

TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA

Por Ing. Mynor Romero, mynor.romero@ecolab.com

RESUMEN

El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. De acuerdo con estadísticas, el 45% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable, mil millones de personas están sin acceso al servicio, dos mil quinientos millones no cuentan con servicio de purificación y en los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo. La potabilización del agua suele consistir en la eliminación de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El autor en este artículo nos presenta una revisión de los diferentes métodos de tratamiento del agua y presenta un esbozo de la situación en Guatemala sobre este tema.

DESCRIPTORES

Agua potable. Potabilización. Tratamientos de agua. Calidad de agua.

ABSTRACT

Potable water supplies are a main problem concerning human interest since early times. According to statistics, 45% of world population doesn't have direct access to direct potable water services; two and a half billion people don't have purification services accesses and in developed countries children drink from 30 to 50 times more water than in undeveloped countries. Water treatments consist mainly in elimination of volatile compounds followed by impurities precipitation using flocculants, filtration and disinfection with chloride or ozone. Author in this article presents a review of different water treatment methods and includes a description of Guatemalan situation related to these issues.

KEYWORDS

Potable water. Water supplies. Water treatments. Water quality.

TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN POTABILIZACIÓN DE AGUA

INTRODUCCIÓN

Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua que ha sido tratada para su consumo humano según unos estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales.

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Suele consistir en un *stripping* de los compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. En algunas zonas se construían y construyen cisternas que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y sin luz, la que favorecería el desarrollo de algas.

En Europa se calcula con un gasto medio por habitante de entre 150 y 200 litros de agua potable al día aunque se consumen como bebida tan sólo entre 2 y 3 litros. En muchos países el agua potable es un bien cada vez más escaso y se teme que puedan generarse conflictos bélicos por la posesión de sus fuentes.

De acuerdo con datos suministrados por el Banco Mundial, el 45% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable. En otras fuentes se habla de mil millones de personas sin acceso al servicio, en tanto dos mil quinientos millones no cuentan con servicio de purificación. En los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo.

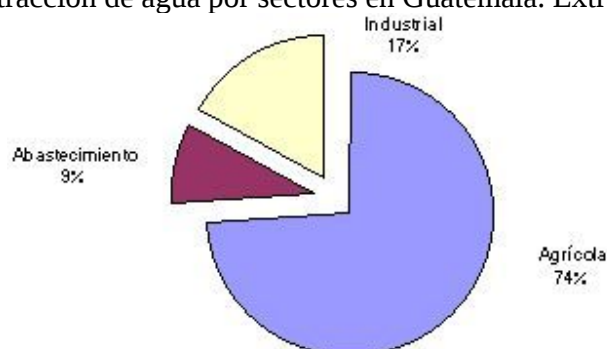
ANTECEDENTES

En Guatemala los servicios de agua potable se abastecen de aguas superficiales en un 70 por ciento para las áreas urbanas y 90 por ciento para el área rural, los porcentajes restantes son cubiertos con agua subterránea. De las 329 municipalidades existentes en el país, 66 por ciento utilizan sistemas por gravedad, 19 por ciento con bombeo y 15 por ciento usan sistemas mixtos. El pronóstico de la demanda de agua potable (urbana y rural) para el año 2010 alcanzaría un total de 835 millones de m³/año, que en términos globales apenas representa el 1 por ciento del caudal superficial territorial.

En algunas zonas del país, sin embargo, se tienen marcadas deficiencias hídricas, en especial para el abastecimiento de agua potable de los principales centros urbanos, hecho que motiva conflictos de uso con el riego en las regiones del altiplano, y en las áreas costeras entre los grandes y pequeños usuarios del riego que utilizan una misma fuente.

Ninguna entidad es responsable del control y seguimiento de la calidad de las aguas nacionales por lo que no se dispone de datos precisos sobre niveles y tipos de contaminación, tampoco se realiza un seguimiento del impacto ambiental ni se controla la contaminación originada por los agroquímicos utilizados en agricultura. Las aguas residuales de las zonas urbanas en su mayoría no son tratadas. De las 329 municipalidades del interior, sólo 15 aplican tratamiento, mientras que los restantes descargan sus efluentes sin ningún tratamiento. Aguas abajo de los principales centros urbanos, en especial la ciudad Capital (Cuencas del Río Las Vacas y Lago de Amatitlán), existen altos niveles de contaminación biológica y química aún no cuantificada. De las diez principales causas de morbilidad en el país, el 50 por ciento son enfermedades relacionadas con el agua.

Figura 1. Extracción de agua por sectores en Guatemala. Extracción en 2004



Fuente: Censo Nacional de Recursos Hídricos 2005

El suministro de agua para consumo humano debe garantizarse tanto en cantidad como en calidad, de acuerdo con las necesidades de cada población.

Las aguas procedentes de los ríos, necesitan un tratamiento complejo y caro antes de ser suministradas a los consumidores, debido a que las precipitaciones traen cantidades apreciables de materia sólida a la tierra como el polvo, polen, bacterias, esporas, e incluso, organismos mayores.

Las emisiones domésticas e industriales también incorporan materiales a la atmósfera, los cuales son almacenados en las nubes y posteriormente son devueltos a la tierra en las precipitaciones. Éstos incluyen una gran cantidad de productos químicos como disolventes orgánicos y óxidos de nitrógeno y azufre, los cuales causan la lluvia ácida.

La cantidad y tipo de las impurezas en las precipitaciones varían con la localización y la época del año, y pueden afectar tanto a ríos como a lagos. El uso de la tierra, incluyendo la urbanización y la industrialización, afectan significativamente la calidad del agua, siendo la agricultura la que produce un efecto más profundo en los recursos debido a la naturaleza dispersa y extensa de la misma. La complejidad y el costo del tratamiento se incrementan al mismo tiempo que la calidad del agua del río se deteriora.

Como en los ríos desaguan grandes superficies de terrenos, la contaminación es inevitable. Todos los vertidos depositados o productos químicos utilizados en una cuenca de captación, finalmente se dirigirán hacia el río, además que después del suministro el agua es devuelta al río como un efluente de aguas residuales tratadas y puede perfectamente ser captada de nuevo aguas abajo, de forma que se deben extremar las precauciones para asegurar que la calidad del agua esté protegida y se controle continuamente.

También, la calidad de muchos ríos se ha deteriorado a través de nuestra explotación como portadores de efluentes de aguas residuales.

Por lo tanto, el objetivo de la potabilización será garantizar al consumidor que el tipo de agua captada, alcanzará la calidad indicada en la legislación para un determinado uso.

Debido a esto es que es de suma importancia realizar un tratamiento de potabilización al agua antes del consumo humano para evitar que sea una fuente de contaminación. El presente artículo dará una guía para el tratamiento del agua para su potabilización.

TIPOS DE TRATAMIENTO

Los tratamientos para potabilizar el agua, se pueden clasificar de acuerdo con:

- Los componentes o impurezas a eliminar.
- Parámetros de calidad
- Grados de tratamientos de agua

En tal sentido, se puede realizar una lista de procesos unitarios necesarios para la potabilización del agua en función de sus componentes. De esta forma, la clasificación sería la siguiente:

Tabla 1. Procesos unitarios posibles a llevar a cabo en función de los contaminantes presentes.

TIPO DE CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA
Sólidos gruesos	Desbaste
Partículas coloidales	Coagulación+Floculación+Decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia Orgánica	Afino con Carbón Activo
Amoniaco	Cloración al Breakpoint
Gérmenes Patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe, Mn)	Precipitación por Oxidación
Sólidos disueltos (Cl ⁻ , Na ⁺ , K ⁺)	Ósmosis Inversa

Fuente: Calidad y tratamiento del Agua, 2002. American Water Works Association

PARÁMETROS DE CALIDAD

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas, según el grado de tratamiento que deben incluir para su potabilización, en los 3 grupos siguientes:

- TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección
- TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección
- TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección

Según la normativa europea del año 1988, los tipos de agua se definen por los siguientes parámetros:

Tabla 2. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	-	(6.5-8.5)	(5.5-9)	(5.5-9)
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en Suspensión	mg/l	(25)	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20 C	S/cm	(1000)	(1000)	(1000)
Detergentes	Lauril Sulfato	0.2	0.2	0.5
Plaguicidas Totales	mg/l	.001	.0025	.005
DQO	mg/l O ₂	-	-	30
Oxígeno disuelto	% Saturación	70	50	30
DBO ₅	mg/l O ₂	3	5	7
Coliformes totales 37 C	100 ml	50	5000	50000
Coliformes fecales	100 ml	20	2000	20000

Fuente: European Community environment legislation. Normativa 98/83. Calidad del Agua 2000.

Los procesos unitarios que corresponde cada grado de tratamiento serán los siguientes:

Tabla 3. Procesos unitarios referidos a cada grado de tratamiento

GRADO DE TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN DEL TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
TIPO A1	Tratamiento Físico simple + Desinfección	Filtración rápida + Desinfección
TIPO A2	Tratamiento Físico normal + Tratamiento Químico + Desinfección	Precloración + Coagulación / Floculación + Decantación + Filtración + Desinfección
TIPO A3	Tratamiento Físico y Químico intensos + Afino + Desinfección	Cloración al Breakpoint + Coagulación / Floculación + Decantación + Filtración + Afino con Carbón Activo + Desinfección

Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.

Debido a que hay tres grados de tratamiento, procederé a explicar las operaciones unitarias del más completo de ellos

Cloración al Breakpoint: La adición de cloro en el punto inicial tiene dos funciones: desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades contribuimos a eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras. También reducimos sabores existentes antes de la cloración y la función que más nos interesa que es la reducción del crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua. Esto se consigue añadiendo cloro hasta conseguir cloro residual libre en el agua (Breakpoint) normalmente se busca 0.5 ppm de cloro libre. El cloro se puede adicionar en forma de cloro líquido, solución de hipoclorito de sodio o tabletas de hipoclorito de calcio.

Coagulación-Floculación: Las impurezas se encuentran en el agua superficial como materia en suspensión y materia coloidal. Las especies coloidales incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos. La eliminación de una gran proporción de estas impurezas la llevamos a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo tanto, se requeriría invertir mucho tiempo para remover los sólidos suspendidos, por lo que es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en cualquier proceso o combinación de procesos, cuyo propósito es reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido.

La coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del flóculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.

Figura 2. Clarificador Horizontal



Fuente: Manual Tratamiento de Agua Ecolab.

Figura 3. Ejemplo de coagulación – floculación del agua



Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.

Entre los floculantes más usados se tienen: Sulfato de Aluminio, Polielectrolitos, Cloruro férrico, Sulfato ferroso y férrico.

En la actualidad los polielectrolitos son los más utilizados debido a su menor impacto ambiental y a la calidad del floculo que producen. Para poder determinar la cantidad de producto a agregar al agua se tiene que hacer un ensayo conocido como “Jar Test” o Test de Jarras con el agua a tratar. Este test mide básicamente el efecto de las diferentes combinaciones de dosis de coagulante y PH.

Figura 4. Ejemplo de Test Jar



Fuente: Microbiology for drinking water personnel: American Water Works 2006.

Decantación: Podemos definir a la decantación como el proceso de separación de un líquido de sólidos o de un líquido de mayor densidad mediante el trasiego de la capa superior después de que la materia más pesada ha sedimentado.

En el caso de la decantación en aguas para tratamiento la unidad de decantación será la que permitirá la eliminación por sedimentación de los sólidos en suspensión presentes. Estas unidades pueden clasificarse de acuerdo con la dirección predominante del flujo de líquido desde la entrada a la salida, en decantadores de flujo horizontal y decantadores de flujo vertical.

Decantadores de flujo horizontal: Son los más utilizados a nivel purificación de aguas, la distribución de caudales en tanques rectangulares, se produce por un extremo, existiendo pantallas reflectoras, y atraviesa la longitud del tanque hasta los vertederos de evacuación
Decantadores de flujo vertical: Se suelen utilizar únicamente en aplicaciones de floculación decantación.

Filtración: Una vez que se ha decantado el agua para terminar el proceso de clarificación, se hace pasar por una etapa de filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte. Aunque también existen otros tipos de lechos como membranas filtrantes que pueden ser de plástico o de metal.

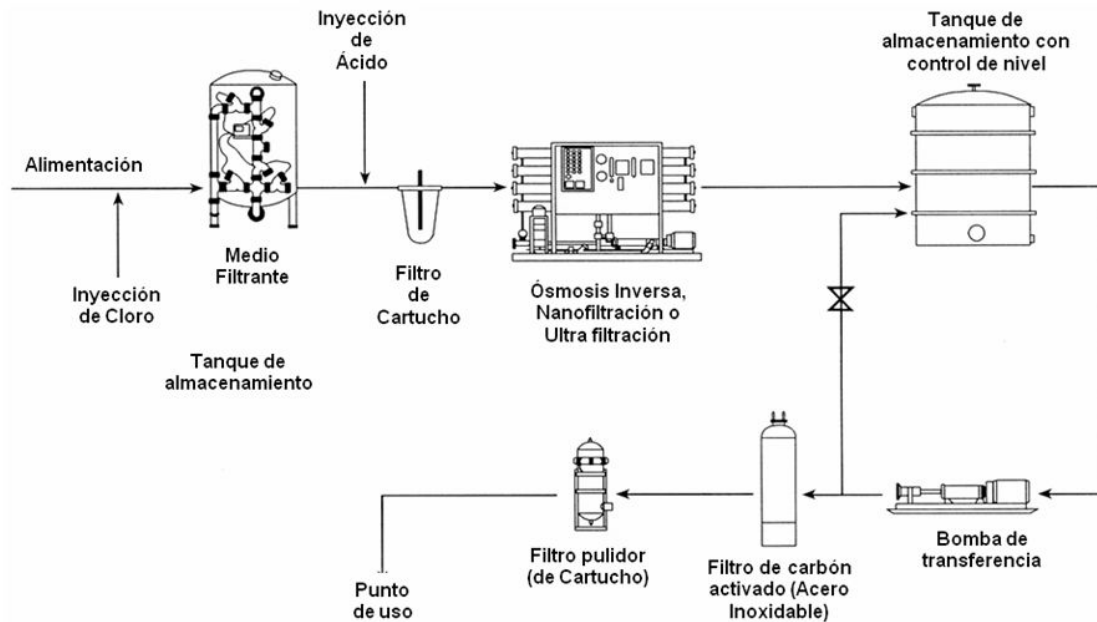
Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante.

Los filtros más utilizados en potabilización de agua son los filtros rápidos en los que el agua ha sido pasada previamente por un proceso de coagulación-floculación.

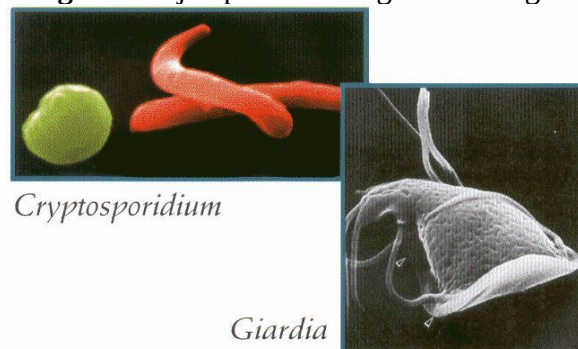
Afino con Carbón Activo: Una vez que el agua ha sido clarificada, pasa a la adsorción sobre carbón activo, que permitirá la disminución de la materia orgánica, color, olor y sabor presente, por separación, al quedar retenidas en la superficie del adsorbente. El adsorbente utilizado es carbón activo en forma granular que se sitúa formando un lecho fijo en una columna de tratamiento, a través del cual pasa el agua. El Carbón Activo puede fabricarse a partir de todo tipo de material carbonoso, o bien, a partir de cualquier carbón mineral no grafitico. Pero, hay que recordar que cada materia prima brinda características y calidades distintas.

Una de las principales razones de la aplicación del Carbón Activo es la de cloración o eliminación de cloro libre del agua. También se puede utilizar para controlar olor y sabor, el crecimiento biológico o eliminar amoníaco.

Desinfección: La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potables siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, ésta es la única etapa del proceso. Hay tres tipos básicos de desinfección: Tratamientos físicos, tratamientos químicos y radiación.

Figura 5. Instalación Típica de Tratamiento de Agua en una planta de Bebidas

Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association.2007

Figura 5. Ejemplos de Patógenos del Agua

Fuente: Microbiology for drinking water personnel: American Water Works Association.2006.

Tratamientos físicos: Son los menos utilizados, Dentro de este tipo de tratamientos se puede incluir la aplicación de calor pero además de ser costoso, deja mal sabor ya que elimina el oxígeno disuelto y las sales presentes en el agua. Otro de los procesos que se utilizan es el dejar pasar el tiempo, para que los gérmenes fecales disminuyan su concentración al ser el agua retenida en ambiente hostil.

Tratamientos químicos: Los agentes químicos desinfectantes más utilizados son el cloro, el dióxido de cloro y el ozono. Dentro de los que tenemos que el cloro en su forma gaseosa

o como Hipoclorito de Sodio o Calcio es el más usado. La aceptación del cloro es debida a 3 factores:

Su capacidad de oxidar sustancias inorgánicas (hierro, manganeso, nitritos, etc) que causan mal sabor, corrosión y deterioro en las líneas de transmisión del agua.

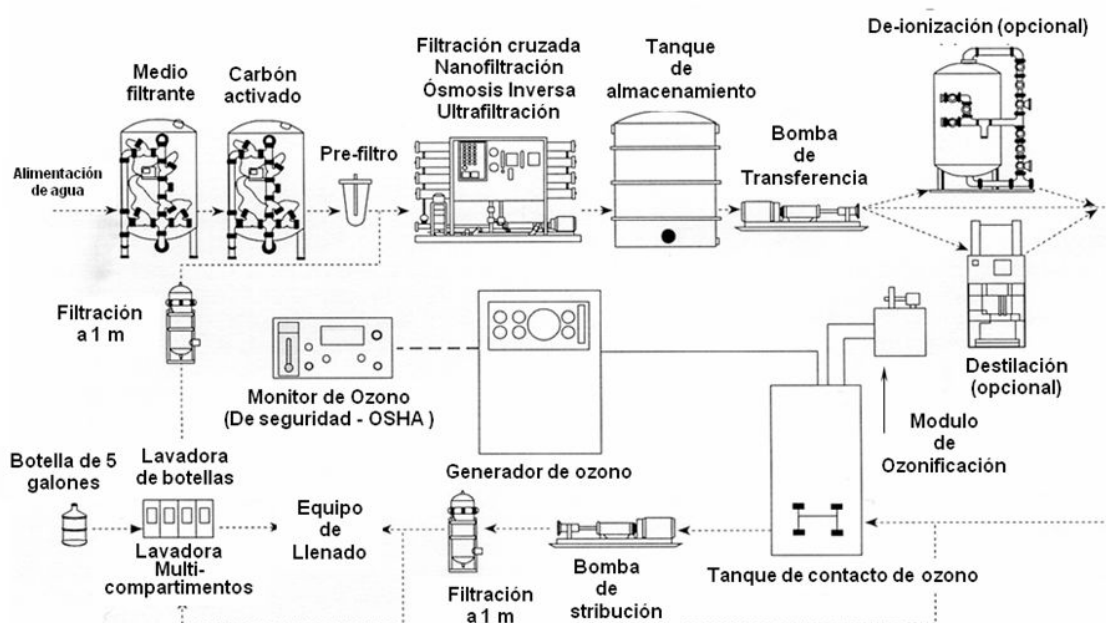
La acción microbicida del cloro como algicida, bactericida y en menor medida virucida. Y la capacidad de mejorar los procesos de coagulación y floculación, ya que favorece la formación de flóculos.

Adicionalmente a las ventajas anteriores su uso es de bajo costo y es bastante seguro. El equipo que requiere para su dosificación no es sofisticado ni complejo.

El Dioxido de Cloro (ClO_2) es un gas relativamente inestable que se obtiene a partir de la mezcla de cloro con clorito sódico. Es relativamente inestable por lo que normalmente se genera en el lugar de aplicación. Una de sus ventajas es que no se ve afectado por el pH e incluso aumenta su potencialidad frente a amebas y enteovirus.

El Ozono constituye la tercera alternativa tras el cloro y el dióxido de cloro. La aplicación de ozono también requiere de aplicación in situ debido a su inestabilidad.

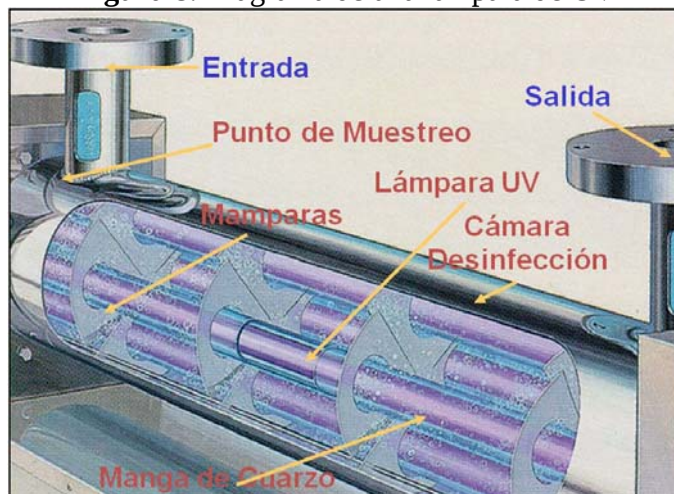
Figura 7. Instalación de típica de una planta purificadora de agua



Fuente: Calidad y tratamiento del agua: American Water Works Association. 1era Edición. 2007.

Radiación: Hay varias formas que pueden desempeñar un papel desinfectante. Las radiaciones más útiles son UV, los rayos X y los rayos γ . La radiación que más se utiliza es la UV debido a su costo, un inconveniente que tiene este tratamiento es su baja eficacia frente a la turbidez del agua.

Figura 8. Diagrama de una lámpara de UV



Fuente: Catalogo de productos UV Trojan 2005

CONCLUSIONES

El acceso a agua y saneamiento básico en Guatemala es insuficiente y además su calidad es inadecuada. Eso resulta en impactos negativos en la salud pública. Por años se ha dicho que la capacidad financiera limitada de los organismos encargados de proveer estos servicios y la institucionalidad débil del sector son factores que limitan las posibilidades de mejorar el acceso y la calidad de agua potable y saneamiento en el país. Después de haber revisado aproximadamente tratamientos de agua en unos 20 municipios del país creo que esto se desvirtúa en la mayoría de los casos un tratamiento de agua no está fuera del alcance de estas instituciones, lo que si sucede es que el desconocimiento ha llevado a muchas municipalidades, etc. a inversiones de equipo y tratamientos que no son los adecuados y terminan siendo obsoletas o no funcionales, por lo que una de las motivaciones al escribir este artículo fue hacer un resumen de un tratamiento breve y funcional de potabilización de agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.** (2002). Calidad y tratamiento del agua. 1era Edición. Editorial McGraw-Hill. España.

2. **EUROPEAN COMMUNITY ENVIRONMENT LEGISLATION** (1992). Calidad del agua (7 volúmenes). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
3. **HILL, DENNIS.** (2006). Microbiology for drinking water personnel: American Water Works Association. (Editorial AWWA. Estados Unidos.
4. **LÓPEZ FIGUEROA, PEDRO.** (1997). El agua: Tecnología de su distribución y uso. 1era Edición. Promotora General de Estudios, S.A. España.
5. **MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUA.** (2007). Unidad Potabilización de Agua. Formaselect. España. Consultado en: www.formaselect.com
6. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** (1992). Our Planet, Our Health: report of the WHO Commission on Health and Environment. Ginebra.
7. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** (1994). Guidelines for drinking-water quality. 2a edición. Vol. 1-2. Recommendations. Ginebra.
8. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** (1994). Operation and maintenance of urban water supply and sanitation systems. A guide for managers. Ginebra.
9. **PIZZI, NICHOLAS G.** (2007). Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. Editorial AWWA. Estados Unidos.
10. **STANNERS, D. Y BOURDEAU, P. EDITORES** (1995). The Dobbris assessment. Europe's environment. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.

ROMERO GARCÍA, MYNOR

Ingeniero Químico Industrial graduado de la Universidad Rafael Landívar. Master en Mercadeo de la Universidad Mesoamericana de Guatemala. Experto en Contaminación de Aguas, Suelos y Residuos de FORMASELECT, España. Gerente de Territorio de la Empresa ECOLAB de la División Food and Beverage and Water Care Treatment. Docente universitario de la Universidad Landívar, imparte diversos cursos para las Facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas y Empresariales, especialmente en el área de mercadeo y empresarialidad.