

T.O
63
00647

DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN SANTA FE DE BOGOTA

ANDREA JIMENA ORTIZ MAHECHA	COD. 941044
SANDRA PATRICIA MELO ENCISO	COD. 932010
MARIA MARCELA PERDOMO	COD. 932081

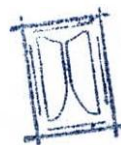
Director
JORGE GRACIANO
Ingeniero Civil Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

JOHN CARLOS S.
Director de comunicaciones Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Asesor Metodológico
DRA. ELBA MARIA BERMUDEZ O.
Odontóloga Maestría en Administración de Salud

COLEGIO UNIVERSITARIO COLOMBIANO
COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO
SANTAFE DE BOGOTA, D.C.

1998



COLEGIO UNIVERSITARIO COLOMBIANO
BIBLIOTECA SEDE NORTE

DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN SANTAFE DE BOGOTA

ANDREA JIMENA ORTIZ MAHECHA	COD. 941044
SANDRA PATRICIA MELO ENCISO	COD. 932010
MARIA MARCELA PERDOMO	COD. 932085

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Odontóloga

Director
JORGE GRACIANO
Ingeniero Civil Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

JOHN CARLOS S.
Director de Comunicaciones Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Asesor Metodológico
DRA. ELBA MARIA BERMUDEZ O.
Odontóloga Maestría en Administración de Salud

COLEGIO UNIVERSITARIO COLOMBIANO
COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO
SANTAFE DE BOGOTA, D.C.

1.998



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) al doctor Jorge Graciano del departamento de Ingeniería, a la empresa publicitaria Comunicaciones Activas, al doctor John Carlos, al Laboratorio químico farmacéutico Dauher, al señor Fernando Liévano por su amplia colaboración en la elaboración de nuestra tesis y especialmente a la doctora Elba María Bermúdez por su gran esmero y colaboración en la elaboración de esta tesis.

CONTENIDO

	Pàg.
INTRODUCCION	7
1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACION	9
1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 General	9
1.2.2 Específicos	10
1.3 PROPOSITO	10
1.4 JUSTIFICACION	10
1.5 MARCO	11
1.5.1 Composición y fuentes de agua en la naturaleza	11
1.5.2 Características físicas del agua de interés sanitario	13
1.5.3 Características químicas del agua	18
1.5.4 Abastecimiento y procesos de potabilización de las aguas	29
1.5.5 Aspectos biológicos	40
1.5.6 Calidad virológica del agua potable	42
1.5.7 Componentes inorgánicos que afectan la salud	42
2. METODO	51
2.1 TIPO DE ESTUDIO	51
2.2 POBLACION	51

2.3 VARIABLES	51
2.4 MATERIALES Y METODOS	52
3. RESULTADOS	53
3.1 DISCUSION Y ANALISIS	54
4. CONCLUSIONES	54
5. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFIA	57

INTRODUCCION

El agua es un recurso renovable pero no ilimitado. Sin embargo, el uso incontrolado que hemos hecho de él nos ha llevado a la situación de crisis actual, en la que la escasez y las inadecuadas condiciones sanitarias son características permanentes de todos los municipios del país.

A medida que el hombre pasaba de la vida nómada a la sedentaria, fue fijando su vivienda en los lugares donde tenía la posibilidad de disponer de agua, por eso las primeras poblaciones de las que se tiene conocimiento se asentaron en las orillas de ríos y lagos.

En el planeta disponemos del agua para diversas actividades: alimentación, agricultura, recreación, industria.

Como podemos apreciar, el agua no solo reviste interés sanitario por ser necesaria en cantidad suficiente para mantener la vida y para crear y practicar hábitos higiénicos, sino también presenta interés económico por su empleo en diferentes actividades industriales y recreativas. Por consiguiente, es indispensable que reúna una serie de condiciones de calidad, de lo contrario, se constituye en vehículo de propagación de enfermedades que en muchas ocasiones causan la muerte.

Es por esto que los tecnólogos en Saneamiento Ambiental y en Gestión de Servicios Públicos Sanitarios, tiene como función, velar por el suministro de agua a las comunidades, en condiciones adecuadas de cantidad y calidad para garantizar su consumo sin presentar riesgos.



DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN SANTAFE DE BOGOTA

Describiremos el tratamiento del agua para consumo humano en Santa Fe de Bogotá.

1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Nuestra investigación nace al evaluar la calidad del agua potable y comprobar que los componentes de esta pueden afectar su apariencia, olor y sabor, logrando un gran objetivo que es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes del agua que puedan representar un riesgo para la salud y el bienestar de la comunidad.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Describir el tratamiento del agua para consumo humano en Santa fe de Bogotá.

1.2.2 Específicos

- Identificar cuál es la composición del agua disponible en la naturaleza, sus principales fuentes y características.
- Analizar las características químicas del agua que revisten interés sanitario y emplear correctamente las unidades utilizadas para su determinación y control.
- Emplear los resultados de análisis químicos de muestras de agua tenidos en el laboratorio, para determinar la calidad de las mismas.
- Revisar las etapas y procesos que constituyen un sistema de abastecimiento y potabilización del agua, desde la fuente hasta el consumidor.
- Identificar las principales formas de abastecimiento de agua y revisar los procesos involucrados en la potabilización de las mismas.

1.3 PROPOSITO

Dar a conocer al odontólogo el ciclo del tratamiento del agua para consumo humano, al igual que su composición y fuentes, características físicas de interés sanitario, características químicas, abastecimiento y procesos de potabilización.

1.4 JUSTIFICACION

Este trabajo es realizado con el fin que los odontólogos y en general todo el personal que preste servicios de salud, se concientice de la importancia que tiene el agua en nuestros medios de trabajo, ya que éstos no tienen conocimiento del tratamiento que se le realiza al igual que la forma de abastecer nuestros consultorios o medios de trabajo con ésta.

1.5 MARCO TEORICO

1.5.1 Composición y fuentes de agua en la naturaleza

1.5.1.1 Composición del agua

Lavoiser fue el primero en reconocer que el agua es un compuesto de dos elementos : Hidrógeno y Oxígeno.

1.5.1.1.1 Características del agua

Fórmula : H_2O

Peso molecular : 18.016 gramos

Densidad a 45° : 0.955 kg/dm³

Calor másico : 4.180 Joules. Seg. °C.



1.5.1.2 Fuentes de agua disponibles en la naturaleza

En la naturaleza encontramos disponibles varias fuentes de agua que se pueden emplear para consumo humano, con tratamiento o sin él, conforme a las necesidades y características locales.

Debemos tener en cuenta que el agua tal como se encuentra en la naturaleza, muy raras veces es empleada para el consumo humano porque no es lo suficientemente pura, debido a que recoge múltiples impurezas a su paso por el suelo, por la superficie de la tierra e incluso a través del aire. Las aguas naturales que forman parte de un ciclo continuo, conocido como ciclo hidrológico, pueden encontrarse disponibles como:

1.5.1.2 .1 Agua Atmosférica

La encontramos en forma de vapor de agua, como líquido suspendido, nieve o granizo. Retorna a la atmósfera por evaporación de la vegetación, de la superficie del suelo, del agua (ríos, lagos océanos) mientras se precipita, o por transpiración de los vegetales.

Lo utilizamos como agua para consumo humano en las zonas tropicales, bien sea en viviendas aisladas o en pequeñas concentraciones, captada directamente de los techos de las casas y almacenada en recipientes o cisternas.

1.5.1.2.2 Agua Superficial

Esta agua por acción de la gravedad, se desplaza hasta alcanzar las grandes masas de agua: lagos, mares, océanos. Son originadas por las lluvias, derretimientos de hielo y nieves o afloramiento de agua subterránea. Están sujetas a contaminación por acción del hombre, y pueden transformarse en ciertos casos en nocivas o inapropiadas para el consumo humano u otros usos.

1.5.1.2.3 Agua Subterránea

Es el agua de las precipitaciones o de los cursos y la que penetra a través de las porosidades de las partículas que constituyen el suelo, mediante el proceso denominado infiltración.

1.5.1.2.4 Agua de Mar

En pequeña cantidad es incolora, en grandes masas toma coloración acentuada por los animales y plantas acuáticas que la pueblan.

Entre las principales sustancias constituyentes del agua de mar se encuentran los cloruros y sulfatos de sodio, magnesio, calcio, potasio, carbonatos y bicarbonatos, bromo, flúor y otros en menor proporción. Este tipo de agua está sujeta a contaminación por derrames de petróleo, descargas de aguas municipales e industriales, basuras y desechos de la actividad pesquera, entre otros.

1.5.2 Características Físicas del Agua de Interés Sanitario

1.5.2.1 Tipos de Agua

1.5.2.1.1 Agua Cruda : Es aquella que no ha recibido tratamiento alguno.

1.5.2.1.2 Agua Tratada : Es el agua que después de captada se somete a algún tipo de tratamiento para eliminarle o suministrarle alguna sustancia, material o elemento que la haga más aceptable.

1.5.2.1.3 Agua Potable : Es el agua cruda o tratada, considerada para el consumo.

1.5.2.2 Principales Características Físicas del Agua

1.5.2.2.1 Turbiedad : Se presenta cuando el agua contiene tal cantidad de materia en suspensión que le da apariencia de fangosa o sucia.

1.5.2.2.1.1 Causas de la turbiedad

1.5.2.2.1.1.1 Turbiedad Temporal o inestable : Es aquella que está presente en una muestra de agua agitada y desaparece por reposo, se sedimenta en un tiempo determinado.

1.5.2.2.1.1.2 Turbiedad Permanente : No sedimenta por reposo, es decir, no se asienta con el agua quieta.

1.5.2.2.1.2 Significado de la turbiedad en el agua

1.5.2.2.1.2.1 Economía : Las aguas muy turbias pueden ocasionar sobrecargas en algunas estructuras de las plantas de tratamiento, principalmente en los sedimentadores y filtros y destruir las estructuras porque el material que transportan puede causar abrasión.

1.5.2.2.1.2.2 Estética : Un agua turbia, aunque no representa peligro para el consumidor es rechazada porque la gente la asocia con aguas residuales.

1.5.2.2.1.2.3 Operatividad : El material particulado puede llegar a obstruir las tuberías y dificultar algunos procesos como el ablandamiento del agua a través del intercambio iónico.

1.5.2.2.1.2.4 Desinfección : En un agua turbia esta operación se dificulta porque las partículas impiden el contacto entre el desinfectante y los organismos que aquel debe destruir.

1.5.2.2.2 Color de las aguas

El color de las aguas se debe exclusivamente a las sustancias que se encuentran en solución y puede ser verdadero o aparente. El color verdadero se debe a las sustancias en solución y el aparente se debe a las sustancias en suspensión y en solución.

El color de las aguas puede ser de origen mineral o vegetal y el más común lo constituyen algunos compuestos orgánicos complejos formados por la descomposición de la materia orgánica vegetal.

El color de las aguas se elimina en la mayoría de los casos por los procesos de precipitación química, coagulación, sedimentación y filtración. Otros métodos incluyen la oxidación mediante oxidantes fuertes como el cloro y el ozono, el blanqueo por la luz solar en depósitos abiertos y absorción por carbón activado.

1.5.2.2.3 Temperatura

La temperatura del agua desempeña un papel importante en el ciclo hidrológico y en ciertos procesos de tratamiento, sin embargo, no es posible, por razones obvias, (manejo de grandes volúmenes), modificar la temperatura del agua de abastecimiento para hacerla más agradable a los consumidores.

Unas de las mayores implicaciones de los cambios de temperatura en el agua es que la máxima densidad de agua se tiene a la temperatura de 4°C. Si continúa bajando, el volumen de agua se incrementa hasta que se solidifica (0°C).

En este caso aumenta sensiblemente el volumen y como sigue siendo la misma masa, al aumentar el denominador, la densidad disminuye.

1.5.2.2.4 Olores y sabores en el agua

El agua pura es completamente inodora e insípida. Sin embargo, algunas aguas naturales pueden presentar ciertos olores originados por sustancias extrañas adquiridas.

Olor : Es la impresión producida en el olfato por sustancias volátiles contenidas en el agua.

Sabor : Es la esencia gustativa que producen las sustancias contenidas en el agua.

1.5.2.2.4.1 Origen del olor y sabor de las aguas

Los sabores del agua se dividen en dos clases: los de origen natural y los que son producto de la actividad humana. Dentro de los primeros encontramos las algas los hongos y las hojas de vegetación que se pudren dentro del agua, y de los segundos, las aguas de cloaca y los desechos industriales.

Entre las causas naturales de sabores y olores en el agua las algas pueden considerarse como las principales, aunque algunas producen sabores y olores desagradables.

Los crecimientos bacterianos imparten también sabores y olores al agua, mediante los productos de desecho de su propio metabolismo por la transformación de algunas sustancias inorgánicas. Los gases olorosos pueden provenir de sulfatos o de sustancias orgánicas como las proteínas. Los desechos industriales causan con menos frecuencia olores y sabores pero cuando los provocan, crean condiciones molestas y a veces graves.

Entre los desechos industriales que causan olores al agua están los de plantas químicas orgánicas (tintes, medicinas, plásticos,) refinerías de petróleo, fábricas de conserva, lecherías, curtiembres, plantas de plástico y fábricas de pulpa de papel entre otros.

1.5.2.2.4.2 Determinación de olores y sabores en el agua

Los compuestos que causan los olores y sabores en el agua son tan variados y se encuentran presentes en tan pequeñas concentraciones que desafían cualquier tipo de análisis.

El método práctico del cual disponen algunas plantas de potabilización de agua para la medición de la concentración de olor es la “prueba del umbral de olor”, el cual es medido por un operador debidamente entrenado que huele las muestras de agua olorosa, diluidas en varias porciones de agua sin olor.

1.5.2.2.4.3 Cuantificación del olor

La prueba empleada para la cuantificación del olor consiste en la comparación de varias diluciones de una muestra olorosa. La concentración mínima se alcanza cuando el olor del agua olorosa diluida se descubre por última vez en las diluciones aumentadas, y el número se expresa cuantitativamente por número de olor incipiente, llamado también “número de umbral de olor”, el cual representa el número de veces que la muestra con olor tiene que diluirse en agua inodora para reducir su olor al mínimo perceptible.

1.5.2.2.4.4 Cuantificación del sabor

Se cuantifica por medio de la relación entre el volumen total de la muestra diluida y el volumen de la muestra original en el momento de la máxima dilución, es decir cuando el sabor deja de percibirse.

1.5.2.2.4.5 Inconvenientes de los olores y los sabores

1.5.2.2.4.5.1 La presencia de olores y sabores en las aguas son motivo de rechazo. En la mayoría de los casos éstas aguas no son completamente seguras desde el punto de vista sanitario.

1.5.2.2.4.5.2 Las fábricas de productos alimenticios, farmacéuticas y de bebidas requieren de aguas exentas de olores y sabores para la preparación de las mismas.

1.5.2.2.4.5.3 Las concentraciones muy bajas, especialmente de compuestos fenólicos, afectan el sabor de la carne de los peces y sus mezclas, aún más.

1.5.2.2.4.6 Eliminación de olores y sabores de las aguas:

Existen dos sistemas para la eliminación de los olores y sabores de las aguas:

1.5.2.2.4.6.1 Destrucción de los productos causantes: Se basan en la oxidación de las sustancias rosas y sápidas a formas inodoras e inocuas. Se utilizan para este propósito agentes oxidantes tales como el cloro, dióxido de cloro, ozono y permanganato potásico. Entre más fuerte sea el agente oxidante más segura es la destrucción de las sustancias que deseamos que desaparezcan.

1.5.2.2.4.6.1.1 Cloración: Usada principalmente para propósitos de desinfección. Además de ser un fuerte oxidante, el cloro libre también controla el crecimiento de algas y microorganismos causantes de olores y sabores.

1.5.2.2.4.6.1.2 Dióxido de cloro: Este compuesto es más activo químicamente que el cloro, oxida las sustancias causantes del olor a una velocidad mayor. Se usa con éxito en la destrucción de clorofenoles y otros productos olorosos.

1.5.2.2.4.6.1.3 Permanganato de potasio: Oxida el hierro y el manganeso soluble, convirtiéndolos en óxidos insolubles.

1.5.2.2.4.6.2 Remoción de los productos causantes

1.5.2.2.4.6.2.1 Aireación: Consiste en aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire, en aquellas aguas naturales cuya falta de oxígeno es tal que afecta el sabor. La aireación mejora el sabor producido por la falta de oxígeno, reduce la cantidad de gas carbónico libre y quita en gran parte el sabor de hidrógeno, causante del mal olor. Oxida el hierro y el manganeso soluble convirtiéndolos en óxidos insolubles.

1.5.2.2.4.6.2.2 Filtración: Se utiliza cuando los problemas de olores y sabores se deben a microorganismos. Es más eficaz que la aireación sola, pero la combinación se puede utilizar porque la aireación ayuda a las medidas correctivas.

1.5.2.2.4.6.2.3 Coagulación y Floculación: Son dos etapas importantes en la operación total de una planta de tratamiento. Facilitan la sedimentación de sólidos suspendidos y de materia coloidal mediante la adición de agentes químicos que aglomeran el material presente en el agua (floculación) que luego sedimentan. En este sedimento se remueve gran parte del material causante de olores y sabores.

1.5.2.2.4.6.2.4 Tratamiento con carbón activado: Es uno de los medios más empleados para el control de los olores y sabores. La activación del carbón activado da a su superficie la facultad de atraer y retener las sustancias olorosas en el agua.

El fenómeno de concentrar algunas sustancias en superficies expuestas se llama ADSORCIÓN. Aunque se han utilizado muchos medios de adsorción, poco se sabe de su naturaleza básica. Donde más se demuestra su acción es quizá, en el teñido de las telas. La adsorción se confunde frecuentemente con la absorción que ocurre cuando un material absorbe agua. La diferencia esencial es que en el proceso de teñido si ocurriese la absorción en lugar de la adsorción la cantidad de líquido tintóreo se reduciría y no se alteraría el color.

1.5.3 Características Químicas del Agua

1.5.3.1 Solubilidad de sólidos

La solubilidad de un sólido en un líquido se define como la máxima masa de soluto que puede existir en una masa dada de solvente. Al hablar de sólidos disueltos en el agua nos

estamos refiriendo a todos aquellos iones presentes en ella que son importantes para el desarrollo de la vida en estos ecosistemas o que son producto de la contaminación de corrientes, bien sea por descarga de aguas residuales domésticas o industriales o como consecuencia de la erosión.

1.5.3.1.1 Material de suspensión y coloides

La presencia de sustancias sólidas en el agua es, sin lugar a dudas uno de los parámetros de mayor importancia tanto para la potabilización como para el tratamiento de aguas residuales. El material sólido presente en el agua puede ocasionar entre otros los siguientes inconvenientes: obstrucción de tuberías o de sistemas de refrigeración, abrasión de bombas o de equipos de medición y desgaste de materiales diversos.

Según la manera como se obtenga en el laboratorio la concentración de los sólidos en el agua, se puede tener una información aproximada de los diferentes productos que constituyen el residuo de la evaporación de las aguas. Algunas técnicas que permiten clasificarlos son:

1.5.3.1.1.1 Residuo total

Son todos aquellos productos presentes en la muestra de agua, disueltos o suspendidos en el momento del análisis y que quedan como residuo después de haber evaporado el agua a una temperatura de 103-105°C. La información obtenida se expresa en miligramos/litro (mg/l).

1.5.3.1.1.2 Residuo sedimentable

Comprende la porción de sólidos suspendidos que se asientan por reposo en un tiempo determinado, casi siempre se reportan en una hora. Es el único residuo que se expresa como relación de volúmenes, ml/l.

1.5.3.1.1.3 Residuo filtrable o no filtrable

Se hace pasar una muestra a través de un filtro, sobre este se retienen las partículas en suspensión y pasan las disueltas, si este residuo se seca y luego se pesa, su peso en miligramos. referido a un litro de la muestra de agua, representa el residuo no filtrable o sólidos en suspensión, en mg/l.

El residuo filtrable puede obtenerse si se mide una porción de líquido y se somete a evaporación a 103-105°C y el peso se refiere a un litro de la muestra, es decir, miligramos del residuo por litro de agua (mg/l).

1.5.3.1.2 Significado de los sólidos en el agua

Este significado puede emplearse para dar un informe aproximado de la procedencia del agua analizada:

1.5.3.1.2.1 Agua lluvias : Recogidas en forma apropiada carecen de sustancias en suspensión, tienen muy pocas en solución y apenas se encontrara en ellas gases que recogen de la atmósfera en su caída.

1.5.3.1.2.2 Aguas de ríos no contaminadas : Presentan materia en suspensión, bajo contenido de materia orgánica, el contenido mineral por lo general es bajo pero puede ser considerable en algunos casos.

1.5.3.1.2.3 Aguas subterráneas : Presentan un alto contenido de material mineral, sólidos filtrables, y casi nulo de sólidos en suspensión.

1.5.3.1.2.4 Aguas superficiales : Tratadas, su contenido mineral no debe ser superior de 500 mg/l, carecen de sólidos en suspensión y de materia orgánica.

1.5.3.1.2.5 Agua de mar : Presentan un alto residuo filtrable fijo y comparativamente escaso residuo no filtrable y volátil.

1.5.3.1.2.6 Aguas residuales e industriales : Su composición es variable, según de donde provengan.

1.5.3.1.2.7 Aguas residuales domésticas : Presentan una cantidad variable de minerales disueltos y mucho material en suspensión y materia orgánica.

1.5.3.1.3 Importancia de la determinación de los residuos

Se emplea no solo para identificar la composición del agua sino también para orientar el tratamiento que ha de darse a las mismas con miras a la potabilización. Las aguas con un alto contenido de residuos son generalmente menos potables y pueden llegar a presentar reacciones fisiológicas desfavorables en el consumidor.

1.5.3.2 Solubilidad de los gases

La solubilidad de los gases en el agua sigue la ley de Henry, la cual dice que la cantidad de un gas que se disuelve es proporcional al coeficiente de solubilidad propio de cada gas.

La solubilidad de un gas en un líquido disminuye generalmente a medida que se eleva la temperatura.

En el agua, los gases más importantes por su participación en reacciones químicas y vida de los organismos son el oxígeno y el dióxido de carbono. El oxígeno se forma como producto de la fotosíntesis y el dióxido de carbono como producto de la respiración y oxidación de la materia orgánica. El oxígeno se distribuye en el agua por circulación de la misma y por difusión. Esta última es muy lenta y como consecuencia de esto en los lagos muy profundos, el oxígeno en el fondo llega a ser casi nulo porque se acaba debido a las actividades de respiración y oxidación de la materia orgánica allí presente.

El dióxido de carbono desempeña funciones más complejas en el agua que el oxígeno. Este gas lleva a cabo una serie de reacciones químicas que cambian la química del agua, pero reversibilidad de las mismas le da al agua la propiedad de mantener un pH más o menos constante.

1.5.3.3 Solubilidad de los líquidos

Por la polaridad de la molécula del agua, la solubilidad de un líquido en el agua depende de la polaridad del líquido considerado, de la naturaleza del cuerpo o de algunos de sus grupos constitutivos.

1.5.3.4 Acidez

La acidez en el agua es la capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte a un pH determinado.

1.5.3.4.1 Fuentes y naturaleza de la acidez

Los ácidos minerales fuertes, las sales hidrolizadas de sulfato de aluminio e hierro, los ácidos débiles como el carbónico y el gas carbónico son parte de la acidez de acuerdo al método de determinación.

El gas carbónico no es un componente normal de las aguas naturales, puede penetrar en las aguas superficiales por absorción de la atmósfera, pero solamente, cuando la presión del gas carbónico en el agua es menor que la presión parcial del gas carbónico en la atmósfera.

Las aguas subterráneas y las profundas de los lagos estratificados y almacenamientos, a menudo contienen cantidades considerables de dióxido de carbono. Estas concentraciones resultan de la oxidación bacteriana de la materia orgánica, con la cual el agua ha tenido contacto, bajo estas condiciones el dióxido de carbono no se encuentra libre para escapar a la atmósfera. El dióxido de carbono es un producto final tanto de la oxidación bacteriana aeróbica, en presencia de oxígeno, como anaeróbica, en ausencia de oxígeno, por lo tanto su concentración no está limitada por la cantidad de oxígeno originalmente presente en el agua.

Tanto el dióxido de carbono y la acidez mineral pueden medirse por medio de soluciones standard de reactivos alcalinos. Los ácidos minerales se miden por titulación hasta un pH cercano a 4.5.

1.5.3.4.2 Medida de la acidez

1.5.3.4.2.1 Método de la titulación

Consiste en agregar gota a gota una sustancia alcalina hasta neutralizar la acidez presente en la muestra.

1.5.3.4.2.2 Indicadores

La determinación exacta de la concentración del ión hidrógeno, o del pH de una solución exigen métodos que no están a nuestro alcance, pero una medida aproximada puede hacerse mediante el empleo de indicadores. Los indicadores son normalmente compuestos orgánicos complejos que poseen un color si la concentración del ión hidrógeno es superior a cierto valor y otro color diferente si la concentración es diferente al valor citado. El pH particular en que se verifica el cambio de color depende del indicador.

1.5.3.5. Alcalinidad

La alcalinidad de un agua es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos. La alcalinidad de las aguas está representada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, o hidróxidos en las aguas naturales, está presente mayormente en forma de bicarbonatos que se forman por acidez del dióxido de carbono sobre materiales del suelo.

En términos generales la alcalinidad es producida por sustancias que dan por ionización directa o por hidrólisis de iones hidroxilo.

La alcalinidad del agua no es una propiedad inherente de ella por sí sola, sino que se deriva directa o indirectamente de algunos de sus solutos acompañantes, igual consideración puede hacerse para la acidez.

El pH 7.0 corresponde a la neutralidad, sin embargo cuando se determina la alcalinidad de las aguas por titulación, en el punto final el pH es igual a 4.5, en consecuencia un agua con un pH de 6.0 tendría alcalinidad titulable.

1.5.3.5.1 Origen y sustancias que ocasionan la alcalinidad en las aguas

La alcalinidad de las aguas es producida por sustancias que por ionización directa o hidrólisis dan iones hidroxilo (OH) , y en las aguas naturales es debida a la presencia de sales de ácidos débiles siendo los bicarbonatos la principal fuente de alcalinidad debido a que se forman en abundancia por la acción del dióxido de carbono presente en el agua, sobre sustancias básicas de los terrenos, como es el caso del carbonato cálcico. Contribuyen en menor proporción sales de ácidos débiles, tales como fosfatos, boratos y silicatos. Ácidos orgánicos pueden presentarse en pequeñas cantidades y son muy resistentes a la oxidación biológica, como el ácido húmico.

1.5.3.5.2 Aplicación de los datos de la alcalinidad

1.5.3.5.2.1 Coagulación química

En las aguas crudas la determinación de la alcalinidad es de mucha importancia ya que la presencia de ésta es necesaria para que al dosificar compuestos de aluminio o hierro se produzca el proceso de floculación. El resultado del análisis permite conocer si la alcalinidad natural es suficiente para reaccionar con el coagulante aplicado o si se hace necesario aumentar adicionando un álcali como cal, para llevarle a proporciones adecuadas, hasta una reacción completa.

1.5.3.5.2.2 Capacidad amortiguadora

La alcalinidad se utiliza para valorar la capacidad amortiguadora de las aguas servidas domésticas e industriales y de lodos.

1.5.3.5.2.3 En las aguas de alcantarilla

Durante la oxidación del agua de alcantarilla hay una disminución de la alcalinidad causada por la oxidación de la materia orgánica a sustancias ácidas, la asimilación del amoníaco por los microorganismos y la oxidación del amoníaco a ácido nítrico.

Las determinaciones de la alcalinidad indican el grado de oxidación de las aguas residuales en un momento dado del tratamiento, teniendo en cuenta que las aguas residuales domésticas tienen un pH de 7.2 y 7.4.

1.5.3.5.2.4 Los desechos alcalinos y las aguas receptoras

Los desechos industriales fuertemente alcalinos modifican en alto grado las condiciones de las fuentes receptoras, alterando en éstas su alcalinidad y sus pH normales.

Esto perjudica la vida acuática y puede inhibir los procesos biológicos en los cuales se fundamenta el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

1.5.3.6 Sustancias que hacen corrosiva el agua

Estas sustancias están relacionadas con la acidez y la alcalinidad del agua.

La corrosión en tuberías metálicas que transportan agua y otras partes metálicas del sistema de distribución se debe a una reacción electroquímica. El agua pura siempre ataca al hierro, ya que, termodinámicamente los dos cuerpos no presentan ningún aspecto común de estabilidad, sin embargo, la cinética del proceso que siempre es electroquímica, es muy diferente según haya o no presencia de oxígeno. A este segundo caso corresponde la corrosión por el hidrógeno.

1.5.3.6.1 Formas de corrosión

1.5.3.6.1.1 Corrosión electroquímica : La de hierro en el agua.

1.5.3.6.1.2 Corrosión galvánica : La acción de la pila eléctrica entre dos metales distintos.

1.5.3.6.1.3 Corrosión electrolítica : Producida por corrientes eléctricas erráticas que pasan de los tubos de conducción de agua a tierra arrastrando metal y causando corrosión externa.

1.5.3.6.2 Factores que influyen en la rapidez de la corrosión

1.5.3.6.2.1 Oxígeno disuelto : Sin oxígeno no hay corrosión

1.5.3.6.2.2 Anhídrido carbónico : Hace que se forme una capa de carbonato en los tubos y acidifique el agua.

1.5.3.6.2.3 Acidos minerales libres : Que disminuyen el pH, los álcalis lo aumentan.

1.5.3.6.2.4 Ciertas sales como el cloruro de aluminio y el cloruro de magnesio que aumentan la corrosión.

1.5.3.6.2.5 Temperatura : Un aumento de ésta aumenta la rapidez de la corrosión.

1.5.3.6.2.6 Rapidez de la corriente de agua : El aumento de la rapidez acelera la corrosión, ya que entran en contacto con el metal mayor cantidad de oxígeno y tras impurezas.

1.5.3.6.3 Manera de impedir la corrosión

1.5.3.6.3.1 El no empleo de tubos metálicos.

1.5.3.6.3.2 Empleo de metales más resistentes a la corrosión.

1.5.3.6.3.3 Empleo de una capa metálica protectora en las tuberías.

1.5.3.6.3.4 Tratar el agua, la saturación con carbonato de calcio, bajo las condiciones reguladas, hace que se deposite una película protectora en el sistema de cañerías.

1.5.3.7 Exceso de hierro y manganeso en el agua

El hierro presente en el agua, en la mayoría de las veces se encuentra en forma de

bicarbonato, y con menos frecuencia en forma de sulfato. El manganeso se presenta en los mismos compuestos que el hierro. Debe tenerse presente que si se presenta manganeso en el agua, es seguro que también exista hierro.

Las cantidades de hierro y manganeso que se presentan en el agua no resultan perjudiciales para la salud del cuerpo humano. El hierro y el manganeso en altas cantidades se debe considerar su tratamiento porque dan color al agua, alteran el sabor y producen manchas.

1.5.3.8 Sustancias que indican contaminación

1.5.3.8.1 Compuestos nitrogenados

El amoníaco (NH_3) y el óxido nitroso (N_2O_3) no son perjudiciales cuando aparecen en el agua en pequeñas cantidades, pero su presencia puede ser un indicio de contaminación fecal, por lo tanto estos compuestos deben estar ausentes del agua potable.

En las aguas profundas, pobres en oxígeno y que contengan hierro, la presencia de óxido nitroso y amoníaco se debe a las condiciones geológicas, en este caso no habrá reparos desde el punto de vista sanitario.

1.5.3.8.2 Cloruros

La determinación de los cloruros no reviste importancia significativa en el control de potabilización de las aguas, si es de importancia cuando se trata de controlar una fuente subterránea que está expuesta a recibir aguas salobres, o cuando se lleva el control de una fuente superficial sujeta a contaminación por aguas residuales.

No existe agua natural que no contenga cloruros. Su presencia puede ser debida a fuentes naturales o derivadas de contaminaciones de fuentes marinas subterráneas, sales regadas en los campos con fines agrícolas, residuos humanos y animales, efluentes de industrias.

1.5.3.8.3 Contaminación por sustancias tóxicas y otras sustancias químicas

Esta contaminación se origina en tipos complejos de afluentes, provenientes de algunas fábricas de productos químicos o industrias petroquímicas (fenoles, insecticidas, cianógenos, metales pesados y radioactivos) y de industrias mineras y de productos químicos inorgánicos.

Pueden ser de tres clases :

1.5.3.8.3.1 Fenoles y derivados

Constituyen un índice de contaminación industrial.

El problema característico de la presencia de fenoles es el sabor a clorofenol que aparece en el agua cuando se añade el cloro, aun en el caso de contenidos extraordinariamente pequeños de estos productos, ya que dependen de otros compuestos orgánicos igualmente presentes. Los derivados fenólicos son biodegradables en distinto grado según su composición. Las dosis máximas encontradas en las aguas de los ríos aunque perceptibles al sabor no son tóxicas.

1.5.3.8.3.2 Hidrocarburos

Los hidrocarburos que pueden contaminar las aguas de superficie o subterráneas proceden principalmente de vertimientos de petróleo o de derivados del petróleo, bien sea por accidentes o por descargas de aguas provenientes de diversas industrias o de fábricas de gas.

Muchos de estos compuestos pueden ser cancerígenos.

1.5.3.8.3.3 Detergentes

Los detergentes son compuestos sintéticos cuya presencia en el agua se debe a vertidos urbanos e industriales. Los productos comerciales incluyen dos constituyentes:

1.5.3.8.4 Plaguicidas

Son los productos utilizados en la lucha contra los organismos que son nocivos para la salud o que atacan los materiales y recursos vegetales o animales necesarios para la alimentación.

Estos pesticidas pueden ser la causa de malos olores y sabores en el agua, tienen una acción directa que se manifiesta por la desaparición del plancton, la reducción del contenido en oxígeno y la modificación del pH y del contenido en gas carbónico.

1.5.4 ABASTECIMIENTO Y PROCESOS DE POTABILIZACION DE LAS AGUAS

1.5.4.1 Generalidades

La potabilización del agua se hace para mejorar su calidad física, química y bacteriológica a fin de entregarla para consumo en forma apta, inocua y aprovechable para el hombre, los animales, la agricultura y la industria, según criterios establecidos para cada actividad.

La potabilización se lleva a cabo en plantas de tratamiento, diseñadas de acuerdo con las características del agua a tratar, pero en muchos casos prima el efecto económico. El agua superficial para consumo humano siempre necesita de un tratamiento más o menos completo, en cambio las exigencias para el agua subterránea dependen básicamente de su composición química.

Según esto una planta de tratamiento de agua puede diseñarse con diversos fines, de allí que la selección de una fuente de abastecimiento sea de vital importancia para los aspectos técnicos y económicos, porque de ella depende el grado de complejidad del tratamiento requerido y la clase de infraestructura a dimensionar.

Normalmente una planta de tratamiento se diseña para desinfectar el agua, acondicionarla físicamente, remover de ella determinadas sustancias químicas o aumentar el contenido de otras o realizar una combinación de los procesos anteriores.

Entonces podemos definir una planta de tratamiento de agua como las instalaciones que tienen la finalidad de acondicionar el agua, produciendo en ella los cambios físico-químicos y bacteriológicos necesarios para hacerla apta para el consumo humano.

1.5.4.2 Selección de la fuente de abastecimiento

La fuente seleccionada es un factor determinante para el tipo de tratamiento que ha de dársele al agua para su selección, deben tenerse en cuenta entre otros los siguientes aspectos : el agua superficial si atraviesa poblaciones tendrá un grado de contaminación mayor que la subterránea. El agua subterránea casi siempre presenta un contenido mineral mayor que la superficial. El agua con bajo contenido de turbiedad y color no requiere tratamiento químico. Aunque no presente contaminación bacteriológica se le debe suministrar un cloro residual mínimo de 1 mg/l, prevención contra cualquier contaminación ambiental que se pueda presentar en los tanques de almacenamiento o en las tuberías de distribución. La fuente seleccionada debe entregar agua suficiente para abastecer la población durante toda la vida útil de la planta. La fuente seleccionada puede ser superficial (ríos, lagos, embalses), subterránea, agua lluvia, agua de mar.

Para la selección de la fuente se debe tener en cuenta, que sea capaz de suministrar abundante agua durante todo el periodo de diseño y que ocasione los mínimos gastos en conducir el agua desde la captación hasta la localidad a servir y en el tratamiento.

1.5.4.3 Captación

Son estructuras que se construyen en las fuentes de abastecimiento para derivar el caudal necesario que garantice agua en cantidad suficiente a la población a servir; esta puede hacerse en forma gravitacional aprovechando las diferencias de la altura del terreno, o por impulsión (bombas) y en aguas subterráneas mediante bombeo.

1.5.4.3.1. Sistemas de captación

1.5.4.3.1.1 Agua lluvias :

Las obras de captación consisten en una superficie lisa que recoge el agua lluvia para luego almacenarse en un depósito, cisterna o tanque de almacenamiento, este sistema se emplea para el abastecimiento particular de una familia o de una granja en las regiones que carecen de agua superficial o subterránea, o donde la calidad de éstas es poco adecuada para el uso doméstico. El agua lluvia puede recogerse para disponer de un suministro de agua blanda. Para la recolección de las aguas lluvias se requiere un mínimo de una superficie para recolección o tejados, una canal lisa, bajantes y depósitos para almacenamiento.

Con los datos de precipitación del año más seco y las necesidades diarias de la población a abastecer, se calcula la superficie que permita recoger el agua demandada.

Para el cálculo del área se debe tener en cuenta que al inicio de la temporada seca es necesario tener almacenada la cantidad total de agua que garantice el suministro durante ese periodo y además almacenar para el gasto mensual de agua.

1.5.4.3.1.2 Captación de aguas superficiales :

Según la topografía del terreno, se dispone de una serie de obras para captar estos tipos de aguas. Los métodos más usados para pequeños sistemas son : toma por gravedad y toma por bombeo, siendo de mayor preferencia la primera. A su vez estos sistemas tienen sus variantes, bien sea que el agua se tome de un río, de un embalse, o de una laguna, así se hablará de tomas sumergidas, tomas flotantes y tomas laterales.

1.5.4.3.1.3 Captación de agua subterráneas

En este tipo de captación se presentan los siguientes casos que son los más empleados:

1.5.4.3.1.3.1 Captación de manantiales

Un manantial está abastecido por aguas subterráneas que afloran a la superficie, se presentan frecuentemente en forma de pequeños pozos, al pie de las colinas o a lo largo de las orillas de los ríos. Los tipos más corrientes de manantiales son los de agua descendiente y los de agua ascendente o artesianos.

1.5.4.3.1.3.2 Galerías de infiltración

Pueden definirse como una serie de pozos que recogen agua casi en toda su longitud. El agua que se suministra por este sistema por el hecho de ser filtrada, es de buena calidad bacteriológica y por ser captada a lo largo de un río o de un lago proporciona agua en cantidad abundante.

1.5.4.3.1.3.3 Pozos

Según los métodos utilizados para construirlos, los pozos se clasifican en :

1.5.4.3.1.3.3.1 Excavados : Son mayormente utilizados para pequeños abastecimientos municipales, viviendas nucleadas o aisladas. Son comunmente conocidos como aljibes. Su construcción es generalmente manual y son revestidos interiormente en forma total o parcial.

1.5.4.3.1.3.3.2 Hincados : Se construyen introduciendo en un terreno acuífero, capa productiva, una punta de lineamiento con malla de captación de agua.

1.5.4.3.1.3.3.3 Perforados : Son pozos construidos con máquinas concebidas y fabricadas especialmente con esa finalidad.

1.5.4.4 Desarenador

Todo sólido más pesado que el agua tiende a precipitarse al fondo del recipiente que lo contenga tan pronto como la velocidad horizontal del líquido disminuye a ciertos límites. En los sólidos se establece un descenso que depende principalmente de la gravedad específica y viscosidad del líquido que lo contiene.

1.5.4.5 Aireación o transferencia de gases

Esta operación consiste en aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire: en ella se remueven o adicionan gases al agua, con el objeto de mejorar sus características físicas y químicas, cuando se trata de abastecimiento de agua para consumo público, o adicionar oxígeno cuando se trata de estabilización de aguas servidas. En el primer caso el abastecimiento se refiere a la disminución de sabores y olores desagradables, y a la vez se producen beneficios para otros procesos de tratamiento como es el caso de la remoción del hierro por la oxidación que sufre en este proceso.

1.5.4.5.1. Métodos de aireación

1.5.4.5.1.1 Aireación natural

El contacto del agua con el aire se realiza sin medie el hombre; como es el caso que se presenta en los ríos, cañadas, estanques, canales y embalses naturales o artificiales.

1.5.4.5.1.2. Aireación artificial

Se puede realizar a través de diferentes métodos :

1.5.4.5.1.2.1 Aireadores por gravitación o caída : Se construyen aprovechando la topografía del terreno mediante la construcción de escaleras de hormigón u otro material y parrillas inclinadas.

1.5.4.5.1.2.2 Aireadores de inyección o difusión : En este método el aire se suministra inyectándolo por el fondo del estanque en forma de burbujas a través de tuberías perforadas o placas porosas.

1.5.4.6 Coagulación química

En el tratamiento del agua, el término coagulante químico se refiere a una sustancia o agente agregado al agua para facilitar el asentamiento de partículas coloidales finamente divididas, causantes de turbiedad que se encuentran en suspensión y que su sedimentación por gravedad no se logra. la coagulación en sí, denota la serie de operaciones químicas y mecánicas que deben realizarse, desde la aplicación del agente coagulante hasta que produzca su efecto.

1.5.4.6.1 Teoría de la coagulación

La coagulación comprende el proceso de tratamiento mediante el cual se agregan las sustancias químicas y se proporcionan los medios para obtener efectividad en la aplicación de los coagulantes. Es un proceso a través del cual los coagulantes se adicionan al agua para reducir las fuerzas que tienden a mantener separadas las partículas en suspensión, comienza en el instante mismo en que se agregan los coagulantes y dura fracción de segundos. De este proceso depende el proceso de floculación que consiste en la aglomeración de partículas previamente coaguladas para formar partículas más grandes. Es un fenómeno de transporte de partículas que se producen por la agitación suave del agua, lo contrario a la coagulación.

La cantidad de sulfato de aluminio requerida para la coagulación depende de la turbiedad y del color del agua que se va a tratar. Para aguas relativamente claras, puede emplearse una

dosis mínima de 10 mg/l, mientras que para aguas muy turbias puede requerirse más de 100 mg/l. La dosis promedio es alrededor de 20 mg/l.

1.5.4.7 Sedimentación

Con esta operación se eliminan las partículas suspendidas en el agua por gravedad. Se realiza en estanques apropiados viéndose afectada la sedimentación por los siguientes aspectos:

- Número de estanques
- Ancho y largo del estanque
- Velocidad de la corriente de agua
- Profundidad efectiva del estanque
- Sistema de entrada y salida y dispositivos intermedios
- Espacio para almacenamiento de lodos y métodos de remoción de los mismos

Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos :

- Tamaño y peso específico de las partículas
- Viscosidad y temperatura del agua
- Actividad biológica
- Métodos de operación

1.5.4.8 Filtración

Para la filtración se emplea el mecanismo de filtración lenta en arena el cual es empleado para el tratamiento de aguas ligeramente turbias y por lo general sin coagulación previa.

1.5.4.9 Desinfección

En los procesos de purificación del agua, tales como coagulación, sedimentación y filtración, se remueve entre el 80 y 95 % del total de organismos en el agua. Sin embargo aún hay suficiente número de ellos, que hacen el agua insegura para beber, por eso es necesario matar esos organismos mediante la desinfección.

La desinfección consiste en la aplicación directa al agua de sustancias químicas o utilización de medios físicos para eliminar de ella agentes capaces de producir infección en el organismo. Existen formas microbianas como las esporas que no son afectadas por los métodos corrientes de desinfección.

En términos generales la desinfección se refiere a la destrucción de organismos tales como :

- Bacterias causantes de enfermedades como la fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería.
- Protozoos (amebas) causantes de enfermedades diarréicas.
- Virus, causantes de la hepatitis infecciosa, poliomeilitis.
- Muchos otros organismos que aunque no sean patógenos causan molestias e incomodidades, casos de las algas y los hongos.

La práctica de la cloración : las aguas naturales están formadas de soluciones complejas de muchas sustancias, la mayoría de las cuales pueden ignorarse, pero algunas de ellas influyen sobre la cloración en forma decisiva .

Tales sustancias son :

- Los sólidos suspendidos, los cuales pueden poner en barrera a las bacterias protegiéndolas de la acción destructora del cloro.
- La materia orgánica, la cual reacciona con el cloro de tal modo que le quita sus propiedades desinfectantes.

- El amoníaco, que reacciona con el cloro libre para formar un compuesto del cloro y que tiene cualidades desinfectantes, menos eficaces que las del cloro libre mismo.
- La reacción del agua, indicada por el valor de su pH. Las aguas de baja alcalinidad y pH son más fácilmente desinfectadas.
- Los nitritos, que reaccionan con el cloro libre y lo eliminan y que además producen un color falso cuando se hace la prueba de ortotolidina.
- El manganeso, que produce un color falso cuando se usa la prueba de ortotolidina.
- El hierro que cuando está presente en concentraciones de 1 mg/l o más, causa un error de lectura cuando se usa dicha prueba. El hierro y el manganeso, cuando están en su forma reducida, reaccionan también con el cloro y por lo tanto debe agregarse una cantidad adicional de cloro a la requerida para la desinfección.
- La rapidez de la desinfección con el cloro es proporcional a la temperatura del agua, de manera que, suponiendo los otros factores iguales, la cloración es más eficaz a altas temperaturas del agua. Por otro lado, el cloro es más estable en agua fría y permanecerá mayor tiempo en ella. Hasta cierto grado, esto compensa la menor velocidad de desinfección en agua fría.

El tiempo de que se pueda disponer para que el cloro actúe sobre los constituyentes del agua es uno de los aspectos más importantes en la práctica de la cloración. el tiempo mínimo de reacción debe ser de 10 a 15 minutos, pero sería preferible que se dejaran transcurrir varias horas para que se pudiese garantizar una desinfección efectiva sin que el agua llegase al consumidor con una concentración indeseable de cloro residual que podría ser inconveniente debido a la presencia de sabores y olores.

1.5.4.9.1 Otro desinfectantes

1.5.4.9.1.1 Bromo : Presenta limitaciones para su uso en cuanto al pH es más activo a valores de pH entre 3.5 y 4.0. Es menos eficiente que el cloro; se utiliza principalmente en la desinfección de piscinas.

1.5.4.9.1.2 Yodo : No es activo a valores de pH superiores a 8.2 . El tiempo mínimo de contacto entre el cloro y el organismo a destruir debe ser mínimo de 20 minutos, para garantizar una buena acción.

1.5.4.9.1.3 Ozono : Es bastante eficiente en aguas que presentan una turbiedad baja.

1.5.4.9.1.4 Plata : Su utilización se limita a piscinas y a otras aplicaciones que no incluyan agua para bebida, por el peligro de la acumulación de la plata en el organismo.

1.5.4.9.2 Procesos físicos de desinfección

1.5.4.9.2.1 Ebullición : Constituye un medio práctico y confiable en la desinfección de pequeñas cantidades de agua para consumo, preparación de alimento y bebidas. La aplicación de este sistema para pequeños abastos de agua, es impracticable por costos.

1.5.4.9.2.2 Radiación ultravioleta : Mata bacterias, esporas, hongos, virus y otros microorganismos. Para obtener una utilización máxima de la radiación U.V. el agua debe estar libre de materia en suspensión, y compuestos que puedan absorber la radiación de los rayos de la luz.

Para mejores resultados el agua debe exponerse a la acción de la luz en capas delgadas para garantizar su penetración.

1.5.4.9.3 Factores que influyen sobre la desinfección

1.5.4.9.3.1 Tiempo y concentración

Estos dos factores deben considerarse como mutuamente ligados, pues, por medio de ambos, se toma en consideración la duración del periodo de reacción disponible para la desinfección, así como la cantidad y clase de cloro residual.

1.5.4.9.3.2 Temperatura

La temperatura del agua afecta sensiblemente la acción desinfectante del cloro residual.

1.5.4.9.3.3 pH

El pH del agua afecta la acción desinfectante del cloro, particularmente la del cloro residual combinado. A un pH de 6.5 y una temperatura de 21 °c mg/l de cloro residual combinado causan un efecto letal de 100 % en las bacterias.

1.5.4.10 Almacenamiento

Desde el punto de vista sanitario, el beneficio más importante que se consigue al almacenar el agua, es el hecho de que, en general las bacterias patógenas se desarrollan en número más reducido (falta de alimentación), efectos de sedimentación, pérdida de vitalidad, en algunos casos acción de la luz ultravioleta, las depredaciones de otros organismos. En los tanques de almacenamiento el agua se encuentra ya desinfectada razón por la cual se deben tener muchas precauciones y ejercer control para evitar su contaminación.

Los tanques de almacenamiento bien sea a nivel de la planta de tratamiento, o de casas o industrias de no limpiarse periódicamente, pueden llegar a convertirse en un foco de infección.

El almacenamiento puede hacerse a nivel superficial, subterráneo o elevado.

En el medio rural generalmente, sólo se aplican procesos de sedimentación, filtración y cloración.

1.5.5 ASPECTOS BIOLÓGICOS

1.5.5.1 Protozoarios

Entre las especies de protozoarios transmitidos mediante la ingestión de agua contaminada se incluyen *Entamoeba histolytica* (origen de la amebiasis), especies de *Giardia* (Giardiasis) y, en raras ocasiones, *Balantidium coli* (balantidiasis). Estos microorganismos pueden introducirse en el sistema de abastecimiento de agua por medio de la contaminación fecal de procedencia humana, o en algunos casos, animal. Las principales vías de exposición de estos microorganismos son el agua potable, el aire, los alimentos, transmisión sexual, etc.

1.5.5.2 Helmintos

Los estados infectantes de muchos nematelmintos y platelmintos parásitos, pueden ser transmitidos al hombre por el agua. Una sola larva madura o un huevo fertilizado puede causar la infección y es obvio que el agua potable debe estar exenta de ellos. No obstante, el agua como vía de transmisión es relativamente poco importante salvo en el caso de *Dracunculus medinensis* (el gusano de Guinea) y de los esquistosomas parásitos del hombre, que constituyen un peligro principalmente en los sistemas que no distribuyen el agua mediante tuberías. Si bien existen métodos para detectar éstos parásitos, no son adecuados para la vigilancia ordinaria.

Entre sus efectos sobre la salud encontramos que estos microorganismos producen gran variedad de síntomas. Muchas de las infecciones son de carácter subclínico, algunas, no muchas, son fatales. Es probable que la mayoría de ellas produzcan efectos crónicos leves, difíciles de cuantificar en cada individuo, pero que colectivamente son importantes. Los

helmintos intestinales compensan, por su muy elevada prevalencia, la limitada patología que producen en muchas de las personas infectadas.

1.5.5.3 Organismos de vida libre

Los organismos de vida libre que pueden presentarse en los sistemas de abastecimiento de agua incluyen hongos, algas, protozoarios de vida libre, cladóceros, copépodos y macroinvertebrados como nemátodos, quironómidos y caracoles. Estos organismos suelen tener importancia para la salud pública como portadores de gérmenes que causan enfermedades o porque producen toxinas. Se sabe, por ejemplo, que algunas algas verdiazules liberan toxinas o que su ingestión puede causar efectos tóxicos. No son frecuentes los efectos negativos para la salud que resultan de beber agua contaminada por esas algas pero se ha informado que suelen causar gastroenteritis.

Es más probable que surjan problemas de salud asociados con estos organismos cuando se utiliza agua proveniente de sistemas no protegidos, que no ha sido tratada, o ha recibido un tratamiento deficiente. No obstante, los problemas más frecuentes causados por estos organismos son su interferencia en las operaciones de tratamiento del agua y los efectos que provocan en relación con el color, la turbiedad, el sabor y el olor del agua que se distribuye. Así las concentraciones elevadas de algas en el agua natural pueden provocar grandes taponamientos en los filtros y problemas de sabor y olor, aumentar la necesidad de emplear cloro y producir mayores concentraciones de compuestos halogenados orgánicos que tal vez afecten la salud pública.

Existe una gran variedad de organismos de vida libre que pueden establecerse en los sistemas de distribución de agua. Son bastante frecuentes las infestaciones por cochinillas acuáticas (*Asellus*) y larvas del jejér (*Chironomus*), por ejemplo.

1.5.6 CALIDAD VIROLOGICA DEL AGUA POTABLE

Los virus que más preocupan en cuanto a la transmisión de enfermedades infecciosas hídricas son principalmente los que se multiplican en el intestino y son expulsados en gran número en las heces de los individuos infectados.

1.5.6.1 Vías de exposición

En general se cree que la vía general de exposición de los virus entéricos es por contacto directo con personas infectadas o por objetos contaminados por heces.

1.5.6.2 Efectos sobre la salud

Los virus entéricos pueden producir una gran variedad de síndromes incluyendo erupciones, fiebre, gastroenteritis, miocarditis, meningitis, enfermedades respiratorias y hepatitis. En general son comunes las infecciones asintomáticas y las manifestaciones más graves son bien raras. Ahora bien, cuando el agua de consumo está contaminada con aguas servidas, pueden presentarse dos enfermedades en proporciones endémica : la gastroenteritis y la hepatitis infecciosa. Aparte de estas infecciones existe poca o ninguna evidencia epidemiológica que demuestre que el agua potable debidamente tratada está involucrada en la transmisión de infecciones víricas.

1.5.7 COMPONENTES INORGANICOS QUE AFECTAN LA SALUD

1.5.7.1 Arsénico

1.5.7.1.1 Fuentes

El arsénico está presente en forma natural en todas partes del medio ambiente y suele hallarse en forma de compuestos con azufre y muchos otros metales (cobre, cobalto, plomo, zinc, etc.). La concentración promedio en la corteza terrestre es de aproximadamente 2 mg/kg.

1.5.7.1.2 Presencia en el agua

Muchos compuestos arsenicales son solubles en el agua y por eso puede producirse la contaminación del agua. Aún no se ha podido dilucidar completamente la forma química que toma el arsénico en el agua, pero sí se han identificado sus formas trivalente y pentavalente; se han encontrado en el agua algunas formas de arsénico orgánico. No obstante, de ser un elemento omnipresente en la naturaleza, la mayoría del arsénico presente en el agua proviene de descargas industriales; las concentraciones más elevadas, aparte de las que se presentan naturalmente en aguas de manantial, se dan en las zonas de intensa actividad industrial.

1.5.7.1.3 Efectos sobre la salud

No existe un aprueba fehaciente de que el arsénico, en cualquiera de sus formas, sea esencial para el hombre, si bien se sabe que algunos compuestos arsenicales orgánicos son beneficiosos como estimulantes del crecimiento en animales.

La toxicidad de los compuestos arsenicales dependerá de la forma química y física del compuesto, de la vía de ingreso en el organismo, de la dosis y duración de la exposición, de los niveles dietéticos de los elementos interactuantes, y de la edad y el sexo del individuo expuesto. El arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico.

El envenenamiento agudo con arsénico compromete el sistema nervioso central produciendo un estado de coma, y cuando las dosis son entre 70-180 mg, a la muerte misma. El sistema gastrointestinal, el sistema nervioso, el conducto respiratorio y la piel

pueden ser gravemente afectados. El envenenamiento crónico se manifiesta por una debilidad muscular general, pérdida del apetito y náuseas, ocasionando inflamación de las membranas mucosas de los ojos, nariz y laringe, también pueden presentarse lesiones cutáneas.

1.5.7.2 Asbesto

1.5.7.2.1 Fuentes

Con este término se designa de manera genérica a minerales fibrosos de silicato que pertenecen a los grupos minerales que han sido caracterizados como asbesto : crisolita, crocidolita, antofilita, tremolita, actinolita y amosita.

1.5.7.2.2 Presencia en el agua

Por lo común el asbesto se encuentra en los abastecimientos de agua para uso doméstico. Se considera que los niveles típicos de referencia en ríos y lagos se aproximan al millón de fibras por litro.

En general, la filtración común de arena remueve aproximadamente 90% de las fibras individuales de asbesto en los sistemas de abastecimiento de agua. El método más eficaz de remoción comprende la coagulación química con sales de hierro y polielectrólitos, seguida de la filtración.

1.5.7.2.3 Efectos sobre la salud

1.5.7.2.3.1 Ingestión

En los estudios realizados, los resultados de solo uno de ellos muestra una asociación de importancia marginal entre los niveles de asbesto en el agua potable y el cáncer del tracto digestivo.

El empleo de tuberías de cemento asbesto en los sistema de distribución es una fuente posible de contaminación del agua potable con asbesto. En general, se ha llegado a la conclusión que no constituyen un riesgo para la salud las concentraciones de asbesto en el agua potable.

1.5.7.2.3.2 Inhalación

La exposición ocupacional al asbesto presente en el aire ha producido casos de fibrosis pulmonar (asbestosis), calcificación pleural, carcinoma broncogénico del pulmón, mesotelioma maligno de la pleura y peritoneo y cáncer del tracto gastrointestinal.

1.5.7.3 Bario

1.5.7.3.1 Fuentes

El bario está presente en la corteza terrestre en una concentración de 0.5 g/kg y el mineral denominado baritina o sulfato de bario es la forma natural más común. También se le encuentra, si bien con menos frecuencia, bajo la forma de carbonato de bario (witerita).

1.5.7.3.2 Presencia en el agua

La mayoría de las aguas contienen algo de bario, pero la concentración suele estar muy por debajo de 0.1 mg/lit, aunque algunas fuentes subterráneas pueden contener niveles que lleguen a los 10 mg/lit en salmueras geotérmicas.

1.5.7.3.3 Efectos sobre la salud

El bario es sumamente tóxico cuando se ingieren sales solubles en exceso; si se ingiere como cloruro, la dosis fatal de bario para un adulto es de alrededor de 550-600 mg. Cuando las dosis ingeridas son altas induce a una acción estimulante prolongada e intensa en todos los músculos, incluyendo los del corazón y el tracto gastrointestinal.

1.5.7.4 Berilio

1.5.7.4.1 Fuentes

El berilio se encuentra comúnmente como parte de las estructuras minerales de feldespato y puede existir como berilio mineral en pequeños depósitos localizados. La fuente primaria de berilio en el medio ambiente es la quema de combustibles fósiles, aunque la contaminación producida es normalmente ligera.

1.5.7.4.2 Presencia en el agua

El berilio puede ingresar en los cuerpos de agua por acción de la interperie sobre las rocas, la precipitación radiactiva atmosférica, y las descargas industriales y municipales.

1.5.7.4.3 Efectos sobre la salud

Se ha demostrado que la inhalación de berilio es dañina para los seres humanos. La exposición respiratoria aguda puede ser causa de efectos graves para la salud, incluyendo rinitis, faringitis, pneumonitis y edema pulmonar.

La absorción del berilio por el tracto gastrointestinal es bastante deficiente, siendo también baja su toxicidad por esta vía de ingreso; no se han encontrado referencias bibliográficas sobre casos de toxicidad oral en las personas.

1.5.7.5 Cadmio

1.5.7.5.1 Fuentes

Los minerales que contienen cadmio se encuentran en partes específicas del mundo, si bien se hallan trazas de este metal uniformemente distribuidas en la corteza terrestre. Prácticamente todos los elementos de zinc contienen cadmio. La forma predominante en que se encuentra el mineral de cadmio es la grenoquita (blenda de cadmio), es decir el sulfuro de cadmio.

1.5.7.5.2 Presencia en el agua

Influye en la solubilidad del cadmio en el agua la naturaleza de la fuente de donde proviene y la acidez del agua. Es probable que las aguas superficiales que contienen más de unos pocos microgramos de cadmio por litro se hayan contaminado por descargas de desechos industriales.

Los niveles de cadmio en los abastecimientos públicos de agua normalmente suelen ser muy bajos, debido a que, por lo general, solo existen cantidades muy pequeñas en el agua natural.

Cuando se encuentran niveles más altos de cadmio en el agua que sale del grifo, frecuentemente se debe a que las piezas de unión de las tuberías tienen un baño metálico, al uso de soldaduras en base de plata, y a que los materiales de las tuberías son a veces de hierro galvanizado.

1.5.7.5.3 Efectos sobre la salud

Se han observado efectos agudos en casos en que los alimentos estaban contaminados por cadmio proveniente de vasijas galvanizadas; se ha informado de desordenes graves gastrointestinales. Aún no han podido establecerse las dosis de cadmio aguda oral y letal para el hombre, pero se estima que sean varios cientos de miligramos. Se ha comprobado que se producen efectos negativos sobre la salud en trabajadores expuestos a los vapores y al polvo de óxido de cadmio. Se ha informado de casos de bronquitis, enfisema, anemia y cálculos renales. En general se reconoce que la corteza renal es el órgano crítico para la acumulación de cadmio en el hombre.

Hay indicios que sugieren una relación entre la ingestión de cadmio y la hipertensión en el hombre; sin embargo, de momento, tal relación no ha sido concluyente.

1.5.7.6 Cromo

1.5.7.6.1 Fuentes

La mayoría de rocas y suelos contienen pequeñas cantidades de cromo. El mineral más común es el cromito, en donde el metal existe en forma trivalente.

1.5.7.6.2 Presencia en el agua

Debido a que el cromo es, en general, de baja solubilidad los niveles que se encuentran en el agua por lo común son bajos ; sin embargo, existen ejemplos de contaminación en el agua, en algunos casos muy serios, cuando efluentes que contienen compuestos de cromo se han evacuado en los ríos; el cromo puede estar en forma trivalente, ya sea como sal soluble o como partículas insolubles o muchas veces como complejo químico. La valencia de la forma química en las aguas naturales se ve influenciada por la acidez del agua.

Los niveles de cromo en el agua tratada que ingresa a los abastecimientos públicos son normalmente similares, o quizá ligeramente más bajos, a los que se encuentran en las fuentes de agua cruda.

1.5.7.6.3 Efectos sobre la salud

Parece ser que el cromo es necesario para la glucosa y el metabolismo de los lípidos y para la utilización de los aminoácidos en diversos sistemas. Parece que también es importante en la prevención de casos leves de diabetes y arterioesclerosis en las personas.

En dosis altas el cromo puede producir cáncer de próstata y del seno maxilar.

1.5.7.7 Cianuro

1.5.7.7.1 Fuentes

El cianuro se encuentra dondequiera que haya vida e industria; existen tanto las formas orgánicas e inorgánicas; de estas últimas normalmente se clasifican como nitrilos. Los cianuros forman parte de los sistemas vitales, sobre todo en los intermediarios metabólicos.

1.5.7.7.2 Presencia en el agua

El ácido hidrocianico se disocia para producir el ion cianuro en el agua, esta disociación depende del pH.

1.5.7.7.3 Efectos sobre la salud

Una sola dosis de 50-60 mg. suele ser fatal para el ser humano, se considera que las exposiciones de 2.9 y 4.7 mg de cianuro al día no son dañinas para las personas, debido a que el sistema de desintoxicación del cuerpo humano es sumamente eficiente.

1.5.7.8 Fluoruro

1.5.7.8.1 Fuentes

El fluoruro es un elemento bastante común y representa aproximadamente 0.3 g/kg de la corteza terrestre, existe en forma de fluoruros en diversos minerales, de los cuales el espato de fluor o fluorita, la criolita y la fluorapatita son los más comunes; muchas rocas contienen minerales de fluoruro.

1.5.7.8.2 Presencia en el agua

En muchos tipos de agua se encuentran trazas de fluoruros y las concentraciones más altas se asocian generalmente con las fuentes de aguas subterráneas. En el agua colombiana no se encuentran concentraciones de flúor.

1.5.7.8.3 Efectos sobre la salud

Ha quedado demostrado en forma bastante concluyente que el flúor es un elemento esencial para algunas especies animales; en especial mejoran los índices de fertilidad y crecimiento como resultado de dosis relativamente pequeñas de flúor.

Cuando el fluoruro se aplica en los dientes, se reduce la solubilidad del esmalte bajo las condiciones de acidez, produciendo así una protección contra la caries dental.

Existen pruebas de que la presencia de flúor en el agua produce una reducción sustancial de la caries dental, tanto en niños como adultos. La incidencia de caries disminuye a medida que aumenta la concentración de fluoruro hasta aproximadamente 1 mg/lit, aunque muchas veces pueden aparecer manchas. En dosis elevadas el fluoruro es altamente tóxico para el ser humano.

2. METODO

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Descriptivo



2.2 POBLACION

Diferentes embalses que proveen de agua a Santafé de Bogotá (Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá)

2.3 VARIABLES

2.3.1 Selección y fuentes de abastecimiento : La fuente de selección es un factor determinante para el tipo de tratamiento que ha de dársele al agua para su selección.

2.3.2 Captación : Son estructuras que se encuentran en las fuentes de abastecimiento para derivar el caudal necesario que garantice agua en cantidad suficiente a la población.

2.3.3 Desarenación : Es el proceso mediante el cual todo sólido más pesado que el agua tiende a precipitarse al fondo del recipiente que lo contenga tan pronto como la velocidad horizontal del líquido disminuye a ciertos límites.

2.3.4 Aireación o transferencia de gases : Esta operación consiste en aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire, en ella se remueven o adicionan gases al agua , con el objeto de mejorar sus características físicas y químicas, o adicionar oxígeno cuando se trata de estabilización de aguas servidas.

2.3.5 Coagulación : Se refiere a una sustancia química o agente agregado al agua para facilitar el asentamiento de partículas coloidales finamente divididas.

2.3.6 Sedimentación : Con esta operación se eliminan las partículas suspendidas en el agua por gravedad.

2.3.7 Filtración : Se emplea ára el tratamiento de aguas ligeramente turbias y por lo general de coagulación previa.

2.3.8 Desinfección : Consiste en la aplicación directa al agua de sustancias químicas o utilización de medios físicos para eliminar de ella agentes capaces de producir infección en el organismo.

2.4 MATERIALES Y METODOS

Se realizaron pruebas químicas en los laboratorios Duaher bajo la orientación del químico farmacéutico doctor Fernando Liévano.

Toma de fotografías en los embalses de Chingaza y San Rafael.

Solicitud a la empresa Comunicaciones Activas para la realización de las diapositivas y el trabajo escrito.

2.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

- Búsqueda de bibliografía acerca del tema.
- De dicha bibliografía se recopiló la información necesaria para nuestro estudio.
- Realización de múltiples visitas a los Embalses de Chingaza , San Rafael y sus alrededores para conocer las plantas de tratamiento del agua y sus diferentes etapas.
- Elaboración de un resumen descriptivo del tratamiento del agua.
- Recolección de una muestra de agua utilizada en un consultorio odontológico en Santa fe de Bogotá.
- Análisis químico del agua recolectada en laboratorios Duaher por el químico farmacéutico Fernando Liévano.
- Desarrollo de un resumen escrito acerca de los componentes del agua, características y microorganismos encontrados en este análisis y sus resultados.
- Discusión y análisis por medio de dicho resumen.
- Conclusiones.

3. RESULTADOS

Gracias a la colaboración de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá hemos encontrado que las fuentes o embalses que abastecen de agua a Santa fe de Bogotá contienen un sin número de microorganismos y componentes que en el tratamiento

realizado y, teniendo en cuenta las variables antes mencionadas, son completamente desechados los no necesitados y administrados los necesarios para proveer un agua de excelente calidad a toda la ciudad.

Debemos tener en cuenta que a pesar que el agua de Bogotá es una de las mejores del mundo no contiene un elemento muy importante como es el flúor, el cual es indispensable ya que esta es una de las principales vías de acceso de este mineral.

En el transcurso de nuestra investigación encontramos que a nivel del nacimiento del manantial que suministra el agua al embalse de Chingaza y que posteriormente llega a San Rafael existe una fábrica para el procesamiento de cueros y mirando desde este punto de vista podemos deducir la calidad del agua recibida a los embalses antes mencionados, por este motivo se requiere un tratamiento más extenso por parte de la planta de procesamiento de dicha agua.

Después de múltiples estudios realizados concluimos que el embalse envía el agua en un 98% pura, libre de microorganismos, la cual pasa por un sistema de acueducto el cual no encontramos en excelentes condiciones ya que no podemos lograr un acceso directo para su limpieza, y luego llega a su destino final y es depositada en tanques de almacenamiento “apropiados” para esta.

Encontramos en dichos tanques la recepción más grande de bacterias y de toda clase de microorganismos que producen enfermedades y problemas en la salud y en el medio ambiente.

Todo esto debido a que no se tiene en cuenta la limpieza de estos tanques, la cual debe ser por lo menos cada seis meses y en la mayoría de los consultorios que utilizan este sistema nunca se han limpiado, ni se ha tenido un magnánimo control sobre estos.

3.1 DISCUSION Y ANALISIS

Este trabajo se hizo con el fin de evaluar la calidad del agua potable en Santa fe de Bogotá. Nos hemos encontrado con un gran número de inconvenientes en el tratamiento debido en primer lugar a una fabrica de procesamiento de cuero (curtiembre) que se encuentra cerca al manantial que provee de agua a los embalses de Chingaza y San Rafael, solo con este dato podemos deducir que el tratamiento del agua resulta ser un poco complicado para la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y en especial a la planta WIESSNER la cual es utilizada para el tratamiento y purificación del líquido.

Este líquido llega a depositarse en tanques de almacenamiento localizados en nuestros hogares que no son más sino receptores de microorganismos y pueden producir alteraciones en la salud física.

Es por esto que los odontólogos y en general todo el personal de la salud debe concientizarse de la calidad de agua que tenemos en nuestros consultorios o en los hogares, tener en cuenta que ésta agua es utilizada para el consumo humano y tendrá contacto directo con nuestros pacientes y así mismo adquirir un control sobre la limpieza de tanques o sitios de recepción de microorganismos donde es depositada dicha agua.

4. CONCLUSIONES

- a. Después de hacer un análisis del agua en Santa fe de Bogotá concluimos que el agua es procesada en una excelente manera y es enviada al acueducto en un 98% pura, libre de microorganismos y con los componentes necesarios.

- b. En su transcurso por el acueducto el agua recibe un gran número de microorganismos debido a que no se puede lograr un acceso directo a estos para ayudar a su limpieza
- c. No se puede esperar una calidad de agua excelente antes de ser procesada en los embalses de Chingaza y San Rafael, hasta que el Ministerio del Medio Ambiente (El DAMA) no realicen brigadas de inspección en la fábrica de procesamiento de cueros que deposita sus desechos a nivel del nacedero del manantial que provee de agua a dichos embalses.
- d. Se debe tener en cuenta que no está demostrado químicamente que el agua contenga flúor, por esto no debemos tomarla como una de las principales vías de acción de este mineral.
- e. Debemos tener un mejor control en el manejo de tanques de almacenamiento de agua en los lugares de recolección.

5. RECOMENDACIONES

- a. Debemos tener un control sobre el funcionamiento de tanques de almacenamiento en nuestros hogares.
- b. Debido a la poca limpieza del acueducto se debe evitar ingerir agua sin ser previamente hervida.
- c. En los consultorios odontológicos y en general en todos los sitios donde se presten servicios de salud se deberían evitar los tanques de almacenamiento de agua y en su defecto tener filtros para agua directa.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARTURO, L. Diseño básico de acueductos y alcantarillado. 2ª. Edición Bogotá, 1987.
- 2.- A.W.W.A. Agua su calidad y tratamiento. Traducido al español de la segunda edición en inglés por Jack Verrey. Méjico. Unión tipográfica Edición Hispanoamérica. 1988.
- 3.- BAYONA, M.H. Guía para análisis físicos de aguas. Bogotá sin fecha.
- 4.- CAMP. T Water and its impurities. Reinhold New York. 1983.
- 5.- CATALAN, L. Química del agua. Ed. Blume. Madrid 1981.
- 6.- C.N. SAWYER, and P.L. Mc CARLEY. “ Chemistry for sanitary Engineers” Second Edition 1987 Mc Graw Hill Book Company. New York.
- 7.- F. UNDA. O “Plantas de tratamiento de agua potable” U. Católica de Chile.1983
- 8.- Higiene del medio. Tomo I Dirección Nacional de Higiene. Ministerio de Salud Pública. Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del libro. La Habana 1984
- 9.- Manual de tratamiento de aguas. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. A.I.D. Méjico.
- 10.- OPS/OMS. Conferencia Panamericana sobre mejoramiento de la calidad del agua para el consumo humano (Sur América) Sao Paulo. Brasil. 28-31 de Octubre de 1989
- 11.- SOTO, M. Dosificación de sustancias químicas. Minsalud INSFOPAL . Bogotá Abril de 1981.
- 12.- WOOD, K. Química general. Ed. Harda.