

## TRATAMIENTO DEL AGUA

### **Sedimentación**

El agua captada debe ser entregada al consumo en condiciones de potabilidad; es decir que el agua cruda o natural debe encuadrarse dentro de las normas o criterios de potabilidad corrigiéndosela mediante una serie de procesos, cuyo conjunto se denomina "tratamiento del agua".

Ese conjunto de procedimientos, o tratamiento a emplear, será distinto según la calidad del agua natural captada. En algunas circunstancias podrá ser suficiente la corrección de ciertos caracteres físicos como por ejemplo, la turbiedad o el olor; en otras, será necesario corregir ciertas propiedades químicas del agua, dureza, exceso de flúor, etc.; y finalmente, el aspecto más importante, hay que asegurar la calidad bacteriológica del agua procediendo a su desinfección. Esta última fase del tratamiento es imprescindible y no debe descuidarse en ningún caso. El equipo de saneamiento tendrá a su cargo una tarea de esclarecimiento al respecto, a la vez que asesorará sobre las medidas de aplicación práctica y concreta del tratamiento de las aguas en el medio rural.

Son en general las aguas de origen superficial las que exigen una mayor gama de tratamientos en los tres aspectos: físicos, químicos y bacteriológicos. En su escurrimiento por la superficie de la tierra estas aguas van incorporando a su masa todo tipo de sustancias, en suspensión o solución, al tiempo que sufren todo tipo de contaminación. Quizá la característica más visible de un agua superficial, sobre todo en cursos de llanura, es su elevada turbiedad. Veremos a continuación el proceso mediante el cual se obtiene la corrección de esta característica indeseable.

### **Sedimentación simple**

Se basa en el asentamiento de las partículas suspendidas en el agua cruda por la simple acción de la gravedad. Físicamente se consigue almacenando el agua en recipientes, tanques, reservorios, etc., adecuando el tiempo necesario para el asentamiento.

### **Tipos de sedimentación simple**

La sedimentación puede ser intermitente o continua. La sedimentación intermitente consiste en almacenar el agua en reservorios; en los que durante un tiempo el agua se mantiene estática hasta su vaciado. Este método es simple aunque no aconsejable para grandes consumos por lo que su uso queda circunscripto al nivel

domiciliario o pequeñas poblaciones.

En el proceso continuo el agua fluye constantemente a través del sedimentador. El asentamiento de los sólidos suspendidos se consigue por disminución de la velocidad media del agua, lo que se logra aumentando la sección de pasaje.

#### **Sedimentación continua**

Interesa en este caso establecer el "período de retención" del agua en el sedimentador; vale decir, el tiempo que teóricamente tardaría el líquido, o una gota de agua, en recorrer el sedimentador desde que entra hasta que sale de aquél.

El período de retención teórico es el cociente entre el volumen del sedimentador y el caudal.

Analizando la fórmula, nos dice que, para un Q (caudal) determinado, será necesario un mayor volumen del sedimentador para obtener un mayor tiempo de retención y posibilitar así la sedimentación de partículas de menor tamaño.

#### **Reducción de la turbiedad**

La eficiencia de un sedimentador determinado para reducir la turbiedad, depende de la naturaleza y tamaño de las partículas en suspensión y del tiempo de retención. Por ello se deben estudiar las sustancias que provocan la turbiedad del agua natural. Sólo así se tiene una idea del tipo de tratamiento a aplicar.

#### **Reducción del contenido bacteriano**

El simple hecho de retener el agua en un depósito, reduce el número total de bacterias existentes, porque el ritmo de desaparición de los gérmenes es mayor que el de reproducción. Esto es particularmente cierto en el caso de las bacterias patógenas, para las que el agua no suele constituir un medio de reproducción favorable. Cuando más adversas se presenten las condiciones para el desarrollo bacteriano (por ejemplo, agua con pH bajo), mayor será su reducción, aunque claro está, ello no es determinante como para hacer innecesarias las medidas de desinfección que aseguren la potabilidad del agua desde el punto de vista bacteriológico. Además, es factor considerable de la disminución del tenor bacteriano, el efecto de arrastre que provoca la sedimentación de partículas.

#### **Reducción del color:**

Los breves períodos de sedimentación simple son poco eficaces para reducir la coloración del agua.

#### **Producción de algas:**

El almacenamiento del agua en depósitos abiertos facilita la

reproducción y el crecimiento de algas, lo cual puede plantear un problema mucho más grave que el que se pretendía resolver con el depósito. Las algas se desarrollan a expensas de ciertas sustancias nutritivas, como el nitrógeno soluble, el fósforo, el carbonato potásico y algunos otros compuestos que se encuentran en las aguas superficiales. El crecimiento de las algas está en relación directa con la cantidad existente de los productos mencionados, bastando una pequeña proporción de sustancias nutritivas para permitir cierto grado de desarrollo. En general, pueden calcularse las posibilidades de crecimiento de algas observando otros estanques o lagos de la misma zona.

Estas algas pueden ser eliminadas con sulfato de cobre y cloro. También se usan algicidas que pueden producir gustos y olores desagradables en el agua. Por ello es necesario antes de usarlos, hacer ensayos para evitar este problema en el agua de consumo y determinar el porcentaje a agregar de los algicidas. No debe olvidarse que, en general, éstos contienen compuestos tóxicos para el hombre y de allí la necesidad de no llevar el tratamiento a la incorporación de dosis excesivas que pueden ser perjudiciales a los consumidores.

#### **Sedimentación intermitente**

Para comunidades rurales dispersas no es de mayor aplicación el sistema de sedimentación continua. En general, para viviendas aisladas cuya única fuente de captación son las aguas superficiales (arroyos, acequias, río, etc.), el sistema comúnmente usado es el intermitente. En oportunidad de cada turno de riego o cuando el depósito sedimentador está próximo a vaciarse se procede a su llenado. Los tiempos de permanencia del agua en estos depósito-sedimentadores son, siempre hablando en términos generales, lo suficientemente amplios como para asegurar reducciones de la turbiedad y aun del contenido bacteriano superiores al 70%.

Sin embargo, deben adoptarse algunas precauciones que deben ser comprendidas y aceptadas todas en su real importancia por los consumidores. El depósito debe ser estanco, perfectamente impermeable, de manera que no existan fugas de agua exteriores hacia el interior del depósito. Ello puede lograrse construyendo las paredes del depósito-sedimentador en la forma indicada para el caso de los pozos excavados y/o aljibes, en el caso de mampostería, o bien de hormigón.

Al respecto téngase presente que es muy poca la diferencia de costos entre un depósito-sedimentador bien construido de uno mal construido.

El depósito debe estar perfectamente tapado. Bastan para ello planchas de madera, de cantos ajustables entre sí o, preferiblemente, tapas de hormigón de peso adecuado que permitan su remoción en

oportunidad de la limpieza del depósito-sedimentador.

Las paredes del depósito deben elevarse unos 0,30 m. como mínimo por encima del nivel del terreno terminándose sus costados en un pequeño terraplén de tierra.

Debe evitarse además, el acceso de personas y/o animales a la cubierta del depósito sedimentador, lo que puede lograrse mediante un cercado de alambre.

Por último, aunque no por ello menos importante, debe mantenerse un control estricto sobre el contenido de fangos o lodos en el sedimentador, procediéndose a su limpieza periódica. De nada valdrán la observancia de las medidas anteriores si no se procede a la remoción del lodo depositado en el fondo del sedimentador que puede transformarse con el tiempo y en condiciones especiales, en un medio de cultivo de todo tipo de gérmenes.

### COAGULACION DE LAS AGUAS

La disminución de turbiedad debida a partículas muy finas por la simple acción de la gravedad, obligaría a la construcción de depósitos tan desmesurados que serían práctica y económicamente prohibitivos. Se podría apelar al trámite de su eliminación por medio de la filtración pero, en estas condiciones, los filtros se colmarían tan rápidamente que la operación de los mismos se haría sumamente costosa cuando no imposible.

En estos casos se apela a un proceso llamado coagulación, mediante el cual se aglutinan las partículas, aumentando de tamaño y precipitando en tiempos técnicamente aceptables como para proyectar los sedimentadores dentro de dimensiones económicas.

En principio, la coagulación consiste en agregar al agua otras sustancias coloidales de signo contrario al contenido en el agua natural.

Se produce entonces un proceso de atracción de las partículas "densificándose" y facilitando su precipitación con el consiguiente arrastre de otra partícula, que terminan formando un "floc" sedimentable, no ya en el término de días y aun años -como en el caso de las partículas coloidales- sino en el término de horas.

El proceso de coagulación debe darse en tres etapas bien definidas, que son:

1. Dispersión del coagulante. Esta dispersión debe hacerse con agitación rápida y en pocos segundos, para asegurarnos que existe la mejor difusión del coagulante en el agua.
2. Acondicionamiento del coágulo. Se disminuye la velocidad eliminando las turbulencias y agítandola lentamente para conseguir aumentar las posibilidades de contacto de la materia coloidal y el coagulante, hasta formar los flóculos.
3. Decantación. Ya formado el floc se pasa el líquido a una zona de escurrimiento lento para posibilitar su decantación. Generalmente,

el tiempo necesario para esta operación en los abastecimientos urbanos, es del orden de 2 a 2,5 horas.

El coagulante más común en nuestro medio es el sulfato de aluminio el cual, al ser agregado, disminuye el valor del pH del agua, vale decir aumenta su grado de acidez. Esta agua, aunque ligeramente ácida, tiene características corrosivas por lo que se acostumbra "alcalinizarla" mediante el agregado de cal.

### FILTRACION

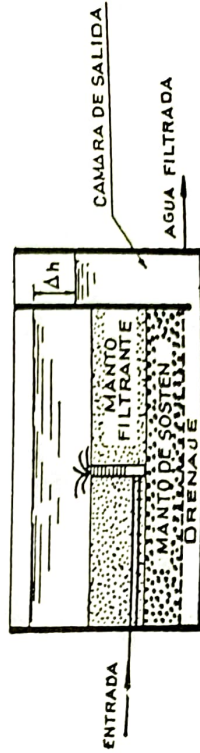
Aun cuando la decantación ha reducido apreciablemente la turbiedad del agua a tratar, el efluente contiene aún una cantidad de materia en suspensión, que es necesario eliminar.

Ello puede conseguirse mediante el proceso de filtración, que consiste en hacer pasar el agua a través de mantos de arena de granulometría adecuada. Por otra parte, tanto los quistes de arena de como ciertas formas esporuladas de bacterias, son muy resistentes a las dosis normales de cloro agregados al agua de consumo, de manera que la única forma de eliminarlos es mediante filtración. De aquí surge la necesidad ineludible de someter a toda agua de origen superficial al proceso de filtración. Sólo en casos en que el agua superficial está perfectamente controlada (ej. captación de vertientes) podrá prescindirse del proceso de filtrado.

La filtración de las aguas puede realizarse por medio de filtros lentos o filtros rápidos y aquí varía, según uno u otro, el proceso o acción sobre las partículas en suspensión del agua. Los filtros rápidos son de muy poca aplicación en el medio rural y exigen una atención que sólo es dable para el caso de abastecimiento a núcleos urbanos.

### FILTRO LENTO (Fig. X - 1)

El empleo de filtros lentos de arena es un método de tratamiento adaptable para los abastecimientos de agua de las zonas rurales, pues permite obtener resultados satisfactorios, y su funcionamiento y



conservación no exigen una preparación especializada. Sin embargo, la turbiedad no debe exceder de ciertos límites.

El pasaje del agua a través de los sucesivos mantos porosos de arena y piedra se efectúa por gravedad. Está perfectamente demostrado que el filtro lento de arena es capaz de retener partículas de mucho menor tamaño que los espacios intergranulares del lecho poroso. Ello se debe a que los granos de arena se rodean de una película viviente denominada "zooglea" que capta, mediante un proceso de absorción, el material nutriente contenido en el agua que se filtra. Este material nutriente está constituido por material vegetal, bacterias, protozoos, amebas, etc. que se constituyen en elemento esencial para el metabolismo de la zooglea. De allí el alto rendimiento de este tipo de filtros en lo que respecta a la reducción del contenido bacteriano del agua tratada.

Para que tenga lugar la formación de la zooglea debe transcurrir un tiempo llamado "de maduración" del filtro, que oscila entre 20 y 30 días.

La carga admisible en un filtro lento está en el orden de los 0,12 a 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h.

Empleado con cargas que se indican en el párrafo, el filtro podrá normalmente:

- 1º) Reducir la flora bacteriana de un 85 a 99%, según su abundancia inicial;
- 2º) reducir la turbiedad de 50 p.p.m. (límite máximo tolerable) a 5 p.p.m.;
- 3º) reducir el color en cierta medida, que dependerá de las dimensiones de los granos de arena y de la velocidad de filtración.

El filtro lento de arena es sumamente eficaz para el tratamiento del agua en las siguientes circunstancias:

- a) sistemas de abastecimiento basados en la gravedad;
- b) agua bruta de calidad bacteriológica aceptable, pero susceptible de contaminación, y
- c) agua de un escaso grado de turbiedad.

En otros circunstancias, especialmente en los períodos de turbiedad muy prolongados, suele ser necesario someter el agua bruta a una sedimentación preliminar antes de pasarla por los filtros. El tratamiento bacteriológico del agua filtrada puede hacerse por cloración.

#### FILTROS DOMICILIARIOS EN EL MEDIO RURAL

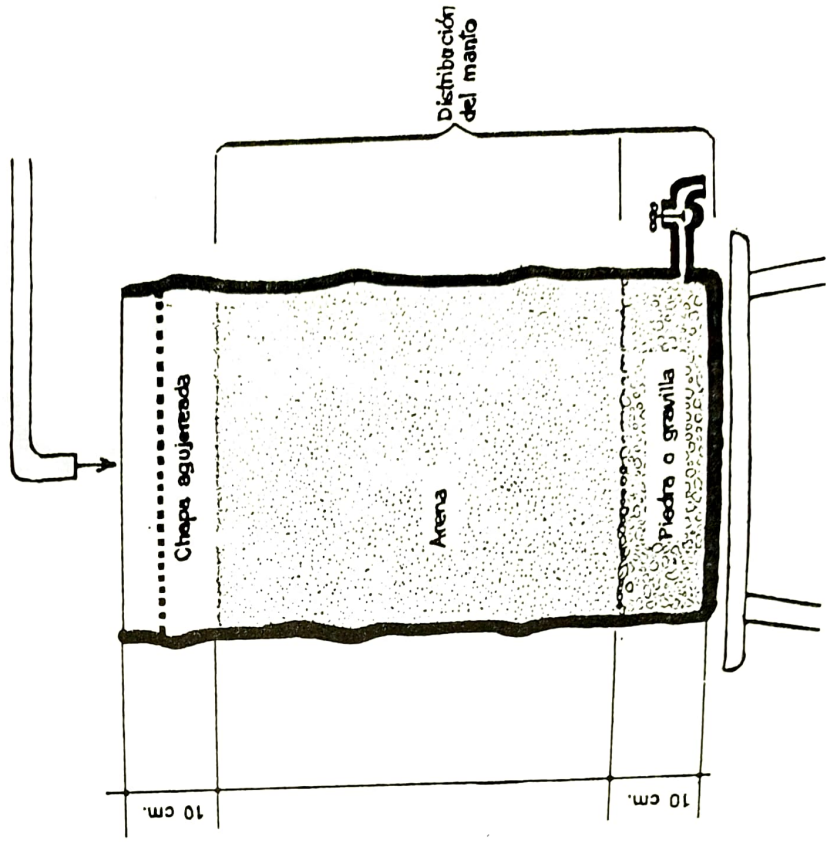
Estos pueden desarrollarse en barriles o recipientes de unos 200 litros de capacidad.

Sobre el fondo del recipiente se extiende una capa de unos 10 cm. de espesor de piedra o gravilla del tamaño de porotos y luego, por encima de ella, se llena hasta 10 cm. del borde con arena entre

mediana y fina.

En el fondo del bidón o bien lateralmente, se hace un orificio para la salida del agua. En el primer caso, sobre todo, debe colocarse el tanque en un soporte. En la parte superior del bidón se hace también un orificio al que se conecta un caño o manguera para que sirva de vertedero o rebosadero.

Tal como se indica en la Fig. X -2 conviene interponer, entre el chorro de agua de ingreso y el manto de arena, una chapa agujereada (puede ser la misma tapa del tanque), a efectos de repartir más homogéneamente el caudal de ingreso, así como eliminar el pozo y otro tipo de perturbaciones que origina en la capa superior del manto filtrante un chorro de agua concentrada en un punto.



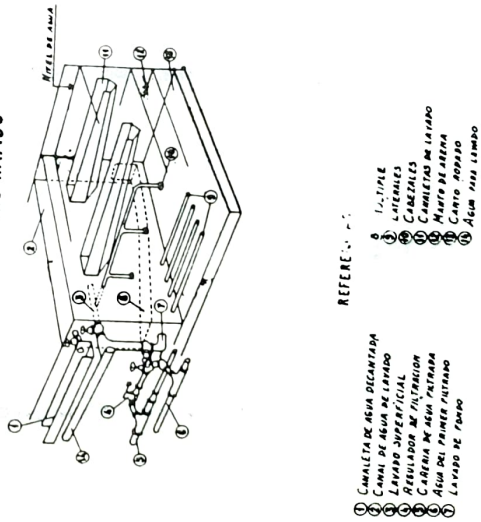
Este filtro funciona como filtro lento, por lo tanto con cargas de 0,10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h. y realizado en un clásico tambor de 200 litros, podrían obtenerse aproximadamente entre 30 y 40 litros de agua filtrada por hora.

### Filtros rápidos (Fig. X-3)

Existen dos clases de filtros rápidos: a gravedad y a presión. Dentro de los primeros se ubican los filtros americanos, que son los más comunes en el país y que constan de una caja de hormigón dentro de la que se instalan los siguientes elementos:

- 1º) Un sistema de drenaje, constituido por dispositivos de distintos tipos, que permiten la colección del agua filtrada y además, y esto es lo más importante, distribuir en forma uniforme en toda la superficie del filtro el agua para la limpieza de la arena.
- 2º) Un lecho graduado para sostén de la arena, constituido por cantos rodados generalmente.
- 3º) Un manto filtrante, constituido por arena seleccionada según características especiales, y que se disponen en gradación de menor a mayor de arriba hacia abajo por acción hidráulica.
- 4º) Un sistema que permite la colección y alejamiento del agua proveniente del lavado.
- 5º) Un sistema auxiliar de lavado (lavado superficial, subsuperficial)

ESQUEMA DE UN FILTRO RAPIDO



REFERENCIA:

- |                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| 1) CUBIERTA DE AGUA DE LAVADO       | 8) TUBO                        |
| 2) CANAL DE AGUA DE LAVADO          | 9) LATERALES                   |
| 3) LAVADO SUPERFICIAL               | 10) CANTONERAS                 |
| 4) REGULADOR DE FLUJO DE FILTRACION | 11) CUBIERTA DE AGUA DE LAVADO |
| 5) CUBIERTA DE AGUA FILTRADA        |                                |
| 6) AGUA DEL PRIMER FILTRADO         |                                |
| 7) LAVADO DE FONDO                  |                                |

FIG. X-3

que aumenta la eficiencia del mismo. En la Fig. X-3 se indican los distintos elementos antes citados para el caso de un filtro con sistema de drenaje con laterales perforados y lavado superficial con cabezales fijos.

La capacidad de estos filtros puede superar los 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. La pérdida de carga es de alrededor de 2,50 m. y se alcanza al final de la "carrera" del filtro, vale decir, el lapso entre dos lavados sucesivos. No conviene sobrepasar las pérdidas de cargas admitidas, puesto que valores mayores pueden hacer penetrar los coágulos más profundamente en el lecho filtrante, con peligro de atravesarlo en su totalidad.

### DESINFECCION DEL AGUA

La desinfección de las aguas es el proceso mediante el cual pretendemos preservar la calidad bacteriológica.

Este tratamiento de desinfección es necesario para todo tipo de agua, vale decir: consideramos obligatoria la desinfección del agua antes de librarla al consumo. En muchos casos, en que las características físicas y químicas son aceptables (generalmente aguas de origen subterráneo, de deshielo reciente, etc.), la desinfección es el único tratamiento a que se somete al agua, constituyéndose aquí en condición necesaria y suficiente. En otros casos, principalmente en aguas de captación superficial, debe, además, procederse a la clarificación y filtración, pues este proceso retiene elementos bacteriológicos que no son atacados por las dosis normales de desinfectantes que se agregan al agua destinada al consumo humano. La desinfección se constituye en condición necesaria aunque no suficiente.

Para todos los casos cabe aclarar que el agregado de desinfectante al agua, no sólo debe eliminar la presencia de microorganismos patógenos capaces de producir enfermedad, sino que debe asegurar un poder residual desinfectante, capaz de hacer frente a eventuales contaminaciones que pueda sufrir el agua desde el momento en que se la trata hasta que llega al consumidor.

La investigación de bacterias patógenas específicas en las operaciones de control rutinarias, se transformaría en una tarea muy difícil y costosa que insumiría demasiado tiempo, sin contar además, con la seguridad que requiere esta tarea de contralor. Se recurre entonces a un método indirecto que permita establecer las posibilidades de que el agua haya sufrido algún tipo de contaminación, y ello es

el recuento de bacterias coliformes, conocido como: **determinación del índice coliforme**. Estas bacterias son de presencia normal en las heces de animales de sangre caliente y, por lo tanto, su presencia en el agua puede indicar algún tipo de contaminación fecal.

#### **MÉTODOS DE DESINFECCIÓN**

Los métodos de desinfección de las aguas de más fácil y económica aplicación en el medio rural, son: por ebullición del agua - permanganato de potasio - cal en exceso - acción oligodinámica de los metales - desinfección por aplicación de derivados del cloro (cloración).

#### **CALOR**

Es un procedimiento que ofrece amplia seguridad, pero limitada principalmente al agua bebida y para preparación de alimentos.

La ebullición del agua durante unos minutos para producir la destrucción de los microbios, es aconsejable en casos de epidemias, de emergencias sanitarias. Como práctica de rutina, sus ventajas sólo son aplicables a los aspectos señalados, ya que el tratamiento por calor de toda el agua destinada al consumo doméstico (lavado de vajilla, higiene personal, lavado de verduras, etc.) lo hace antieconómico.

En este método, el agua se lleva a ebullición de 2' a 5'. Luego conviene aerarla agitándola en una botella, pues la ebullición altera el sabor del agua, dado que elimina los gases disueltos, en especial el anhídrido carbónico.

Este cambio de sabor puede originar el rechazo de este método. También es aconsejable el transvase de un recipiente a otro, pero ambos métodos de aeración pueden ser contraproducentes, pues es fácil que el agua vuelva a contaminarse en esa manipulación. Por ello es preferible dejarla durante varias horas, incluso un día, en el mismo recipiente donde se efectuó la ebullición, parcialmente llena. De esta forma existirá una buena superficie de contacto con el aire que asegurará la reeración del agua aun cuando el recipiente esté tapado.

#### **DESINFECCIÓN POR EXCESO DE CAL**

Cuando se efectúa el ablandamiento de las aguas duras (Capítulo XII - 2) mediante el agregado de cal se verifica que, al mismo tiempo, se produce una considerable reducción del contenido de bacterias del agua.

Los factores que determinan el grado de desinfección que se logra son:

a) Cantidad de cal agregada en exceso de la necesaria para producir el ablandamiento.

b) Tiempo de reacción.

c) Cantidad de materia en suspensión, materia orgánica y bacterias presentes.

Es aconsejable usar este tratamiento antes de la filtración llevanda el agua a un alto tenor de alcalinidad (pH = 10). El agua debe luego recarbonatarse mediante el agregado de anhídrido carbónico.

Es común ver que en nuestros medios rurales, al captarse el agua de lluvia, se la trata con cal y ello tiene un doble efecto; por un lado elimina el exceso de anhídrido carbónico de esas aguas, quitándole su "acidez" y poder corrosivo, y por el otro se asegura un cierto poder bactericida al elevar su alcalinidad, pues con ello se crea un medio desfavorable para las bacterias.

Es éste un método de "desinfección" que va "asociado" a otro tratamiento, en este caso, el prioritario. Dada la facilidad con que se puede realizar la desinfección con otros compuestos, principalmente los clorados, no se lo recomienda con el único objeto de la reducción del contenido de bacterias.

#### **DESINFECCIÓN MEDIANTE EL USO DE CLORO**

Como todo tratamiento de desinfección, la cloración persigue reducir el contenido total de bacterias y eliminar las patógenas. Pero es de destacar, además, que la cloración de las aguas no tiene sólo aplicación como desinfectante, sino también como oxidante de la materia orgánica, eliminación de gustos y olores, oxidante de sales ferrosas, etc.

La cloración del agua puede realizarse por medio de gas cloro o por medio de compuestos o sales denominadas "clorógenas".

La aplicación del cloro gaseoso se reserva para las grandes instalaciones de provisión de agua.

Los clorógenas son de aplicación a escala doméstica y de plantas pequeñas y medianas de provisión centralizada de agua.

Los más comunes en plaza son:

a) Hipoclorito de sodio: compuesto líquido al 8-10% de cloro activo.

b) Hipoclorito de calcio: compuesto sólido con 70-80% de cloro activo.

c) Cloruro de cal: compuesto sólido con 20 al 30% de cloro activo.

El hipoclorito de sodio (Na OCl) se conoce comercialmente con el nombre de "lavandina concentrada" (80 gr. cloro activo/litro).

La lavandina concentrada se expende en el comercio para uso doméstico en saquitos o pequeñas botellas de plástico de diverso tamaño. Entendemos que éste es el clorógeno que, tanto por su difusión en plaza como por la familiaridad de su uso por parte de las amas de casa, mejor se adapta para la desinfección doméstica del agua.

#### **EFFECTO DE LA CLORACION DE LAS AGUAS**

Las reacciones o efectos más característicos del cloro en el

agua, son:

- Reacción con el amoníaco: si el agua está contaminada puede contener amoníaco. El cloro agregado al agua reacciona con el amoníaco, dando lugar a la formación de cloramina, que tiene acción bactericida.

- Los compuestos ferrosos, manganosos y nitritos son oxidados por la acción del cloro en el agua.

- El agregado de cloro al agua destruye la materia orgánica presente, pero requiere un cierto tiempo de contacto. La concentración de cloro a agregar, a igualdad de eficiencia bactericida, será menor cuanto mayor sea el tiempo de contacto. Si no se dispone del suficiente tiempo de contacto, se hace necesario aumentar la dosis de cloro. No es posible, a priori, determinar la dosis de cloro a aplicar a un agua. Esta dosis depende de gran cantidad de factores tales como: la temperatura, el pH (grado de acidez o alcalinidad del agua), contenido de compuestos reductores, contenido de materia orgánica, etc.

Lo que sí ya podemos adelantar es que la dosis debe ser tal, que una vez satisfecha la demanda de cloro del agua en cuestión, debe agregarse un exceso del clorógeno con el objeto de asegurar un poder bactericida residual que haga frente a una eventual contaminación del agua.

Para entender mejor este concepto daremos a continuación algunas definiciones:

- Demanda de cloro:

Es la cantidad de cloro que debe agregarse a un agua para asegurar que este agente, que es tan activo, reaccione con la materia orgánica e inorgánica contenida en aquélla. Sólo nos aseguraremos de haber satisfecho la demanda de cloro, cuando hayamos agregado la cantidad suficiente para que esas reacciones sean completas, de manera que cualquier agregado posterior de cloro se transforme en cloro libre.

- Cloro residual activo o libre:

Cuando la cantidad de cloro agregada haya sido lo suficientemente grande como para que quede una parte de cloro que no se haya reducido ni combinado, el cloro en esas condiciones recibe el nombre de **cloro residual libre**.

- Cloro residual combinado:

Es el existente en el agua en combinación con el amoníaco o compuestos nitrogenados. El cloro residual activo tiene un potencial de oxidación notablemente mayor que el combinado. La suma del **cloro residual libre** más el **cloro residual combinado** se expresa como **cloro residual total**; es también llamado cloro activo ya que mantiene vigente sus propiedades desinfectantes.

Podemos ahora intentar precisar más aun la definición de **demanda de cloro**, diciendo que es la diferencia entre la cantidad de cloro

agregado y el cloro residual al fin de un período de contacto.

## DETERMINACION DEL CLORO RESIDUAL

Mediante esta operación se comprueba si el contenido de cloro del agua que se suministra a la población, se halla de acuerdo a lo establecido en las normas, o debe ser modificado.

### Materiales necesarios:

1- Solución de ortotolidina: este líquido se agrega a la muestra de agua a analizar. Si ésta contiene cloro activo, la muestra adquiere una coloración que va desde un amarillo verdoso hasta un rojo violeta, dependiendo ésta de la cantidad de cloro contenido en aquélla.

2- Frascos patrones: constituyen una serie de frascos de vidrio incoloro que contienen una solución preparada con la coloración amarilla que corresponde a concentraciones crecientes de cloro residual, desde 0,05 hasta 3 partes por millón. Debe usarse además un frasco con agua destilada, incolora, para que sirva de punto cero de la escala. Todos los frascos deben ser iguales en tamaño y diámetro para que la diferencia en el color sea neta y gradual.

3- Frascos para muestra: son frascos iguales a los anteriores, para colocar en ellos las muestras de agua a examinar. Se llena el frasco para muestra con el agua cuya concentración se quiere determinar y se le agregan dos o tres gotas de solución ortotolidina. Se compara el color que ha adquirido la muestra con el de los frascos patrones, determinándose así el contenido de cloro residual de la muestra.

La solución madre, a partir de los hipocloritos, puede prepararse en el orden de 500 mg/lit. de cloro activo.

Para la desinfección del agua, se puede empezar por añadir una parte de la solución madre a 100 partes del agua que se desea tratar, con lo que la dosis inicial será de 5 p.p.m. ó 5 mg/lit.

Si al cabo de 30 minutos de contacto la cantidad de cloro residual es superior a 0,5 p.p.m., puede reducirse la dosis inicial.

Una instalación de cloración consta esencialmente de un aparato dosificador de hipoclorito con sus accesorios ordinarios, una provisión del agente desinfectante, uno o varios recipientes de dilución revestidos de esmalte o de caucho y un estuche para la determinación del cloro residual.

En las figuras XI-1 y XI-2 se indican dos aparatos de dosificación, aclarando que en el de la fig. XI-1 el depósito de cierre hidráulico y la tubería de conexión no son necesarios cuando la solución se vierte en una conducción abierta en un pozo con bomba, etc., pero deben usarse cuando la solución se vierte en la tubería de aspiración de la bomba.

Otro aparato más rudimentario, es el de la fig. XI-2 conocido como el sistema de "Damajana invertida". La figura explica por sí misma el principio en que se basa este sistema de cloración. Si

## APARATO PARA LA DOSIFICACION DE HIPOCLORITO

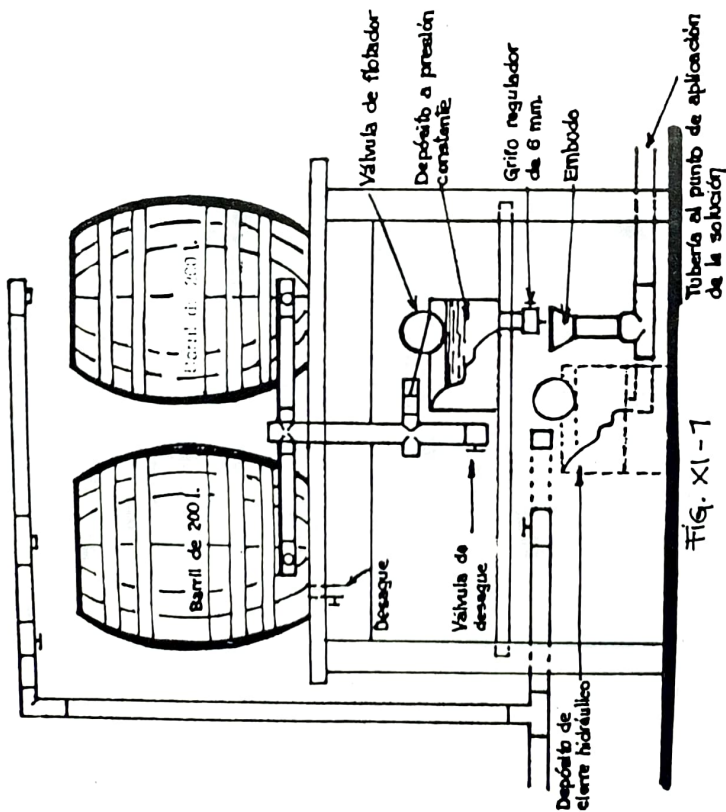


FIG. XI-1

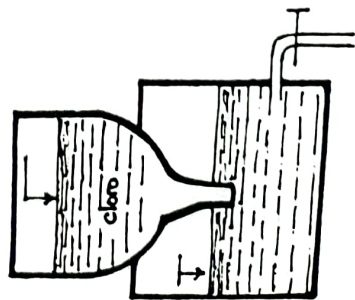


FIG. XI-2

## DAMAJUANA INVERTIDA

fuera necesario ir regulando por goteo la solución, se tendrá presente que 20 gotas equivalen aproximadamente a un ml. de solución. Vale decir que, con una solución madre de 500 mg./lt. de cloro activo regularíamos el goteo a razón de 40 gotas por minuto y estaríamos incorporando al agua la cantidad de 1 mg. de cloro activo por minuto.

Es de aclarar que los aparatos descriptos precedentemente son de aplicación en aquellos sistemas de provisión continua de agua, adaptables de acuerdo con su modalidad, o abastecimientos de agua a pequeñas poblaciones nucleadas. No se justifican estas instalaciones ya que el servicio se hace intermitentemente.

Es aquí donde adquiere gran importancia el asesoramiento del técnico a efectos de introducir la práctica de la cloración, sin despertar naturales resistencias en los consumidores.

Apresurémonos a afirmar que no puede darse una regla general para la dosis de inyección que asegure un cloro residual aceptable en las aguas de consumo, y que en ello intervienen diversos factores tales como el tipo o calidad del agua a tratar. Cada agua tiene características propias que la diferencian de acuerdo con el origen de las mismas, grado de contaminación bacteriana, contenido salino, carga orgánica, etc. Todos estos factores intervienen en mayor o menor grado en la demanda de cloro.

Es más: cada técnico deberá tener consigo un equipo de comparadores colorimétricos que le permitan efectuar periódicamente un control sobre el cloro residual de las aguas de consumo y apoyarse en un plan de extracción de muestra, envío a laboratorio y posterior análisis de las aguas, para determinar realmente la bondad de la desinfección aconsejada y llevada a la práctica por la comunidad rural dispersa.

Diffícilmente puede contarse con todos los elementos, pero ello no puede transformarse en barrera que impida, al menos con un razonable margen de aproximación, la concreción de acciones tendientes a la desinfección de las aguas que consume nuestra población rural dispersa.

A los efectos de ir iniciando esa práctica aconsejaríamos se comience con el agregado de cloro, en el orden de 1 mg. de cloro activo por cada litro de agua. Entiéndase bien que se habla de cloro activo y no de solución de hipoclorito.

Las dosis se irán ajustando posteriormente hasta que el agua adquiera un leve olor y/o sabor a "lavandina".



## DESINFECCION DE POZOS

### Consideraciones Generales

El agua subterránea captada, ya sea por medio de pozos excavados o perforados, puede presentar cierto grado de contaminación. Esta puede ser accidental o bien proveniente de algún pozo negro o aguas excesivamente contaminadas. En estos casos se hace imprescindible ubicar la causa y subsanarla lo más rápidamente posible.

Existen casos en que el agua de una napa se halla contaminada; en tal caso debe desecharse el aprovechamiento de la misma.

Tanto en oportunidad de librarse al servicio un pozo nuevo, como en el caso de contaminación de un pozo en explotación, debe someterse a los mismos a un proceso de desinfección. Las aguas subterráneas, especialmente las profundas, debido a la filtración que han experimentado a través de las capas permeables del subsuelo, no contienen ordinariamente microorganismos capaces de producir enfermedades; pero al cavar un pozo, o al hacer una perforación, éstos pueden llegar hasta el agua por medio de las cañerías, herramientas, etc.

Es frecuente que el agua de un pozo recién construido no sea bacteriológicamente potable, pero esto puede ser temporario y el agua mejorar su calidad con sólo un bombeo intenso, o más rápidamente con una desinfección.

Como el agua de un pozo bien construido no debe contener bacterias del llamado "grupo coliforme", cuando su examen revela su presencia, el agua es sospechosa y se debe tratar de investigar de qué forma han llegado dichos microbios.

Si con una desinfección adecuada se consiguen resultados repetidamente buenos, en varios exámenes sucesivos, quiere decir que el agua del pozo es buena, y si estuvo contaminada, lo fue por causas accidentales.

Si no se toman estas precauciones, es lógico que al poco tiempo de la desinfección, los análisis vuelvan a indicar que el agua es bacteriológicamente mala. Pero si a pesar de todas estas medidas y de repetir la desinfección, los exámenes siguen indicando la presencia de "bacterias coliformes", el agua es sospechosa y no debe emplearse para la bebida, porque casi con seguridad la napa tiene infiltraciones provenientes de pozos negros o de otros lugares con aguas infectadas.

Con lo antes expuesto, se deduce la necesidad de desinfectar un pozo y sus instalaciones para determinar si la contaminación es o no de origen peligroso y permanente.

### Desinfectantes

Por razones de precios y de facilidad de obtención, se emplean en estos casos, casi exclusivamente, productos químicos que tienen la propiedad de liberar cloro, cuyo poder bactericida es bien conocido. El más común, el hipoclorito de sodio, se vende en solución al 10% de cloro activo. Esta concentración va disminuyendo con el tiempo, máxime si se la expone a la luz solar.

Existen además productos sólidos como el cloruro de cal (no confundir con el cloruro de calcio), que tiene 20 a 30% de cloro útil, los hipocloritos de calcio, que tienen hasta un 70% y cuyos nombres comerciales más conocidos son: Perchlorón, Caporit, H.T.H., etc. Todos estos productos en estado sólido, mantienen su concentración si se los guarda en recipientes bien cerrados y en ambientes poco húmedos.

### DESINFECCION DE POZOS EXCAVADOS

Estos pozos se surten con el agua de la primera napa, la cual en los centros urbanos sin cloaca, es casi siempre de mala calidad, por la vecindad de los pozos negros.

Para desinfectar estos pozos, primero se calcula el volumen de agua que contienen. Los desinfectantes líquidos se agregan al pozo tal cual se obtienen en los comercios; en cuanto a los sólidos, es conveniente disolverlos previamente.

Las cantidades necesarias para cada clase de desinfectante son las siguientes:

Desinfectantes	Cant. para 100 lts.
Hipoclorito de sodio	1 litro
Cloruro de cal	500 gramos.
Hipoclorito de calcio (Caporit, H.T.H., etc.)	150 gramos

A veces es conveniente lavar con desinfectante el revestimiento interior del pozo; para ello se prepara una solución agregando a 10 litros de agua 1/5 de esa cantidad de hipoclorito de sodio. Con los desinfectantes sólidos se añade una cucharada sobera de cloruro de cal o una cucharada chica de Caporit, Perchloron, etc. El lavado de paredes se hace con cepillo duro o con una escoba.

Una vez agregado el agente desinfectante al agua de pozo, si es posible se mezcla por agitación, luego se bombea hasta que salga agua con gusto u olor a lavandina, se tapa y se deja, por lo menos, seis horas. Terminada la desinfección se bombea hasta que el agua no tenga gusto a cloro. Debe aclararse que un exceso de desinfectante no es perjudicial, por lo tanto no es necesario medir exactamente las cantidades antes indicadas.

## POZOS PERFORADOS

Aunque existen varios tipos de pozos perforados, cuya denominación depende del sistema empleado en su construcción, para los fines de la desinfección los clasificaremos según su profundidad llamando **poco profundos** a los que tienen menos de 20 metros y **profundos** a los de más de esa cifra.

En el cuadro que se transcribe a continuación se dan las cantidades necesarias de cada clase de desinfectante, en base al diámetro del caño "chupador" y por cada metro del mismo.

Estas condiciones se pesarán o medirán en forma aproximada, pues no hay inconvenientes en agregar aun cantidades dobles; por lo tanto, se podrá emplear para ese fin una cuchara (sopera) que equivale a unos 18 gramos.

Diámetro de la cañería en pulgadas	en centímetros	Desinfectante necesario, por metro de cañería			
		SÓLIDOS		LÍQUIDOS	
4	10,2	Hipoclorito de calcio (1)	Cloruro de cal (2)	Hipoclorito de sodio (3)	Agua lavandina (4)
6	15,2	1 gramos	2,5 gramos	7 gramos	40 gramos
8	20,3	2,5 gramos	7 gramos	18 gramos	90 gramos
10	25,4	4,5 gramos	12 gramos	32 gramos	160 gramos
12	30,5	7 gramos	16 gramos	50 gramos	260 gramos
		10 gramos	25 gramos	70 gramos	370 gramos

(1) Caporit, Perchloron, H.T.H. con 60 a 70% de cloro activo.

(2) Llamado también "polvo de blanqueo" con 20 a 30% de cloro activo.

(3) Llamado también "lejía concentrada de lavandina" con 10% de cloro activo.

(4) Lavandina común con 2% de cloro activo.

Como hemos dicho, estas cifras son para un metro de cañería; multiplicando entonces por el largo de la misma, tendremos la cantidad total que hay que agregar al pozo.

## MÉTODOS PARA POZOS POCO PROFUNDOS

1) Se retira la bomba y se vierte dentro de la cañería la solución

desinfectante por medio de una manguera o un caño, el cual se subirá o bajará alternativamente, con el objeto de repartir y mezclar bien el desinfectante con el agua de la perforación.

2) Se vuelve a colocar el equipo de bombeo y se hace funcionar hasta que el agua salga con olor o gusto fuerte a cloro, después se interrumpe el bombeo y se deja como mínimo unas 6 a 7 horas. Si se desea desinfectar también el caño camisa, el agua con cloro que se bombea se vuelve a la perforación por medio de una manguera colocada entre el caño camisa y el filtro o "chupador" durante 15 minutos.

3) Después de este período de contacto (de 6 ó más horas), se puede dar por terminada la desinfección. A continuación se pone en funcionamiento la bomba, hasta que el agua salga sin gusto a cloro, o si se dispone de reactivos, hasta que la reacción de cloro sea negativa (ortotolidinal).

4) De esta agua "sin cloro", se tomarán los muestras para su examen microbiológico, y si éstos son deficientes, se repetirá la desinfección. Si aun después de ella, el agua continuara dando exámenes deficientes, se deberá evitar el empleo de agua para la bebida o hacerle un tratamiento continuo de desinfección.

## MÉTODOS PARA POZOS PROFUNDOS

En estos casos, el procedimiento anterior no da buenos resultados por la poca difusión que se logra del desinfectante en el agua de la perforación (especialmente en pozos muy profundos). Un sistema sería colocar la cantidad de **desinfectante sólido** necesaria, en un cilindro de diámetro poco menor que el del caño, tapado en ambos extremos. Estas tapas tendrán pequeños orificios y la superior estará provista de una argolla, donde se atará un cable o sogá.

El método consiste en hacer descender el cilindro (puede servir un trozo de caño) hasta el fondo de la perforación (evidentemente, luego de retirar la bomba) y subirlo hasta el nivel del agua por medio de la sogá. Esta operación se repetirá varias veces, hasta que todo el desinfectante se haya repartido en el agua de la perforación.

Si la cantidad de desinfectante necesaria es mucha, esta operación se puede hacer en dos o tres veces. En caso de no conseguir **desinfectante sólido** se utilizará un recipiente de vidrio con un peso adicional en vez del cilindro, recipiente que debe romperse por choque en el fondo de la perforación. Este sistema de desinfección no es eficaz en perforaciones de gran diámetro y muy profundas, pero cuando se construye esta clase de pozos, casi siempre se dispone de un equipo que permita inyectar a presión la solución desinfectante.

Efectivamente, si se dispone de un medio para hacer que el desinfectante llegue hasta el fondo de la perforación, y además se puede enviarlo entre el caño y el "chupador", la desinfección será completa.

Como con este sistema no hay inconveniente en que el volumen del desinfectante sea grande, se aconseja emplearlo 2 ó 3 veces más diluido que lo indicado anteriormente y hacerlo circular varias veces.

Para verificar si la desinfección se ha realizado en forma eficiente, se necesitará efectuar un examen bacteriológico, y como ya se ha dicho, la muestra de agua deberá ser extraída después que el pozo haya funcionado lo suficiente para eliminar completamente el desinfectante.

Para la limpieza y desinfección de tanques o cisternas, es conveniente ajustarse a la siguiente técnica.

1) Vaciarlos parcialmente, dejando una cierta cantidad de agua que permita lavar el fondo, paredes y tapa, utilizando para ello una rasqueta y cepillo. Luego vaciarlos completamente y enjuagar una o más veces.

2) Llenar el tanque hasta la mitad con agua y agregar un litro de hipoclorito de sodio por cada 1000 litros de capacidad total del tanque. Llenar completamente con agua tratando de que haga buena mezcla y dejar actuar el desinfectante, por lo menos, durante tres horas.

3) Se elimina el agua clorada haciéndola salir por todos los grifos de la red interna, de manera que se efectúe el lavado y desinfección de la misma. Finalmente puede ser llenado el tanque para ponerlo en servicio.

4) Se recuerda que el tanque de distribución, debe estar provisto siempre de una tapa o cierre hermético, de manera que no lleguen a él los pájaros, polvo atmosférico, etc, que contaminen el agua.

#### REMOCION DE ELEMENTOS QUIMICOS QUE AFECTAN LA POTABILIDAD DEL AGUA

El agua es un poderoso solvente y en su infiltración, por las diferentes capas del suelo, así como en su escurrimiento superficial, se va cargando de sales, que en ciertos casos, contienen elementos que superan ciertos límites y afectan su calidad cuando se destina a consumo y usos domésticos.

En estos casos se impone efectuar una remoción de estos elementos químicos hasta encuadrarlos dentro de los límites permisibles. Trataremos aspectos relacionados con la remoción del calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (dureza del agua), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Arsénico (As) y Flúor (F), aun cuando lo haremos en forma muy

general, ya que hasta el presente, la técnica no ha podido desarrollar procedimientos prácticos, económicos y de fácil operación, aplicables a escala domiciliaria.

#### Dureza de las aguas

La dureza del agua se debe al contenido de sales de calcio y magnesio disueltos en la misma.

Son aguas duras aquellas que hacen necesario un gran consumo de jabón para la formación de espuma, y ello es debido a que la existencia de iones de Ca y Mg principalmente hacen precipitar el jabón evitando la formación de una espuma estable.

Existen elementos que también contribuyen a elevar la dureza del agua, pero su presencia es generalmente de valor despreciable frente al contenido de iones de Mg y Ca.

La dureza se expresa en mg/lit. de carbonato de Ca.

#### Tipos de dureza:

Dureza temporaria (de carbonatos)	Bicarbonatos de Ca. Bicarbonatos de Mg.
Dureza permanente (de no carbonatos)	Sulfatos Ca. Mg. Ca. Mg. Cloruros Ca. Nitratos Mg-

#### Dureza temporaria

Constituida por los bicarbonatos de Ca y Mg, se la llama también dureza de carbonatos. Los bicarbonatos de Ca y Mg de la dureza temporaria precipitan cuando se calienta el agua, transformándose en carbonatos insolubles. De allí su denominación de "temporarios".

#### Dureza permanente

Formada por sulfatos, cloruros y/o nitratos de Ca y Mg. Se llama también dureza de "no carbonatos". No precipitan sus sales por ebullición.

Dureza total: es la suma de la dureza temporaria y de la permanente. Cuando no se especifica a qué tipo de dureza nos referimos, se debe entender que es la dureza total.

La determinación por separado de estas dos clases de dureza se hace sobre la base de la dureza total y de la alcalinidad, ambas expresadas en carbonatos de calcio.

Existe una escala de dureza del agua que nos permite clasificarla:

Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) en mg/lit.		Clasificación del agua
0	-	Blanda
50	-	moderadamente blanda
100	-	ligeramente dura
150	-	moderadamente dura
200	-	dura
mayor de 300		muy dura

Las aguas blandas según esta escala son corrosivas, especialmente para los materiales de las cañerías de distribución del agua.

Las aguas duras traen aparejados una serie de inconvenientes, con incidencia fundamentalmente económica: mayor consumo de jabón de ropas, menor duración de éstas, incrustaciones en cañerías, incrustaciones mayores en conductos de agua caliente, baja calidad de las infusiones, erogaciones económicas para las industrias que deben efectuar tratamiento, etc.

Las Normas Nacionales de Calidad de Agua de bebida fijan los siguientes límites para Dureza Total (Expresada en CO<sub>3</sub> Ca).

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
30 - 100 mg/l	200 mg/l	400 mg/l

**Distintos procedimientos de ablandamiento:**

- 1- proceso de la cal
  - 2- proceso de la cal - soda
  - 3- intercambio de cationes (zeolitas)
  - 4- intercambio iónico.
- El proceso de la cal se basa en que la dureza del agua es reducida por tratamiento con cal solamente o con cal - soda, dependiendo de los resultados que se quieran obtener.
- Este procedimiento se combina, a veces, con uno de coagulación cuando el agua es turbia y no sedimenta bien por el simple agregado de cal. Nos referimos a este método pues es más fácil y de cómoda aplicación en el medio rural.
- El agregado de cal al agua hace que el calcio precipite en forma de carbonato insoluble y el magnesio como hidróxido.
- Tanto el calcio como el magnesio provocan la dureza temporal cuando se encuentran como bicarbonatos. Existe además la dureza permanente debida a sulfatos, cloruros y nitratos, que puede ser disminuida en caso de ser excesiva, por medio del agregado de carbonato de sodio.

Por el proceso de la cal se puede llegar a lograr una dureza de 80 ppm. En caso de que, eliminando la dureza temporal o de "carbonatos", quede un remanente sobre los 80 ppm, se actúa sobre la dureza permanente o de "no carbonatos" por el proceso de la cal - soda.

**Hierro y Manganeso**

El hierro que se encuentra en la mayoría de las aguas, especialmente en las profundas, puede ocasionar una serie de inconvenientes, que la pueden inhabilitar para usarla como agua de bebida o de uso industrial. En general, el manganeso acompaña al hierro y los sistemas de remoción de dichos elementos son similares.

El hierro comunica un sabor desagradable al agua, y concentraciones mayores de 0,5 mg/lit., aumentarán el proceso de corrosión de la cañería, manchando los artefactos sanitarios, los tejidos, etc. Se encuentra generalmente al estado ferroso, en forma de bicarbonato o como sulfato, aunque también suele estar en suspensión o al estado coloidal.

Existen diversos procedimientos de eliminación, del hierro y manganeso de las aguas, entre ellos, la aeración y el agregado de productos químicos.

Las Normas Nacionales de Calidad de Agua de bebida fijan para el Fe y el Mn los siguientes límites:

Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 0,05	0,10	0,20
Manganeso (expresado en mg/l de Mn)		
Valor aconsejable	Valor aceptable	Límite tolerable
< 0,01	0,05	0,10

**Eliminación por aeración**

La aeración tiene por objeto aumentar el oxígeno disuelto y disminuir el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) del agua, ya que el hierro no puede mantenerse disuelto cuando el primero es alto y el segundo bajo, o sea, cuando se ha elevado el pH.

Cuando el hierro se encuentra combinado con materia orgánica, la aeración no da resultado y es necesario utilizar medios de oxidación más enérgicos, como ser el cloro, permanganato, etc. que destruyen el complejo orgánico.

Puede emplearse la combinación de la aeración con el agregado de cal o soda para aumentar el pH, es decir la aeración para eliminar parte del CO<sub>2</sub> y aumentar el oxígeno, primero, y luego la cal para

neutralizar el resto del CO<sub>2</sub> y completar la oxidación de las sales ferrosas.

Una vez precipitados los compuestos del hierro, se procede a la decantación si la cantidad precipitada es grande, con agregado en algunos casos de coagulante para ayudar a la formación del floc, y luego se filtra.

Cuando la cantidad de hierro es pequeña, el agua se filtra sin decantación.

Los medios para el agregado de cal y soda son los mismos utilizados para la alcalinización o edulcoración. Para el agregado de cloro y otros compuestos oxidantes, son utilizados aparatos como los descriptos en el capítulo respectivo.

La aeración se efectúa, ya sea por caída del agua sobre bandejas con cobre u otro material inerte, o por lanzamiento del agua hacia arriba a través de picos especiales que producen una lluvia más o menos fina. Otro procedimiento es el de insuflar aire en el agua a través de cañerías perforadas o placas porosas.

#### **Arsénico en las aguas**

Nuestro país cuenta con zonas cuyas aguas contienen elevadas cantidades de este elemento.

Las Normas Nacionales de Calidad para agua de bebida fijan los siguientes límites:

#### **As (Expresado en mg/l de As)**

VALOR ACONSEJABLE	VALOR ACCEPTABLE	LIMITE TOLERABLE
No debe contener	0,01	0,10 (provis)

Cuando las aguas contienen grandes cantidades de arsénico, pueden producir en aquellas personas que la beben en forma continuada una grave intoxicación conocida como "cáncer arseniacal" o enfermedad de Bell Ville.

Los tratamientos usados para la remoción del arsénico se basan en la precipitación química, pudiendo distinguirse dos alternativas:

a) Por coagulación química; con empleo de sulfato de aluminio o sulfato de cloruro férrico. El floc de hidróxido de aluminio o de hierro tiene la propiedad de fijar el arsénico, absorbiéndolo. El precipitado de hidróxido debe removerse rápidamente, pues puede haber redisolución del arsénico por el agua. El tratamiento incluye coagulación, sedimentación y filtración, ajustándose el pH antes de entregar el agua al consumo.

En nuestro país existe una instalación de este tipo en Monte Quemado, Santiago del Estero. El contenido de arsénico en el agua, de estrato acuífero profundo, es de 1 mg/lt., obteniéndose con este

tratamiento una concentración de 0,08 mg/lt.

b) Por simple agregado de cal; en algunos tipos de agua es posible reducir el contenido de arsénico.

En aguas carbonatadas, el tratamiento con cal precipita el carbonato de calcio, que arrastra también al arsénico.

Si el agua contiene magnesio, se obtiene mayor eficacia llevando el agregado de cal hasta la precipitación del hidróxido de magnesio, muy efectivo para fijar y arrastrar el arsénico.

De acuerdo con el pH alcanzado, corresponde carbonatar el agua. El tipo de planta de tratamiento requerida para remoción de arsénico por este sistema, es similar al de ablandamiento de las aguas con dureza de "carbonatos" por el proceso de cal en frío.

Uno de los métodos destinados a la remoción de As y otros elementos químicos es el de Osmosis Inversa. Dicho método, debido a sus altos costos, por el momento no tiene una aplicación extendida.

Se están desarrollando además investigaciones tendientes a lograr la reducción y/o remoción de este elemento mediante el pasaje de agua por mantos conteniendo limaduras de Fe.

#### **El Flúor**

Trataremos en este punto los aspectos referentes a un exceso de flúor en las aguas.

En nuestro país se ha establecido que en concentraciones mayores de 1,8 mg/lt. puede presentarse el veteado del esmalte dentario elevada del agua, podría derivar en la aparición de fenómenos de osteopetrosis.

Las Normas Nacionales de Calidad de Agua de bebida fijan los siguientes límites:

#### **F (Expresado en mg/l F)**

VALOR ACONSEJABLE	VALOR ACCEPTABLE	LIMITE TOLERABLE
*	0,7 a 1,2	2,0 (provis.)

\* En los casos en que la Autoridad de Salud competente estime necesaria la fluoración de agua de bebida indicará también los valores a que deberá ajustarse la dosificación.

En la República Argentina la casi totalidad de las aguas superficiales tienen una concentración de flúor por debajo de 1 mg/lt. Pero existen zonas donde las posibilidades de obtención de agua se reduce prácticamente a la captación subterránea, con un contenido de ión flúor que ha llegado a 8 mg/lt. y aun 10 mg/lt. Este problema

se presenta en La Pampa, sur de Córdoba, noroeste y sur de Buenos Aires, sur de San Luis, parte de La Rioja y Catamarca y el área de Río Hondo, Santiago del Estero.

En estas circunstancias se impone un tratamiento tendiente a la reducción de esos tenores de flúor hasta los límites permisibles.

Hay diversos métodos de defluoración; hemos de hacer referencia aquí a uno, que consiste en aprovechar la capacidad de los huesos para fijar el flúor y que se interpreta como la unión de flúor con la apatita del hueso, formando flúorapatita insoluble. El hueso debe ser previamente desgrasado para que no comunique sabores desagradables al agua, y convenientemente triturado, se coloca en mantos o capas a través de las cuales se filtra agua cruda. Saturado de flúor el hueso triturado, se procede a su regeneración con soda cáustica y posterior neutralización del exceso de álcali.

Otro de los métodos emplea el hueso desgrasado y posteriormente calcinado. El F también puede ser removido por Osmosis Inversa, con las limitaciones señaladas para el caso de Arsénico.

### RESERVAS - Función y Capacidad

Una vez potabilizada el agua, debe asegurarse el aprovisionamiento normal a la población para la cual es destinada. Se debe proveer entonces una reserva o almacenamiento de agua de un volumen tal que asegure la provisión por un tiempo determinado, suficiente como para hacer frente a alguna contingencia de servicio que obligue a la paralización de la conducción desde la toma hasta el establecimiento de potabilización, o por inconvenientes surgidos en alguna de las etapas de este proceso.

Se construyen para ello grandes depósitos de agua que se designan con el nombre de "Reserva" o "Depósitos de Reserva". La entrada y salida del agua en el depósito deben ubicarse en extremos opuestos para evitar las zonas de aguas muertas. Al respecto, se pueden agregar chicanas en el interior del depósito para guiar y forzar la circulación del agua.

El fondo de los depósitos debe tener una pendiente del 0,5% hacia una canaleta central que, con la misma pendiente, concentra el agua hacia el punto donde se encuentra ubicado el desagüe. Todo ello para facilitar el drenaje del agua, ya en el proceso de vaciado del tanque como en el de agua de lavado del mismo. Aparte del sistema de entrada, salida y desagüe, se dispone una cañería o vertedero de desborde que se conecta generalmente con el sistema de desagüe.

Las cubiertas de estos depósitos se proveen de un sistema de ventilación para permitir el desplazamiento del aire por las fluctuaciones del tirante de agua. Asimismo, se cubre el techo con una capa de tierra de unos 0,40 cm. que asegura una aislación térmica.

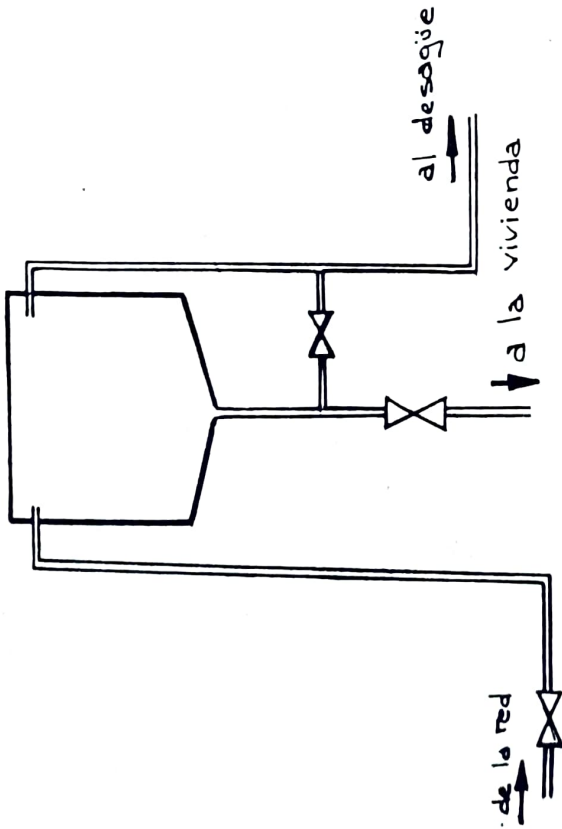
El volumen a dar a estas reservas depende de las condiciones o contingencias desfavorables que puedan presentarse a la continuidad del servicio. En primer lugar deberá pensarse en la fuente de captación. Si se trata de un régimen irregular, será necesario asignar un volumen de reserva con que puedan absorberse los picos de baja del mismo. En estos casos las reservas pueden llegar a tener volumen equivalente a varios días de consumo. Otros ríos, si bien pueden asegurar un caudal suficiente durante todos los días del año, no pueden asegurar una calidad constante del agua. Podría ser el caso de ríos de régimen torrencial que en determinados días del año arrastren tanta materia en suspensión que sobrecargue el proceso de clarificación, obligando a un consumo excesivo de productos químicos que determinen como antieconómica su utilización. Conviene entonces apelar a los caudales de reserva hasta que se normalicen las características del agua de captación.

En segundo lugar, deberá tenerse presente la longitud y tipo de la conducción desde la fuente al establecimiento. Un acueducto de gran longitud aumenta la posibilidad de inconvenientes en el servicio debiendo, por lo tanto, incrementarse el coeficiente de seguridad del mismo mediante un mayor volumen de reserva. Si la conducción es por bombeo, deberá tenerse en cuenta si las instalaciones de bombeo poseen una o más fuentes de energía. En el primer caso, el servicio se hace más vulnerable y por lo tanto hay que extremar las prevenciones, en especial dotando de un mayor volumen de reserva. Las conducciones por gravedad son las que ofrecen más seguridad al respecto.

### Depósitos de Distribución

Son tanques elevados cuya misión es la de distribuir el agua a la red de distribución, asegurando una presión determinada a dicha red. Su volumen será tal que asegurará caudal suficiente en el día de mayor consumo, absorbiendo las diferencias de caudal correspondientes. En general y en forma práctica, se acostumbra tomar como volumen de 1/4 a 1/6 del consumo diario. La determinación de la altura de elevación proviene de un cálculo técnico-económico, pero en general está comprendido entre 15 y 20 m. En cuanto a su ubicación, debe efectuarse de preferencia dentro del centro de la población y en el punto de mayor altimetría.

Todos estos depósitos cuentan con cañerías de subida, bajada, desborde y desagüe.



### DISTRIBUCION DE AGUA

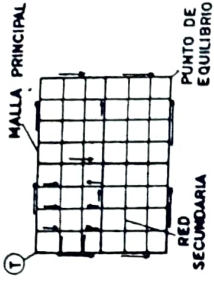
#### Red de Distribución

Un sistema de distribución tiene como función conducir el agua desde las reservas, tanques elevados y/o cisternas por medio de cañerías hasta el domicilio de los usuarios, las que se disponen en forma de red.

La red de distribución podrá ser de dos tipos: a) de malla abierta, que se utiliza mayormente en los casos de poblaciones a lo largo de una ruta o en zonas de sierra; pero, no es conveniente porque en sus extremos se pueden formar zonas de aguas muertas y también porque un corte deja sin agua al resto de la red.



b) La malla cerrada es más conveniente, sobre todo en nuestras ciudades o pueblos con trazado en damero. Veremos el caso en que se tiene la malla principal y dentro de cada malla, la red de distribución secundaria.



La malla principal se conecta en los encuentros tanto con otra principal como con una secundaria, a diferencia de ésta que sólo se conecta con la principal, pero de manera que tiene aporte de caudal por sus dos extremos.

En terminales, se deja previsto para conexión posterior de posible ampliación. Si el diámetro es de 0,300 m. o más, no se hace conexión directa sino que se coloca una subsidiaria de menor diámetro paralelamente.

Las secundarias no se calculan, sino que su diámetro se determina de acuerdo a la población, longitud de mallas y dotación. No se aconseja colocar menores de 0,50 m. en ningún caso, y de acuerdo a la población en cada malla se pueden tomar los siguientes valores: hasta 30.000 habitantes - 0,060 m. de diámetro más de 30.000 habitantes - 0,075 m. de diámetro.

#### Elementos de una Red y Materiales

Básicamente, una red se compone de tuberías rectas cilíndricas en materiales que pueden ser fundición, acero, fibrocemento, hormigón armado y sin armar, plástico, etc.

Por su economía, en los abastecimientos a comunidades rurales se emplean los de fibrocemento y plástico, en los cuales es de destacar también su resistencia a la corrosión, al ataque de corrientes eléctricas y a las incrustaciones.

Las de fibrocemento se fabrican en tres clases, de acuerdo a las presiones de trabajo: 3,5 y 7. Obras Sanitarias de la Nación ha establecido normas para los mismos.

Se emplean además, piezas de acoplamiento llamadas también piezas especiales (codos, uniones, reducciones, etc.) y dispositivos accesorios (Válvulas exclusas, de aire, cámaras de desagüe y limpieza, etc.).

#### Unión de Cañerías

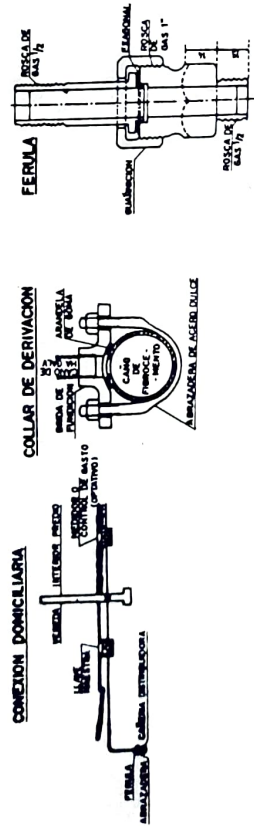
Las cañerías de fibrocemento se unen entre sí, o con piezas especiales de hierro fundido, mediante juntas simples, semi-simples o Gibault.

La junta Gibault se utiliza mayormente en los casos en que se prevé un desarme o para facilitar reparaciones.

### Conexiones Domiciliarias: Tipos

Comprende en nuestro caso desde la cañería de distribución hasta la llave maestra de cada inmueble.

Se ejecuta taladrando la cañería de distribución; se coloca abrazadera tipo silla y estribo, se rosca la férula y a continuación la cañería hasta la llave maestra. El diámetro de esta cañería depende de la que va en el interior de la vivienda, pero generalmente es de 0,013 m.



La llave maestra tiene como finalidad evitar el retroceso del agua desde la vivienda hacia la cañería de distribución, ya que puede haber contaminación en los artefactos domiciliarios. La colocación de medidores se hace, en los casos de tarifas, de acuerdo al consumo, pero su costo es muy alto.

También según el consumo, el SNAP considera tres tipos de conexiones domiciliarias.

- a) Válvulas intermitentes
- b) Instalaciones domiciliarias reducidas (pileta, inodoro y ducha).
- c) Instalaciones domiciliarias completas (baño completo, pileta de cocina y lavar).

La válvula intermitente sólo permite sacar una cantidad determinada de agua cada vez que se acciona, demandando un cierto esfuerzo. Tiene por objeto reducir el consumo a lo indispensable.

### Surtidores Públicos

Se trata de elementos para suministro de agua que se instalan en lugares de fácil acceso y para servir a la población cercana.

En poblaciones de cierta importancia y donde existe una red de distribución, se ubican en los puntos terminales y su función es servir a las zonas cercanas marginales a la red. Pero en otras poblaciones puede ser la principal fuente de agua potable y estar

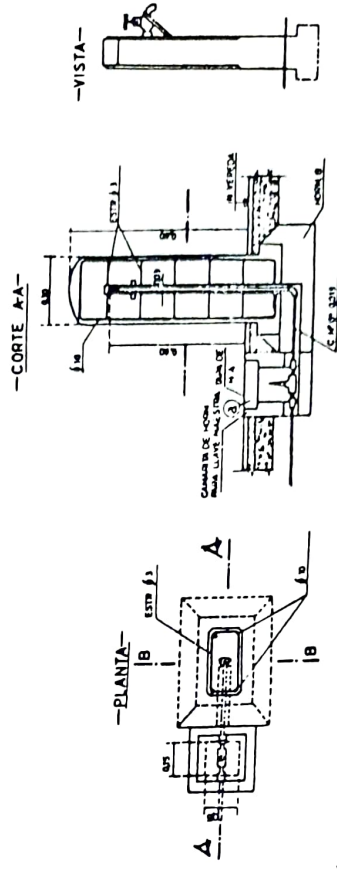
abastecida ya sea por pozos o fuentes superficiales.

En este último caso puede estar complementado por bebederos, lavaderos e inclusive agrupados, o sea con varias bocas de servicio.

Debe destacarse que no es un sistema de abastecimiento que pueda tomarse a la par de otros en sus posibilidades, sino que debe considerarse como complementario y transitorio hasta dar las soluciones definitivas y de fondo. Esto obedece a las siguientes razones:

- a) distancia entre el surtidor y el domicilio del usuario, lo que restringe su uso en detrimento de los hábitos higiénicos.
- b) tiempo para obtener el agua.
- c) derroches, que se producen por derrame tanto en el surtidor como en su transporte.
- d) peligro de contaminación; tanto por el recipiente como por su exposición múltiple a los agentes externos durante su transporte.
- e) inseguridad del servicio; debido a roturas, desperfectos o inconvenientes varios que pueden producirse en las instalaciones al estar expuestas permanentemente.

Para tratar de evitar estos inconvenientes se han ideado distintos dispositivos y tipos; pero la determinación de la ubicación y el tipo



de surtidor debe surgir de un estudio técnico-económico y de las condiciones de la zona.

### CONTROL DE CALIDAD DE AGUA

Mucho camino hubo de recorrer la humanidad para tomar conciencia cabal de los mecanismos biológicos que producen la enfermedad, y poder así perfilar claramente los conceptos de infección, contaminación y asepsia. La relación entre el agua de bebida consumida y la incidencia de un determinado grupo de patologías sobre ciertos sectores de población, motivaron la aplicación de los antedichos



conceptos al agua de consumo humano.

Surge así como necesidad social el abastecimiento vigilado y controlado de agua potable en cantidad y calidad acordes con las necesidades sanitarias del ser humano, alimento universal e indispensable para su subsistencia y evolución.

En nuestro país, este fenómeno se produce hacia la segunda mitad del siglo XIX y como respuesta sanitaria a grandes epidemias padecidas, particularmente las de fiebre amarilla y cólera.

Se comienza así a consumir "agua filtrada". Habrían de transcurrir aún varios lustros hasta que se terminasen de incorporar todas las etapas que hoy conforman el actual proceso completo de potabilización que incluye la inevitable operación de desinfección (cloración) introducida recién en las primeras décadas de este siglo.

Paralelamente a estos avances, fue desarrollándose el criterio de control de calidad que, justo es mencionar, comenzó en forma regular y sistemática dentro del ámbito del sector prestatario de servicios no obstante no haber dejado nunca de ser una manifiesta preocupación del sector salud. Así fue entonces que la principal empresa prestataria de servicios del país, Obras Sanitarias de la Nación y algunos otros entes provinciales similares, mantuvieron y ejercieron funciones de contralor que fueron la única garantía de buena calidad de agua corriente de consumo con que contó la población. Para ello la citada empresa desarrolló laboratorios, técnicas y recursos humanos que cumplieron, por mucho tiempo y hasta el presente, eficazmente su cometido.

El sector salud, sin embargo, considera que -sin perjuicio de la acertada medida puesta en práctica por las empresas prestatarias de servicios efectuando el control de calidad de producción- es menester llevar adelante y mantener una adecuada vigilancia sanitaria complementaria y fiscalizadora, cuya competencia el sector no puede renunciar ni delegar.

El control de la calidad del agua que en la práctica se efectuaba en base a pautas tomadas de distintas normas propias y extranjeras, comienza a ordenarse en nuestro país a partir de la aparición, en 1973, de las Normas de Calidad y Control para Aguas de Bebida, producida por una comisión formada a tal fin e integrada, entre otros, por representantes de los sectores de Salud y Obras Sanitarias. Su contenido, basado en la experiencia nacional y extranjera, en particular en las pautas emitidas al efecto por la O.M.S. constituye, junto con el Código Alimentario Argentino, la normativa básica que regula el control de la calidad del agua de bebida en la República Argentina.

Las actuales "Normas de Calidad y Control para Aguas de Bebida" vigentes en nuestro país, surgen de una recomendación aprobada por el Segundo Congreso Argentino de Saneamiento (Mendoza 1968), en base a la cual es creada una "Comisión Normatizadora" que habrá

de funcionar dentro del ámbito de Obras Sanitarias de la Nación, organismo éste autor de la iniciativa que da origen a la recomendación del precitado Congreso.

Las normas producidas son publicadas en 1973 y están dirigidas al control de la calidad del agua de bebida, proveniente de suministros públicos fundamentalmente; consta la publicación de tres capítulos, el primero de los cuales está dedicado a definiciones y en el que constan las relativas a los elementos básicos que habrán de ser tenidos en cuenta en los exámenes a los que se someterán las muestras. El segundo capítulo cuyo título es Calidad Bacteriológica, contiene los enunciados del fundamento, los límites bacteriológicos, la toma y el número de muestras y su remisión a laboratorio; la limpieza, preparación y esterilización del material de laboratorio, así como los medios de cultivo y reactivos y finalmente las determinaciones bacteriológicas donde se proponen diversos métodos de análisis.

Por último el tercer capítulo, referido a las Características Físicas y Químicas de las aguas de bebida, contiene también el enunciado del fundamento de los criterios adoptados, la enumeración de las características físicas y químicas a través de los parámetros a examinar y directivas para la toma de muestras y análisis.

En lo que a Calidad Bacteriológica se refiere, el fundamento postula que, en las normas bacteriológicas se establecen requerimientos mínimos, omitiendo la calificación del agua puesto que su interpretación puede ser variable y dificultar a veces la adopción de medidas correctivas, criterio éste que ha sido adoptado en las Normas de Calidad de la O.M.S. y del Servicio de Salud de los EE.UU. entre otros.

El fundamento por el cual se han determinado los valores correspondientes a cada parámetro de acuerdo a las Características Físicas y Químicas, consigna que ello se ha efectuado tratando de conciliar los requerimientos de Salud; las características, posibilidades y tecnología del país en lo referente al suministro de agua potable; los requisitos para la protección y mantenimiento de las instalaciones, sistemas de distribución e instalaciones domiciliarias y la aceptabilidad por parte de la mayoría de los usuarios, en base a las características físicas (organolépticas) del agua. En consecuencia, se han establecido tres calidades definidas respectivamente como:

**Valor aconsejable:** en el que un componente se encuentra en una concentración tal, que no significa amenaza alguna a la salud y, por razones por ejemplo técnicas, se considera el más adecuado.

**Valor aceptable:** concentración de un componente sin efectos perjudiciales para la salud.

**Límite tolerable:** concentración de un componente que, de superarse, implica un riesgo para la salud.

Los abastos que se encuentran produciendo aguas cuyos parámetros responden a características encuadradas en los dos primeros

casos, gozarán de una mayor flexibilidad operativa que aquéllos que se encuadren en el último caso, obviamente más exigidos, de su control de producción.

No obstante lo antedicho y el indudablemente largo camino que aún resta recorrer, pueden entresverse algunos temas que requieren una cierta prioridad y sobre los cuales se cuenta con elementos técnico-científicos que pueden servir como base y precedente para su estudio y definición. Tal es el caso del problema que representa, en aguas de nuestro país, la presencia aislada o simultánea de altos tenores de fluoruros, arsénico y nitratos.

Como surge de la lectura de párrafos anteriores, el haber sido fijados en normas ciertos valores de límites tolerables, valores aceptables y aconsejables para ciertos parámetros físico-químicos, estuvo basado en criterios que tomaron en cuenta distintos factores que incluyeron, además de los estrictamente sanitarios, otros como ser la tecnología disponible en el país que haga posible que, mediante el proceso de potabilización, puedan alcanzarse valores en los distintos parámetros que sean lo más cercanos posibles a los considerados óptimos para la salud. Es pues de esperarse que de perfeccionarse, esa tecnología permita ir ajustando progresivamente los valores de normas para parámetros particularmente críticos, tales como los ya mencionados: fluoruro, arsénico y nitrato, responsables directos de patologías de origen hídrico como las fluorosis, hidroarsenicismo y metahemoglobinemia en infantes, respectivamente.

La tarea de normatización no se detiene en la asignación de valores a ciertos parámetros, o en la revisión de valores ya asignados, sino también se extiende a la búsqueda e incorporación de otros nuevos.

Constituye además preocupación para los normatizadores la presencia de compuestos orgánicos en las aguas de bebida los cuales, aun hallándose en pequeñas cantidades (vestigios), son objeto de cuidadoso estudio. A tal efecto la O.M.S. ha emitido líneas guías con límites provisionales (expresados en microgramos por litro) referidos a distintas sustancias orgánicas tales como plaguicidas, hidrocarburos aromáticos, fenoles, organoclorados, etc.

El criterio de aplicación de todo lo antedicho deberá aplicarse de acuerdo a las circunstancias particulares de cada caso; por ejemplo, es de pensar que será de mayor importancia el control bacteriológico del agua en un abasto para una pequeña comunidad rural, frente al físico-químico, suponiendo que no se haya previamente detectado la presencia de sustancias tales como arsénico. Contrariamente, la presencia de compuestos orgánicos puede llegar a ser preocupante en grandes urbes donde la actividad industrial y la contaminación de ese origen, cobran relevancia, o bien donde se practica precoloración de aguas para su potabilización a fin de eliminar su población de algas, generando así compuestos organoclorados que no siempre desaparecen

por la acción oxidante severa del cloro.

En nuestro país la investigación de compuestos orgánicos no forma parte de la rutina de los análisis de calidad de aguas de bebida.