables en los cultivos o los peces.

Para reunir los criterios de salud fijados, los procesos marcados "+++" serán esenciales, y los marcados "+" tal vez se necesiten algunas veces.

Fuente: WHO, 1973



## ***REFERENCIAS***





- Asano, T., Smith, R. G. y Tchobanoglous, G. (1985) Municipal waste treatment: pretreatment and reclaimed water characteristics in Final Report on Seminar/Workshop on Waste Water Management and Reuse for Caribbean Countries, OPS, Washington.
- Banco Mundial (1975) Environment and Development, Washington, D.C.
- Bartone, C. (1985) Reuse of waste water at the San Juan Stabilization Ponds Public Health, Environmental and socioeconomic Implications in Final Report on Seminar/Workshop on Wastewater Management and Reuse for Caribbean Countries, OPS, Washington.
- Bartone, C. (1990) Water quality and urbanization in Latin America, *Water Int.* 15: 3-14.
- Bernardes, C. y Cleary, R. W. (1988) Estudio de Caso: Contaminacion de Aguas Subterranas por Poluentes Orgánicos Tóxicos y Cancerígenos, OPS, Washington.
- Biswas, A. K., David L. y Derrick Sewell, W. R. (1987) Towards Environmentally Sound Water Management, Documento presentado en Interregional Symposium on Improved Efficiency in the Management of Water Resources, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Borgono, J. M. et al (1977) Arsenic in Drinking Water of the City of Antofagasta, SNS, Ministerio de Salud Pública, Santiago, Chile.
- Bos, R. (1991) Cost-Effectiveness of Environmental Management for Vector Control in Resource Development Projects, (inédito), OMS, Ginebra.
- Canter, L. W. (1986) Environmental Health Impact Assessment, Pan American Center for Human Ecology and Health, OPS, Metepec, México.
- Caribbean Forest Conservation Association (1989) Proceedings of a Symposium on Forests in Our lives, Puerto España, Trinidad.
- Castagino, W. A. et al (1989) Eficiencia de Presedimentadores en la Reducción de Tóxicos Metálicos, CEPIS/OPS, Lima, Peru.
- CEPIS (1988) Cuarta Reunión del Núcleo Técnico del Proyecto Regional, Evaluación y Control de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales, OPS, Washington.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (1990), El Reto Ambiental del Desarrollo, CEPAL, Santiago, Chile.

Conservation Foundation (1984) State of the Environment - An Assessment of Mid-Decade, Washington.

Cruz Marques, A. (1987) Human Migration and the Spread of Malaria in Brazil, *Parasitology Today* 6: 166-170.

Da Silva, R. S. (1986) Las Aguas Subterráneas: Un Valioso Recurso que Requiere Protección, OPS, Washington.

De Koning, H. W. (Ed.) (1987) Setting Environmental Standards: Guidelines for Decision-Making, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

Economic Commission for Latin America and the Caribbean (1990) The Water Resources of Latin America and the Caribbean - Planning, Hazards and Pollution, Studies and Reports from ECLA No. 77, ECLA, Santiago, Chile.

Environment Canada (1977) Surface Water Quality in Canada, An Overview, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canadá.

Environment Canada (1986) State of the Environment Report for Canada, Ministry of Supply and Services, Ottawa, Canadá.

Esrey, S.A., Schiff, C., Roberts, L. y Potash, J. (1990) Health Benefits from Improvements in Water Supply and Sanitation: Survey and Analysis of the Literature on Selected Diseases, WASH Project Technical Report No. 66, Washington.

Eysink, G. G. et al (1987) Presença de Mercurio nos Sistemas Aquáticos do Estado de São Paulo - Projetos Desenvolvidos pela CETESB com Relação ao Mercurio, CETESB, São Paulo, Brasil.

Eysink, G. G. et al (1988) Presença do Mercurio no Ambiente, Revista CETESB - Ambiente, Vol. 2, No. 1, 1988, São Paulo, Brasil.

Fonseca, M. R. y Coelho, V. M .B. (1988) Estudio de Caso: La Contaminación de las Aguas del Río Paraíba do Sul, Brasil, OPS, Washington.

Foster, S., Ventura, M. and Hirata, R. (1987) Groundwater Pollution, an Executive Overview of the Latin American-Caribbean Situation in Relation to Potable Water Supply, OPS Washington.

García Agudo, E. (1988) Estudio de Caso: Río Paraíba do Sul, Brasil, OPS, Washington.

Gerba, C. P. (1985) Pathogens in Final Report on Seminar/Workshop on Wastewater Management and Reuse for Caribbean Countries, OPS, Washington.

Great Lakes Water Quality Board (1989) 1987 Report on Great Lakes Water Quality, Volume III, IJC, Windsor, Canadá.

Grisham, J. W. (Ed.) (1986) Health Aspects of the Disposal of Waste Chemicals, Pergamon Press, Nueva York.

Gunnerson, C. G., Hillel, I., Shuval and Arlosoroff, S. (1985) Health effects of wastewater irrigation and their control in developing countries in Final Report on Seminar/Workshop on Wastewater Management and Reuse for Caribbean Countries, OPS, Washington.

Hunter, J. M., Rey, L., Chu, K. Y., Adekolu-John, E. O., y Mott, K. E. (1990) Parasitic Diseases in Water Resources Development: The Need for Intersectorial Negotiation, (Borrador).

International Commission on Large Dams (1988) World Register of Dams: Updating 1988, ICOLD, Paris, Francia.

International Joint Commission (1989) Proceedings of the Workshop on Cause-Effect Linkages, IJC, Windsor, Canadá.

International Institute for Environment, (1985) Environmental Profile of Paraguay, ITED, Washington, D.C.

Laszlo, D. (1986) Environmentally Sound Management of Fresh Water Sources, Resources Policy, 12:307-316.

Lobos, J. et al (1988) Situación de la Calidad de Aguas en el Río Paraguay - Informe Preliminar de la Delegación Argentina a la Tercera Reunión de Contrapartes Técnicos de los Países de la Cuenca del Plata.

Martins, M. T. et al (1986) Ten-Year Survey of Salmonella and Enteroviruses in Raw and Treated Waters in the Great Sao Paulo Area, Sao Paulo, Brasil.

Ministry of Health (SUCAM/(1976) Situacao de saude na area da influencia, inédito, Brasilia, Brasil.

Munasinghe, M. (1990) Managing Water Resources to Avoid Environmental Degradation: Policy Analysis and Application, Banco Mundial, Environment Working Paper No. 41, Washington, D.C.

Organization of American States (1978) Environmental Quality and River Basin Development: A Model for Integrated Analysis and Planning, OEA, Washington, D.C.

Organization for Economic Development and Cooperation (1985) Environmental Data Compendium 1985, OECD, Paris.

Ortiz, E. (1988) Estudio del Caso: la Contaminación de las Aguas del Rfo Negro, Argentina, CEPIS/OPS, Lima, Perú.

Organización Panamericana de la Salud (1989) Dengue in the Americas 1980-1987, Epidemiology Bulletin 10:1-7.

Organización Panamericana de la Salud (1990) Health Conditions in the Americas, Tomo 1, OPS, Washington, D.C.

Organización Panamericana de la Salud (1990a), Situation of the Water Supply and Sanitation Sector at the End of the Decade, Region of the Americas, OPS, Washington.

Organización Mundial de la Salud (1973) Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards, TRS No. 517, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1983) Selected Techniques for Environmental Management (Training Manual), Internal Document EFP/83.50, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1984) Guidelines for Drinking Water, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information, OMS, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1985) Health Hazards from Nitrates in Drinking Water, WHO, Copenhagen, Dinamarca.

Organización Mundial de la Salud (1987) Selected working papers prepared for 3rd, 4th, 5th, and 6th meeting of the WHO/FAO/UNEP, Panel of Experts on Environmental Management for Vector Control, OMS, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1988) Assessment of Fresh Water Quality, OMS, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1989) Forecasting the Vector-Borne Disease Implications of Water Resources Development (preparado por M. H. Birley), OMS, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1989a) Guidelines for Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture, Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud (1990) Potential Health Effects of Climatic Change, International Report, WHO/PEP/90.10, Ginebra, Suiza.

Puza, F. C. et al (1973) Hidroarsenicismo Crónico en Antofagasta - Estudio Epidemiológico y Clínico, Rev. Chilena de Pediatría, Vol. 44, No. 3.

Salas, H. J. (1980) Manual for the Evaluation and Management of Toxic Substances in Surface Water, Executive Summary, CEPIS/OPS, Lima, Perú.

Sato, Maria Ines, et al (1983) Isolation of Enterotoxigenic Escherichia Coli in Water and Sewage in Sao Paulo, Rev. Microbiol. (Sao Paulo, Brasil), 14:276-281.

Schorr, T. S. (Ed.) (1984) Las Represas y sus Efectos sobre la Salud, Centro Panamericano de la Salud, OPS, Metepec, México.

The Conservation Foundation (1987) State of the Environment: A View Toward the Nineties, The Conservation Foundation, Washington.

The Conservation Foundation (1987) Groundwater Protection, The Final Report of the National Groundwater Policy Forum, The Conservation Foundation, Washington, D.C.

United Nations Environment Program (1989) Sustainable Water Development and Management: a Synthesis, UNEP, Nairobi, Kenya.

Urroz, E. J. (1982) Administration of Water Resources in Industrial Areas with Limited Water Supplies, Water Quality Bull. 7: 51-55.

U.S. Environmental Protection Agency (1989) The Toxics-Release Inventory, A National Perspective, EPA 560/4-89-005, Washington, D.C.

World Resources Institute (1986) World Resources 1986, WRI, Washington, Basic Books Inc., Nueva York.

World Resources Institute (1987) World Resources 1987, WRI, Washington, Basic Books Inc., Nueva York.

Wright, W. H. (1972) A consideration of the economic impact of schistosomiasis, Bull. World Health Organization 47:559-566.



***ANEXOS***





## ANEXO I

NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA PARA DIVERSOS USOS <sup>(1)</sup>

Variable de Calidad	Agua Potable	Agua de Riego <sup>(2)</sup>		Agua para el Ganado	Pesca
		Sin Restricciones	Muy Restringido		
<u>Criterios microbiológicos</u> - Total de coliformes (por 100 ml) - Coliformes fecales (por 100 ml) - Nematodos intestinales (por l)	0-10 0	< 1	< 1,000 < 1		
<u>Materias particuladas</u> - Total sólidos suspendidos (mg/l) - Turbiedad (NTU) - Transparencia (cm)	1-5				* *
<u>Indicadores de contaminación orgánica</u> - Oxígeno disuelto (mg/l) - BOD, COD, TOC - Fosfato mg/l) - Clorofila a					* *
<u>Temperatura</u>					*
<u>Compuestos nitrogenados</u> - Nitrato-N (mg/l) - Nitrito-N (mg/l) - Amoníaco-N (mg/l) - Kjeldahl-N (mg/l)	10	< 5	> 30	100 10	* *
<u>Salinidad e iones específicos</u> - ph - Conductividad eléctrica Cw (mmho/cm) - Total sólidos disueltos TDS (mg/l) - Calcio (mg/l) - Magnesio (mg/l) - Sodio (mg/l) - Potasio (mg/l)	(6.5-8.5)   (1,000)  (200)	6.5-8.4 < 0.7 450 SAR < 3	6.5-8.4 3.0 2,000 SAR > 9	1,000 10,000	*
<u>Plaguicidas (ug/l)</u> - Aldrin/Dieldrin - Clordano - 2,4 D - DDT - Heptacloro - HCB - Lindano - Metoxyclo - TOCI	0.03 0.3 100 1 0.1 0.01 3 30				* *
<p><b>Notas:</b></p> <p>*= Criterios establecidos para pescado de agua dulce  R= Variable observada en ríos  L= Variable observada en lagos y reservorios  G= Variable observada en aguas subterráneas  SAR= Relación absorción de sodio (basada en Ca, Mg y Na)  ( )= Se requiere calidad estética (organoléptica) para el agua potable solamente  (1)= Se omiten los usos industriales debido a la gran variedad de requisitos de calidad  (2)= Indicativo solamente - depende mucho de las especies de plantas</p>					
Fuente: OMS, 1988					

**LISTA DE SUSTANCIAS Y MATERIALES TOXICOS O PELIGROSOS**

Acidos y/o sustancias básicas usadas en el tratamiento de superficies y acabado de metales  
Antimonio y compuestos  
Arsénico y compuestos  
Asbesto  
Berilio y compuestos  
Biocidas y sustancias fitofarmacéuticas  
Cadmio y compuestos  
Materiales de laboratorio químico, no identificados y/o nuevos, con efectos desconocidos sobre el ambiente  
Solventes clorados  
Compuestos de cromo (VI)  
Compuestos de cianuro  
Eteres  
Isocianatos  
Plomo y compuestos  
Mercurio y compuestos  
Carbonilos metálicos  
Solventes orgánicos  
Compuestos organohalogenados, excluyendo los materiales poliméricos inertes y otras sustancias mencionadas en esta lista o cubiertas por otras Directivas del CEC sobre la eliminación de desechos tóxicos o peligrosos  
Peróxidos, cloratos, percloratos y ácidos  
Compuestos farmacéuticos  
Compuestos fenólicos  
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (carcinógenos)  
Selenio y compuestos  
Compuestos de cobre solubles  
Materiales breosos de refinerías y residuos de brea de destilerías  
Telurio y compuestos  
Talio y compuestos

Fuente: Grisham, 1986

## ANEXO III

**GRANDES LAGOS DE LOS ESTADOS UNIDOS**  
**AVISO DE SALUD PUBLICA SOBRE CONSUMO DE PESCADO 1987**

<p>En algunos sitios de los Grandes Lagos se han encontrado ciertas especies de peces contaminados a niveles que exigen avisos sobre salud. Estos aparecen en el gráfico siguiente, y se deberán seguir las precauciones indicadas a fin de prevenir o reducir la exposición de seres humanos a posibles materiales tóxicos. Es particularmente importante que no coman el pescado señalado las madres lactantes, las mujeres embarazadas y las que esperan tener hijos, así como los niños menores de 15 años, debido a incertidumbres sobre el efecto de contaminantes químicos en los fetos, recién nacidos o niños pequeños.</p>		
<p align="center"><b>CONSUMO RESTRINGIDO</b> ## (Importante: véa la nota)</p>		<p align="center"><b>NO COMA</b></p>
Lago Michigan # (se aplica a las aguas de Michigan, Illinois, Chinook, Indiana y Wisconsin)	Trucha de 20-23", salmón Coho mayor de 26", salmón Chinook de 21 a 32", y trucha café hasta 23"	Trucha mayor de 23", chinook mayor de 32", trucha café hasta de 23", carpa y bagre
Green Bay # (Aguas de Wisconsin al sur de Marinette/Nenominee)	"Splake" hasta 16"	Trucha mayor de 22", Chinook mayor de 25", trucha café mayor de 12", trucha de arroyo mayor de 15", Splake mayor de 16", lucio norteño mayor de 28", pez de ojos saltones mayor de 20", pez catos-tómido, lobina blanca y carpa
Lago Superior (se aplica a aguas de Michigan, Wisconsin y Minnesota)	Trucha de hasta 30"	Trucha mayor de 30"
Lago Huron #	Trucha, trucha arcoiris y trucha café	-
Saginaw Bay	Trucha, trucha arcoiris y trucha café	Carpa y bagre
Lago Erie #	Carpa y bagre (aguas de Nueva York - No coma más de una por mes)	Carpa y bagre (se aplica a aguas de Michigan, Ohio y Pennsylvania)
Lago Ontario # (aguas de New York)	Perca blanca y bagre, salmón Coho hasta 21", trucha arcoiris hasta 25", y trucha café hasta 18" (No coma más de una por mes)	Anguila americana, bagre del canal, trucha de lago, salmón Chinook, salmon Coho mayor de 21", trucha arcoiris mayor de 25", trucha café mayor de 18"
Lago St. Clair	Pez de ojos saltones mayor de 18", lobina blanca mayor de 14", lobina de boca chica de 14", perca amarilla mayor de 12", perca mayor de 22", lobina de roca mayor de 8", pomosio nero mayor de 10", lobina de boca grande mayor de 12-14", "bluegill" y "pumpkinseed" mayor de 8", "drum" de agua dulce mayor de 12", pez catostómido carpa mayor de 18", siluro café mayor de 10", bagre mayor de 22" y lucio norteño.	Lobina de boca grande 14", "muskie" y esturion
Río St. Clair	Sábalo mayor de 10"	-
Río Detroit	-	Carpa
#	También se aplica a los tributarios en que entran las especies migratorias.	
##	Las madres lactantes, mujeres embarazadas y mujeres que esperan tener hijos, así como los niños hasta los 15 años no deberán comer el pescado señalado en las listas anteriores.	
Fuente: International Joint Commission, 1989		

**CAMPOS DE INTERES HUMANO  
(CATEGORIAS DE IMPACTO)**

1.	Estado económico y ocupacional	Desplazamiento de población, reubicación de población en respuesta a oportunidades de empleo; servicios y patrones de distribución; valores de la propiedad.
2.	Patrón social o estilo de vida	Reasentamiento; despoblación rural; cambio en densidad de población; alimentos; vivienda; bienes materiales; nómada; asentado; pastoral agrícola; rural; urbano.
3.	Amenidades y relaciones sociales	Estilos de vida familiar; escuelas; transporte, sentimientos de la comunidad; participación frente a enajenación; orgullo local y nacional vs a arrepentimiento; estabilidad; disloques; idioma; hospitales; clubes; recreo; buenos vecinos.
4.	Características psicológicas	Participación; expectativas; estrés; frustraciones; dedicación; desafíos; satisfacción con el trabajo; orgullo nacional o comunitario; libertad para decidir; estabilidad y continuidad; autoexpresión; compañía o soledad; movilidad.
5.	Amenidades físicas (intelectual, cultural, estético, y sensual)	Parques nacionales; fauna silvestre; cultural, y sensual galerías de arte y museos; salas de concierto; monumentos históricos y arqueológicos; belleza del paisaje; tierras vírgenes; calma; agua y aire puros.
6.	Salud	Cambios de salud; servicios médicos; normas médicas.
7.	Seguridad personal	Derecho a no ser molestado; libre de desastres naturales.
8.	Religión y creencia tradicional	Símbolos; tabúes; valores.
9.	Tecnología	Seguridad; peligros; medidas de seguridad; beneficios; emisión de desechos; congestión; densidad.
10.	Cultural	Descanso, modas y cambios de ropa; valores nuevos; patrimonio; ritos tradicionales y religiosos.
11.	Político	Autoridad; nivel y grado de participación; prioridades; estructura de la toma de decisiones; responsabilidad y sensibilidad; asignación de recursos; intereses locales y minoritarios; necesidades de defensa; factores contribuyentes o limitativos; tolerancias.
12.	Legal pública fiscales; política	Reestructuración de la gestión administrativa; cambios.
13.	Estético	Cambios físicos visuales; conducta moral; valores sentimentales.
14.	Leyes y actos estatuidos	Normas de calidad del aire y el agua; normas de seguridad; leyes nacionales sobre edificios; reglamentos sobre reducción del ruido.