

Woul  
Español

254.0 94AL

*Library*  
IRC International Water  
and Sanitation Centre  
Tel.: +81 70 50 559 50  
Fax: +81 70 55 559 54

**ALTERNATIVAS  
PARA LA  
DESINFECCION DEL AGUA  
A NIVEL LOCAL EN CUBA**

Elementos

INRH

254.0-13992



**ALTERNATIVAS  
PARA LA  
DESINFECCION DEL AGUA  
A NIVEL LOCAL EN CUBA**

Elementos para acciones en el corto plazo

Ing. Osvaldo Montero

LIBRARY IRC  
PO Box 93190, 2509 AD THE HAGUE  
Tel.: +31 70 30 689 80  
Fax: +31 70 35 899 64  
BARCODE: 13992  
LO: 254.0 94AL



Cuba, 1994

Edición a cargo de: ARAN  
Diseño: A. F. G. Pineda  
Emplante: A. L. Rice

Impreso en: EDICIONES PONTON CARIBE  
Carretera Vieja de Guanabacoa y Línea del Tren  
La Habana, Cuba.

© 1994, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia  
UNICEF, Oficina de Cuba.

© 1994, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INRH.

Este documento, que ha sido elaborado por la Oficina de UNICEF como parte de sus tareas de análisis de situación orientadas a respaldar la programación y las iniciativas de captación de recursos, ha contado con datos actuales y con apoyo técnico del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

El texto constituye una valiosa herramienta para quienes requieran información y valoraciones actualizadas sobre la situación de la desinfección del agua, facilitando la comprensión de los problemas y la toma de decisiones.

El Ingeniero Osvaldo Montero es Asistente de Programas de la Oficina de UNICEF en Cuba y experto en agua potable y saneamiento.

ISBN: 959-225-001-4

## **INDICE**

I. INTRODUCCION	5
II. SITUACION ACTUAL DEL TRATAMIENTO DEL AGUA QUE SE SUMINISTRA A LA POBLACION DE CUBA	9
II.1. Datos generales sobre población.	9
II.2. Instalaciones para el tratamiento del agua.	14
II.3. Productos químicos que se emplean para tratar el agua.	19
II.4. Equipamiento para desinfectar el agua.	21
II.5. Administración de las estaciones de tratamiento de agua.	25
II.6. Valoración de la situación actual.	27
III. ALTERNATIVAS TECNICAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	37
III.1. Alternativas de desinfección.	38
A. Desinfección física.	39
A.1. Hervir el agua.	39

A.2 Radiación de luz ultravioleta.	40
B. Desinfección química.	41
B.1 Desinfección con yodo.	42
B.2 Desinfección con ozono.	43
B.3 Desinfección con permanganato de potasio.	43
B.4 Desinfección con cloro.	43
B.5 Tabletas desinfectantes.	51
B.6 Producción de desinfectantes en el lugar.	54
III.2. Otras alternativas para tratar y conservar el agua.	58
A. Coagulación-floculación.	63
B. Sedimentación.	67
C. Filtración.	68
D. Utilización de recipientes domésticos adecuados.	72
III.3. Costo estimado de las alternativas para desinfectar el agua a nivel de vivienda.	74

IV. PROPUESTA DE ACCIONES	77
IV.1. Propuestas de acciones específicas para lugares urbanos y rurales.	79
A. Propuesta de acciones en lugares urbanos y rurales con acueducto.	80
B. Propuesta de acciones en lugares urbanos y rurales que no tienen acueducto.	81
IV.2. Enfoque para las propuestas de acciones.	88
IV.3. Medidas concretas que deben ejecutarse de inmediato.	89
REFERENCIAS	92



# I. INTRODUCCION

---

La relación entre agua y enfermedad está ampliamente reconocida, sin embargo, no siempre se obtiene el impacto sobre el nivel de salud que se espera de los programas de agua potable y saneamiento.

En Cuba, seguros de los beneficios que tiene para la salud, la sociedad y la economía, disponer de un servicio de agua y saneamiento, se ha realizado un esfuerzo considerable durante los últimos treinta años para incrementar la cobertura de agua potable y saneamiento. En 1993 la población urbana total con acceso al agua potable fue de un 94.2% (7.79 millones de habitantes) y la rural de un 83% (2.2 millones de habitantes).

Paralelamente se creó una capacidad instalada para tratar el 92% del agua que se suministra a la población y en 1988 se alcanzaron cifras de continuidad de la cloración del 93%.

Las limitaciones financieras y materiales que afectan al país, comenzaron a afectar la actividad del tratamiento del agua a partir de 1989, de tal forma que en el primer semestre de 1993 la continuidad de la cloración descendió hasta un 57.4%.



El agua segura es factor importante en el control de muchas enfermedades. Esto en particular ha quedado bien establecido si se trata de enfermedades tales como diarrea, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis infecciosa, disentería amebiana y bacilar.

Se ha estimado que no menos del 80% de todas las enfermedades en el mundo se asocian con el agua no potable o de mala calidad (Cuadro No. 1).

Es por ello que esta situación, requiere de la aplicación urgente de programas tendientes a que la población reciba el agua con la calidad bacteriológica adecuada. La desinfección, entre otras medidas, es la práctica más segura y económica.

Para ello se requiere de la coordinación de esfuerzos entre los organismos y empresas nacionales, las autoridades e instituciones locales, la población y sus asociaciones. Al mismo tiempo urge una respuesta rápida por parte del gobierno así como de un especial apoyo de organismos internacionales.

Constituye una valiosa vía para la aplicación de programas de tratamiento de agua, las características del funcionamiento de las estructuras de los Organos Municipales del Poder Popular, las cuales operan teniendo en cuenta tanto las orientaciones del nivel central y sectorial, como las condiciones específicas del nivel local. Ello, junto a las organizaciones de masas existentes en el país facilitan cualquier campaña o programa de potabilización de agua que se requiera desarrollar con la agilidad que demanda la situación actual.

Es importante recordar, que el cólera está presente en América y que en Cuba, afortunadamente, no se conoce de ningún caso hasta la fecha. Ahora es cuando más se requiere redoblar esfuerzos para garantizar la calidad bacteriológica del agua que recibe



**Cuadro No. 1: Enfermedades relacionadas con deficiencias en el abastecimiento de agua y/o en el saneamiento.**

GRUPO	ENFERMEDADES	
<p>- Enfermedades transmitidas a través del agua (enfermedades de origen hídrico).</p> <p>El agua actúa como un vehículo pasivo para el agente infeccioso.</p> <p>Todas estas enfermedades dependen también de un deficiente saneamiento.</p>	<p>Cólera Tifoidea Disentería bacilar Hepatitis infecciosa Leptospirosis Giardiasis Gastroenteritis</p>	
<p>- Enfermedades debidas a la falta de agua. (El uso continuo de agua ayudaría a evitar este tipo de enfermedades).</p> <p>La falta de una cantidad adecuada de agua y la pobre higiene personal crean condiciones favorables para su propagación. Las infecciones intestinales en este grupo también dependen de la falta de una adecuada eliminación de los desechos humanos</p>	<p>Escabiosis Sepsis de la piel y úlcera Frambesia Lepra Tifus exantemático (piojos) Tracoma Conjuntivitis Disentería bacilar Disentería amebiana Salmonelosis Diarrea por enterovirus Fiebre paratifoidea Ascariasis Trichuriasis Enterobiasis Anquilostomiasis</p>	
<p>- Enfermedades causadas por agentes infecciosos propagadas por contacto o por ingestión de agua (enfermedades que tienen su brote en el agua)</p> <p>Una parte esencial del ciclo vital del agente infeccioso tiene lugar en un animal acuático. Algunos son también afectados por disposición de desechos.</p>	<p>Esquistosomiasis (urinaria y rectal) Onchiasis (gusano de Guinea) Bilharziasis Filiariosis Draconculosis Oncocercosis Treadworm</p>	
<p>- Enfermedades transmitidas por insectos que viven en el agua (vectores relacionados con el agua)</p> <p>Las infecciones son propagadas por mosquitos, moscas, insectos que se procrean en el agua o "pican" cerca de ella</p> <p>Estos son especialmente activos y agresivos cerca de aguas estancadas al descubierto.</p> <p>No afectados por los desechos</p>	<p>Fiebre amarilla mosquito Fiebre hemorrágica del dengue + dengue mosquito Fiebre del Oeste del Nilo y del Valle de Rift mosquito Arbovirus Encefalitis mosquito Filiariosis mosquito Malaria mosquito Oncocercosis mosca Simulium Enfermedad del sueño* mosca Tse-Tse</p>	
<p>- Enfermedades causadas por agentes infecciosos</p> <p>Contraídas principalmente al comer pescado crudo y otros alimentos no cocidos.</p> <p>(Enfermedades relacionadas con la disposición de desechos fecales)</p>	<p>Cloorchiasis pescado Difilobothriasis pescado Fasciolopsiasis planta comestible Paragonimiasis cangrejo de ríos</p>	

\* Poco usual que el agua doméstica los afecte en mucho.

Alternativas para la desinfección del agua a nivel local en Cuba.

la población, por lo que conocer las alternativas de desinfección que existen en el mundo, aplicables a nivel local y disponer de programas masivos que permitan prevenir o enfrentar brotes epidémicos derivados de la ingestión de un agua de mala calidad bacteriológica, debe ser la tarea principal a llevar a cabo en este sector.



## II. SITUACION ACTUAL DEL TRATAMIENTO DEL AGUA QUE SE SUMINISTRA A LA POBLACION EN CUBA.

---

### II.1. Datos Generales sobre Población.

En Cuba existen 584 lugares habitados considerados urbanos, 2896 poblados rurales y 33 mil lugares habitados que son agrupaciones de 5 o más viviendas que no distan entre sí a más de 200 metros.

El Comité Estatal de Estadísticas de Cuba ha definido los lugares habitados de la siguiente forma:

*Lugar habitado:* Es toda agrupación de 5 o más viviendas separadas que disten entre sí más de 200 metros, debiendo tener un nombre que los identifique, así como poseer ciertos linderos o límites, de manera que constituyan una unidad socioeconómica diferente de otras vecinas. El lugar habitado puede ser reconocido como: metrópoli, ciudad, pueblo, poblado, caserío, batey, granja, hacienda, colonia, campamento, etc.



<b>CATEGORIA POBLACIONAL</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>
Metrópoli	500 000 y más
Ciudad	20 000 a 499 999
Pueblo	2 000 a 19 999
Poblado	500 a 1 999
Poblado rural	200 a 499
Caserío, batey, campamento	menos de 200
Granja, finca, etc.	hasta 5 viviendas

*Lugar habitado urbano.*

Son aquellos lugares que cumplen uno o varios de los siguientes requisitos:

- Todos los lugares habitados con una población residente de 2000 habitantes o más.
- Todos los lugares habitados con una población residente entre 500 y 1999 habitantes que cuenten con cuatro de las seis características poblacionales siguientes:
  - Alumbrado público
  - Acueducto
  - Red de alcantarillado
  - Servicio médico asistencial
  - Centro educacional
  - Calle pavimentada



Es imprescindible que entre las cuatro características requeridas aparezca incluida el alumbrado público.

- Todos los lugares habitados con una población residente de 200 a 499 habitantes que cuente con las seis características mencionadas anteriormente.

#### *Lugar habitado rural.*

Se considera lugar habitado rural a todos los lugares habitados del país que cuenten con menos de 200 habitantes, hasta 5 viviendas, como mínimo y que no disten entre sí más de 200 metros.

Son también lugares habitados rurales aquellos que se encuentran en el intervalo de 200 a 1999 habitantes que no reúnan las características para ser definidos como urbanos. Menos de 5 viviendas se considera población dispersa.

En Cuba existen tres sectores diferenciados desde el punto de vista del aprovisionamiento del agua potable y también del saneamiento:

- el sector urbano, que comprende ciudades y poblados urbanos,
- el sector rural agrupado, que abarca poblados no urbanos entre 200 y 1999 habitantes, con un agrupamiento definido de viviendas y distantes entre sí a menos de 50 metros; y
- el sector de la población rural dispersa, generalmente residentes en casas aisladas.



En el sector urbano predomina el servicio de agua intradomiciliario, que constituye la modalidad fundamental en la formulación de planes y estrategias por tener mayor impacto en las condiciones de salud y confort. Existe también el servicio público de suministro de agua mediante carros cisternas hasta los domicilios, así como fuentes comunes con pilas públicas o con frente a cada vivienda.

En el sector rural agrupado existe el servicio intradomiciliario, siguiéndole en orden de importancia el servicio público y las soluciones de fácil acceso consistentes en el acarreo de agua desde fuentes o llaves públicas a distancias no superiores de 300 metros.

En el sector rural disperso predominan el servicio público y el de fácil acceso.

En el Cuadro No. 2 se dan los niveles de cobertura de agua potable por sectores.

Las deficiencias principales que presentan los servicios de abastecimiento y que influyen en la calidad del agua que se suministra a la población por sistemas centralizados de acueductos son las siguientes:

- intermitencia del servicio en un alto número de sistemas de abasto de agua de las áreas urbanas, existiendo ciudades donde el servicio sólo cubre de 6 a 8 horas en días alternos,
- baja presión del agua en la mayoría de los sistemas, que obliga a utilizar cisternas y todo tipo de recipientes a nivel de vivienda; y



**Cuadro No. 2: Niveles de cobertura de agua potable en Cuba por sectores.**

<b>Población</b>	<b>Población total (millones)</b>	<b>Población servida (millones)</b>	<b>Conexión domiciliaria (%)</b>	<b>Servicio público (%)</b>	<b>Fácil acceso (%)</b>	<b>Total servida (%)</b>
Urbana	8.27	7.79	81.1	10.1	3.0	94.2
Rural	2.65	2.20	27.2	28.1	27.7	83.0
Total	10.92	9.99	68.0	14.5	9.0	91.5

Tomado del Segundo Informe de Seguimiento y Evaluación del Programa Nacional de Acción. La Habana, diciembre de 1993

- falta de confiabilidad en el servicio público por pozos, debido a su cercanía a las aglomeraciones de viviendas y a las deficiencias en los dispositivos de eliminación de excretas.

## **II.2. Instalaciones para el tratamiento del agua.**

En Cuba se suministra anualmente a la población alrededor de 1300 millones de metros cúbicos de agua. De ellos el 72% es de origen subterráneo y el 28% restante proviene de fuentes superficiales.

La capacidad instalada de las 1022 estaciones de tratamiento existentes, que comprende plantas potabilizadoras e instalaciones de cloro es de 1196 millones de metros cúbicos de agua al año, lo que representa el 92% del total de agua suministrada.

El agua que procede de fuentes subterráneas sólo recibe una desinfección con cloro para eliminar la contaminación bacteriológica debido a que en la mayoría de los casos, por sus adecuadas características físico-químicas no requiere de otro tipo de tratamiento.

El agua de origen superficial (captaciones de ríos, lagunas, embalses naturales o artificiales) recibe tratamiento en plantas potabilizadoras, ya que además de estar contaminada bacteriológicamente posee niveles de turbiedad producidos por un alto contenido de sólidos en suspensión y otras sustancias, que para ser eliminadas, naturalmente requieren la aplicación de procesos como la coagulación-floculación, sedimentación, filtración y desinfección, con el propósito de hacerla apta para el consumo humano. Es decir, que una planta potabilizadora es como una gran



industria donde la materia prima es el agua cruda y el producto terminado es el agua potable.

De las 48 plantas potabilizadoras que en total benefician a 1.9 millones de personas, las de mayor importancia se ubican en las regiones central y oriental de Cuba. Las ciudades de Santa Clara, Cienfuegos, Sancti Spiritus, Camagüey, Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo reciben en casi su totalidad el agua tratada en estas plantas (Cuadro No. 3).

La cloración del agua es una práctica firmemente establecida en el país. La primera instalación data de 1916.

Para desinfectar el agua de las poblaciones, el país dispone de más de mil estaciones de tratamiento, que comprenden las instalaciones de cloración y las plantas potabilizadoras.

Las instalaciones de cloración emplean para la desinfección productos químicos como el gas cloro, el hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio. En el Cuadro No. 4 se muestra la distribución de las estaciones de cloración en todo el país. Nótese que las instalaciones de gas cloro son las menos numerosas pero en ellas se desinfecta el 82% del total de agua tratada, beneficiándose con ello alrededor de 5.2 millones de habitantes residentes en lugares urbanos de todo el país.

Por otro lado, las instalaciones de hipoclorito son más numerosas pero benefician una cantidad mucho menor de población en comparación con las de gas cloro. Con hipoclorito se desinfectan menores cantidades de agua tanto en lugares urbanos como rurales.

El Gráfico No. 1 muestra la distribución de las instalaciones y el volumen de agua tratada con cloro en Cuba.



**Cuadro No. 3: Plantas potabilizadoras donde se tratan las aguas superficiales que se suministran a 40 ciudades y pueblos de Cuba, administradas por los Organos Locales del Poder Popular.**

<b>Provincias</b>	<b>Cantidad de plantas</b>	<b>Capacidad de tratamiento (litros por segundo)</b>	<b>Población beneficiada</b>
Pinar del Río	10	410	40.2
La Habana	3	50	18.1
Ciudad de la Habana	1	600	95.0
Matanzas	-	-	-
Villa Clara	2	340	208.3
Cienfuegos	5	1705	152.0
Sancti Spíritus	5	935	117.0
Ciego de Avila	1	40	7.8
Camagüey	6	2670	332.5
Las Tunas	2	70	88.7
Holguín	5	1220	221.3
Granma	2	100	2.0
Santiago de Cuba	5	2125	446.2
Guantánamo	1	600	169.8
Isla de la Juventud	-	-	-
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>10865</b>	<b>1898.9</b>

Población beneficiada: miles de habitantes

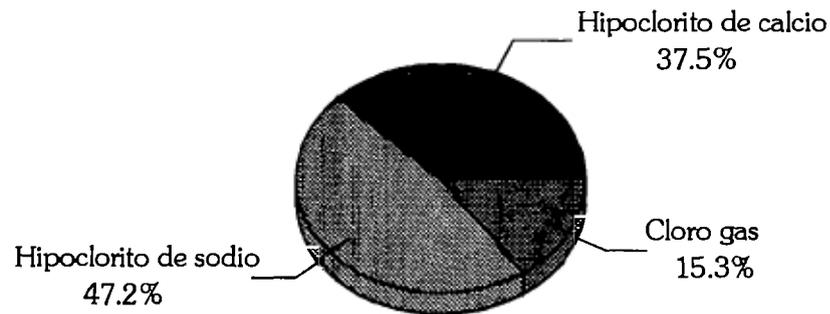
**Cuadro No. 4: Estaciones donde se desinfecta el agua que se suministra a la población de Cuba, administradas por los Organos Locales del Poder Popular.**

Provincias	Instalaciones de gas cloro		Instalaciones de hipoclorito de sodio		Instalaciones de hipoclorito de calcio		Total	
	Cantidad	Poblac. benef.	Cantidad	Poblac. benef.	Cantidad	Poblac. benef.	Cantidad	Poblac. benef.
Pinar del Río	18	248.0	62	142.5	-	-	80	390.5
La Habana	11	207.0	99	192.0	-	-	110	399.6
Ciudad de la Habana	23	1762.2	18	49.3	-	-	41	1811.5
Matanzas	9	286.3	86	201.3	-	-	95	487.6
Villa Clara	13	289.7	40	121.8	-	-	53	411.5
Cienfuegos	6	171.7	20	48.6	-	-	26	220.3
Sancti Spíritus	5	118.0	41	75.7	-	-	46	193.7
Ciego de Avila	5	152.2	48	95.9	-	-	53	248.1
Camagüey	10	290.4	22	54.0	5	3.2	37	347.6
Las Tunas	4	83.0	-	-	76	143.0	80	226.0
Holguín	18	336.7	-	-	33	36.7	51	373.4
Granma	5	242.6	47	157.6	110	98.0	162	498.2
Santiago de Cuba	16	621.2	-	-	43	69.1	59	690.3
Guantánamo	12	270.0	-	-	93	126.0	105	396.0
Isla de la Juventud	2	34.6	-	-	22	49.5	24	84.1
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>5114.2</b>	<b>483</b>	<b>1138.7</b>	<b>382</b>	<b>525.5</b>	<b>1022</b>	<b>6778.4</b>

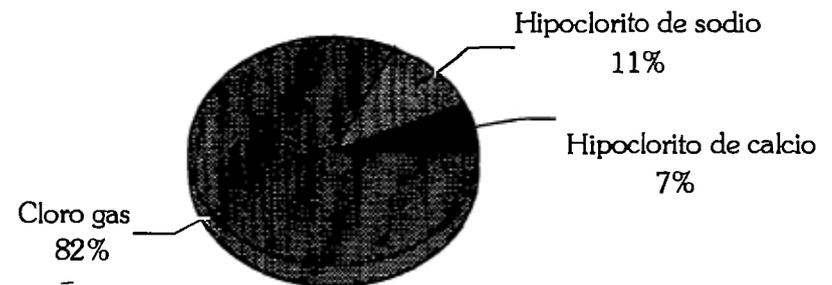
Población beneficiada: miles de habitantes

### Gráfico No. 1

**Distribución de las instalaciones de cloro administradas por el Poder Popular y cantidad de agua que se trata en las mismas.**



Total de instalaciones de cloración: 1022



Volumen total de agua tratada con cloro: 1196 millones de m<sup>3</sup> anuales

### **II.3. Productos químicos que se emplean para tratar el agua.**

El gas cloro se utiliza en todo el país en las instalaciones que tratan los caudales mayores o demanden grandes cantidades del gas, debido a que tiene un alto contenido de cloro activo. Nacionalmente se produce en la Industria Electroquímica de Sagua la Grande, provincia de Villa Clara y en algunas ocasiones se ha tenido que importar por dificultades en la disponibilidad. Se comercializa en depósitos especiales (cilindros) con capacidades de 1 tonelada, 700 Kg y 69 Kg de gas cloro. Puede almacenarse por tiempo prolongado bajo techo y con estrictas medidas de seguridad debido a que es un producto muy peligroso.

El hipoclorito de sodio, que también se produce en la Electroquímica de Sagua la Grande, se emplea en la parte occidental y central del país donde resulta más fácil la transportación por carretera, aunque se ha extendido su uso hasta la provincia Granma. Se comercializa en forma líquida y requiere de camiones cisterna especiales para su transportación. Es un producto muy inestable, altamente corrosivo y aún en óptimas condiciones (lugar fresco y tapado) no debe almacenarse por períodos mayores de 20 días, debido a que disminuye considerablemente su contenido de cloro activo que es de aproximadamente el 10% cuando sale de la fábrica.

El hipoclorito de calcio no se produce en el país y se importa en forma de polvo en recipientes metálicos de 50 Kg. Su contenido de cloro activo puede variar de 35 a 70%. Se puede almacenar por un período superior a los 2 años sin disminuir su concentración, siempre que el lugar sea fresco y seco. Se emplea fundamentalmente en la región oriental del país y en lugares aislados donde resulta difícil el acceso de los camiones-cisterna con



hipoclorito de sodio. También se utiliza en situaciones de emergencia tales como en casos de contaminación de la red de distribución y más ampliamente como sustituto en las instalaciones de hipoclorito de sodio, cuando se hace inestable el suministro de este último, debido a problemas de transportación.

Las aguas superficiales que se tratan en las plantas potabilizadoras requieren del empleo de varios productos químicos para adecuarlas al consumo humano. En Cuba se utilizan el sulfato de aluminio, el hidrato de cal y el cloro (en forma de gas en casi la totalidad de ellas).

El sulfato de aluminio se produce en el país, en una planta ubicada también en Sagua La Grande. Se utiliza para su fabricación hidróxido de aluminio (de importación) y ácido sulfúrico (de producción nacional). Se comercializa tanto en forma de polvo como en escamas en bolsas de 42 kg y se emplea para clarificar el agua, es decir, eliminar la turbiedad y el color. Mayormente tanto la turbiedad como el color están presentes en forma de partículas coloidales que no sedimentan por su propio peso. El sulfato de aluminio desestabiliza estas partículas haciendo que las mismas se agrupen en flóculos sedimentables. Por otro lado, parte de la contaminación bacteriológica es atrapada en estos flóculos y posteriormente sedimentada.

Es importante destacar que la turbiedad y otras sustancias presentes en el agua interfieren la acción desinfectante del cloro al protegerse los microorganismos en estas materias por lo cual se reduce o inactiva el efecto bactericida del cloro y provoca aumentos en su demanda.

El sulfato de aluminio se utiliza fundamentalmente en la época de lluvia (de mayo a octubre) cuando se producen los mayores arrastres de materias hacia los ríos y embalses. En el resto de



los meses del año la demanda del producto es relativamente pequeña, dándose el caso de plantas que no requieran de su utilización ya que el agua llega a ellas suficientemente clara.

El hidrato de cal se produce en el país. Se comercializa en forma de polvo en bolsas de papel multipliego de 23 kg y se emplea ocasionalmente para elevar el Ph del agua (relación acidez-alcalinidad). En muchas ocasiones el agua no tiene la alcalinidad natural que se requiere para la coagulación con el sulfato de aluminio, entonces se le confiere en forma artificial con el hidrato de cal.

En Cuba se consumen más de 16,000 toneladas métricas de productos químicos al año. La demanda mensual por provincia se muestra en el Cuadro No. 5. Además, en el Cuadro No. 6 se resumen las características de los productos de cloro que se emplean en el país.

#### **II.4. Equipamiento para desinfectar el agua.**

Para dosificar el cloro, dependiendo de las características de la instalación, se emplean distintos equipos, dispositivos técnicos o métodos locales. Los equipos son en su totalidad importados, existiendo una gran dependencia tecnológica con algunas firmas suministradoras extranjeras.

##### **Dosificadores de cloro.**

Para dosificar el gas cloro se emplean cloradores de vacío en un amplio rango de capacidades que oscila desde los 0.5 Kg/h (en las instalaciones pequeñas) hasta los mayores de 40 Kg/h (en las instalaciones que abastecen a grandes ciudades).

Existen alrededor de 300 equipos instalados predominando los de origen inglés y en segundo término español. El Gráfico No. 2



**Cuadro No. 5: Demanda mensual (en toneladas) de los productos químicos que se emplean para tratar el agua suministrada a la población de Cuba.**

Provincias	Cloro gas	Hipoclorito de sodio	Hipoclorito de calcio*	Sulfato de aluminio	Hidrato de cal	Total
Pinar del Río	12	47	-	31	15	105
La Habana	8	92	-	4	2	106
Ciudad de la Habana	90	17	-	48	25	180
Matanzas	11	36	-	-	-	47
Villa Clara	29	20	-	32	12	93
Cienfuegos	18	12	-	40	16	86
Sancti Spíritus	12	25	-	50	17	104
Ciego de Avila	4	7	-	2	1	14
Camagüey	50	5	1	101	46	203
Las Tunas	4	-	3	6	2	15
Holguín	21	-	3	63	25	112
Granma	6	22	2	4	2	36
Santiago de Cuba	44	-	5	100	45	194
Guantánamo	12	-	4	19	10	45
Isla de la Juventud	1	-	2	-	-	3
<b>Total</b>	<b>322</b>	<b>283</b>	<b>20 *</b>	<b>500</b>	<b>218</b>	<b>1343</b>

\* Sólo tiene en cuenta las cantidades de hipoclorito de calcio (al 60%) que se consume en las instalaciones. No contempla las cantidades necesarias para contingencias u otros casos.

**Cuadro No. 6: Compuestos del cloro que se emplean en Cuba.**

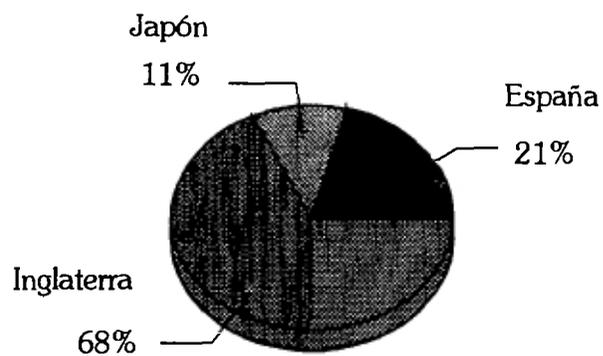
<b>Tipo de cloro</b>	<b>% de cloro activo</b>	<b>Forma comercial</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Precio de la TM</b>
Gas cloro	99.0	Líquido-gas en equilibrio. En depósitos especiales de 1 tm, 700 kg ó 69 kg.	Prolongado, teniendo cuidado con los escapes de cloro, que son peligrosos.	665.00 dólares * 259.93 pesos cubanos
Hipoclorito de sodio	10.0	Líquido.	No más de 20 días.	85.24 pesos cubanos
Hipoclorito de calcio	35.0 a 70.0	Polvo, en recipientes de 50 kg.	Más de 2 años en buenas condiciones.	1300.0 dólares (promedio)

\* No tiene en cuenta el precio del depósito, que en el caso del cilindro de 1TM es de US\$ 1800.0

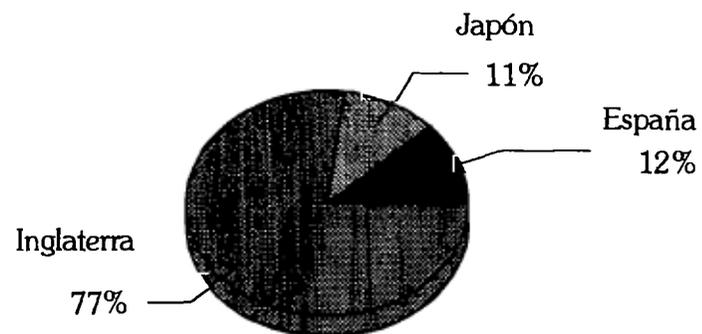
Los precios de referencia son del año 1991

## Gráfico No. 2

**Distribución del equipamiento de gas cloro según el origen de los suministros y volumen de agua tratada con estos equipos.**



Equipos instalados: 270



Volumen de agua tratada con gas cloro: 980.7 millones de m<sup>3</sup> anuales

muestra el por ciento por origen de los equipos cloradores así como los por cientos de agua clorada con esos equipos.

### **Dosificación de hipoclorito.**

Se emplean bombas dosificadoras de pistón o de diafragma así como soluciones técnicas locales consistentes en cajas dosificadoras, sistemas por goteo o simplemente vertiendo el producto directamente en el agua.

En la dosificación del hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio se utilizan los mismos equipos, a los cuales se les conoce con el nombre de hipocloradores.

Los hipocloradores instalados en el país (alrededor de 600) proceden en su mayoría de la extinta República Democrática Alemana.

Estos equipos se utilizan para tratar cantidades de agua mucho más pequeñas que en el caso de los cloradores de gas y pueden variar desde caudales de 1 a 80 litros por segundo. Las capacidades de dosificación de los equipos instalados oscilan entre los 10 y 100 litros por hora.

En el Gráfico No. 3 aparece el por ciento de la distribución de las bombas dosificadoras de hipoclorito por firma suministradora.

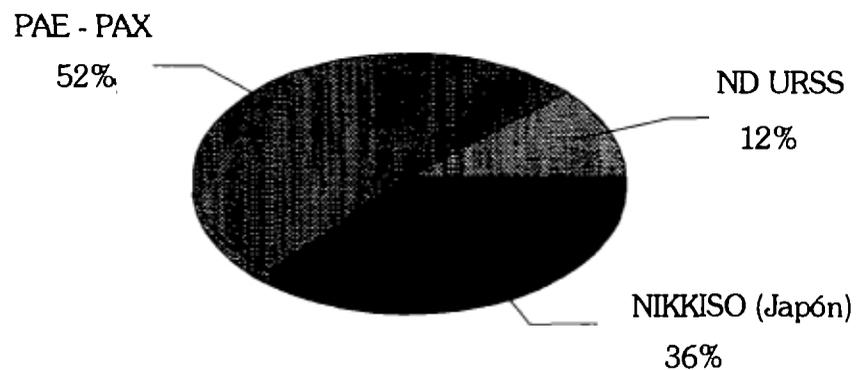
### **II.5. Administración de las estaciones de tratamiento de agua.**

Las estaciones donde se trata el agua que se suministra a la población son administradas por las Direcciones Provinciales y Municipales de Acueducto y Alcantarillado las cuales están subordi-



### Gráfico No. 3

**Distribución por firma suministradora de las bombas dosificadoras de hipoclorito instaladas.**



Total de equipos instalados: 615

nadas, respectivamente, a los Gobiernos Provinciales y Municipales. Entre sus funciones específicas se encuentran la operación y mantenimiento de las estaciones, la reparación de los equipos, la planificación, transportación y uso de los productos químicos. Sólo en cuatro provincias la transportación del hipoclorito de sodio y el sulfato de aluminio la ejecuta el Ministerio de la Industria Básica.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es el organismo rector de la actividad de acueducto y alcantarillado, y con respecto al tratamiento del agua tiene funciones de asesoría de todo tipo, la introducción y evaluación de nuevas tecnologías, la adquisición y distribución de equipos, partes y accesorios, la planificación general de los productos químicos, la coordinación con otros organismos del Estado que están involucrados en el aseguramiento de los insumos que se requieren para tratar el agua, la supervisión y control de las estaciones de tratamiento del agua y en situaciones emergentes, la distribución de los productos químicos a todas las provincias.

## **II.6. Valoración de la situación actual.**

Las actividades de abastecimiento y tratamiento de agua se han afectado sensiblemente con el deterioro que viene experimentando la economía cubana desde 1989, en detrimento de la calidad del agua que recibe la población.

Las afectaciones se expresan básicamente en limitaciones para la adquisición y transportación de productos químicos, equipos de recambio y piezas de repuesto. Las restringidas actividades de mantenimiento y limpieza de redes y tanques de almacenamiento, unido al servicio intermitente (horario) de los acueductos, agravadas por los fallos eléctricos, que facilitan la introducción de contaminantes en el interior de las tuberías durante los ho-

rarios en que no se dispone de agua, viene a agudizar las afectaciones en la calidad del agua.

Otras afectaciones importantes relacionadas con el sector son:

- control deficiente de la calidad del agua por limitaciones de los medios y reactivos requeridos así como insuficiencias en el transporte de los laboratorios,
- uso extendido de cisternas y tanques elevados en edificios donde aumenta la posibilidad de degradación de la calidad del agua,
- proliferación de todo tipo de vasijas y envases para almacenar agua en el interior de las viviendas, donde se recontamina el agua durante su uso y manipulación,
- disminución del servicio de limpieza de fosas, las cuales al desbordarse pueden contaminar las tuberías de agua de abasto; y
- disminución del nivel de ejecución de obras centralizadas de abastecimiento de agua y saneamiento, lo cual no permite extender estos servicios al sector de la población que no dispone de los mismos.

A pesar de estas deficiencias, que en mayor o menor grado se manifestaban antes de 1989, se lograba un nivel de protección sanitaria relativamente segura a través de la continuidad de la cloración de las aguas de abasto.

Analizando la limitada disponibilidad de recursos del país para enfrentar los problemas del tratamiento de agua, se estima que la tendencia de los próximos meses es hacia el agravamiento de

la situación. Es de esperar que en el futuro inmediato se mantengan o incluso empeoren las condiciones en que están operando los acueductos y que la calidad del agua se deteriore aún más, con el consiguiente peligro de incremento de enfermedades de origen hídrico.

### **Continuidad de la cloración.**

La continuidad de la cloración es el indicador fundamental que se controla en Cuba para conocer el comportamiento de la desinfección del agua. Esta no es más que la relación entre los días reales clorados en todas las estaciones de tratamiento del país y los días totales a clorar en esas estaciones si no existiera afectación de ningún tipo. Este control se ejecuta diariamente por cada operador en las instalaciones y se informa a los niveles municipal, provincial y mensualmente al nacional.

En el Gráfico No. 4 se puede observar cómo la continuidad de la cloración ha ido descendiendo desde el año 1988 hasta el año 1992.

### **Desinfección con gas cloro.**

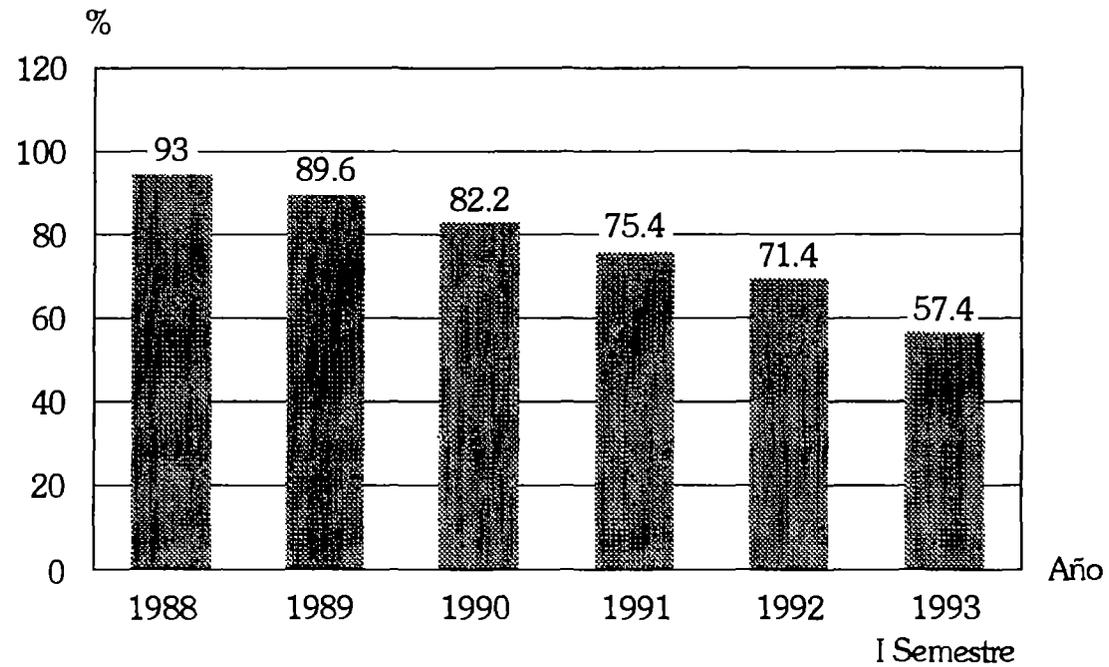
La desinfección con gas cloro (82% del agua tratada en todo el país), con la que se benefician más de 5 millones de habitantes, ha estado seriamente afectada por limitaciones del producto químico y por frecuentes roturas del equipamiento.

Las disponibilidades del gas cloro para desinfectar el agua en los últimos seis años se muestran en el Gráfico No. 5.

Desde 1989 no se reciben equipos, partes, piezas y accesorios para la cloración. Anterior a esta fecha se importaban alrededor de 400 mil dólares anuales.

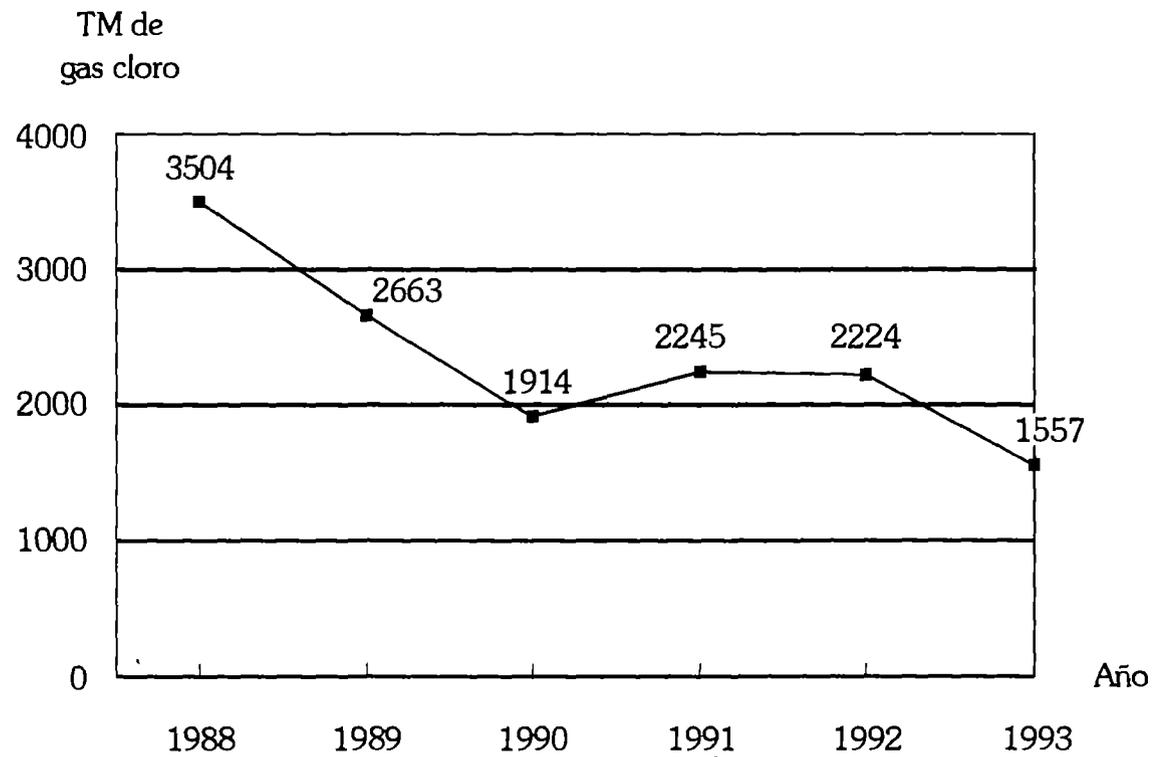
**Gráfico No. 4**

**Comportamiento de la continuidad de la cloración desde 1988 a 1993 en los acueductos administrados por el Poder Popular.**



**Gráfico No. 5**

**Comportamiento de las entregas de gas cloro a los acueductos, para tratar el agua que se suministra a la población desde 1988 a 1993.**



En el año 1993 la continuidad de la cloración en las estaciones de gas cloro se afectó considerablemente, dejándose de tratar el 51% de los días, atribuyéndose a la falta de productos químicos el 19% y a la rotura de equipos el 23.2%.

### **Desinfección con hipoclorito de sodio.**

La desinfección del agua con este producto ha presentado serias dificultades de transportación a causa del mal estado técnico de los vehículos especializados (camiones cisterna revestidos interiormente) y a las limitaciones con el combustible. Durante los últimos meses, también ha estado limitada la producción de hipoclorito por la industria.

La lejanía de algunas instalaciones y/o el mal estado de los caminos de acceso han influido en la inestabilidad en el suministro de este producto. Ello se debe a que los camiones cisterna en muchas ocasiones no pueden transitar por estos caminos porque se afecta su revestimiento interior. Por otro lado, generalmente son camiones de grandes capacidades (entre 12 y 21 toneladas) los cuales tienen que recorrer largas distancias para distribuir de 100 a 1000 litros de hipoclorito respectivamente, en muchas instalaciones, volumen requerido para 20 ~ 30 días.

Ha influido también en la complejidad de la distribución, las características del hipoclorito de sodio, que al cabo de un período de 20 días disminuye considerablemente su concentración.

### **Desinfección con hipoclorito de calcio.**

La afectación principal que ha tenido la desinfección del agua con este producto es la insuficiencia del mismo por la no disponibilidad de divisas para adquirirlo. La mayor parte del hipoclorito de calcio que entraba al país procedía de la antigua Unión Soviética.

Las provincias más afectadas son las que están ubicadas en la zona oriental del país, donde se concentran 382 instalaciones que sirven a 525000 personas.

En resumen, se puede decir que tanto la desinfección con hipoclorito de sodio como con hipoclorito de calcio ha estado afectada por:

- serias limitaciones en la disponibilidad de hipoclorito de calcio y en la transportación de hipoclorito de sodio,
- la lejanía y dispersión de las instalaciones limitan el traslado de los productos químicos, las actividades de supervisión y control de la operación, el mantenimiento y la agilidad en las reparaciones,
- no se chequea suficientemente o se ejecuta de manera deficiente, el control del cloro residual en las fuentes y redes de abastecimiento, lo que no siempre permite conocer la calidad de la desinfección que se está realizando; y
- en general existe tendencia a prestar mayor atención a la cloración con gas que a la que se realiza con hipoclorito, debido a que las primeras están más concentradas, accesibles y son menor cantidad, además, benefician a un mayor por ciento de la población.

### **Tratamiento de agua en las plantas potabilizadoras.**

En estas plantas se emplea el gas cloro, el sulfato de aluminio y el hidrato de cal.

De la aplicación del gas cloro se han explicado con anterioridad sus dificultades. El hidrato de cal no ha presentado grandes inconvenientes. Sin embargo, el sulfato de aluminio ha presenta-



do una situación más crítica por carencias de materias primas para su producción y por problemas tecnológicos de la industria donde se produce.

En el Gráfico No. 6 se muestra el comportamiento de las entregas de este producto en los últimos 6 años.

En el primer semestre de 1993 esta situación se agudizó y la fábrica sólo entregó el 10% de la demanda nacional, lo que ha traído como consecuencia que prácticamente no se disponga de reserva de sulfato de aluminio en ninguna planta potabilizadora. De continuar esta situación se afectará sensiblemente el tratamiento de las aguas superficiales en los próximos meses, agravándose en la temporada de lluvias (mayo-octubre).

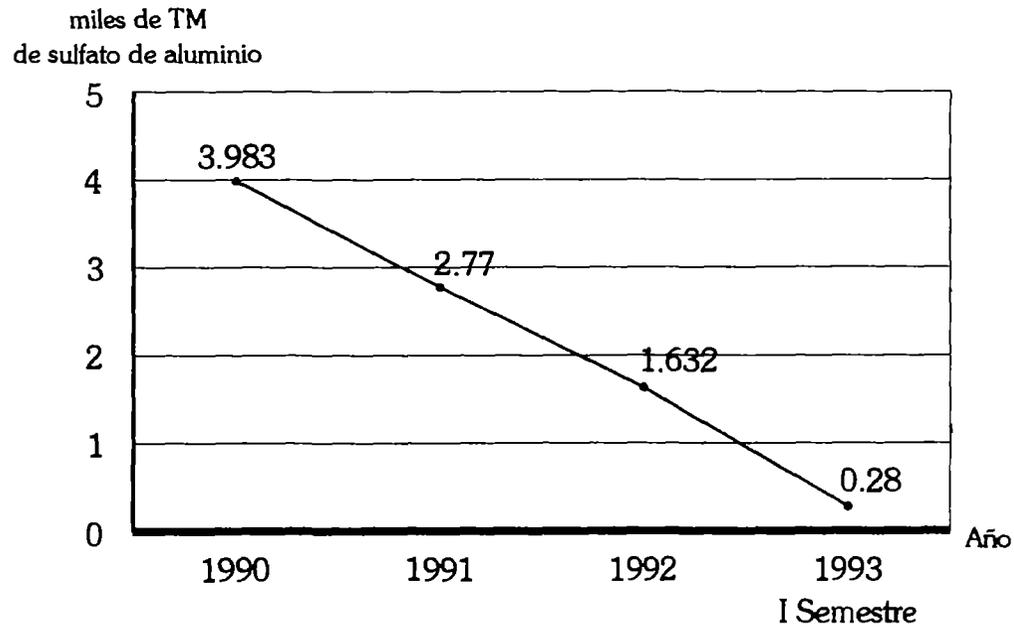
También afecta la calidad del agua que se trata en algunas plantas potabilizadoras, la ineficiencia de los procesos de filtración debido a que los filtros no disponen del volumen de arena para el cual fueron diseñados.

De los quince yacimientos de arena sílice en explotación en el país, uno de los más utilizados es el de Buena Vista, en la Isla de la Juventud.



**Gráfico No. 6**

**Comportamiento de las entregas de sulfato de aluminio para tratar el agua en las plantas potabilizadoras administradas por el Poder Popular.**



## **RESUMEN**

La situación que presenta en estos momentos el tratamiento del agua que se suministra a la población de Cuba se puede resumir de la siguiente forma:

- población agrupada que recibe agua potable a través de un sistema de abastecimiento y que dispone de estación de tratamiento funcionando,
- población agrupada que no siempre recibe agua potable a pesar de disponer de sistema de abastecimiento y estación de tratamiento. Este grupo es numeroso y está afectado por todas las dificultades que se explicaron anteriormente,
- población agrupada que dispone de sistema de abastecimiento pero sin estación de tratamiento, por lo que recibe agua no segura. En este grupo se encuentra la población que recibe agua directamente de la fuente,
- población agrupada y dispersa que utiliza agua de calidad aceptable y no dispone de sistema de abastecimiento. Aquí se encuentra la población que recibe agua desinfectada transportada desde otros lugares; y
- población agrupada o dispersa que utiliza agua de mala calidad y no dispone de sistema de abastecimiento ni de tratamiento.

### **III. ALTERNATIVAS TECNICAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA.**

---

Un abastecimiento de agua continuo y seguro, sin dudas representa una intervención de salud pública eficaz para el control de enfermedades transmitidas por el agua, pero no es realista esperar que todo el sector de la población afectada por abastecimientos de agua deficientes, pueda recibir un servicio seguro en un futuro inmediato, debido en gran parte a la contracción económica por la que atraviesa el país.

Las circunstancias actuales plantean la necesidad imperiosa de adoptar una estrategia a corto plazo y de emergencia para aplicar medidas efectivas y factibles hasta tanto se encuentre una solución con carácter permanente.

Conocer las alternativas que existen en el mundo es vital para confeccionar un programa de tratamiento de agua. Las características de cada lugar y las situaciones que se presenten, indicarán qué método o tecnología es el más conveniente.



De acuerdo a las condiciones del agua, es decir, a sus características físicas, químicas y bacteriológicas, se selecciona el tipo de tratamiento a aplicar. Un agua que tenga un alto contenido de materia orgánica, turbiedad y color no se puede potabilizar aplicándole solamente una desinfección química ya que la materia orgánica presente interferiría la acción bactericida del desinfectante. Procesos tales como el almacenamiento, sedimentación, coagulación-floculación y filtración reducen en grado variable el contenido bacteriológico del agua. Sin embargo, estos procesos no pueden garantizar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura. Frecuentemente se necesitará una desinfección final.

En caso de no disponer de otros métodos se puede recurrir a la desinfección como único tratamiento contra la contaminación bacteriana del agua.

Después de seleccionada una fuente de agua, con características físico-químicas adecuadas, el principal requerimiento a vigilar en todo momento, incluso donde exista una red de distribución, es que se mantenga libre de microorganismos transmisores de enfermedades para lo cual se presenta la desinfección como único tratamiento.

### **III.1. Alternativas de desinfección.**

La desinfección del agua se encarga de la destrucción, o al menos de la desactivación completa de los microorganismos dañinos presentes en el agua. Se realiza usando medios físicos o químicos.

Los factores que influyen en la desinfección del agua son:

- la naturaleza y número de los organismos a ser destruidos,

- el tipo y concentración del desinfectante utilizado,
- la temperatura del agua a ser desinfectada. A mayor temperatura, más rápida es la desinfección,
- el tiempo de contacto. Resulta más efectivo mientras los desinfectantes permanecen más tiempo en contacto con el agua,
- la naturaleza del agua a ser tratada. Si el agua contiene materias extrañas, especialmente de naturaleza coloidal y orgánica, el proceso de desinfección es generalmente obstaculizado,
- el Ph (acidez-alcalinidad) del agua; y
- la mezcla. Una buena mezcla asegura la adecuada dispersión del desinfectante a través de toda la masa de agua y así promueve el proceso de desinfección.

## **A. Desinfección física.**

### **A.1 Hervir el agua.**

Es la práctica más corriente de desinfección del agua a nivel casero. Es un método muy eficaz que destruye microorganismos patógenos tales como virus, bacterias, quistes y huevos, tanto en aguas claras como turbias.

Se requieren temperaturas del agua de 90 a 100 °C durante unos cinco minutos después que hierve. Es conveniente almacenar el agua en el mismo recipiente que hirvió para evitar la recontaminación. Si es necesario utilizar otro recipiente para almacenar el agua hervida el mismo deberá ser desinfectado antes de transferir el agua.



Este método está generalizado entre la población y se suele recomendar en caso de emergencia, pero su uso no es factible para abastecimientos públicos del agua.

Las desventajas que tiene este método son:

- la más importante, es que no proporciona protección contra la recontaminación. No deja ningún efecto residual, lo que significa que después de hervir el agua habrá que tener mucho cuidado durante el uso, manipulación y almacenamiento;
- puede concentrar peligrosamente los nitratos y otros sólidos disueltos en el agua; y
- requiere del empleo de un combustible, generalmente leña, carbón, carbón vegetal, gases comprimidos (metano, butano, propano), kerosene o de electricidad. Según las estimaciones se requiere alrededor de 1 Kg de madera para hervir un litro de agua. Los métodos empleados normalmente en los hogares son muy ineficientes ya que se transfiere gran parte del calor a la atmósfera en lugar del agua. Se calcula que hervir el agua en una casa cuesta entre 2 y 10 centavos (de dólar estadounidense) el litro, dependiendo del precio del combustible y el método de transferencia de calor empleado.

Resulta una alternativa poco segura en las actuales condiciones de Cuba, donde escasean los combustibles para cocinar.

## **A.2 Radiación de luz ultravioleta.**



Es efectivo para aguas claras, pero esta efectividad se reduce significativamente cuando el agua es turbia o contiene elementos

tales como nitrato, sulfato y hierro en su forma ferrosa. Este método no produce ningún residuo que proteja el agua contra una nueva contaminación. La luz ultravioleta ha sido utilizada para la desinfección en varios países desarrollados, pero se aplica muy rara vez en países en desarrollo.

### **B. Desinfección química.**

Las sustancias químicas que han sido utilizadas exitosamente para la desinfección del agua son el cloro y sus compuestos, el yodo en forma líquida o sólida, el ozono y otros oxidantes como el permanganato de potasio y el peróxido de hidrógeno. Cada uno tiene sus ventajas y limitaciones.

Un buen desinfectante químico debe poseer las siguientes características:

- rápido y efectivo en eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua,
- fácilmente soluble en agua en las concentraciones requeridas para la desinfección y capaz de proveer una acción residual válida para enfrentar nuevas contaminaciones,
- que no imparta sabor, olor o color al agua,
- que no sea tóxico para la vida humana o animal,
- fácil de detectar y de medir en el agua,
- fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar; y
- de fácil disponibilidad a un costo moderado.



### **B.1 Desinfección con yodo.**

El yodo es un desinfectante excelente para el agua por su capacidad para destruir patógenos con bastante rapidez. Sin embargo su disponibilidad y su uso han sido limitados. El costo es de 6 a 10 veces mayor que el del cloro y se requieren dosis de 10 a 15 miligramos por litro para alcanzar una desinfección satisfactoria. La elevada volatilidad del yodo en soluciones acuosas es también un factor en su contra. El empleo de una solución de 2% de tintura de yodo es un método práctico para desinfectar pequeñas cantidades de agua. La turbiedad puede interferir y si hay partículas presentes, éstas pueden proteger a los microorganismos. Por tanto, una filtración como tratamiento preliminar disminuiría la demanda de yodo y aumentaría su efectividad.

Después de aplicarse el yodo, el agua debe mezclarse y dejarse reposar unos 20 minutos antes de usarla, recomendándose residuos de 0.5 a 0.8 miligramos por litro.

Los cristales de yodo son fáciles de manejar y pueden obtenerse soluciones saturadas empleando un saturador.

El costo actual del yodo es de unos 12 dólares el kilogramo (FOB Nueva York).

En las pequeñas dosis empleadas, el yodo no tiene efectos adversos sobre la salud, pero su empleo a largo plazo podría producir ciertas reacciones en algunas personas sensibles a este producto.

El agua tratada con yodo es apropiada para el lavado de las hortalizas. Se recomienda que se laven y dejen reposar en una solución de .5 miligramos de yodo por litro de agua durante 10 minutos.



## **B.2 Desinfección con ozono.**

El ozono es cada vez más usado para la desinfección en abastecimientos de agua potable en países industrializados ya que es muy efectivo en la eliminación de compuestos que dan sabor y color objetables al agua. El ozono no deja normalmente ningún residuo medible cuya detección pudiera servir para controlar el proceso. Además, el hecho de no dejar efectos residuales en el agua significa que no hay protección contra una nueva contaminación después de ejecutada la desinfección.

Los elevados costos de instalación y operación así como la necesidad de un suministro continuo de energía hacen que el uso del ozono no sea una práctica recomendada para Cuba.

## **B.3 Desinfección con permanganato de potasio.**

El permanganato de potasio es un poderoso agente oxidante y se ha descubierto que es efectivo contra el vibrión del cólera pero no contra otros patógenos, lo que lo hace un desinfectante deficiente para el agua. Deja manchas en los recipientes. Estas características hacen que no se recomiende su uso para la desinfección del agua.

## **B.4 Desinfección con cloro.**

La desinfección con cloro y sus compuestos es la más ampliamente utilizada en todo el mundo ya que es uno de los desinfectantes más efectivos en el agua, por su disponibilidad, bajo costo y capacidad para destruir microorganismos patógenos.

La cloración, introducida por primera vez a comienzos del siglo XX, fue quizás el evento tecnológico más relevante en la historia del tratamiento del agua.



Generalmente con la cloración efectiva de los sistemas de abastecimiento de agua en ciudades y pueblos se logra una reducción sustancial de las enfermedades entéricas que primariamente están relacionadas con el agua. Sin embargo, un sistema de saneamiento deficiente puede provocar contaminación fecal de las fuentes de agua o de la red de tuberías generando una tremenda amenaza a la salud de la población.

Estudios recientes, aún en progreso, han enunciado la posibilidad de que los compuestos orgánicos halogenados (conocidos como trihalometanos) formados cuando se añade cloro al agua con contenido de materia orgánica, pueden causar efectos cancerígenos en personas que los ingieran por períodos prolongados.

Este riesgo puede evitarse o atenuarse eliminando la materia orgánica presente en el agua mediante el empleo de procesos de clarificación. No obstante, las propiedades desinfectantes del cloro y sus ventajas están bien establecidas y hasta la fecha deben haber compensado con creces los posibles efectos colaterales surgidos por su empleo universal salvaguardando la salud pública.

### **Práctica de la cloración.**

Para conseguir una cloración eficaz del agua se requiere vigilar los siguientes aspectos:

- determinación previa de la dosis de cloro a emplear en correspondencia con la calidad bacteriológica del agua,
- aplicación uniforme y continua del cloro en toda la masa de agua a tratar,
- proporcionar un tiempo de contacto cloro-agua suficiente, antes del consumo humano,

- garantizar continuamente un cloro residual en el agua, fundamentalmente en los extremos de la red de tuberías; y
- regulación del tratamiento para conseguir que el agua sea inocua y al mismo tiempo agradable.

En agua clara (turbiedad nefelométrica menor o igual a 1) de Ph menor de 8, el cloro es muy eficaz contra las bacterias patógenas. Sin embargo, para eliminar los virus y los quistes de protozoos se requerirán mayor dosificación y tiempo de contacto que el normalmente utilizado, usualmente de 15 minutos a 1 hora.

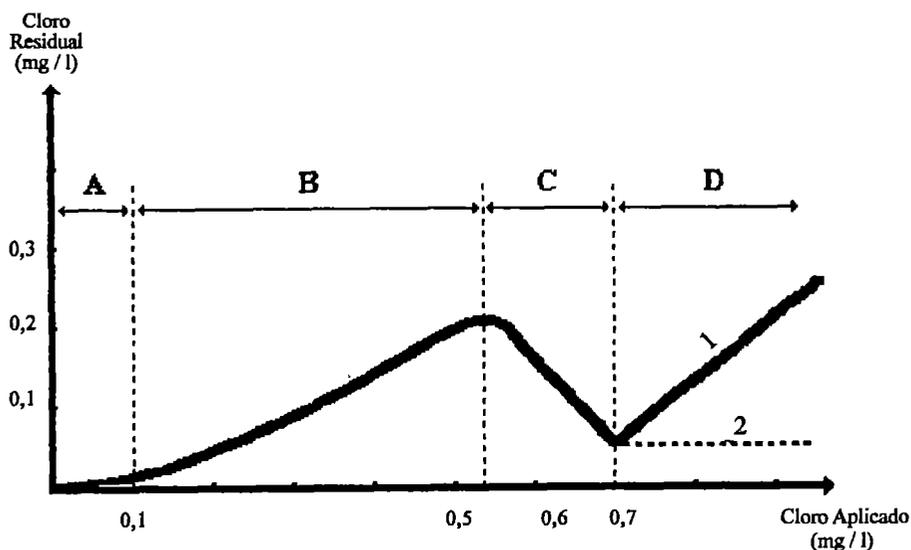
Para que el cloro actúe como desinfectante ante los microorganismos primero debe satisfacer la demanda de cloro del agua, es decir, reaccionar con las sustancias presentes tales como la materia orgánica, el hierro, el manganeso y finalmente quedar una porción de cloro residual, que puede estar libre o combinado y que es el capaz de eliminar los patógenos presentes. Además, este cloro libre residual tiene que permanecer en el agua para enfrentar cualquier contaminación posterior. Es por ello que efectuar una dosificación adecuada y permitir un tiempo de contacto suficiente tiene una gran importancia en la práctica de la cloración.

El tiempo de contacto es el tiempo que necesita el desinfectante para reaccionar con todas las sustancias presentes en el agua y aniquilar los patógenos. En el Gráfico No. 7 se muestran las reacciones del cloro con el agua. El tiempo requerido para obtener un residual de cloro libre es el tiempo de contacto mínimo.

En condiciones normales de operación de un acueducto, el cloro libre residual debe ser de 0.3 miligramos por litro en los extremos de las redes de distribución. Cuando se presenten contingencias, las autoridades de salud en coordinación con los fun-



**Gráfico No. 7: Reacciones del cloro con el agua.**



Zona A: Eliminación del cloro por reducción de diversos compuestos. Todo el cloro desaparece al reaccionar con la materia orgánica. No hay desinfección posible.

Zona B: Formación de derivados orgánicos del cloro y cloraminas. Las cloraminas y una parte de los compuestos orgánicos reaccionan con la ortotolidina como cloro combinado residual cuya concentración aumenta a medida que se aumenta la dosis de cloro.

Zona C: Eliminación de las cloraminas y los derivados orgánicos del cloro. Las dosis más altas de cloro intensifican la actividad química que lleva a la oxidación o alteración de las cloraminas y de los derivados orgánicos del cloro y cómo esa actividad utiliza cloro sin producir compuestos que reaccionen con la ortotolidina, el aumento de la dosis acentúa los cambios químicos y por consiguiente el consumo del cloro, o lo que es lo mismo la demanda de cloro, de manera que una dosis más alta deja una concentración más baja de cloro.

Zona D: Formación de "cloro libre residual" (1) cuya concentración crece a medida que se añade cloro. Hay además una concentración pequeña de "cloro combinado residual" (2), formada por compuestos que no ha destruido el cloro libre.

cionarios de acueducto determinarán cuales deben ser los nuevos valores del cloro libre residual a mantener en el agua.

### **Control del cloro residual.**

La forma más sencilla y barata de controlar la eficiencia de la cloración es midiendo el cloro residual, mediante la utilización del DPD (dietil-para-fenilendiamina) o de la ortotolidina. Estos reactivos, de efectos similares se le añaden a las muestras de agua a estudiar y producen coloraciones comparativas ante la presencia de cloro.

*Método del DPD:* El cloro libre disponible reacciona instantáneamente con el DPD produciendo una coloración roja, siempre que el yodo esté ausente. Se mide el color producido mediante el método colorimétrico para indicar la concentración de cloro residual existente en la muestra de agua. Este producto se oferta como reactivo, en solución o en forma de tabletas.

*Método de la ortotolidina:* Este es un compuesto aromático que se oxida en una solución ácida mediante el cloro, para producir en la muestra de agua un color amarillento cuya intensidad es directamente proporcional a la cantidad de oxidantes presentes. El método es adecuado cuando los residuos de cloro no exceden los 10 miligramos por litro. La presencia de color natural, turbiedad y nitrato interfieren el desarrollo del color. Se ha demostrado que la ortotolidina produce cáncer, y en muchos países se ha retirado de la producción.

### **El cloro y sus compuestos.**

El cloro se presenta en diferentes tipos de compuestos. A continuación se describen las características principales de los más utilizados en la desinfección del agua.



*Cloro:* Es un gas tóxico de color amarillo verdoso que se encuentra en la naturaleza en estado combinado, principalmente con el sodio, como sal común. Tiene un olor penetrante e irritante, es más pesado que el aire y se le puede comprimir para formar un líquido claro de color ámbar. El cloro líquido es más pesado que el agua y se vaporiza bajo temperatura y presión atmosférica normal. Se fabrica mediante la electrólisis de salmuera con producción de sosa cáustica e hidrógeno como productos secundarios. Como gas seco, el cloro no es corrosivo, pero en presencia de humedad se vuelve altamente corrosivo para todos los metales excepto la plata y el plomo. El cloro es ligeramente soluble en agua (1% por peso a 10 grados Centígrados).

*Cal clorada:* Antes del descubrimiento del cloro líquido se utilizaba mucho esta combinación de cal apagada y gas cloro, que al añadirle agua se descompone para producir ácido hipocloroso. Cuando está fresca la cal clorada tienen un contenido de cloro de 33 a 37%, pero es un producto muy inestable que al exponerlo al aire, luz y humedad pierde rápidamente su contenido de cloro.

*Hipoclorito de sodio:* Es un líquido que se puede obtener con concentraciones del 3 al 10% de cloro. Con una concentración mayor al 10% resulta muy inestable. Es altamente corrosivo por lo que para su almacenamiento y para su aplicación requiere el empleo de materiales resistentes a su ataque químico tales como la fibra de vidrio, la goma, el plástico, la cerámica, etc. Se emplea con frecuencia en la desinfección del agua en sistemas de abastecimiento, no debiéndose almacenar por períodos mayores de 20 a 30 días. También se emplea como solución blanqueadora en el lavado de ropas.

*Hipoclorito de calcio:* Se puede adquirir internacionalmente en forma de polvo, con concentraciones entre el 20 y el 70% de

cloro activo, o en forma de tabletas con un 65% de cloro disponible. En condiciones adecuadas de almacenamiento (tapado, en lugar seco y fresco) mantiene la concentración de cloro por más de un año.

### **Aplicación del cloro al agua.**

La forma en que se debe usar el desinfectante se rige por varios factores como son la cantidad de agua a ser tratada, costo y disponibilidad de sustancias químicas, el equipo necesario para su aplicación y la habilidad requerida para su operación y control.

La práctica ha demostrado que cuando la cantidad de agua a desinfectar sea superior a los 500 metros cúbicos por día el uso del gas cloro es el más económico.

Se dispone de dos métodos diferentes para la aplicación controlada del gas cloro:

- alimentador de solución: se disuelve el gas en un pequeño volumen de agua y la solución de cloro es inyectada en el agua que se quiere desinfectar; y
- alimentación directa: se inyecta el gas directamente en el punto de aplicación, necesitándose un tipo de difusor o tubería perforada para la dispersión del gas.

Instalaciones utilizadas:

- a) equipo clorador, mas bomba auxiliar: es un dosificador al vacío que se regula para aplicar la cantidad de cloro que requiere el agua a tratar. El vacío que succiona el cloro y lo diluye en agua, es causado por un flujo de agua ali-



mentado por una bomba centrífuga de alta carga denominada bomba auxiliar. Dicho flujo pasa a gran velocidad por un eyector a la salida del clorador. Esa misma alta carga, permite la inyección del cloro diluido, al interior de las tuberías a presión del acueducto.

Los equipos cloradores tienen capacidades desde 0.2 hasta 150 kg/h.

- b) equipo hipoclorador: es una bomba dosificadora de pistón o de diafragma, cuya embolada suministra cantidades constantes de solución que es succionada desde un depósito y que finalmente se inyecta al agua a tratar.

Los dosificadores comerciales más simples son los de diafragma, con capacidades de 2 a 10 lt/hora y los de pistón, que alcanzan de 15 a 1000 lt/hora.

El hipoclorito de sodio y el de calcio se preparan en soluciones entre el 1 y 5% (10 a 50 gramos por litro) y se dosifican utilizando bombas dosificadoras de pistón o de diafragma, así como cualquier alternativa local como pueden ser la cloración en vasijas, por goteo, sistemas de doble vasija, cajas dosificadoras, o simplemente vertiendo el producto directamente en el agua a desinfectar. Estas formas de aplicación del hipoclorito deben ser controladas por un personal técnico competente.

Para facilitar las operaciones, se pueden preparar soluciones madres que contengan 1% de cloro disponible agregando cantidades proporcionales de un compuesto de cloro a un volumen dado de agua. A continuación se proporcionan datos sobre la cantidad requerida de hipoclorito (a diversas concentraciones) para preparar un litro de solución madre al 1%.

<b>Nombre del compuesto</b>	<b>Cloro disponible (%)</b>	<b>Gramos de hipoclorito por litro de agua</b>
Cal clorada	20	50
	25	40
Hipoclorito de calcio	35	28.6
	65	15.4
	70	14.3

El Cuadro No. 7 proporciona datos para la dosificación de 2 miligramos por litro y 5 miligramos por litro de cloro, empleando soluciones de diferentes concentraciones para desinfectar el agua contenida en recipientes con volúmenes utilizados con frecuencia a nivel de vivienda.

### **B.5 Tabletas desinfectantes.**

Existen varios desinfectantes comerciales que son eficaces contra la mayoría de los microorganismos patógenos presentes en el agua. La mayor parte de ellos son compuestos del cloro y del yodo y se comercializan en forma de tabletas o de solución. Se utilizan fundamentalmente en caso de emergencia, suelen ser ligeros, cómodamente envasados, de fácil administración y pueden conservarse durante mucho tiempo. El costo es generalmente alto.

*Tabletas de globaline* (también conocido como Agua Potable).

El ingrediente activo es un compuesto del yodo conocido como hidroperyoduro tetraglicina. Las tabletas son de 120 miligramos de las cuales 20 miligramos son de hidroperyoduro de tetraglicina. Una tableta produce 8 miligramos por litro de yodo activo y al aplicarse se debe dejar reposar 10 minutos antes de beber el



**Cuadro No. 7: Dosificación de cloro para desinfectar volúmenes de agua que se utilizan a nivel de vivienda.**

**7.1 Agua clara contaminada  
Dosificación: 2 mg/l**

Cloro libre disponible	Volumen del recipiente (litros)			
	1	10	15	20
0.5%	8 gotas	4 ml	6 ml	8 ml
1%	4 gotas	40 gotas (2 ml)	60 gotas (3 ml)	80 gotas (4 ml)
2%	2 gotas	20 gotas (1 ml)	30 gotas (1.5 ml)	40 gotas (2 ml)
5%	1 gota	8 gotas	12 gotas	16 gotas
10%	1 gota	4 gotas	6 gotas	8 gotas

**7.2 Agua turbia muy contaminada  
Dosificación: 5 mg/l**

Cloro libre disponible	Volumen del recipiente (litros)			
	1	10	15	20
0.5%	20 gotas	10 ml	15 ml	20 ml
1%	10 gotas	5 ml	7.5 ml	10 ml
2%	5 gotas	2.5 ml	3.8 ml	5 ml
5%	2 gotas	20 gotas (1 ml)	1.5 ml	2 ml
10%	1 gota	10 gotas (0.5 ml)	15 gotas (0.8 ml)	20 gotas (1 ml)

agua. Pierden el 20% de su potencia a las 24 semanas después de abierto el frasco. El costo por tableta oscila entre 0.05 a 0.10 dólares.

*Tabletas de Halozone.*

Es un compuesto de cloro que produce aproximadamente 52% de cloro disponible después de disuelto en el agua. El ingrediente activo es diclorosulfamoyl ácido benzoico. Las tabletas son de 120 miligramos de los cuales 4 miligramos son de halozone. Una pastilla por litro se recomienda para producir 2 miligramos por litro de cloro disponible. El tiempo de contacto debe ser de 30 a 60 minutos. Las tabletas disminuyen su potencia rápidamente después de abierto el frasco, perdiendo el 75% de su actividad cuando están expuestas al aire por dos días. Se puede almacenar por 5 meses en frascos de color ámbar perfectamente cerrados a 32°C. El costo por tableta es de 0.02 dólares.

*Tabletas Acuatabs.*

Son pastillas efervescentes que al disolverse en el agua dan una dosis determinada de cloro disponible, haciéndolas un método preciso, conveniente y económico de desinfección local (vivienda, escuela, hospital, etc). El ingrediente activo es un donante orgánico y sintético denominado dicloroisocianurato de sodio. Los paquetes de venta están concebidos para satisfacer los requerimientos de un amplio rango de aplicaciones. Las tabletas se comercializan en los siguientes tamaños: 17, 85, 167, 340 y 500 miligramos, así como 1.67 y 8.68 gramos. Aproximadamente el 42% de este reactivo está disponible como cloro. Se empaquetan en papel laminado herméticamente selladas o en recipientes plásticos con tapa a presión. Este compuesto es muy estable por lo que puede almacenarse por tiempos prolongados. Las tabletas empaquetadas en papel laminado tienen un 99.8% de cloro disponible al cabo de

2 años en condiciones ambientales y el costo por tableta oscila entre 0.0065 a 0.016 dólares. Ver Cuadro No. 8.

#### *Tabletas de Chlor-floc.*

Contienen agente floculante. El ingrediente activo es el dicloroisocianurato de sodio. Las tabletas son de 600 miligramos y se comercializan en paquetes herméticamente sellados de 10 tabletas. El costo por tabletas es de 0.05 a 0.10 dólares.

En el Cuadro No. 9 se muestra un resumen de las tabletas desinfectantes más comunes.

El Cuadro No. 10 brinda orientaciones para dosificar cloro cuando no se dispone de medios para su medición.

### **B.6 Producción de desinfectantes en el lugar.**

En los últimos años se han hecho grandes progresos en el desarrollo de la producción de desinfectantes en el lugar, los cuales ofrecen ciertas ventajas al eliminar la compra, transporte, almacenamiento y la aplicación de los productos químicos. Para ser apropiadas estas tecnologías tienen que ser económicas y fáciles de instalar, operar y mantener.

Se han utilizado con éxito los generadores de hipoclorito de sodio y los generadores de gases oxidantes mezclados, estos últimos conocidos como MOGGOD (Desinfección con Mezcla de Gases Oxidantes Generados in Situ).

#### **Generadores de hipoclorito de sodio.**

 El principio básico de la producción de hipoclorito es la electrólisis del cloruro de sodio. Ello requiere de una fuente de ener-

**Cuadro No. 8: Desinfección del agua con tabletas AQUATABS.**

Tamaño de la tableta	Cloro disponible por tableta (mg)	Volumen de agua desinfectada por tableta		
		Dosificación de cloro libre disponible		
		1 mg/litro	2 mg/litro	5 mg/litro
8.5 mg	5	5 litros	2.5 litros	1 litros
17 mg	10	10 litros	5 litros	2 litros
85 mg	50	50 litros	25 litros	10 litros
167 mg	100	100 litros	50 litros	20 litros
1.67 mg	1000	1000 litros	500 litros	200 litros
8.68 mg	5000	5000 litros	2500 litros	1000 litros

**Cuadro No. 9: Tabletas desinfectantes comerciales**

<b>Nombre comercial</b>	<b>Producto químico</b>	<b>Embalaje</b>	<b>Dosis recomendada</b>	<b>Costo unitario por tableta (US\$)</b>
HALAZONE 4.0 mg 160.0 mg	Diclorosulfamoyl ácido benzoico	Botellas de 50 tabletas	1 tab/1 l de agua 1tab/40 l de agua	0.02 0.80
GLOBALINE 8.0 mg	Hidroperyoduro	Botellas de 50 tabletas	1 tab/1 l de agua	0.05 a 0.10
CHLOR-FLOC	Dicloroisocianurato	Paquetes sellados de 10 tabletas	1 tab/1 l de agua	0.05 a 0.10
AQUATABS	Dicloroisocianurato de sodio	Paquetes sellados y ca- jas plásticas de varias cantidades	Ver Cuadro No. 8	0.0065 a 0.016

Las dosis pueden variar de acuerdo a la calidad del agua.

**Cuadro No. 10: Orientaciones para dosificar el cloro cuando no se dispone de medios y reactivos para su control.**

<b>Procedencia del agua y método de abastecimiento</b>	<b>Cloro libre disponible (mg/l)</b>
Abastecimiento por tuberías, conexiones domiciliarias. El agua está clara.	1.0
Pozos encamisados, con bombas, pozos cubiertos y protegidos, sistemas cubiertos para la recolección de aguas de lluvias. El agua está clara.	2.0
Pozos no protegidos, pozos excavados abiertos, donde el agua puede estar turbia. El agua tiene que dejarse reposar o filtrar.	2.0 a 5.0
Arroyos, ríos o pantanos. El agua tiene que dejarse reposar o filtrar.	2.0 a 5.0
Agua que se conoce que está contaminada fecalmente. El agua tiene que dejarse reposar o filtrar.	5.0 a 10.0

En todos los casos debe existir un pequeño olor a cloro durante 30 minutos después de dosificado el mismo.

gía confiable para su funcionamiento. Las unidades disponibles comercialmente producen de 0.5 a 2 Kg de hipoclorito de sodio al día y son la DIPCELL (Holanda) y la CLORID (Ecuador). En los Estados Unidos la ELTECH (Sistema SANILEC) fabrica unidades de mayor capacidad siendo la más pequeña de 10 Kg de hipoclorito de sodio al día.

Se han realizado estudios del costo total de la producción de hipoclorito a nivel comunitario estimándose entre 1.50 y 2.50 dólares por Kg de cloro disponible en dependencia del costo de la sal, electricidad y equipo.

### **Generadores de gases oxidantes mezclados (MOGGOD).**

También se basa en la electrólisis de soluciones de cloruro de sodio. Tienen propiedades desinfectantes iguales o superiores a las del cloro ya que la mezcla de especies de oxígeno y cloro producida y su acción sinérgica parecen ser la causa de la mayor eficiencia.

Su empleo en comunidades y pueblos de América Latina ha tenido éxito. En Cuba se han probado varias unidades donadas por la OPS (fabricadas por la OXI GENERATORS de Estados Unidos). Se está trabajando para desarrollar un equipo propio a partir de la adquisición en el exterior, de la membrana selectiva y del ánodo de titanio.

En el Cuadro No. 11 se muestran las alternativas de desinfección mencionadas.

### **III.2. Otras alternativas para tratar y conservar el agua.**

Como ya se ha explicado la desinfección tiene como objetivo principal matar o inactivar los microorganismos patógenos pre-



**Cuadro No. 11: Alternativas para la desinfección del agua.**

<b>Método de desinfección</b>	<b>Observaciones</b>
Hervir el agua	Práctica corriente para aguas claras y turbias. Requiere elevar la temperatura del agua de 90 a 100° C durante cinco minutos por lo que se convierte en una alternativa poco segura en las actuales condiciones de Cuba, donde escasean los combustibles para cocinar. No tiene efecto desinfectante residual por lo que el agua puede recontaminarse por el mal uso y manipulación.
Radiación de luz ultravioleta	Efectivo para aguas claras. Se aplica raras veces en países en desarrollo. No aplicable masivamente en Cuba.
Aplicación del cloro y sus compuestos	Es el más ampliamente utilizado por su disponibilidad, bajo costo y capacidad para destruir patógenos. Tiene efecto desinfectante residual.
Aplicación de yodo	Desinfectante excelente para el agua aunque la turbiedad puede interferir. Su costo es de 6 a 10 veces superior al cloro. Se requieren dosis de 10 a 15 mg/l para alcanzar una desinfección satisfactoria. Se recomiendan residuos de 0.5 a 0.8 mg/l.
Tabletas desinfectantes	Aplicables a nivel de vivienda o de conjuntos de viviendas, escuelas, etc. La mayoría son compuestos del cloro y el yodo. Son ligeras, cubren todos los requerimientos de concentración y se comercializan cómodamente envasadas, pudiendo conservarse durante mucho tiempo. Son caras.
Aplicación de ozono	Efectivo en la eliminación de patógenos y de compuestos que dan color y sabor objetables al agua. No tiene efecto desinfectante residual. Elevados costos de instalación y operación; necesita suministro continuo de energía. No aplicable en Cuba por ahora.
Aplicación de permanganato de potasio	Poderoso agente oxidante de materias orgánicas, efectivos contra vibrión del cólera pero no contra otros patógenos. Mancha los recipientes. No se recomienda su uso para la desinfección del agua.
Producción de desinfectantes en el lugar	Se han utilizado con éxito en la desinfección del agua para poblaciones pequeñas. Se elimina la compra, transportación, almacenamiento y manipulación de los productos químicos. Requiere de una fuente de energía y el costo de inversión es alto.

sentés en el agua que provocan enfermedades al hombre, pero las aguas naturales, que se captan de fuentes subterráneas y superficiales fundamentalmente, pueden contener otros elementos que no son bacteriológicos y que transmiten olor, color y sabor desagradable. En presencia de los mismos, la desinfección puede resultar inefectiva cuando los microorganismos logran protegerse de la acción bactericida del cloro al adherirse a la materia orgánica, sobre todo en el caso de los virus y los quistes de protozoos.

La clarificación del agua puede resolver estos problemas. En el Gráfico No. 8 se muestran los procesos de tratamiento de agua. Nótese que hay dos procesos básicos, la clarificación y la desinfección. La clarificación del agua puede comprender los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

No solamente los órganos de tratamiento concebidos y diseñados con estos fines sirven para potabilizar el agua. A menudo, se puede obtener un significativo mejoramiento de la calidad del agua utilizando métodos como la recarga artificial y el almacenamiento del agua.

Para sistemas de abastecimiento de agua a pequeñas comunidades los esquemas de tratamiento complicados no son adecuados y en tales casos una mejor solución pudiera ser localizar otra fuente de agua de mejor calidad aún cuando esté a una distancia mayor.

Otra alternativa puede ser el uso de las formaciones subterráneas para el almacenamiento del agua y el mejoramiento de la calidad por recarga artificial.

Para seleccionar el método de tratamiento a aplicar en cada lugar debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

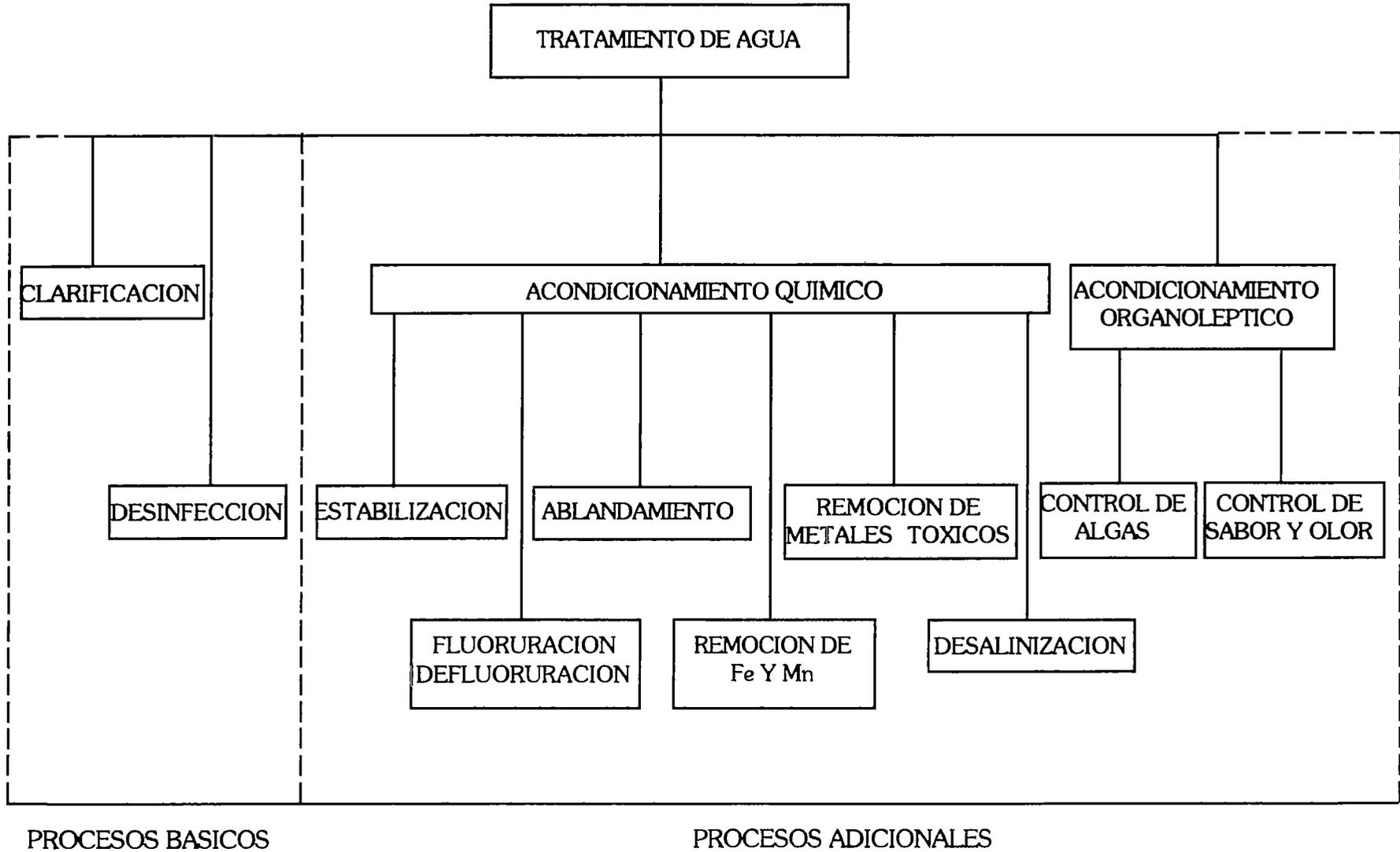
- bajo costo,
- utilización de un mínimo de equipos mecánicos,
- evitar el uso de productos químicos, cuando sea posible; y
- facilidad de operación y mantenimiento.

Se preferirá siempre utilizar las aguas subterráneas ya que durante el flujo subterráneo ocurre una mejora de su calidad. Las partículas suspendidas son removidas mediante la filtración natural, las sustancias orgánicas son degradadas mediante la oxidación y los microorganismos mueren debido a la falta de nutrientes. Si se extrae adecuadamente el agua subterránea, ésta puede estar libre de turbiedad y organismos patógenos.

A pesar de todas estas características a su favor, las aguas subterráneas han sido la causa de numerosas enfermedades y brotes epidémicos de envergadura debido a la contaminación del tipo fecal originada durante su distribución por un deficiente o inexistente saneamiento en poblaciones. Por ello, y además para proporcionar una protección contra futuras contaminaciones, se debe llevar a cabo una desinfección aplicando cualquiera de los métodos ya explicados.

Las aguas superficiales se extraen de arroyos, ríos, lagunas, embalses o canales de irrigación. En tales fuentes el agua se origina a partir de flujos subterráneos y a partir del agua pluvial que ha corrido sobre el suelo hacia los cuerpos receptores de agua superficial. Los flujos de agua subterránea llevan los sólidos disueltos, mientras que la escorrentía superficial hace el mayor aporte de turbiedad, de materia orgánica, y de organismos patógenos.

**GRAFICO No. 8: Procesos para el tratamiento del agua.**



Al agua superficial clara y poco contaminada puede aplicársele sólo una desinfección. El agua superficial poco contaminada y de baja turbiedad puede ser tratada mediante una filtración lenta en arena como único proceso de tratamiento o mediante la filtración rápida seguida de una desinfección. Para aguas superficiales con turbiedades elevadas o que contienen algas, se necesitará la aplicación de procesos como la sedimentación, la filtración o la combinación de ambos. Si existen partículas coloidales suspendidas que no sedimentan por su propio peso, será necesario realizar previamente la coagulación química y la floculación. En muchos casos se requerirá la combinación de todos estos procesos.

Los Cuadros No. 12 y No. 13 muestran el tipo de tratamiento que se debe aplicar a las aguas subterráneas y superficiales.

Tratar las aguas superficiales en plantas potabilizadoras es costoso. Por otro lado, requiere de inversiones que para una comunidad, pueden ser de gran envergadura según sea la cantidad de agua a tratar. Por tanto abaratar los costos de construcción, operación y mantenimiento es la única alternativa para solucionar este problema. Es aquí donde el ingeniero sanitario y todo el personal vinculado a la concepción de los programas, la selección de los métodos, las decisiones de adquisición de tecnologías, entre otras, encuentran un campo de trabajo abierto a ideas originales, poniendo todo el ingenio para encontrar soluciones nuevas a los problemas en correspondencia con las características de cada lugar.

### **A. Coagulación-floculación.**

Se llama coagulación-floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua, llamadas flóculos.



**Cuadro No. 12: Procesos para el tratamiento del agua subterránea.**

Calidad del agua	Areación para		Sedimentación llana	Filtración (rápida)	Cloración segura o post-cloración
	Incrementar O <sup>2</sup>	Reducir CO <sup>2</sup>			
Aeróbica, aceptablemente dura, no corrosiva.					O
Aeróbica, blanda y corrosiva.		X			O
Anaeróbica, aceptablemente dura, no corrosiva. Sin hierro ni manganeso.	X				O
Anaeróbica, aceptablemente dura, no corrosiva. Con hierro y manganeso.	X		O	X	O
Anaeróbica, blanda corrosiva. Sin hierro ni manganeso.	X	X			O
Anaeróbica, blanda corrosiva. Con hierro y manganeso.	X	X	O	X	O

(X= necesario, O= opcional)

**Cuadro No. 13: Procesos para el tratamiento del agua superficial.**

Calidad del agua	Proceso de Tratamiento					
	Precloración	Coagulación química y floculación	Sedimentación	Filtración rápida	Filtración lenta con arena	Cloración segura o posterior
Clara y no contaminada.						O
Ligeramente contaminada, baja turbidez.				O	X	O
Ligeramente contaminada, turbidez media.			O	X	X	O
Ligeramente contaminada, alta turbidez.		X	X	X	X	O
Ligeramente contaminada, muchas algas.	X	X	X	X		X
Fuertemente contaminada, poca turbidez.	X			X	X	O
Fuertemente contaminada, mucha turbidez.	X	X	X	X		X

(X= necesario, O= opcional)

Dicho proceso se usa para:

- remoción de la turbiedad orgánica e inorgánica que no puede sedimentar rápidamente,
- remoción del color,
- eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles a ser separados por coagulación,
- destrucción de algas y plancton en general; y
- eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos en otros.

El uso de la sedimentación simple para la remoción de partículas muy finas como los coloides es imposible, por lo que siempre habrá que desestabilizarlas para que se agrupen y sedimenten. Esto se logra añadiendo al agua un coagulante.

Los coagulantes se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- polielectrolitos: son ayudantes de la coagulación, pueden ser naturales o sintéticos. Son una serie de compuestos orgánicos muy variados en su estructura química, como derivados del almidón y la celulosa, materiales proteínicos y otros muchos más; y
- coagulantes metálicos: sales de aluminio, sales de hierro y otros compuestos. Entre las sales de aluminio las más conocidas son el sulfato de aluminio, el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato de sodio; mientras que entre las de hierro se encuentra el cloruro férrico, el sulfato férrico y el sulfato ferroso.



El sulfato de aluminio es el coagulante que se utiliza con mayor frecuencia por su bajo costo y su manejo relativamente sencillo.

El proceso de coagulación-floculación requiere de:

- la adición de los coagulantes,
- dispersión de los coagulantes (mezcla rápida); y
- aglutinación de las partículas (mezcla lenta).

La dosificación se puede realizar en seco o en solución, siendo esta última la más conveniente para soluciones de bajo costo de tipo local, ya que los equipos dosificadores son menos costosos, requieren un menor número de piezas y son por eso más fácilmente reparables por un operador local. La dosificación en solución se puede llevar a cabo con bombas dosificadoras o con dispositivos de gravedad. En general, este tipo de dosificación consta de tres partes fundamentales: tanque de solución, tanque dosificador y elemento hidráulico de medida.

Tanto para la mezcla rápida como para la mezcla lenta deberá emplearse dispositivos hidráulicos y no mecánicos, con lo cual disminuye el costo de operación y mantenimiento de este proceso.

## **B. Sedimentación.**

La sedimentación es el asentamiento y remoción de las partículas suspendidas cuando el agua se estanca, se detiene o fluye lentamente a través de un depósito natural o artificial. Con este objetivo se construyen sedimentadores para lo cual hay que tener en cuenta la carga superficial (velocidad mínima de sedimentación), el período de retención del agua en el sedimentador, la



profundidad y la forma del sedimentador, el número de unidades, la velocidad horizontal de escurrimiento y la relación largo-profundidad.

En general, los tanques de almacenamiento, cisternas, embalses y todo tipo de depósito actúan como sedimentadores naturales.

### **C. Filtración.**

El objetivo básico de la filtración es separar las partículas y microorganismos objetables al hacer pasar el agua por un medio poroso que puede ser arena, antracita, granate o las combinaciones de ellos. El Cuadro No. 14 muestra una clasificación de los filtros.

El proceso de filtración ocurre en dos etapas distintas pero complementarias:

- transporte de las partículas dentro de los poros; y
- adherencia a los granos del medio filtrante.

Los factores que influyen en la filtración son:

- tipo de medio filtrante,
- velocidad de filtración,
- tipo de suspensión (características físico-químicas); y
- temperatura.



Basados en estos criterios se pueden diseñar filtros tan complejos como los que se utilizan para tratar el agua de grandes ciu-

**Cuadro No. 14: Clasificación de los filtros.**

<b>Según la velocidad de filtración</b>	<b>Según el medio filtrante</b>	<b>Según el sentido del flujo</b>	<b>Según la carga sobre el lecho</b>
<p>Rápidos: 120-360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día</p>	<p>1. Arena (h=60-75 cms)</p> <p>2. Antracita (h=60-75 cms)</p> <p>3. Mixtos: antracita (50-60 cms) arena (15-20 cms)</p> <p>4. Mixtos: arena, antracita, granate</p>	<p>Ascendente</p> <p>Descendente</p> <p>Flujo mixto</p>	<p>Por gravedad</p> <p>Por presión</p>
<p>Lentos: 7-14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día</p>	<p>Arena (h=60-100 cms)</p>	<p>Descendente</p> <p>Ascendente</p>	<p>Por gravedad</p>

dades, hasta los tan simples como los que se emplean a nivel de vivienda.

La filtración puede producirse no sólo artificialmente, sino también de forma natural como sucede en la recarga de los acuíferos, al filtrarse el agua de un río o un lago a través de una formación de suelo granular hacia el interior del terreno. En este proceso de filtración natural, el agua pasa y fluye por el acuífero cada vez menos contaminada.

### **Filtros lentos y rápidos.**

La filtración es una práctica que puede ejercerse a pequeña escala. Para filtrar el agua de las grandes poblaciones se emplean frecuentemente los filtros rápidos y para las poblaciones menores pueden utilizarse tanto los filtros rápidos como los lentos.

Los filtros lentos se construyen de forma tal que el agua fluya lentamente a través de una arena fina y que los sólidos en suspensión más gruesos queden retenidos en la superficie del lecho o en su mediación, formando una capa biológicamente activa que permite la adsorción de los microorganismos y las impurezas que contiene el agua que pasa lentamente a través de él.

Los filtros rápidos, de mucha mayor capacidad de filtración, sirven para recibir aguas que previamente pasaron por procesos de coagulación y de sedimentación.

A nivel local se utilizan con bastante frecuencia los filtros lentos, porque presentan las siguientes ventajas:

- no hacen falta instalaciones ni productos químicos de coagulación-sedimentación,



- el equipamiento es sencillo y se adquiere localmente,
- hay disponibilidad de la arena apropiada,
- la vigilancia es fácil,
- el agua saliente es menos corrosiva y de calidad más uniforme que las aguas químicamente tratadas; y
- la eliminación de bacterias es eficiente.

Por otros lados sus inconvenientes son los siguientes:

- requiere un área muy extensa y por consiguiente un considerable volumen de arena; relativamente los costos de construcción resultan muy altos,
- el funcionamiento tiene menos flexibilidad,
- no son económicos para filtrar aguas que tengan turbiedades superiores a las 30 unidades durante períodos prolongados; y
- los resultados son deficientes si abundan las algas y no se practica tratamiento previo para su control.

### **Filtros caseros.**

La filtración del agua a nivel casero es un método generalmente conocido en numerosos países y se practica desde hace muchos años. Normalmente no elimina todas las bacterias y los virus, pero puede eliminar la turbiedad, los quistes y los protozoarios.



Filtro de arena: Pueden funcionar eficazmente aún con agua ligeramente turbia como tratamiento preliminar antes de hervirla o desinfectarla. La capa de arena de estos filtros debe ser fina con un espesor mínimo de 60 cm. Debe funcionar continuamente, las 24 horas del día, porque es importante que la arena no se seque. Deben limpiarse y mantenerse como un filtro lento de arena regular.

Filtro de cerámica: Se pueden obtener en el comercio y se emplea en cantidades limitadas en muchos países. Pueden ser de presión o por gravedad. El componente esencial es el paquete interior (cuerpo filtrante) que puede ser de diferentes materiales cerámicos que proporcionan distintos tamaños de poro. El agua a filtrar tiene que estar relativamente limpia ya que de lo contrario se taponaría el paquete interior. El tamaño de los poros determina la eficacia en la eliminación de los microorganismos o de las partículas en suspensión. Estos filtros pueden extraer quistes y protozoarios así como las partículas en suspensión, pero es posible que no se eliminen las bacterias ni los virus, requiriéndose una desinfección posterior. Los filtros de porcelana pueden fabricarse con poros de pequeño tamaño. La purificación eficaz del agua se logra con poros de 1.5 micrones.

#### **D. Utilización de recipientes domésticos adecuados.**

Existen múltiples formas y tamaños de recipientes que se emplean a nivel de vivienda para almacenamiento del agua. La mayoría de ellos no son adecuados para proteger el agua contra la contaminación. Siempre existe el riesgo de recontaminar el agua durante su almacenaje y manipulación al introducir objetos para extraer el agua y al sumergir los dedos y manos contaminados. Son más vulnerables a esta práctica el agua hervida y filtrada y no así el agua desinfectada químicamente la cual puede mantener residuos de cloro suficientes para enfrentar una recontaminación.



Los recipientes que se utilicen para almacenar agua deben ser limpios, de materiales que no favorezcan la supervivencia de microorganismos, no sumergir ningún objeto en los mismos y mantenerlos tapados para evitar la entrada de materias extrañas.

Las características que debe tener un recipiente adecuado para almacenar agua son:

- la forma y tamaño del recipiente deben ser apropiados, con agarraderas para facilitar el acarreo y con una base estable para su estacionamiento sin peligro de virarse. El volumen debe ser de unos 10 a 30 litros. Para escuelas y clínicas un volumen de 50 o más litros es apropiado,
- el material deberá ser durable, de ser posible inoxidable, resistente a las quebraduras, de color atractivo, preferiblemente traslúcido y liviano. No se deben emplear materiales que reaccionen con el cloro. El polietileno de alta densidad es un material apropiado,
- la boca debe ser tal que facilite el llenado y la limpieza del recipiente, pero al mismo tiempo que impida la entrada de objetos para extraer el agua,
- debe tener una llave o grifo para extraer el agua, la cual debe abrir y cerrar fácilmente, ser inoxidable, fácil de limpiar, durable y descargar un litro en 15 segundos,
- la tapa debe ser fuerte de material apropiado que impida la entrada de insectos, polvo u otro material extraño. De ser posible debe estar sujeta al recipiente para que no se pierda o ensucie y permitir limpiar fácilmente el interior del mismo; y

- el recipiente debe tener un dispositivo que permita la entrada del aire al extraer el agua y algún medio para introducir el desinfectante.

### **III.3. Costo estimado de las alternativas para desinfectar el agua a nivel de vivienda.**

Existen múltiples formas y métodos para desinfectar el agua y resguardar su calidad a nivel de vivienda. El costo de la desinfección estará en correspondencia con el tipo de desinfectante que se emplee y la forma de aplicación de los mismos.

Se pueden desarrollar programas locales donde se apliquen métodos que beneficien varias viviendas de una vez o se desinfecte de forma individual el agua que se utiliza en cada lugar.

La desinfección del agua en la vivienda es una operación simple y fácil de ejecutar. Es factible desde el punto de vista de su reducido costo.

Los programas se pueden concebir para desinfectar toda el agua que se utiliza en las casas o solamente la de beber y preparar los alimentos.

El Cuadro No. 15 muestra los costos anuales netos de la desinfección del agua para una vivienda de cinco personas con un consumo de agua de 10 litros por persona por día y dosificaciones de 5 mg de cloro por litro de agua. Estos costos pueden variar dependiendo de las condiciones locales pero permiten realizar una comparación entre alternativas.

El empleo de recipientes plásticos adecuados puede ser una medida sanitaria de gran efectividad y de hecho ha quedado de-

**Cuadro No. 15: Costos netos de alternativas para desinfectar el agua a nivel de vivienda.**

Tipo de desinfectante	Costo anual por vivienda * (US\$)
Solución de hipoclorito de calcio preparada localmente.	0.25 a 0.40
Solución comercial de hipoclorito de sodio.	0.30 a 0.40
Tabletas para la desinfección del agua: - HALAZONE - GLOBALINE - CHLOR-FLOC - AQUATABS	36 a 365 365 a 900 900 15 a 30
Generación de hipoclorito en el lugar. - DIPCELL - CLORID	0.05 0.06
Generación de mezclas de gases oxidantes en el lugar.	0.05

\* Base de cálculo.

- Familia de 5 personas
- Cantidad de agua utilizada: 10 litros por persona por día
- Dosificación de cloro: 5 mg/litro

Alternativas para la desinfección del agua a nivel local en Cuba.

mostrado. El costo de los recipientes plásticos que cumplen con los requisitos mencionados anteriormente se estima en:

Volumen del recipiente en litros	Costo en USD
10	3.00 a 5.00
15	4.00 a 6.00
20	5.00 a 8.00

Los costos de cualquiera de los métodos de desinfección que pueden aplicarse son relativamente bajos en comparación con los beneficios de salud pública que pueden derivarse de esta práctica.



## **IV. PROPUESTA DE ACCIONES.**

---

Cualquier propuesta de acción para mejorar la calidad del agua que recibe la población de Cuba debe tener en cuenta:

- la forma en que se abastecen de agua los tres sectores de la población mencionados (urbano, rural agrupado y rural disperso), teniendo en cuenta sus características técnicas y sus deficiencias,
- calidad de las fuentes de agua y su protección sanitaria,
- métodos o tecnologías de tratamiento de agua a aplicar,
- participación de la comunidad en los programas de tratamiento de agua y en específico los de desinfección del agua,
- la coordinación de esfuerzos entre las autoridades e instituciones locales, la población y sus asociaciones, así como la de organismos y empresas nacionales; y
- el apoyo de las agencias internacionales de cooperación.



Los programas de tratamiento de agua, específicamente los de desinfección deben estar encaminados a:

- asegurar o restablecer la desinfección en todos los sistemas de abastecimiento de agua del país donde existe capacidad de tratamiento instalada tanto en lugares urbanos como rurales,
- extender la práctica de la desinfección a aquellos lugares con servicio intradomiciliario, público o de fácil acceso donde la población recibe agua no tratada; y
- divulgar y facilitar los insumos y métodos de desinfección a la población que no tiene acceso a los servicios de agua potable para que al menos disponga de agua de beber de la mejor calidad posible.

Le corresponde centrar la ejecución de estos programas a las Direcciones Provinciales y Municipales de Acueducto y Alcantarillado, ya que disponen de la experiencia, nivel técnico y la infraestructura para realizar esta tarea. Los Centros Provinciales y Municipales de Higiene del Ministerio de Salud Pública y las Direcciones Provinciales de Recursos Hidráulicos también cuentan con el personal técnico, la experiencia, los laboratorios y recursos para apoyar de forma decisiva la capacitación y el control de calidad.

Es conveniente que la comunidad se eduque y participe en el fomento de la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. La protección de las obras de toma y fuentes de abasto, el control de su contaminación, las prácticas agrícolas compatibles y la forestación son acciones que favorecen también la obtención de un agua más segura.



#### **IV.1. Propuestas de acciones específicas de desinfección para lugares urbanos y rurales.**

Para mejorar la calidad del agua que recibe la población se pueden llevar a cabo múltiples actividades que no son concretamente la introducción de nuevas tecnologías y la aplicación de alternativas de desinfección y tratamiento de agua en general, aunque la desinfección es casi obligatoria. Medidas como el cercado y limpieza de la fuente de abasto, limpieza de tanques y redes, entre otras, pueden ser muy eficaces en el mejoramiento de la calidad del agua. A cada situación local le corresponderá una acción específica. Lo que no puede perderse de vista es que cada medida que se tome por muy insignificante que parezca puede eliminar o atenuar los riesgos que tiene para la salud ingerir agua de mala calidad bacteriológica. En muchas comunidades de América Latina ha disminuido la morbilidad por enfermedades de origen hídrico con la simple utilización de recipientes adecuados para almacenar agua a nivel de vivienda, combinado con la desinfección casera.

En el caso de las grandes poblaciones resulta más económico encontrar soluciones colectivas como pueden ser las instalaciones de cloro. Para poblaciones menores pueden aplicarse innumerables variantes y alternativas tecnológicas. Para todos los casos la primera acción que se debe tomar es la de prevención y control de la contaminación en las fuentes de agua.

La alternativa de tratamiento de agua que se vaya a aplicar siempre tendrá que tener en cuenta las condiciones específicas de cada localidad.



### **A. Propuesta de acciones en lugares urbanos y rurales con acueducto.**

La alternativa más económica en un lugar con acueducto será siempre emplear un sistema de tratamiento de agua localizado en uno o varios puntos, que beneficie a la mayor cantidad de población posible y combinado con otras alternativas locales que permita garantizar la calidad del agua a la población de ese lugar que no pueda ser abarcada con la solución centralizada.

En estos momentos, la solución más económica y segura en Cuba es la desinfección del agua con gas cloro en las ciudades (mayores de 20 mil habitantes) que son 53 lugares en todo el país. En las poblaciones menores de 20 mil habitantes podrá utilizarse el gas cloro, el hipoclorito de sodio o el hipoclorito de calcio.

Para garantizar la desinfección del agua en los lugares de todo el país que tienen acueducto e instalación de tratamiento será necesario asegurar:

- el suministro estable todo el año de gas cloro (3864 tm), hipoclorito de sodio (3396 tm) e hipoclorito de calcio (300 tm);
- el suministro estable del sulfato de aluminio (6000 tm al año) porque la turbiedad interfiere en la desinfección en los abastos que utilizan fuentes de agua superficial;
- el funcionamiento de los equipos de cloro gas y bombas dosificadoras de hipoclorito, así como las otras alternativas de tipo local que se emplean en la dosificación de cloro; y



- el control del cloro residual en las fuentes y redes de distribución.

En el Cuadro No. 16 se muestran los costos estimados necesarios a invertir los dos primeros años para asegurar la desinfección del agua con gas cloro. El Cuadro No. 17 presenta los costos estimados de todos los productos químicos.

Independientemente de las alternativas de desinfección que se apliquen, se deberá ejecutar un programa complementario para mejorar la calidad del agua que se suministra a la población donde se tendrá en cuenta:

- mejorar la operación de los sistemas de forma tal que se eleve el tiempo medio de servicio y se mantengan llenas las tuberías de agua la mayor cantidad de tiempo posible,
- limpieza de redes de abastecimiento de agua y tanques de almacenamiento,
- limpieza de cisternas y depósitos elevados a nivel de edificios y viviendas; y
- protección y control de la calidad del agua en la fuente de abasto.

#### **B. Propuesta de acciones en los lugares urbanos y rurales que no tienen acueducto.**

Estas serán aplicables tanto a la población urbana y rural que no tienen acueducto como a la población rural agrupada y a la población rural dispersa. Este sector representa el 29.1% del total de la población, o sea, 3.18 millones de habitantes.



**Cuadro No. 16: Estimado en miles de US\$ necesarios para invertir en equipos, partes, piezas y accesorios para la desinfección del agua con gas cloro en lugares con acueducto, administrados por los Organos Locales del Poder Popular.**

Descripción	Precio unitario US\$	Primer año		Segundo año		Total	
		Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Cloradores de vacío (dosificadores de cloro)	2000.00	30	60.00	20	40.00	50	100.0
Piezas de repuesto Wallace and Tiernan	-	-	150.0	-	135.0	-	285.0
Piezas de repuesto Fischer and Porter	-	-	50.00	-	30.00	-	80.00
Bombas auxiliares de alta carga	1500.00	30	45.00	20	30.00	50	75.00
Manguera multicapa de alta presión (m)	30.00	1000	30.00	500	15.00	1500	45.00
Presillas para manguera de cloro	0.70	1000	0.70	-	-	1000	0.70
Tubería de cobre flexible (tipo K)	2.80	1500	4.20	-	-	1500	4.20
Comparadores y reactivo D.P.D. (cloro residual)	-	-	7.80	-	-	-	7.80
Herramientas para mecánicos de cloro (módulo)	150.00	15	2.30	-	-	15	2.30
Total			350.0		250.0		600.0

**Cuadro No. 17: \* Estimado en miles de US\$ a invertir anualmente por concepto de productos químicos para el tratamiento del agua que se suministra a la población de Cuba en las instalaciones administradas por el Poder Popular.**

<b>Producto químico</b>	<b>Precio (US\$/TM)</b>	<b>Miles de US\$ necesarios para un año</b>
Gas cloro	665.00 **	2569.60
Hipoclorito de calcio	1300.00	390.00
Sulfato de aluminio	192.00	1152.00
<b>Total</b>	-	<b>4111.60</b>

\* Si tuvieran que importarse todos los productos químicos porque no se producen con la industria nacional.

\*\* No incluye el precio del cilindro, que es de 1800 dólares.

En vistas de que la provisión permanente de agua potable a través de sistemas de distribución en los lugares que actualmente no la tienen, no es un hecho que pueda hacerse realidad en un futuro próximo ni factible en la población dispersa, se hace necesario adoptar medidas alternativas para que los hogares puedan tratar y almacenar el agua de una manera que asegure su potabilidad. Hay varias opciones, pero muy pocas son lo suficientemente sencillas y económicas para mantenerlas en forma estable. Sólo las opciones más factibles, las cuales hasta cierto punto pueden ser basadas en la comunidad, se presentan a continuación. Cada comunidad tiene sus peculiaridades por lo que la opción escogida debe ser adaptada a las necesidades y condiciones de cada localidad.

Es especialmente importante el considerar cuidadosamente la calidad del agua a ser usada y la manera de transportarla a los hogares. Casi siempre resulta más ventajoso utilizar la mejor fuente posible, que tratar de mejorar la calidad de una fuente contaminada por muy cercana que resulte. El número de intervenciones de tratamiento requerido es también materia de consideración. Si se utilizan camiones cisterna para distribuir el agua a los hogares se deberá llevar un control adecuado para asegurar el uso de la mejor fuente disponible y la desinfección efectiva del agua en el momento que se llene el camión, pero además habrá que tomar medidas apropiadas en el hogar.

El propósito de las siguientes alternativas (3) no es el de reemplazar los métodos de distribución segura del agua que ya existan, sino el proporcionar alternativas que puedan servir como medidas transitorias, a ser usadas mientras la comunidad espera mejoras definitivas en el servicio de distribución de agua, o en caso de emergencia por fallos prolongados.

**Alternativa 1. Solamente desinfección en los hogares.**

Es apropiada cuando el agua que llega a los hogares no es turbia ni muy contaminada, los recipientes para guardar el agua en las casas son adecuados y el nivel de educación también es adecuado.

La desinfección puede proporcionarse a través de cualquier medio viable. Estos pueden incluir el hipoclorito de sodio de producción nacional, partidas de hipoclorito de calcio en polvo disponibles, u otros desinfectantes producidos localmente. El desinfectante puede ser vendido en las tiendas locales o repartido por las organizaciones de masas existentes en la comunidad. El desinfectante también puede ser preparado y distribuido por el sistema local de salud.

Alternativamente, se puede elegir la compra de los materiales al por mayor para la preparación de un desinfectante que se controle, se envase y se distribuya a la población. En todos los casos debe darse cuidadosa atención a la utilización de los envases utilizados para la distribución del desinfectante. Preferentemente éstos deberán :

- contener las instrucciones claras para la aplicación y almacenamiento del desinfectante,
- ser hechos de un material durable que no se deteriore debido al contacto con el desinfectante,
- incluir un recipiente, tapa y gotero para la aplicación del desinfectante,
- ser de material opaco y que se pueda resellar después de cada uso para minimizar la pérdida de la potencia del desinfectante que contienen, así como para evitar accidentes; y

- tener una capacidad que sea compatible con la rutina de uso y la vida útil del desinfectante, por ejemplo un mes. Un volumen de un cuarto de litro (250 ml) a medio litro (500 ml) se ha encontrado que es conveniente.

Los elementos más importantes de esta variante son la educación y motivación de la comunidad y de los individuos, la disponibilidad de un desinfectante apropiado para cada uno de los hogares a un costo razonable y el monitoreo sobre su empleo.

**Alternativa 2.** Desinfección y almacenamiento de agua en los hogares.

El componente de desinfección es el mismo que el de la Alternativa No. 1. La diferencia está en que se incorpora un recipiente adecuado para garantizar el almacenamiento seguro del agua en los hogares y prevenir su recontaminación.

Se sugiere que el Ministerio de Salud Pública y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos emitan los requerimientos que deben cumplir estos recipientes.

Estos depósitos pueden ser elaborados por la industria nacional mediante un programa que se establezca para su producción y distribución a los necesitados. También es posible que una parte de ellos pueda construirse con materiales locales.

**Alternativa 3.** Filtración, desinfección y uso de recipientes especiales para almacenar agua en los hogares.

Es conveniente utilizar esta variante en situaciones en que el agua disponible en los hogares sea turbia, lo que interferiría la desinfección.

En este caso se puede aumentar el tiempo de contacto del cloro con el agua (a 1 hora), proceso que tendría éxito si el agua presenta turbiedades de hasta 5 unidades.

Para reducir la turbiedad, existen básicamente dos opciones a nivel de vivienda:

- la filtración utilizando filtros fabricados localmente o comerciales; y
- la utilización de desinfectantes conjuntamente con un agente floculante como el sulfato de aluminio. Ejemplo de ello son las tabletas Chlor-Floc. Para esto se necesita mezclar, sedimentar y separar el flóculo asentado. El sulfato de aluminio u otro agente floculante podrá ser proporcionado a los hogares para ser aplicado en cada llenado del recipiente.

**Alternativa 4. Desinfección de pozos públicos e individuales, depósitos colectivos y carros cisterna.**

Para la desinfección del agua en pozos aislados puede emplearse la aplicación de desinfectante manualmente colocado o suspendido en el interior del agua. Resulta práctico preparar una mezcla de hipoclorito de sodio o de calcio con arena o grava y colocarla en una vasija o bolsa porosa que se suspende dentro del agua mediante una cuerda atada al brocal del pozo.

Se puede preparar esta desinfección manual con diferentes vasijas y cantidades que permitan la existencia de cloro residual de 0.3 mg/l durante una semana o más.

Dicho procedimiento es también aplicable para depósitos y cisternas de consumo colectivo o individual.



En el caso de carro cisterna para distribución de agua es más sencillo preparar una solución de hipoclorito al 1% de cloro activo y aplicarlo de acuerdo al volumen del depósito, de forma que se obtenga aproximadamente 1 mg/l de cloro.

#### **IV.2. Enfoque para las propuestas de acciones.**

Un programa de tratamiento de agua, específicamente de desinfección, no debe enfocarse únicamente a la aplicación de métodos conocidos y la introducción de tecnologías nuevas. Factores tales como la organización, administración, compromiso, participación de la comunidad y financiamiento son frecuentemente las principales restricciones y no así las consideraciones técnicas. Sin embargo, la selección de una tecnología adecuada sigue siendo importante, ya que otros problemas se agravan cuando se usan técnicas, métodos y equipos que no se ajustan a las condiciones y situaciones de cada localidad.

Es un error considerar a los sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades, como versiones reducidas de instalaciones urbanas y que por tanto, requieren de menos conocimientos de ingeniería, o que los presupuestos disponibles no alcanzan para dotarlos de desinfección, ya que la transmisión de enfermedades alcanza tanto a grandes como a pequeñas localidades.

Cada situación local siempre tendrá una solución técnica para mejorar la calidad del agua que consume la población, tanto la que dispone de sistemas de agua potable como la que no dispone de ese servicio.

En resumen, soluciones como la protección de la fuente de abasto, la sedimentación y la filtración, pueden mejorar considerablemente la calidad del agua. La desinfección constituye una de las

medidas más efectivas para controlar la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y dentro de ella la cloración es la más económica.

Es muy importante en todo programa local, lograr una participación adecuada de la población y de sus instituciones. Esto asegura una garantía tanto en la aplicación de las alternativas como en la seguridad de su continuidad. Para lograr esta comprensión de la población local, se requiere una buena acción educativa por parte del personal médico y de los maestros fundamentalmente, a través de todos los sectores de la población.

En Cuba, como ya se ha mencionado, la organización y la infraestructura existentes desde el nivel nacional hasta el nivel local permite la ejecución rápida y eficiente de cualquier programa de desinfección que se decida aplicar. Convocar las masas, involucrar a la comunidad y lograr que ella participe activamente es una acción de probado respaldo.

### **IV.3. Medidas concretas que deben ejecutarse de inmediato (Propuestas).**

#### *Generales*

- Concebir y ejecutar un programa para rescatar a corto plazo los niveles de tratamiento de agua que se habían alcanzado durante 1988 y 1989 en los lugares urbanos y rurales que disponen de sistema de abastecimiento.
- Identificar y organizar mecanismos sencillos y apropiados para facilitar una amplia participación de la comunidad en los programas de tratamiento de agua que sirvan de canales de información, opinión, acción y educación.

- Realizar un trabajo de coordinación entre las organizaciones de la comunidad, las autoridades e instituciones locales, organismos nacionales y empresas, apelando a la ayuda internacional, para la concepción, desarrollo y control de programas de tratamiento de agua aplicables a cada localidad del país.
- Que cada provincia, con la participación de todos los organismos e instituciones involucradas y las autoridades locales, confeccionen un programa de tratamiento de agua para los lugares urbanos y rurales que no disponen de sistema de abastecimiento de agua, para lo cual identificarán estos lugares y cuantificarán los recursos necesarios de acuerdo a la alternativa que se proponga. De igual manera se deberá hacer para los lugares urbanos y rurales que tienen acueducto pero que no disponen de un sistema de tratamiento confiable.
- Formular y efectuar un inventario que permita diagnosticar la situación y aplicar programas para ejecutar localmente las medidas sanitarias que correspondan con las características específicas de cada fuente de abasto, comenzando por las más sencillas que mejoren rápidamente la calidad del agua con el empleo de pocos recursos.
- Revitalizar el funcionamiento de la red de control de la calidad del agua en fuentes de abasto y coordinar las acciones entre las entidades de Salud Pública, Acueducto y Alcantarillado, Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

#### *Específicas*

- 
- Cada provincia identificará los problemas que atentan contra la buena marcha de la desinfección del agua que se

suministra a la población por sistema de abastecimiento, diferenciando los que utilizan gas cloro, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio.

- Cada provincia evaluará todas las alternativas de tratamiento de agua que sean aplicables a nivel local, incluyendo a la población rural dispersa, que mejoren la calidad del agua de consumo.
- El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en coordinación con las Direcciones Provinciales de Acueducto y Alcantarillado y el Ministerio de Salud introducirá y aplicará tecnologías y métodos para la desinfección del agua, como son, la producción de desinfectantes en el lugar (MOGGOD, DIPCELL, CLORID), la desinfección con tabletas, la desinfección con hipoclorito de calcio y de sodio sin utilizar equipos, así como la utilización de recipientes adecuados a nivel de viviendas combinado con la desinfección y/o filtración.
- Las dependencias provinciales de Acueducto y Alcantarillado, de Higiene (de Salud Pública) y de Recursos Hidráulicos coordinarán el trabajo a ejecutar para controlar la calidad del agua que se suministra a la población, haciendo énfasis en los análisis bacteriológicos y el control del cloro residual, de forma tal que éstos no se repitan y se ejecuten de la forma más conveniente al menor costo posible.
- Para obtener una mejor comprensión por parte de la comunidad de las acciones que deben acometerse para mejorar el servicio de agua y saneamiento, debe utilizarse la comunicación con la población de forma sistemática, fundamentalmente a través del sistema primario de salud y de las escuelas.



## **REFERENCIAS**

Segundo Informe de Seguimiento y Evaluación del Programa Nacional de Acción, La Habana, diciembre 1993.

Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente. Dublín, Irlanda, enero 1992.

Censo de población y viviendas 1981. Comité Estatal de Estadísticas, junio 1983.

Sistema de Información Estadística Nacional de los años 1988 a 1993, Comité Estatal de Estadísticas.

Sistema de Información Estadística Complementaria de los años 1988 y 1989. Instituto de Hidroeconomía.

Controles de operación y mantenimiento de Acueducto y Alcantarillado del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Encuestas a directores, personal técnico y trabajadores que prestan sus servicios en la actividad de acueducto y alcantarillado en todo el país.

“Sistema de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades”. CEPIS/OPS/OMS, Centro Internacional de Agua y Saneamiento, noviembre 1988.

“Participación y educación en programas de suministro comunitario de agua potable y saneamiento”, La Haya, Países Bajos, junio 1984.

“Práctica y vigilancia de las operaciones de tratamiento de agua”, Charles R. Cox.

“Desinfección del agua a nivel casero en zonas urbanas marginales y rurales”, Vicente M. Witt y Fred M. Reiff. mayo 1993.

“Aquatabs”, Reportaje Técnico, Medentech Ltd.

"The handbook of chlorination", Second Edition, Geo. Clifford White. 1985.

"Surveillance of drinking water quality in rural areas", Barry LLOYD and Richard Helmer, 1991.

"Surface water treatment for communities in developing countries". Christopher R. Schulz and Daniel A. Okun.

"Simple methods for the treatment of drinking water". Gabriele Herber, 1985.

"Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua". CEPIS, OPS/OMS.

"Standard Methods for the Examination of water and wastewater". 16th. Edition, 1985.

"Community Health and Sanitation". Charles Kerr. 1990.

"Pre-Treatment methods for community water supply". La Haya, Países Bajos. Julio 1990.

"Purificación de agua, tratamiento y remoción de aguas residuales". Fair, Geyer, Okun.

"Appropriate technology for water supply and sanitation". World Bank. December 1980.

"Water treatment, principles and practices of water supply operations". American Water Works Association, 1984.

"Puesta en marcha, operación y mantenimiento de la tecnología MOGGOD". Roberto Cardona. 1993.







