



RESUMEN

La calidad del agua potable tiene un impacto fundamental en la salud de la comunidad y solo haciendo una evaluación y seguimientos a través de ensayos físico-químicos y bacteriológicos, se puede determinar su calidad, y saber si el agua que estamos bebiendo y utilizando en nuestro uso doméstico habitual, está dentro de los parámetros establecidos.

Por consiguiente el problema que se ha planteado es: "el agua potable de la ciudad de Gualaquiza, cumple con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, para ser determinada como un agua apta para el consumo humano". Siendo el objetivo de esta investigación: valorar la calidad del agua potable de la ciudad, tanto en la fase de tratamiento como de distribución.

Para determinar la calidad del agua se realizaron ensayos físicos, químicos, y bacteriológicos sobre las muestras de agua cruda, agua potabilizada y de la red de distribución en un período de once meses.

Respecto de los parámetros que establecen para la calidad del agua se tiene:

Agua Cruda: Turbiedad 7.7 UNT; pH 7,43, Gérmenes Totales 1371 NMP/100ml; Coliformes Fecales 3 NMP/100ml, se concluye que esta agua es de Tipo A1 según la normas de la CEE (Consejo de la Naciones Europeas) relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Exige un tratamiento en plantas convencionales y con desinfección.

Agua Tratada: Turbiedad 5 UNT; pH 7.44; Gérmenes Totales 8 UFC/ml; Coliformes Totales 0 NMP/100ml; Coliformes Fecales 0 NMP/100ml, agua apta para el consumo humano.

PALABRAS CLAVES:

AGUA POTABLE, PLANTA DE TRATAMIENTO, CALIDAD DEL AGUA, CONDUCCIÓN DEL AGUA, PARÁMETROS, CICLOS DEL AGUA.



INDICE	Páginas
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I.	
GENERALIDADES DE LA PLANTA DE POTABILIZACION DEL CANTON GUALAQUIZA.....	10
1.1 Ubicación geográfica.....	
1.2 Infraestructura, Instalaciones y Servicios.....	11
1.3 Personal.....	12
CAPITULO II.	
DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	13
2.1 Captación.....	13
2.2 Conducción de agua cruda.....	14
2.3 Mezcla Rápida.....	14
2.4 Floculación.....	15
2.5 Sedimentación.....	15
2.6 Filtración.....	16
2.7 Desinfección.....	17
2.8 Reservas.....	18
2.9 Red de Distribución.....	18
2.10 Diagrama de Flujo de los Procesos de Potabilización.....	20
CAPITULO III.	
3.1 Teoría sobre el Agua.....	21
3.1.1 Conceptos básicos.....	21
3.1.2 El Ciclo del Agua.....	22
3.1.3 Propiedades del Agua.....	22
3.2 Impurezas del Agua.....	24



3.3 Características del Agua.....	26
3.4 Calidad y Cantidad de Agua Potable.....	26
3.5 Normativa sobre el Agua Potable:.....	28
CAPITULO IV.	
CALIDAD DEL AGUA	
4.1 Parámetros Físicos.	33
4.2 Parámetros Químicos.....	40
4.3 Parámetros Biológicos.....	66
CAPITULO V.	
EVALUACION DE RESULTADOS.....	71
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXOS.....	80



Universidad de Cuenca



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES

**MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA INDUSTRIAS DE PRODUCCIÓN Y
SERVICIOS**

**ESTUDIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL CANTÓN
GUALAQUIZA**

**Tesis de grado previo a la obtención del Título de Magister en Gestión
Ambiental para Industrias de Producción y Servicios**

REALIZADO POR: JACKELIN MEJÍA REINOSO

DIRECTORA: DRA. MARÍA ÁLVAREZ HERRERA

CUENCA – ECUADOR



2010

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento sincero a la Dra. María Álvarez por la dirección que supo da al desarrollo de esta tesis para llegar a su culminación, por ese apoyo desinteresado y oportuno.

Al Gobierno Municipal del Cantón Gualaquiza, y en especial a todo el personal del Departamento de Gestión Ambiental y Servicios Básicos, que apoyaron para la realización de esta investigación.

Al Ing. Edgar Ojeda, representante del Centro de Investigación, Estudios y Servicios de Aguas y Suelos CIESSA, laboratorio donde se realizó los análisis, quien oportunamente supo aclarar las dudas que se desarrollaron a lo largo de esta investigación.

También hago extensivo el agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias Químicas, al centro de Estudios Ambientales, y a los profesores que aportaron en la formación de la autora y a todas aquellas personas que contribuyeron para la realización de este trabajo.



Universidad de Cuenca

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos,

**y a todas aquellas personas que
me apoyaron y colaboraron en
este nuevo peldaño de mi vida.**



INTRODUCCION

El agua es un recurso de volumen relativamente constante dentro del ciclo evaporación-condensación-precipitación. Durante muchos años se consideró como un recurso infinito, pero en la actualidad se sabe que su disponibilidad es limitada.

Hoy casi la mitad de la población mundial carece de agua potable segura, lo que significa que más de 2.500 millones de seres humanos se encuentran expuestos a graves riesgos para la salud. El 80% de los problemas de salud, de los países subdesarrollados, está vinculado a la falta del agua potable o a la contaminación del agua utilizada para el consumo. Se debe tener presente por lo tanto, que el abastecimiento de agua potable deficiente y poco segura representa un permanente problema de salud pública para la mayor parte de la población mundial.

El impacto más grande de la contaminación del agua sobre la salud pública se produce a través del agua para bebida o de consumo. El peligro más común con relación al agua de consumo humano es la contaminación directa o indirecta que puede darse, debido a la acción de aguas residuales, excretas de hombres y animales, además de factores fisicoquímicos y ambientales.

La obligación de los Gobiernos Municipales, es mejorar las condiciones de vida de la comunidad, y entre ellas es el de proveer agua de buena calidad, debido a que la mayoría de municipios tiene bajo su dirección el tratamiento de agua potable y la distribución. El trabajo a realizar en la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Cantón Gualaquiza, está enfocado en realizar una evaluación a través de ensayos físico-químicos y bacteriológicos, que ayuden a determinar la calidad del agua, que llega a cada uno de los hogares de esta localidad, y si no está dentro de los parámetros establecidos dar recomendaciones de mejora tanto al sistema de tratamiento y distribución del agua potable la comunidad del cantón.



CAPITULO I

1. GENERALIDADES DE LA PLANTA DE POTABILIZACION DEL CANTON GUALAQUIZA

1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA (Anexo 1)

El Cantón Gualaquiza se encuentra en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes, posee una diversidad de climas que va desde los fríos páramos hasta el trópico húmedo de las llanuras del Amazonas, alberga una gran cantidad de recursos hídricos y se encuentra al sur-oeste de la provincia de Morona Santiago en una longitud occidental 78° 34' 30" y una latitud sur. 3° 24'.

Su temperatura media es de 23.3° C y tiene un promedio anual de precipitaciones de 2.095 mm, se altitud media es de 850m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar)⁽⁹⁾.

Está limitada al Norte por el Cantón San Juan Bosco (Provincia de Morona Santiago), al sur el Cantón El Pangui (Provincia de Zamora Chinchipe), al este la República del Perú y al oeste la Provincia del Azuay

Posee con una extensión de 2.151,29 km² y representa el 8.94% del total de la superficie de Morona Santiago.

Las principales cuencas hidrográficas son:

- Río Zamora, que tiene como afluentes el Chuchumbleta, el Bomboiza y el Kalaglás
- Río Bomboiza, principal afluente del Zamora, que tiene como afluentes a los ríos Gualaquiza, Cuyes y Cuchipamba.
- Río Chuchumbleta, que sirve de límite con la provincia de Zamora Chinchipe.
- Río Cenepa, al igual que el Coangos, nace de las estribaciones de la Cordillera del Cóndor.



La población está conformada por 7776 hombres y 7512 mujeres, y el centro cantonal tiene 6336 habitantes. La tasa promedio de crecimiento anual de la población es de 1.5 hab. /Km² (9).

La planta de potabilización, objeto de esta investigación se encuentra ubicada al norte de la ciudad, en el sector “San Sebastián”.

1.2 INFRAESTRUCTURA INSTALACIONES Y SERVICIOS

La planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Gualaquiza es de tipo convencional, está conformada por uno de los dos módulos previstos de acuerdo a los diseños realizados en el año 1997. Consta dentro de sus instalaciones con:

- Dos conducciones de ingreso de agua cruda de los ríos Yumaza y San Francisco.
- Dos conducciones de agua cruda desde las captaciones de los ríos Yumaza y San Francisco a la planta de agua potable.
- Unidad de mezcla rápida.
- Floculadores de tipo horizontal.
- Dos Sedimentadores de flujo ascendente laminar.
- Cuatro unidades de filtros rápidos, auto lavables.
- Una cámara de contacto de cloro de flujo vertical con pantallas.
- Casa de químicos.
- Caseta de cloración y bodega.
- Cerramiento.



1.3 PERSONAL

El personal que labora en la planta de potabilización del agua está conformado por:

- Un director del departamento de Gestión Ambiental y Servicios Básicos del Municipio de Gualaquiza que es un ingeniero civil
- Una secretaria.
- Seis operadores encargados de la planta.
- Tres inspectores en la red de distribución.
- Un guardia.
- Una cuadrilla de seis personas, para limpieza y espacios verdes



CAPITULO II

2. DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO (Anexo 2)

La planta de tratamiento de la ciudad de Gualaquiza es del tipo convencional y consta de los procesos de: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

2.1 CAPTACIÓN

El sistema de abastecimiento de agua cuenta con dos captaciones ubicadas en los ríos Yumaza y San Francisco.

Captación San Francisco: se encuentra ubicada en el río del mismo nombre, a unos 956 msnm, aporta con el 50% del caudal procesado en la planta, es de tipo convencional, de toma lateral a través de una tubería de 160mm PVC-P, 1.0 megapascales de presión (Mpa). Está conformada por muros laterales, azud, zampeado, compuerta de lavado de materiales gruesos, vertedero lateral de excesos (creciente), orificio de captación con rejilla, cámara de entrada, tanque de carga y rejilla fina ubicada entre la cámara y el tanque de carga. El caudal de operación es de 22 l/s.

Captación Yumaza: aporta con el otro 50% del caudal procesado, se encuentra ubicada en el río del mismo nombre a unos 928 msnm, es de tipo convencional, de toma lateral a través de tubería de 160mm de PVC-P, 1.0 Mpa. Está construida por muros laterales, azud, zampeado, compuerta de lavado de materiales gruesos, vertedero lateral de excesos, orificio de captación con rejilla, cámara de entrada, tanque de carga y rejilla fina ubicada entre la cámara y el tanque de carga. El caudal de operación es de 22 l/s.



2.2 CONDUCCIONES DE AGUA CRUDA

El sistema de agua potable de Gualaquiza, tiene dos conducciones de agua cruda desde las captaciones río San Francisco y río Yumaza, hasta la planta de potabilización de agua, teniendo diferentes gradientes en el recorrido.

A continuación se presentan las principales características de estas conducciones:

a) Conducción: Captación río San Francisco - Planta de Potabilización

La conducción de agua cruda desde la captación río San Francisco hasta la planta de potabilización, está conformada por dos tramos: el primer tramo desde la captación hasta el desarenador donde quedan retenidos materiales sólidos pesados, con una longitud de 91m, y un diámetro de 160 mm PVC-P, 1.0 Mpa y el segundo tramo desde el desarenador hasta la estructura de entrada de la planta de potabilización con una longitud total de 2407m, a través de una tubería de 200mm.

b) Conducción: Captación río Yumaza - Planta de Potabilización

Esta conducción posee características similares a la anterior, parte en dos tramos, el primero desde el río Yumaza hasta el desarenador, con una longitud de 91m, y un diámetro de la conducción es de 250 mm PVC-P, 1.0 Mpa y el segundo tramo va desde el desarenador hasta la estructura de entrada de la planta de potabilización con una longitud total de 3099m, a través de una tubería de 200 m.

2.3 MEZCLA RÁPIDA

Las tuberías que conducen el agua cruda desembocan directamente a una cámara rectangular de 0.80m de ancho por 1.20 m de largo y 1.80 m de profundidad, en la parte superior tiene un vertedero por donde sale el excedente de agua que cae en una cámara contigua que es un cajón de desagüe de las mismas dimensiones. El agua se dirige a un canal con rugosidad en el fondo, una longitud de 5.40 m y un desnivel de 2.2 m, provocando un resalto hidráulico.

En la parte superior del resalto se aplica la solución de sulfato de aluminio y atrás se encuentra el edificio de dosificación del sulfato. La dosificación se realiza en seco, con un dosificador tipo gravimétrico, se colocado en la tolva que se halla en la parte



superior del edificio, el material cae hasta un mecanismo que consiste en un tornillo sin fin que se desplaza a una velocidad prefijada, dosificando, la cantidad requerida, que se disuelve en un volumen constante de agua, esta solución es vertida al resalto hidráulico en el que se produce la mezcla gracias a que esta zona presenta una turbulencia suficiente para este fin, constituyéndose éste, el tramo de mezcla rápida. En este punto se mide el caudal manualmente pues la planta no dispone de ningún dispositivo electrónico de medidores de caudales.

2.4 FLOCULACIÓN

La planta de tratamiento de agua potable del Cantón Gualaquiza cuenta con un floculador hidráulico dividido en tres módulos, con una capacidad de 44 l/s, una longitud de 21m, un ancho de 7.05m y una altura entre 0.80 a 0.96m; de flujo horizontal, divididas por pantallas de cemento de 0.20 m de ancho, formando canales de: en el primer módulo 0.45m, en el segundo 0,55 m y en el tercero 0.7m.

Todas estas cámaras poseen diferentes gradientes produciendo cierta turbulencia en cada cambio de dirección formándose los floc y se controla la distribución de los caudales por medio de compuertas de volantes. El agua floculada es recogida en dos canales transversales, con sus respectivas válvulas de compuerta, para controlar la entrada del caudal en los sedimentadores.

2.5 SEDIMENTACIÓN

Cada uno de estos canales de 0.65m de ancho y 1.50m de largo alimenta con agua floculada a dos sedimentadores laminares de flujo ascendente, con una longitud de 9.50 x 2.50 m y una altura de 3.65 m. La distribución del caudal se realiza de acuerdo al área de sedimentación de cada uno. Estos dos módulos de decantación, ubicados paralelamente son de alta rata permitiendo tratar caudales mayores a los convencionales.

El agua que ingresa a la unidad, asciende con flujo laminar y depositan el floc en unos módulos plásticos autosoportantes que poseen una inclinación de 60° con la horizontal, con celdas rectangulares de 4.8 x 4.0 cm y que alternan su dirección, son de material sintético denominado ABS (Acrilo-Butilo-Estireno). El flóculo acumulado



en los módulos desciende hasta la zona de lodos por gravedad y su extracción es realizada mediante un canal de desfogue ubicado en la parte inferior y regulado por una válvula de descarga de lodos.

En los sedimentadores podemos considerar cuatro sectores: el canal de ingreso, el área de sedimentación, el sector de recolección de lodos y las tuberías de salida del agua sedimentada.

a) Canal de ingreso: es un canal de 0.65 m de ancho, 1.50 de largo y 0.48 m de alto. De este canal sale el agua a la cámara de sedimentación mediante un vertedero rectangular de cresta delgada.

b) Zona de Sedimentación: es una cámara de forma rectangular de 9.50 m de largo por 2.50 m de ancho y una profundidad 3.65m

c) Zona de recolección de lodos: está localizada en la parte inferior del desarenador, y tiene una pendiente en sentido contrario al flujo del 5.33 %, terminando en un pequeño canal rectangular de 0.85 m de ancho por 0.33 m de profundidad y una pendiente del 2 %; este canal comunica a un válvula de compuerta de hierro fundido de 200 mm de diámetro.

d) Zona de recolección de agua: cada sedimentador cuenta con un sistema de cinco tubos colocados equidistantemente cada uno de ellos con 15 perforaciones, están colocados en la parte superior de cada sedimentador; estas tuberías descargan el agua sedimentada a un canal central que comunica a un cajón común de donde sale el agua a los vertederos de ingreso a los filtros rápidos.

2.6 FILTRACIÓN

El proceso de filtración que se efectúa en la Planta de tratamiento se realiza mediante una batería de cuatro filtros rápidos con alta carga superficial, en medios granulares con flujo descendente; con una tasa de filtración declinante y su modo de operación es a gravedad gracias a la carga hidráulica que existe sobre el lecho filtrante.



El canal común en donde desemboca el agua sedimentada cumple básicamente con dos objetivos: repartir el caudal y controlar la tasa de filtración, de este canal se deriva cuatro ductos que conducen el afluente a los filtros.

El lecho filtrante consta de una capa mixta de antracita y arena de 0.65 m de espesor, debajo de la cual está una capa de 0.5m de grava que se asienta sobre un fondo falso de 0.40 m de alto, construida por viguetas prefabricadas de hormigón en forma de “V” invertida, en donde se recoge el agua filtrada para trasladarla al canal que conduce el agua a la zona de desinfección.

El lavado de todos los filtros se realiza cada ocho horas en forma simultánea, cada uno de ellos se lava con la misma presión que realiza el filtro; para ello, se corta la entrada de agua sedimentada; como están conectados todos los filtros, empieza a ascender el agua por diferencia de presiones removiendo los lodos del filtro y el agua sucia se recoge en los canales que se encuentran en los laterales de dicho filtro; y desde allí, sale hasta la canalización de la planta.

2.7 DESINFECCION

El agua filtrada llega a un cámara de contacto de cloro de flujo vertical con cinco pantallas sin losa de cubierta, allí se realiza la desinfección del agua, mediante un dosificador de montaje directo en el cilindro de 67 Kg de cloro, el mismo que no necesita energía eléctrica; es fácil de instalar y de operar, aunque su grado de exactitud no es excelente, pero para sistemas pequeños se justifica.

El cilindro de cloro está conectado al clorinador, que es un regulador de vacío, tiene por efecto controlar la salida de cloro gaseoso desde el cilindro hasta el inyector, funciona también como dispositivo de seguridad, porque al perderse el vacío provocado por una ruptura sella completamente el paso de gas. El cloro llega hasta un depósito de agua para formar una solución de ácido hipocloroso.

La dilución de cloro con el agua es aplicada en un régimen turbulento mediante el difusor de piedra porosa, que se aplica en el primer compartimiento de la cámara de cloración, el agua con el ácido hipocloroso pasa por un pequeño resalto para



asegurar la mezcla total, cae al siguiente compartimiento y en forma de zigzag va a los siguientes compartimientos hasta llegar al final de la cámara. Desde aquí sale por una tubería de 250mm de diámetro y una longitud de 1248 m hacia los tanques de reserva ubicados en el sector 16 de Agosto Alto.

2.8 RESERVAS

Se cuenta con una reserva total de 1515 m³ ubicados en el sector 16 de Agosto Alto, en la calle Sigsig, antigua planta de potabilización. De este volumen, 975 m³ están en operación, los mismos que se encuentran depositados en dos tanques circulares de 300m³ y uno rectangular (antiguo filtro) con una capacidad de 375 m³. Se dispone de un tanque de 175 m³ (antiguo sedimentador) que no entra en funcionamiento aún, pero ya está adecuado, el antiguo filtro de 365 m³ que falta adecuar para convertirlo en otro tanque de reserva.

2.9 REDES DE DISTRIBUCION

El agua tratada y desinfectada, en un promedio 44 l/s, proveniente de la planta de potabilización, pasa a los tanques de reserva ubicados en la antigua planta, mediante una conducción en PVC-P, 0.63 Mpa, de 250 mm de diámetro y 1248 m de longitud. Desde los tanques de reserva ubicados en el barrio San Sebastián, el agua tratada es distribuida a la población a través de las redes de distribución.

Existe una red de distribución en funcionamiento con una longitud de 17,96 Km., que se alimenta desde los tanques de reserva existentes y una red de distribución construida en el periodo 2000-2004 por el Municipio de Gualaquiza, que se encuentra instalado pero que no está en funcionamiento, con una longitud aproximada de 19,40 Km.

El área de cobertura de la red central de distribución existente es de 108.70 Ha, con 1243 conexiones registradas, en tubería PVC-P en una longitud de 13.9 Km, con diámetros de: 160, 114, 90, 63, 40, 32 y 20mm y con asbesto cemento (AC) en una longitud de 4.022 Km, con diámetros de: 200, 150, 100 y 50 mm. En la red de distribución existen 48válvulas sectorizadas y 17 hidrantes.

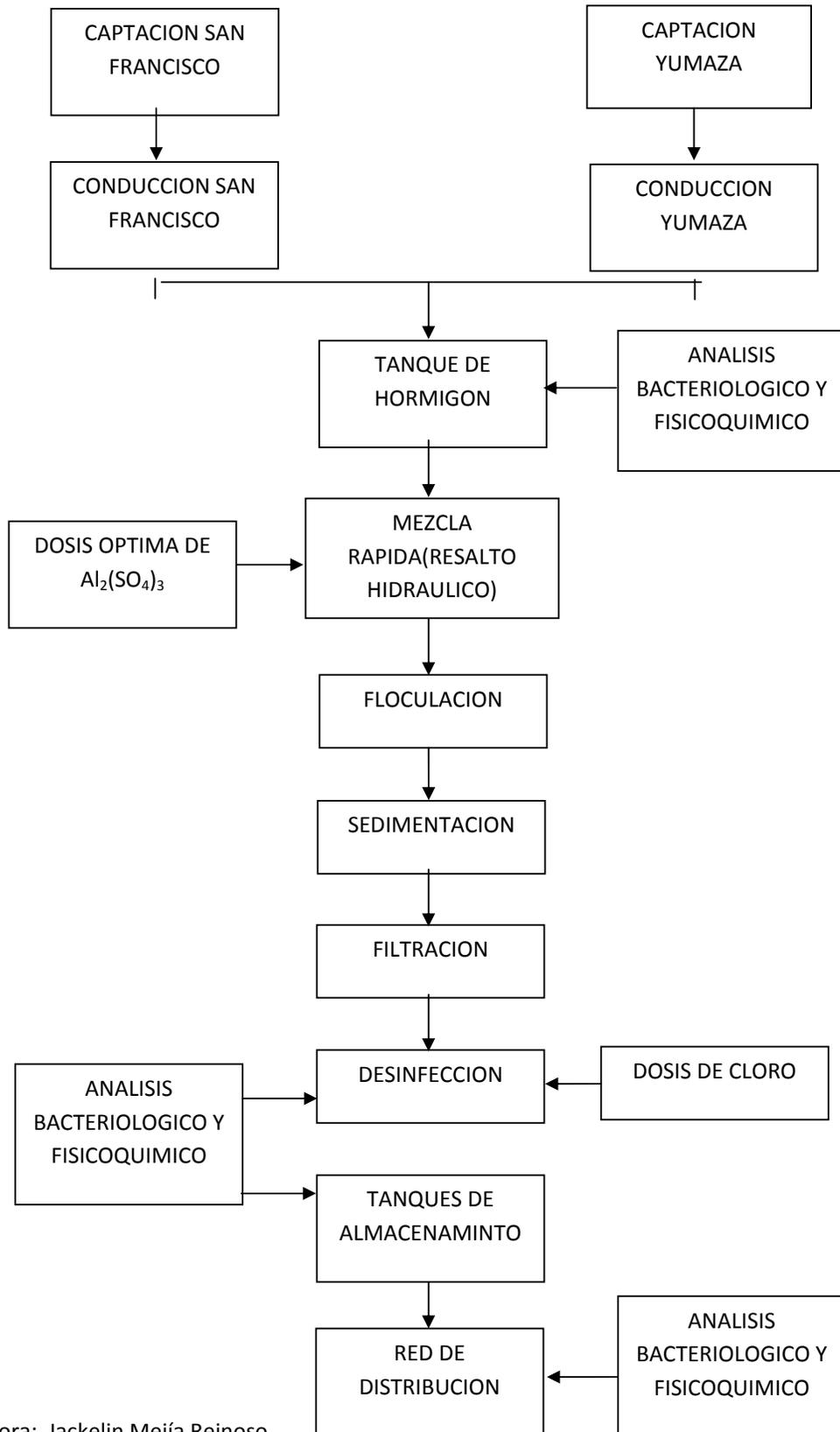


Universidad de Cuenca

El monitoreo de la calidad del agua suministrada (cloro residual) se realiza mensualmente.



DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACION DEL AGUA POTABLE EN EL CANTON GUALAQUIZA





CAPITULO III.

3.1 TEORIA SOBRE EL AGUA⁽¹⁾

3.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, y sólo un 2% corresponde al agua dulces; de este porcentaje el 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituida por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

El agua o dihidruro de oxígeno es un líquido incoloro, inodoro e insaboro, esencial para la vida animal y vegetal, solvente universal compuesto molarmente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, H_2O , la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

ESTADO NATURAL

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia: sólido, líquido y gas.

SÓLIDO	LÍQUIDO	GAS
Polos	Lluvia	Niebla
Glaciares	Rocío	Nubes
Hielo en las superficies de agua en invierno	Lagos	
Nieve	Ríos	
Granizo	Mares	
Escarcha	Océanos	



3.1.2 CICLO DEL AGUA

El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico. Se produce vapor de agua por evaporación en la superficie terrestre y en las masas de agua. Este vapor circula por la atmósfera y precipita en forma de lluvia o nieve.

Al llegar a la superficie terrestre, el agua sigue dos trayectorias. En cantidades determinadas por la intensidad de la lluvia, así como por la porosidad, permeabilidad, grosor y humedad previa del suelo, una parte del agua se vierte directamente en los riachuelos y arroyos, de donde pasa a los océanos y a las masas de agua continentales; el resto se infiltra en el suelo. Una parte del agua infiltrada constituye la humedad del suelo, y puede evaporarse directamente o penetrar en las raíces de las plantas para ser transpirada por las hojas. La porción de agua que supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo y se acumula en la llamada zona de saturación para formar un depósito de agua subterránea, cuya superficie se conoce como nivel freático. En condiciones normales, el nivel freático crece de forma intermitente según se va rellenando o recargando, y luego declina como consecuencia del drenaje continuo en desagües naturales como son los manantiales.

PROPIEDADES DEL AGUA

Entre las propiedades del agua se destacan:

- Punto de fusión: 0 °C
- Punto de ebullición: 100°C
- Densidad relativa: 1,0 a 4°C
- Densidad: 1,0 kg/l a 4°C
- Masa molecular o mol = 18 g. Como existen tres isótopos de hidrógeno y tres de oxígeno, se pueden tener dieciocho diferentes masas moleculares para el agua.
- En la molécula de agua, los dos átomos de hidrógeno están localizados sobre el mismo lado del átomo de oxígeno, con sus enlaces separados 105°. Fig. 1

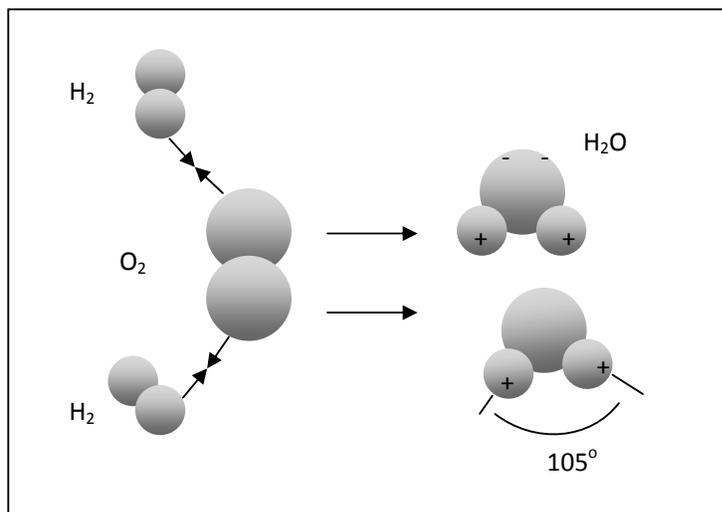


Fig. 1 Naturaleza dipolar del agua

- La molécula de H₂O es una molécula fuertemente dipolar, debido a la carga positiva del hidrógeno y a la carga negativa del oxígeno; está cargada positivamente del lado del hidrógeno y cargada negativamente del lado del oxígeno, característica que hace que las moléculas se aglomeren. El hidrógeno de una molécula atrae el oxígeno de una molécula vecina, creando un enlace molecular conocido como enlace de hidrógeno.
- El agua, por su carácter dipolar, tiene el poder de rodear un ión cargado positivamente con la parte negativa de su molécula o de rodear un anión con la parte positiva. De esta manera se puede aislar el ión de los demás que lo rodean, neutralizar las fuerzas de atracción que hacen que mantenga su estructura sólida y así disolver el ión; por ello se le llama solvente universal
- El agua se mantiene líquida en un intervalo conveniente de temperatura.
- El agua es un solvente ionizante.
- El agua es una de las sustancias con mayor calor específico, razón por la cual ello su capacidad calorífica es muy grande; es decir, se requiere mucho calor para calentarla y mucho frío para enfriarla. La capacidad calorífica, calor específico del



agua o cantidad de calor atmosférico es de 1 cal/g °C o 4/186 J/g 0c°C. Debido a su enlace de hidrógeno, el agua exhibe una tensión superficial alta y permite su elevación dentro de un tubo capilar.

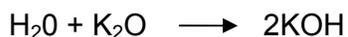
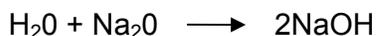
- Es transparente a los rayos solares en una región conveniente del espectro.
- Interviene en equilibrios ácido base y en los de óxido reducción.

Las principales combinaciones del agua se pueden resumir así:

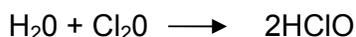
- Agua + sales = hidratos



- Agua + óxidos metálicos = bases



- Agua + óxidos no metálicos = ácidos



- Agua + algunos metales = bases + hidrógeno



3.2 IMPUREZAS DEL AGUA⁽¹⁾.

Es imposible encontrar un agua totalmente pura, ya que siempre contiene alguna impureza. El agua lluvia recoge impurezas mientras pasa a través del aire. Los ríos y las quebradas recogen impurezas provenientes del suelo y de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales, transportándolas a los lagos, embalses y mares. Existe menos posibilidad de polución en las aguas superiores de un río,



donde la población es escasa, pero en ningún caso puede considerarse un agua superficial carente de contaminación, a pesar de que la purificación natural ocurre en todo cuerpo de agua gracias a la sedimentación y muerte de las bacterias patógenas.

Contaminantes en el agua sin depurar

La capacidad única que tiene el agua de disolver, hasta cierto punto, prácticamente cualquier compuesto químico y albergar casi todas las formas de vida significa que los suministros de agua sin depurar contienen muchos contaminantes. Las categorías principales de las impurezas que se encuentran en el agua sin depurar son las siguientes:

- Partículas suspendidas, incluyendo coloides
- Sales inorgánicas disueltas
- Compuestos orgánicos disueltos
- Microorganismos
- Pirógenos
- Gases disueltos

Aguas puras, en el sentido estricto de la palabra, no existen en la naturaleza; por consiguiente, se usa el concepto de agua segura y de agua potable. El agua segura es aquella cuyo consumo no implica ningún riesgo para la salud del consumidor, mientras que el agua potable es aquella que además de ser segura es satisfactoria desde el punto de vista físico, químico y biológico, es decir, atractiva para su consumo como bebida. Debe tomarse en cuenta que el concepto de agua segura tiene un valor relativo y no absoluto, esto es, que de acuerdo con la técnica y métodos disponibles se puede afirmar que un agua es segura cuando no existe evidencia de riesgo para la salud del consumidor.



3.3 CARACTERIZACION DEL AGUA⁽¹⁾.

La caracterización de un agua tiene como objetivo conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos con el propósito de definir su aptitud para uso humano, agrícola, industrial, recreacional o como recurso asimilatorio de descargas contaminantes. La presentación adecuada de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite visualizar no sólo los aspectos relacionados con su composición química y microbiológica sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento.

En la presentación de los análisis de agua se debe tener como objetivo la sencillez de su interpretación, tanto numérica como gráfica, así como su corrección desde el punto de vista analítico

3.4 CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA POTABLE.

El agua es una necesidad humana indispensable para la vida, esencial para vivir con dignidad. Sin agua no hay vida posible. Se trata de un derecho humano personalísimo, que debe ser acatado por cualquier sociedad y todo Estado. Resulta ser una condición esencial, previa, que condiciona la existencia y el ejercicio de cualquier otro derecho humano, por lo tanto su calidad y cantidad tiene que estar garantizado hacia la población. En cuanto a la calidad el agua tiene que ser salubre y no contener microorganismos o sustancias químicas o radioactivas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas, además debe tener color, olor y sabor aceptables, para cada uso personal o doméstico. De esta forma, el agua para la ingesta humana debe ser potable, o sea, libre de sustancias peligrosas para la salud, para los demás usos, el agua no necesariamente debe ser potable.

Y en cuanto a la cantidad, expone que el abastecimiento de agua debe ser suficiente para los usos personales y domésticos, entre los que están incluidos el consumo, saneamiento, preparación de alimentos e higiene personal y doméstica. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, de 50 a 100 litros diarios por persona son suficientes para cubrir las necesidades básicas, estableciendo 20 litros



de agua potable por persona como la cantidad mínima por debajo de la cual se entiende que no existe un abastecimiento de agua digno.

Otro aspecto importante es la accesibilidad al recurso hídrico que puede ser físico o económico, la accesibilidad física se refiere al alcance que todos los usuarios tanto en sus hogares, instituciones educativas, centros de trabajo, o en sus cercanías inmediatas pueden obtener. Por lo tanto el ente gubernamental (Municipios), son los encargados de proveer agua a sus habitantes, abasteciéndoles a través de redes de distribución de agua como de acueducto de alcantarillados sanitarios, o bien de tener un acceso físico cercano a una fuente de agua. Aspectos tales como el grado de concentración demográfica, la ubicación rural o urbana, o el grado de desarrollo económico del Estado, son relevantes para determinar el grado de cumplimiento de este derecho. Además, la seguridad e integridad física de los usuarios no debe verse amenazada durante el acceso al recurso hídrico.

Por su parte, la accesibilidad económica está directamente relacionada con su costo económico, el cual debe tener un precio asequible, que no ponga en peligro ni comprometa el ejercicio de otras necesidades. El agua y los servicios de instalaciones deben ser accesibles a todos, incluso a los sectores más vulnerables, marginados y desprotegidos de la población, sin discriminación alguna. De ahí el deber estatal de proveer del servicio y accesibilidad a las poblaciones rurales campesinas y zonas indígenas, aún en aquellos casos donde no exista recuperación de costos por parte del ente proveedor. Lo anterior no implica necesariamente que el servicio deba ser gratuito, sin contraprestación alguna por parte de los usuarios, pues la preservación, mantenimiento, distribución y tratamiento del agua implican gastos para el suplidor del servicio, razón por la cual, la estructura tarifaria debe estar estructurada de tal forma que permita la recuperación de los costos económicos y castigue el desperdicio. En aquellos casos donde estén de por medio sectores de población marginados y desprotegidos, el Estado deberá tomar medidas necesarias para garantizarles tanto el acceso físico, como económico al recurso hídrico.



3.5 NORMATIVA SOBRE EL AGUA POTABLE:

La Organización Mundial de la Salud (OMS). Establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable.

La Unión Europea (UE). La Unión Europea elaboró la Directiva 98/83/EC acerca de la calidad del agua para el consumo humano, el 3 de Noviembre de 1998, y fue elaborada mediante la revisión de los valores de los parámetros de la antigua Directiva del Agua Potable de 1980, haciéndolos más estrictos en los casos en que fue necesario, de acuerdo con los últimos conocimientos científicos disponibles (directrices de la OMS y del Comité Científico de Toxicología y Ecotoxicología). Esta nueva Directiva proporciona una base sólida tanto para los consumidores en la UE como para los proveedores de agua potable.

En el Ecuador. INEN. El Ecuador a través del Instituto Ecuatoriano de Normalización tiene el Reglamento Técnico NTE INEN 1 108: 2010 tercera edición, que establece los requisitos que debe cumplir el agua potable que se consume en el Ecuador, con el propósito de prevenir riesgos para la salud, la vida, la seguridad, el medio ambiente y las prácticas que puedan inducir a error a los usuarios.

La Ley del Agua Potable.

El modelo regulador que está incorporado en el Borrador de Anteproyecto de Ley, se lo ha concebido considerando una variedad de mecanismos tanto a nivel nacional como a nivel municipal para establecer y velar por el cumplimiento de las normas de calidad de los servicios y promover la eficiencia y viabilidad financiera. No incluye la creación de un Organismo Regulador Nacional. Si bien la Constitución del Ecuador permite la creación de Superintendencias Nacionales para los servicios públicos, pero la creación de una Superintendencia Nacional de Agua Potable y Alcantarillado no se considera políticamente viable en la actualidad.

Bajo estas circunstancias, se ha previsto crear mecanismos reguladores básicos y fortalecer las instituciones existentes en vez de crear nuevas. Este enfoque goza de la considerable ventaja de que se establecerían las herramientas y prácticas



reguladoras esenciales -como por ejemplo normas de calidad explícitas y metas anuales, reglas tarifarias, sistemas de monitoreo y de reportes de los modelos satisfactorios de gestión -sin incurrir en los riesgos asociados con una regulación centralizada y autoritaria.

No obstante, al modelo regulador propuesto incluye los siguientes compuestos esenciales:

1. COMPATIBILIDAD CON LA REGULACIÓN MUNICIPAL

La presente Ley, en cuanto se refiere a la gestión de los servicios públicos de agua potable y saneamiento, es compatible con los enunciados, finalidades y competencias de la Institucionalidad Seccional, normados por la Ley del Régimen Municipal (RO sup/331 del 15 de octubre de 1971) y por la Ley de Descentralización del Estado y Participación Social (Ley No. 22, RO 199 de octubre 8 de 1997), respectivamente.

2. PRINCIPIOS Y LINEAMIENTOS BÁSICOS DE LA LEY Y SU REGLAMENTO

Son algunos de ellos:

- Eficiencia en la asignación y en el uso de los recursos, a cuyo propósito las unidades de prestación deben anotar normas y tamaños óptimos de organización y funcionamiento.
- Responsabilidad institucional y personal respecto al cumplimiento de la presente ley y la normativa complementaria o emergente, lo que conlleva la obligación de rendir cuentas a la comunidad, acerca de los compromisos asumidos y los resultados alcanzados, respectivamente.
- Universalidad, a través de la accesibilidad de la población a los servicios públicos alcanzados.
- Calidad y continuidad de las prestaciones, congruentes con políticas de desarrollo humano y comunitario.
- Precios y tarifas que reconozcan el valor económico de los servicios, la viabilidad financiera de los prestadores, y la equidad social, respectivamente.
- Preservación de los recursos hídricos y del medio ambiente en general; y



- Protección de los derechos de los usuarios, y los prestadores, respectivamente.

3. PRINCIPIOS DE TARIFAS Y SUBSIDIOS,

Principios de tarifas

- Eficiencia económica se define (I) que las tarifas no podrán trasladar a los usuarios los costos de una gestión ineficiente, incluyendo los costos operativos y de inversión sobredimensionados, ni permitir que los prestadores se apropien de utilidades provenientes de prácticas restrictivas de la competencia, sino que los costos se aproximarán a los de un mercado competitivo, teniendo en cuenta graduales aumentos de productividad; y (II) que las tarifas comunicarán a los usuarios la escasez del recurso agua potable, brindando incentivos para su uso eficiente.
- Neutralidad, se entiende que cada usuario tendrá derecho de tener el mismo tratamiento tarifario que cualquier otro usuario de su misma situación, en cuanto a tecnología aplicada y calidad de prestación, respectivamente.
- Solidaridad se refiere a los mecanismos previstos en esta ley para asegurar el acceso a un nivel básico de servicios de la población en situación de pobreza.
- Viabilidad financiera considera que las fórmulas tarifarias garantizarán la recuperación de los costos y gastos propios de la explotación de los servicios, incluyendo la expansión (en la parte no subsidiada en forma directa); reposición, costos ambientales; mantenimiento; amortización; atención de los servicios de deuda y administración, que posibilitan utilizar tecnologías y sistemas que aseguren la calidad adecuada de los servicios, permitiendo remunerar el patrimonio afectado por los prestadores en la misma forma en que se habría remunerado a una empresa eficiente en un sector de riesgo comparable.
- Simplicidad se entiende como las formulas tarifarias elaboradas de forma tal que se facilite su comprensión, aplicación y control.
- Transparencia se entiende como el régimen tarifario, así como los fundamentos y soportes técnicos de las decisiones de aplicación que serán enteramente públicas y su conocimiento será facilitado por los prestadores.



Principios de subsidios

- Subsidios a la inversión. El Gobierno Central, y los gobiernos provinciales y municipales, u otras organizaciones, podrán otorgar subsidios directos a la inversión para facilitar el acceso a los servicios de la población en situación de pobreza, debidamente categorizada como tal por autoridad Municipal competente, o para financiar proyectos de infraestructura y equipamiento en el medio rural o periurbano, u otros proyectos de interés común concertados entre el organismo aportante y la respectiva Municipalidad. El subsidio a la inversión abarcará todos los costos que demanda el acceso, incluyendo los costos de conexión.

-En los casos citados, los costos de inversión serán considerados como subsidios a los efectos del cálculo tarifario, y la depreciación de las obras financiadas con dichos recursos no constituirá un costo trasladable a las tarifas, no obstante dicho principio, la Municipalidad, en su caso, con el acuerdo de la comunidad beneficiaria podrán resolver lo contrario, al solo y único efecto de constituir un fondo fiduciario especial destinado a futuras inversiones de iguales características.

- El impuesto a los Consumos Especiales que grava a los servicios de Telecomunicaciones y radioeléctricos en la parte destinada a las empresas o entidades seccionales que tengan a su cargo la prestación de servicio de agua potable, constituye un subsidio de Estado destinado exclusivamente a inversiones en la expansión del servicio de agua potable, y también de alcantarillado, quedando sujeto a lo dispuesto en el presente artículo.

4. EL ORGANISMO RECTOR NACIONAL, DEL MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI)

Definirá los criterios de eficiencia y desarrollará los indicadores de desempeño técnico, financiero, económico y comercial.

Las municipalidades deberán adoptar un Plan Operativo Anual que establezca las metas explícitas para mejorar los servicios y la eficiencia y que describa las acciones que realizará el proveedor de servicios para alcanzar dichas metas.

Las municipalidades pueden crear reglamentos complementarios (de acuerdo con la Ley Orgánica de Régimen Municipal) y deben adoptar un reglamento de servicio.



El organismo rector promoverá el cumplimiento mediante la asistencia técnica, emitiendo reglamentos y pautas, y recolectando, analizando y publicando la información sobre el desempeño.

Asimismo, el cumplimiento se promoverá mediante recompensas financieras en vez de penalidades. La asignación de fondos por parte del Gobierno Nacional estará ligada al cumplimiento de las mejoras en la viabilidad financiera y la eficiencia y calidad de los servicios.

Al nivel municipal, un ente regulador estará a cargo de monitorear el cumplimiento del proveedor de servicios en materia de reglamentos, normas y su implementación del Plan Operativo Anual, y de resolver las disputas que no sean resueltas por el proveedor de servicios; y

Los consumidores estarán protegidos por los reglamentos que rigen los procedimientos de facturación, las consultas de los consumidores, el acceso a la información y la respuesta a las quejas.



CAPITULO IV.

CALIDAD DEL AGUA

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Lo que quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria.

Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

Es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso. Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas.

Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua, etcétera. El uso de gráficos ayuda a mostrar las relaciones físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad y, por tanto, a realizar adecuadamente la evaluación de los recursos hídricos.

A continuación se tratan en detalle las principales características fisicoquímicas y biológicas que definen la calidad del agua, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, su relación con los principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano.

4.1 PARÁMETROS FÍSICOS⁽¹⁾

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.



Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad;
- sólidos solubles e insolubles;
- color;
- olor y sabor;
- temperatura, y
- conductividad

4.1.1 Turbiedad

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La figura 2 muestra la distribución de las partículas en el agua de acuerdo con su tamaño. La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

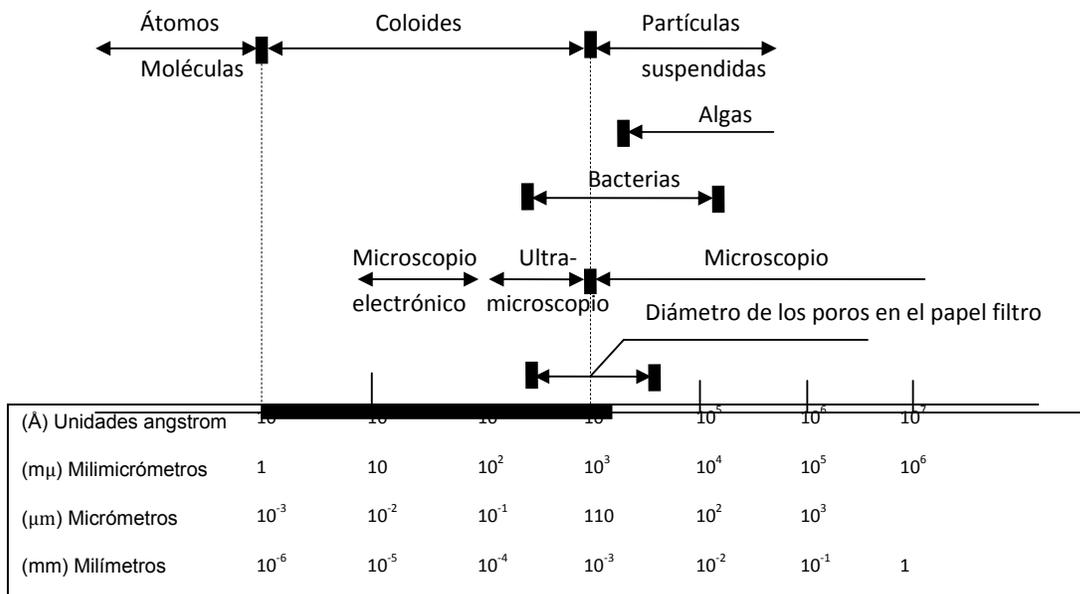


Fig.2 Distribución de las partículas en el agua de acuerdo a su tamaño



La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Últimamente, ha cobrado importancia la presencia de fibras de asbesto desprendidas de los accesorios de asbesto-cemento de los sistemas de distribución como un factor causante de turbiedad en las aguas de consumo humano.

En la práctica, la remoción de la turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en una planta de clarificación de agua; sin embargo, es uno de los que más influye en los costos de producción, porque, por lo general, requiere usar coagulantes, acondicionadores de pH, ayudantes de coagulación, etcétera.

El diseño de los sistemas de remoción de turbiedad debe considerar no solo el tipo de partículas existentes (origen, estructura, composición y forma) sino también su tamaño y comportamiento.

Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, ésta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan como valor guía 5 UNT. La OMS indica, sin embargo, que para una desinfección eficiente. El agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a 1 UNT.

4.1.2 Sólidos y residuos

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada.

Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos.

La figura 2 muestra la distribución de partículas en el agua según su tamaño. Las partículas pueden estar:



- Disueltas (hasta un milimicrómetro), en cuyo caso físicamente no influirán en la turbiedad, pero sí podrían definir el color u olor del agua.
- Formando sistemas coloidales (1 a 1.000 milimicrómetros), que son las causantes de la turbiedad neta del agua.
- En forma de partículas suspendidas (por encima de 1.000 milimicrómetros), las cuales caen rápidamente cuando el agua se somete a reposo.

Es necesario aclarar que las pruebas analíticas para determinar las formas de los residuos no determinan sustancias químicas específicas y solo clasifican sustancias que tienen propiedades físicas similares y comportamiento semejante frente a las diferentes condiciones ambientales.

Sólidos totales. Corresponden al residuo remanente después de secar una muestra de agua. Equivalen a la suma del residuo disuelto y suspendido. El residuo total del agua se determina a 103–105 °C.

Equivalencias:

Sólidos totales = sólidos suspendidos + sólidos disueltos

Sólidos totales = sólidos fijos + sólidos volátiles

Sólidos disueltos o residuos disueltos. Mejor conocidos como sólidos filtrables, son los que se obtienen después de la evaporación de una muestra previamente filtrada.

Comprenden sólidos en solución verdadera y sólidos en estado coloidal, no retenidos en la filtración, ambos con partículas inferiores a un micrómetro (1 μ).

Sólidos en suspensión. Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio.



Sólidos volátiles y fijos. Los sólidos volátiles son aquellos que se pierden por calcinación a 550 °C, mientras que el material remanente se define como **sólidos fijos**.

La mayor parte de los sólidos volátiles corresponden a material orgánico.

Los sólidos fijos corresponden, más bien, a material inorgánico.

4.1.3 Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal;
- la descomposición de la materia;
- la materia orgánica del suelo;
- la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos; y
- una combinación de los procesos descritos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados.

Se denomina **color aparente** a aquel que presenta el agua cruda o natural y **color verdadero** al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.

Existen muchos métodos de remoción del color. Los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente.

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como



desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno en animales.

El valor guía de la OMS es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida.

4.1.4 Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; esta característica constituye el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

En el siguiente cuadro se resume algunos olores característicos del agua, de acuerdo con su origen.

OLORES CARACTERÍSTICOS DEL AGUA Y SU ORIGEN⁽¹⁾

NATURALEZA	ORIGEN
Olor balsámico	Flores
Dulzor	Coelosphaerium
Olor químico	Aguas residuales industriales
Olor a cloro	Cloro libre
Olor a hidrocarburo	Refinería de petróleo
Olor medicamentoso	Fenol, yodoformo
Olor a azufre	Ácido sulfhídrico, H ₂ S
Olor a pescado	Pescado, mariscos
Olor séptico	Alcantarilla
Olor a tierra	Arcillas húmedas
Olor fecaloide	Retrete, alcantarilla
Olor a moho	Cueva húmeda
Olor a legumbres	Hierbas, hojas en descomposición

Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas crudas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales.



En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo.

A continuación se muestra los límites de percepción de algunas sales y compuestos presentes en el agua.

LÍMITES DE PERCEPCIÓN DE ALGUNAS SALES Y COMPUESTOS EN EL AGUA (mg/l)

Sustancia	Netamente reconocible	Debidamente perceptible	No apreciable
CaCl ₂ ; NaCl	600	300	150
MgCl ₂	100	60	-
FeSO ₄	-	3.5	1.75
CuSO ₄	7	3.5	1.75
H ₂ S	1.15	0.55	0.30
H ₂ SO ₄	4	2	1
Cl ₂	0.1	0.05	0.05
Ca(OCl) ₂	0.5	0.2	0.2

En algunos casos, la eliminación de los olores puede realizarse mediante la aireación o la adición de carbón activado.

4.1.5 Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.



4.1.6 Conductividad

La conductividad es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Está relacionada con la fuerza iónica que viene determinada por la concentración y la carga de cada ión presente.

$$\mu = 1 / 2 \sum C_i \times Z_i^2$$

Los valores de conductividad vienen expresados normalmente en $\mu\text{S/cm}$ (microsiemens por centímetro).

4.2 PARAMETROS QUÍMICOS

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

4.2.1 Alcalinidad

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad.

La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica.

Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.



Durante el tratamiento, las aguas crudas de muy baja alcalinidad pueden requerir la adición de un alcalinizante primario (como el hidróxido de calcio).

La EPA (Agencia de Protección Ambiental) no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua.

4.2.2 pH

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua.

Las normas internacionales han establecido el rango de pH 6,5 a 8,5 para el agua potable.

4.2.3 Dureza

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonatos, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.

Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado.



La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente.

La remoción de la dureza en el tratamiento se lleva a cabo mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como ablandamiento cal-soda.

En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/l; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/l; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/l (en todos los casos, como CaCO_3). Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano.

4.2.4 Nitritos y nitratos

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como subterráneas.



El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua.

Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos se distribuyen con rapidez a todos los tejidos. Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe_2^+) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina, en la cual el hierro se encuentra en estado férrico (Fe_3^+), por lo que es incapaz de transportar el oxígeno. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/l de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/l de nitrato (10 mg/l como $\text{NO}_3\text{-N}$).

Aunque se ha comprobado que bebés menores de 6 meses que ingieren nitratos en concentraciones altas pueden morir si no reciben tratamiento inmediato, es importante anotar que no todos los niños que ingieren aguas con altos contenidos de nitratos (10 mg/l o más) necesariamente desarrollan la enfermedad. Para ello se requiere una predisposición natural. En este caso, la edad es un factor determinante, porque rara vez se presenta en niños de más de seis meses y mucho menos en adultos.

La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

Aunque la toxicidad relativa de los nitratos es bien conocida, es difícil establecer cuál es el nivel de una dosis nociva. Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero como generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores de 1 mg/l y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema prácticamente queda solucionado.

Los métodos tradicionales de floculación e incluso ablandamiento con cal no son efectivos para la remoción de nitratos. El más eficiente es el de resinas de intercambio iónico, que puede remover concentraciones tan altas como 30 mg/l y reducirlas hasta 0,5 mg/l en procesos continuos.



En la práctica, difícilmente los nitritos se encuentran en aguas tratadas debido a que se oxidan fácilmente y se convierten en nitratos durante la cloración.

Por sus efectos adversos para la salud de los lactantes y porque no se tienen procesos definitivos para su remoción, el contenido de nitratos en aguas de consumo público no debe exceder, según la EPA, de 10 mg/l. Puesto que los nitritos tienen un efecto tóxico superior a los nitratos, el contenido no debe exceder de un mg/l; en ambos casos, medidos como nitrógeno. La OMS establece un valor guía provisional de 50 mg/l (N-NO₃) y 3 mg/l (N-NO₂).

4.2.5 Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm.

El problema mayor lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles.

Durante el tratamiento es posible remover las sales de aluminio solubles, mediante la formación de hidróxido de aluminio. Sin embargo, es necesario tener mucho control del pH, pues si este sube excesivamente, podría producirse la formación de aluminatos, nuevamente solubles. La coagulación, en este caso, se realiza mediante polímeros orgánicos, por lo general aniónicos. Cuando el aluminio se encuentra en el agua cruda, se recomienda usar como coagulantes sales de hierro o polímeros sintéticos. Los coagulantes alumínicos dejan un remanente de metal que, en algunos casos, puede llegar a niveles no deseados.

En el caso del aluminio, la OMS ha establecido un valor guía de 0,2 mg/l para aguas de consumo humano.

4.2.6 Amonio

Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores:



- El nitrógeno atmosférico, por fijación química.
- Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana.
- La reducción de nitritos.

El amoniaco se encuentra en cantidades notables cuando el medio es fuertemente reductor. En un medio oxidante, el ion amonio se transforma en nitrito.

Se le considera un constituyente normal de las aguas superficiales y está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües. Cuando su concentración es mayor de 0,1 mg/l (como N), podría constituirse en un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales.

El amoniaco en las aguas residuales es producido en su mayor parte por la eliminación de compuestos que tienen nitrógeno orgánico y por la hidrólisis de la úrea. En casos menos frecuentes, se puede producir por reducción de nitratos en condiciones anaeróbicas.

El amoniaco es un micronutriente para microorganismos y algas en los sistemas de distribución. Su presencia en el agua favorece la multiplicación de estos.

Este compuesto influye en los procesos de desinfección con cloro e incrementa su demanda debido a la formación de cloramidas.

Por lo general, la eliminación del amoniaco a concentraciones altas se realiza mediante la oxidación con cloro.

La OMS establece como valor guía para aguas de bebida 1,5 mg/l, referido más bien a criterios de aceptabilidad (olor y sabor).

4.2.7 Antimonio

No es un elemento esencial para la vida de las personas o animales. En el agua puede encontrarse bajo el estado de oxidación III ó V y a concentraciones promedio de 0,6 mg/l. Se lo relaciona con el aumento del colesterol en la sangre.

Las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales con antimonio son las descargas de la industria petrolera, cerámica, electrónica, entre otras.

Debido a que su comportamiento químico es parecido al del arsénico, su proceso de remoción es similar al de este.



Respecto al agua potable, el valor guía provisional dado por la OMS es de 0,005 mg/l. La EPA indica como nivel máximo de concentración 0,006 mg/l.

4.2.8 Arsénico

Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos.

Las concentraciones de As en aguas naturales usualmente son menores de 10 mg/l. Sin embargo, en zonas mineras pueden encontrarse concentraciones entre 0,2 y 1g/l.

La toxicidad del As es compleja, pues depende de la vía de exposición, del estado de valencia y de la forma química (inorgánica u orgánica) del compuesto. El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en seres humanos.

En cuanto a las especies oxidadas, generalmente las sales inorgánicas de As (III) son más tóxicas que las de As (V) y la solubilidad de los compuestos de arsénico inorgánico está relacionada con su toxicidad; todos los compuestos solubles son tóxicos.

Se sospecha que el arsénico tiene efectos cancerígenos por la correlación encontrada entre la incidencia de hiperquetosis y cáncer de la piel por un lado y la ingestión de aguas con más de 0,3 mg/l de arsénico por otro. El metabolismo del As se realiza principalmente en el hígado, aunque su mecanismo no está bien establecido.

La remoción de arsénico del agua se basa principalmente en su oxidación a su forma pentavalente antes de la coagulación con sulfato férrico a pH de 6 a 8, con alumbre a pH de 6 a 7 o ablandamiento con cal a pH 11. A escala experimental, este método ha permitido una remoción de 90% de arsénico.

Debido a sus efectos adversos sobre la salud y a la insuficiente información sobre su remoción del agua, la EPA y las guías recomiendan que el contenido de arsénico en fuentes de abastecimiento no exceda 0,05 mg/l. El valor guía de la OMS para el agua de bebida es 0,01 mg/l.



4.2.9 Asbesto

El contenido de asbesto en el agua es una preocupación reciente. Bajo ciertas condiciones de calidad del agua y debido a la erosión, las fibras de asbesto pueden desprenderse de las tuberías de asbesto-cemento presentes en los sistemas de distribución. Sin embargo, una vez identificado el problema, es posible mitigar el efecto mediante el control y la reducción de la corrosividad del agua.

La EPA reporta que concentraciones superiores a 7 millones de fibras mayores de 10 micrómetros por litro (nivel máximo permitido) en el agua potable podrían significar un alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.

Sin embargo, la OMS considera que no es necesario recomendar un valor guía para el asbesto en el agua de bebida, debido a que las concentraciones normalmente halladas en ella no representan un riesgo para la salud.

4.2.10 Bario

Elemento altamente tóxico para el hombre; causa trastornos cardíacos, vasculares y nerviosos (aumento de presión arterial). Se considera fatal una dosis de 0,8 a 0,9 gramos como cloruro de bario (de 550 a 600 miligramos de bario).

La contaminación del agua por bario puede provenir principalmente de los residuos de perforaciones, de efluentes de refinerías metálicas o de la erosión de depósitos naturales.

Las concentraciones halladas en el agua son por lo general muy bajas; varían entre trazas y 0,05 mg/l.

Estudios realizados en las aguas de consumo muestran evidencias de que el bario puede ser absorbido por óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, lo cual explicaría su eliminación durante la coagulación. Sin embargo, existen pruebas que demuestran que el tratamiento convencional mediante coagulantes de aluminio y hierro, con filtración posterior, no es un método particularmente efectivo para la remoción de bario en el agua.

Por otro lado, un control adecuado del pH en la planta de ablandamiento del agua mediante cal puede lograr una remoción de 90% del bario.



Como un margen de seguridad, la EPA han fijado tentativamente como límite 2 y 1 mg/l, respectivamente, en las fuentes de aguas de consumo humano. La OMS da un valor guía de 0,7 mg/l.

4.2.11 Boro

El boro no se considera un elemento esencial para la nutrición humana. Existen estudios que demuestran su influencia en el retardo del crecimiento de las plantas.

Estudios realizados en plantas piloto han demostrado gran eficiencia de remoción de boro en los procesos de ablandamiento cal-soda a pH 8,5–11,3 (98%) y, en menor grado, en la coagulación con sulfato férrico.

La OMS ha establecido como valor guía para aguas de consumo 0,3 mg/l, aunque no existe suficiente información sobre los efectos de esta sustancia sobre el bienestar del consumidor.

4.2.12 Cadmio

No es un elemento esencial para la vida del hombre. La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escurrimiento de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas contienen concentraciones elevadas de cadmio.

Este metal pesado es potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones.

En el organismo, algunos iones Ca^{2+} de los huesos pueden ser reemplazados por iones Cd^{2+} , pues ambos iones tienen el mismo estado de oxidación y casi el mismo tamaño. Esta sustitución puede causar fragilidad en los huesos y susceptibilidad a las fracturas.

La ingestión de agua y alimentos que contengan el metal representa de 5 a 10% del total de cadmio absorbido en el organismo. Estas concentraciones dependen de la ingestión de proteínas y de la presencia de vitamina D; incluso, se relaciona con la



concentración en el organismo de algunos elementos, como Zn, Se y Ca, con los cuales compite el cadmio. El cadmio también reduce los niveles de hierro hepático. La vida media del cadmio en el organismo es muy larga y se calcula entre 10 y 30 años, periodo en el cual permanece almacenado en varios órganos, en particular el hígado y los riñones.

Se ha encontrado que los procesos de coagulación remueven el cadmio, pero una variable importante es el pH. Al usar sales de aluminio y regular el pH, es posible la remoción de 90% de cadmio en aguas turbias.

El sulfato de hierro puede remover 90% de cadmio a pH 7,5. El proceso de ablandamiento cal-soda puede tener una efectividad cercana a 100%, debido a que se lleva a cabo a pH alto.

La EPA recomienda como margen de seguridad un límite máximo permisible de 0,005 mg/l para aguas de consumo humano. Los valores guía dados por la OMS es de 0,003 mg/l. Sin embargo, dado el poder bioacumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible.

4.2.13 Cianuro

Su presencia no es frecuente en aguas naturales. La concentración de cianuro en aguas superficiales se debe, por lo general, a su contaminación mediante descargas industriales, en especial de galvanoplastia, plásticos, fertilizantes y minería. La extracción de oro usa cantidades importantes de cianuro en procesos que generan efluentes con estos residuos, la mayor parte de los cuales tienen como destino final los ríos y los lagos.

El cianuro es muy tóxico: una dosis de 0,1 mg/l tiene efectos negativos en los peces y una de 50–60 mg/l puede ser fatal para los seres humanos. Los efectos del cianuro sobre la salud están relacionados con lesiones en el sistema nervioso y problemas de tiroides.

La toxicidad del cianuro depende de su concentración, el pH y la temperatura, entre otros factores. El organismo humano convierte el cianuro en tiocianato, sustancia de menor toxicidad y de fácil excreción.



La EPA y las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un contenido no mayor de 0,2 mg/l en aguas destinadas a consumo público. La OMS propone una concentración menor: 0,07 mg/l.

4.2.14 Cinc

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce.

El cinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono. La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad.

Estudios han demostrado que el cinc no tiene efectos sobre la salud en concentraciones tan altas como 40 mg/l, pero que tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse.

Debido a su influencia en el sabor y a la poca información respecto a su remoción, la OMS recomienda que la concentración de cinc en aguas de consumo no exceda los 3 mg/l.

4.2.15 Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación.



Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad, se ha establecido un límite de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua.

4.2.16 Cobre

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/l. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud.

Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. La deficiencia de cobre ha sido asociada con la anemia nutricional de los niños. Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales.

La presencia del cobre en el agua está relacionada principalmente con la corrosión de las cañerías en la vivienda, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, entre otros.

La EPA ha establecido una concentración máxima de 1,3 mg/l, que denomina nivel de acción; es decir, una concentración límite que sirve como un aviso para que los sistemas públicos de suministro de agua tomen medidas de tratamiento cuando los niveles de las muestras de agua superan en más de 10% los valores permitidos. El valor guía dado por la OMS es 2 mg/l

4.2.17 Cromo

El Cr (III) es esencial para los seres humanos, pues promueve la acción de la insulina. En cambio, el Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos, mientras que el cromo (0) y los derivados de cromo (III) aún no pueden



clasificarse respecto a su carcinogenicidad. Aunque no se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/l de Cr (VI) en el agua. El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico.

Por su naturaleza química, el Cr (III) difícilmente se encuentra con un pH mayor de 5, el cromo está, por lo general, en forma hexavalente. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles. Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos.

La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales.

En el tracto gastrointestinal de los humanos y los animales, se absorbe menos de 1% del cromo (III) y alrededor de 10% del cromo (VI). La forma química, la solubilidad del compuesto en agua y el tiempo de permanencia en los órganos modifican la velocidad de la absorción.

Debido a su gran solubilidad, el Cr (VI) es más difícil de remover que el Cr

A escala experimental, la remoción del cromo trivalente puede ser efectiva mediante la coagulación con alumbre o sulfato férrico, y en los sistemas de ablandamiento con cal. En este último proceso, el factor pH es muy importante. Con un pH entre 10,6 y 11,3, la remoción puede llegar a 98%, mientras que a 9,2, la eficiencia baja a 70%.

La remoción del Cr (VI) es muy difícil mediante el tratamiento convencional de coagulantes. Se ha encontrado que el sulfato ferroso es razonablemente efectivo como reductor del Cr (VI) a Cr (III) (13). El ablandamiento cal-soda puede remover entre 80 y 90% de Cr (III), pero el Cr (VI) no se remueve a pH 9,5.

La EPA recomienda, como factor de seguridad, que el límite para cromo en fuentes de agua destinadas a consumo humano no exceda 0,1 mg/l como cromo total. Las guías de la OMS y del Canadá son más exigentes: 0,05 mg/l.



4.2.18 Fenoles

Se definen como los hidróxidos derivados del benceno y su núcleo condensado.

Su presencia en el agua está relacionada con la descomposición de hojas y materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos, pero principalmente se los asocia a procesos de contaminación de las fuentes por desechos industriales, aguas servidas, fungicidas y pesticidas, hidrólisis y oxidación de pesticidas organofosforados, degradación bacteriológica de herbicidas del ácido fenoxialquílico, entre otros.

Los compuestos fenólicos y los fenoles halogenados son tóxicos para el hombre a concentraciones altas. Pero aun en cantidades muy pequeñas, cambian las condiciones organolépticas del agua debido a su intenso olor y sabor, ambos desagradables.

Los compuestos fenólicos son muy difíciles de remover con los tratamientos convencionales.

Las Guías de Calidad para Agua de Bebida recomiendan que el contenido de los compuestos fenólicos no sea superior a 2 mg/l.

4.2.19 Fluoruros

Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/l).

Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes ("fluorosis dental") y dañar la estructura ósea. En algunos países han implementado programas de fluorización del agua de consumo como una medida para prevenir la caries dental infantil.

Las principales fuentes de concentraciones contaminantes de flúor en el agua son los efluentes de fábricas de acero y metales o de fábricas de plásticos y fertilizantes. Los procesos convencionales de coagulación con aluminio no son efectivos para la remoción de fluoruros.



Debido a que la concentración de fluoruros en el agua está en función de la temperatura del agua, la EPA recomienda un rango máximo de 4 mg/l en aguas para consumo humano.

Las guías de calidad de agua para consumo humano, como de la OMS, indican como valor guía 1,5 mg/l.

4.2.20 Fosfatos

Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitantes del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etcétera.

La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos. Estos pueden generarse a partir de los ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos del cuerpo hídrico. Otra fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.

Concentraciones relativamente bajas de complejos fosforados afectan el proceso de coagulación durante el tratamiento del agua.

Las normas de calidad de agua no han establecido un límite definitivo. Sin embargo, es necesario estudiar la concentración de fosfatos en el agua, su relación con la productividad biológica y los problemas que estos pueden generar en el proceso de filtración y en la producción de olores.

4.2.21 Hidrocarburos

La mayor parte de los hidrocarburos que se pueden encontrar en el agua son tóxicos. Sin embargo, concentraciones que no llegan a repercutir en la salud pueden causar molestias e inconvenientes, ya que comunican al agua propiedades



organolépticas (sabor y olor) indeseables, interfieren en el tratamiento y atraviesan los filtros de arena.

En algunos casos, estos compuestos presentes en el agua pueden llegar a producir dermatitis.

Su presencia en el agua superficial se debe a descargas de desechos industriales y a derrames accidentales.

El agua de lluvia puede arrastrar cantidades notables de hidrocarburos en suspensión, derivados de la combustión, de desechos de automotores, asfalto, etc. Algunos de estos productos de combustión son carcinógenos y deben estar ausentes en el agua de consumo humano.

Las normas de calidad del agua especifican que estos compuestos tienen que estar ausentes en el agua de consumo humano.

4.2.22 Hierro

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En la naturaleza se presenta en dos formas: asimilable y no asimilable.

En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Es frecuente que se presente en forma coloidal en cantidades apreciables.

Las sales solubles de hierro son, por lo general, ferrosas (Fe II) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

En contacto con el oxígeno disuelto en el agua, las sales ferrosas se convierten en férricas por oxidación y se precipitan en forma de hidróxido férrico. Esta



precipitación es inmediata con un pH superior a 7,5. Con un pH mayor de 2,2, el hidróxido férrico es insoluble.

De acuerdo con ello, las aguas subterráneas —que, por estar fuera del contacto con el aire, se encuentran en un medio natural fuertemente reductor— podrán tener en solución cantidades notables de hierro ferroso.

Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.

La remoción del hierro de las aguas crudas superficiales es relativamente fácil con los procesos comunes de remoción de la turbiedad, mediante los cuales su concentración puede bajar de 10 mg/l a 0,3 mg/l, que es la concentración recomendada para el agua de consumo..

Por consideraciones de sabor y debido a que los tratamientos convencionales pueden eliminar el hierro en estado férrico pero no el hierro soluble Fe (II), las guías de calidad de la OMS recomiendan que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase 0,3 mg/l de hierro.

4.2.23 Manganeseo

El manganeseo es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeseo en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central.

Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro.

Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles.

En concentraciones mayores a 0,15 mg/l, las sales disueltas de manganeseo pueden impartir un sabor desagradable al agua.

La presencia de manganeseo en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado, similar a la del hierro.



Su remoción se realiza formando sales insolubles, para lo cual, en muchos casos, es necesario el uso de oxidantes y un pH alto.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS establecen como valor provisional 0,5 mg/l.

4.2.24 Materia orgánica

Las aguas naturales, además de sustancias minerales y disueltas, pueden llevar en suspensión sustancias orgánicas provenientes del lavado de los suelos o del metabolismo de los organismos que viven en ellos. Además, los cuerpos de aguas superficiales pueden recibir descargas de aguas residuales de origen doméstico o industrial, las cuales provocan la polución y la contaminación en niveles variables.

Las sustancias provenientes del lavado de suelos son principalmente ácidos húmicos, mientras que las producidas por el metabolismo de los organismos acuáticos son los hidratos de carbono, las proteínas, las aminas, los lípidos, etcétera, así como pigmentos, hormonas y vitaminas, que funcionan como catalizadores o inhibidores de las funciones biológicas.

Las sustancias provenientes de los desechos animales son principalmente derivados de la úrea, la cadaverina y la putrescina, entre otros.

Estas sustancias orgánicas representan una fuente de alimentación para los organismos (autótrofos y heterótrofos) presentes en el agua. Tienden a desaparecer progresivamente por oxidación, y pasar a CO₂, amoníaco, nitritos, nitratos, etcétera.

Por lo general, las aguas naturales no contaminadas presentan cantidades mínimas de materia orgánica, salvo aquellas que provienen de bosques o aguas estancadas.

La materia orgánica puede ser, en muchos casos, la responsable del color, el olor y el sabor del agua, los cuales deben ser eliminados durante el tratamiento a fin de hacerla apta para el consumo humano.

Como es muy difícil determinar analíticamente la presencia de estas sustancias orgánicas en el agua, se han establecido métodos globales de determinación.

Estos son los siguientes:



a. Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO5

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Se expresa en mg/l. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores.

Es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo.

El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días en otra muestra semejante, conservada en un frasco cerrado a 20 °C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la DBO5.

b. Demanda Química de Oxígeno: DQO

Equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos.

La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo mediante la coagulación-floculación, la sedimentación y la filtración. Sin embargo, cuando la fuente de agua cruda tiene una carga orgánica y bacteriana muy grande —caso en el que la DBO5 puede alcanzar valores muy altos—, será necesaria una precloración, que debe constituirse en un proceso adecuadamente controlado.

Lo deseable es que las fuentes de agua cruda no presenten una carga orgánica elevada.

Por la naturaleza de estos parámetros, las normas de calidad de agua establecen que los causantes de la contaminación orgánica deben estar ausentes en las aguas para consumo humano.

4.2.25 Mercurio

Se considera al mercurio un contaminante no deseable del agua.

El mercurio es un metal pesado muy tóxico para el hombre en las formas aguda y crónica. En el tracto intestinal las sales mercuriosas son menos solubles que las mercúricas y, por lo tanto, son menos nocivas. Se considera que dosis de 20 y 50 mg/l en la forma mercúrica son fatales.



En el agua, el Hg se encuentra principalmente en forma inorgánica, que puede pasar a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos. De estos, puede trasladarse al plancton, a las algas y, sucesivamente, a los organismos de niveles tróficos superiores como los peces, las aves rapaces e incluso al hombre.

El mercurio metálico y el inorgánico se convierten en mercurio metilado por medio de procesos biológicos que se producen en el agua contaminada con este metal. Tanto el dimetil mercurio $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ como el ion metilo de mercurio HgCH_3^+ son absorbidos por los tejidos de los organismos vivos. Estas especies químicas se bioacumulan, permanecen durante largos periodos en los tejidos y pueden incorporarse en la cadena alimentaria biomagnificándose.

La permeabilidad del mercurio elemental en los lípidos es más alta que la de la forma ionizada y, en consecuencia, el Hg^0 puede atravesar las barreras hematoencefálica y placentaria.

La absorción gastrointestinal de sales de mercurio divalente o monovalente a partir de los alimentos es de aproximadamente 20% del Hg ingerido.

En términos de su toxicidad y sus efectos adversos sobre la salud, el metilmercurio es la forma más importante de mercurio orgánico. Sus efectos son básicamente neurotóxicos y genotóxicos.

Las pruebas realizadas en plantas piloto demuestran que la remoción de mercurio inorgánico depende del pH y de la turbiedad del agua y tienen poca dependencia de la concentración de mercurio, cuando se encuentra entre 0,003 y 0,016 mg/l.

Experimentalmente, se ha comprobado que el tratamiento convencional de coagulación-filtración mediante aluminio o sulfato férrico puede remover entre 70 y 80% de mercurio inorgánico en aguas crudas turbias (13, 14). Sin embargo, en aguas claras la remoción puede reducirse a la mitad o menos.

La coagulación con sulfato férrico (17 mg/l) probó ser 66% efectiva con pH 7 y 97% con pH 8. El sulfato de aluminio es menos eficiente y logra solamente 38% de efectividad a pH 8.



La turbiedad desempeña un papel importante en la reducción de las concentraciones de mercurio en el agua, pues experimentalmente se ha demostrado que con turbiedades mayores de 100 UNT, la eficiencia crece sustantivamente.

Con respecto al mercurio orgánico, el proceso de ablandamiento con cal es moderadamente efectivo y dependiente del pH y llega a 30% con pH 9,4 y alcanza entre 60 y 80% con pH entre 10,7 y 11,4.

Se ha probado experimentalmente que las resinas de intercambio iónico son efectivas en la remoción de mercurio hasta 98%, tanto en la forma orgánica como inorgánica.

Sobre la base de las consideraciones mencionadas, la EPA recomienda no exceder el límite de 0,002 mg/l como mercurio total. Las guías de la OMS recomiendan una concentración máxima de 0,001 mg/l.

4.2.26 Oxígeno disuelto (OD)

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua. Puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: “La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura”. El agua destilada es capaz de disolver más oxígeno que el agua cruda.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación.

Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aereación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.



Se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la distribución de oxígeno y la productividad de materia orgánica, viva o muerta. Por otro lado, la cantidad de OD en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

En la práctica, se puede comprobar que a 10 °C, la distribución del oxígeno en el agua está regida por la presencia de materias vivas mediante la respiración y muertas mediante la descomposición. En cambio, a temperaturas de 20 °C o mayores, es el metabolismo del conjunto de los organismos vivos presentes el que determina esta distribución.

El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto. Debe estar bien aireada y es muy importante tener en cuenta las variaciones relativas de oxígeno disuelto, ya que si estas son grandes, es síntoma de un probable aumento de vegetales, materia orgánica, gérmenes aerobios, reductores inorgánicos, etcétera.

En algunos casos, el contenido de OD puede influir en las propiedades corrosivas del agua, dependiendo de la temperatura (a mayor temperatura, mayor corrosión) y del pH (a menor pH, mayor corrosión).

4.2.27 Plaguicidas

Este nombre agrupa a un gran número de compuestos orgánicos que se usan con diversos propósitos en el campo agrícola: control de plagas, maleza, hierba, etcétera. Entre los plaguicidas más comunes tenemos los hidrocarburos clorados, los carbamatos, los organofosforados y los clorofenoles. La presencia de estos compuestos en niveles tóxicos genera problemas en el agua y en el ambiente.

El efecto de los plaguicidas en la salud humana depende de su naturaleza química, pues mientras unos se acumulan en los tejidos, otros son metabolizados.

La remoción de los plaguicidas presentes en las aguas todavía se encuentra en la fase experimental, pero se sabe que su tratamiento con carbón activado reduce notoriamente los niveles de algunos de estos compuestos.

Las guías de calidad indican valores específicos en cada caso, todos a nivel de trazas.



4.2.28 Plata

No es un componente propio de las aguas naturales. Se considera que en las personas que ingieren agua con cantidades excesivas de plata pueden presentar decoloración permanente e irreversible de la piel, los ojos y las membranas mucosas.

Todos los estudios que se han hecho sobre este elemento y sus posibles efectos son preliminares, por lo cual no se puede postular límites sobre los niveles que afectan la salud humana.

El proceso de floculación puede lograr una eficiencia de entre 70 y 80% mediante sulfato férrico con un pH entre 7 y 9 ó sulfato de aluminio con un pH entre 6 y 8. También ofrece buenos resultados el ablandamiento con cal con un pH entre 7 y 9. Debido a que no hay suficiente información, la OMS considera que no es necesario recomendar un límite de concentración de plata en el agua de bebida, debido a que con concentraciones normalmente encontradas en ella, no se han detectado daños en la salud de los consumidores.

4.2.30 Plomo

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico.

El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada saturnismo.

Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales.

Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético y el cardiovascular.

En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de bebida proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo. Aun en el agua estancada



por corto tiempo en una tubería de cobre-plomo, la concentración de este último metal puede llegar a hasta 100 mg Pb/l.

La remoción del plomo presente en el agua en los procesos convencionales de floculación o ablandamiento con cal se realiza formando hidróxidos y carbonatos de plomo insolubles. Mediante este método es posible llegar a una eficiencia de 98%.

La coagulación con aluminio con un pH de 6,5 a 7 puede lograr una remoción de 60 a 80%. Con pH mayores de 9,5 la eficiencia de remoción sube a 90%.

Cuando las aguas crudas de baja turbiedad contienen una alta concentración de plomo, el sulfato férrico puede ser más efectivo para su remoción.

El ablandamiento cal-soda con un pH entre 7 y 11 puede remover por encima del 90% de plomo en el agua.

Debido a que la exposición al plomo es muy común y por el peligro potencial que representa, las concentraciones de este metal en el agua deben ser las más bajas posibles.

La EPA ha establecido una concentración máxima de 0,015 mg/l, que denomina nivel de acción; es decir, una concentración límite que sirve como un aviso para que los sistemas públicos de suministro de agua tomen medidas de tratamiento (si es necesario, adicionales) cuando los niveles de las muestras de agua superen en más de 10% los valores permitidos, mientras que la OMS es más exigente: 0,01 mg/l.

4.2.31 Selenio

Es raro encontrarlo disuelto en aguas naturales. Su origen, por lo general, está ligado a descargas de residuos mineros, petroleros e industriales, pero también puede provenir de la erosión de depósitos naturales.

Las especies más frecuentes son Se (IV) y Se (VI). Ambas formas son muy estables e independientes una de la otra. Los métodos tradicionales de análisis no hacen una distinción especial entre ambas.

Los efectos del selenio en el hombre son similares a los del arsénico y, al igual que este, puede causar intoxicaciones agudas y crónicas que en algunos casos pueden llegar a ser fatales. Entre los principales síntomas que presentan los intoxicados con



selenio están la caída del cabello y de las uñas, el adormecimiento de los dedos de las manos y los pies y problemas circulatorios.

Pruebas de laboratorio y en plantas piloto han demostrado que la remoción del selenio es moderada (70–80%) en el proceso de coagulación con sulfato férrico con un pH entre 6 y 7, y que es menos efectiva con sulfato de aluminio.

La EPA recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, este elemento no esté por encima de 0,05 mg/l. El valor guía propuesto por la OMS es 0,01 mg/l.

4.2.32 Sulfatos

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados.

Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/l, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua.

4.2.33 Aceites y grasas

La presencia de aceites y grasas en el agua puede alterar su calidad estética (olor, sabor y apariencia).



El contenido de aceites y grasas en el agua se determina en el laboratorio mediante la extracción de todo el material soluble en un solvente orgánico tal como el hexano. Los resultados se reportan como mg/l de MEH (material extraíble en hexano). Las normas de calidad de agua recomiendan que los aceites y grasas estén ausentes en el agua para consumo humano, más por razones de aceptabilidad que porque exista algún riesgo de daño a la salud.

4.2.34 Agentes espumantes

Entre los agentes espumantes se agrupa a todos los compuestos tensoactivos que, por su naturaleza, en mayor o en menor grado, producen espuma cuando el agua es agitada. La causa principal reside en la presencia de residuos de los detergentes domésticos, como el alquil-sulfonato lineal (LAS) y el alquil-sulfonato bencénico ramificado (ABS), entre los más comunes.

Su acción más importante en las aguas superficiales está relacionada con la interferencia en el poder autodepurador de los recursos hídricos, debido a la inhibición de la oxidación química y biológica. Como consecuencia de esto, aun en aguas fuertemente contaminadas, la determinación de la carga orgánica biodegradable (DBO) suele presentar valores bajos. Esto se debe, entre otras causas, a que las bacterias en presencia de detergentes se rodean de una película que las aísla del medio e impide su acción.

Por otro lado, la solubilidad del oxígeno en aguas que contienen detergentes es menor que en aguas libres de ellos. Se disminuye, en consecuencia, la difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua.

Frente a la presencia de aceites y grasas, los detergentes juegan un papel emulsionante, lo que depende fundamentalmente de la estructura del grupo líofilo del detergente.

Asimismo, los “agentes tensoactivos” presentes en el agua pueden dispersar las sustancias insolubles o absorbidas, debido a la disminución de la tensión superficial del agua. Interfieren así en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración.



Aunque los detergentes pueden tener estructuras químicas diversas o ser más o menos biodegradables, se ha demostrado que concentraciones menores de 0,5 mg/l no tienen efectos adversos en los procesos de tratamiento ni en la salud.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano no presentan un valor guía referido al contenido de detergentes en el agua de bebida, pero recomiendan que el agua no presente espuma ni problemas de olor ni sabor relacionados con este parámetro.

4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS⁽¹⁾

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos.

Microbiología del agua.

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias de agua provienen del contacto con el aire, suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

La transmisión de organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. Entre las enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:



1. De origen bacterial

Fiebre tifoidea	(<i>Salmonella typhi</i>)
Fiebre paratifoidea	(<i>Salmonella paratyphi</i>)
Salmonelosis	(<i>Salmonella</i> spp)
Cólera	(<i>Vibrio cholerae</i>)
Tularemia	(<i>Brucella tularensis</i>)
Disentería bacilar	(<i>Shigella</i> spp)
Gastroenteritis	(<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmomella</i> spp, <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Campilobacter jejuni</i>)
Enfermedad de Weil	(<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>)
Infecciones del oído	(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)
Legionelosis	(<i>Legionella</i> spp)

Las siete primeras son casi siempre el resultado de contaminación fecal. La enfermedad de Weil ocurre esporádicamente entre trabajadores de alcantarillados

2. Protozoos patógenos

Disentería amibiana	(<i>Entamoeba histolytica</i>)
Giardiasis	(<i>Giardia lamblia</i>)
Meningoencefalitis	(<i>Naegleria gruberi</i> , <i>Naegleria fowleri</i>)
Criptosporidiosis	(<i>Cryptosporidium parvum</i>)
Infección en los ojos	(<i>Acanthamoeba</i>)
Gastroenteritis	(<i>Cyclospora</i>)
Gastroenteritis	(<i>Microspora</i>)
Toxoplasmosis	(<i>Toxoplasma gondii</i>)

La amibiasis es una importante causa de morbilidad y mortalidad, particularmente en los infantes. La infección se establece, en general, en el colon, con formas más severas en el hígado y el cerebro. La giardiasis es una enfermedad diarreica severa, causada por el protozoo *Giardia lamblia*. El trofozoito, forma móvil o estado vegetativo de crecimiento del organismo, establece la infección en el intestino delgado y se enquistas después de un periodo de crecimiento, en respuesta al



sistema inmunológico y a los cambios en el intestino del huésped. Los individuos infectados pueden arrojar los quistes en sus excrementos, durante años sin, sin observar síntomas de la enfermedad.

Algunas especies de protozoos producen colores verdes o rojos y liberan aceites aromáticos, causando olores similares a los del pescado y el pepino.

3. Virus

Los principales virus asociados con el agua son:

Gastroenteris viral

Diarrea viral

Hepatitis infecciosa

Virus polio (tres tipos)

Virus Adeno (32 tipos)

Virus Echo (34 tipos)

Virus Coxsackie, grupo A (26 tipos)

Virus Coxsackie, grupo B (6 tipos)

Virus Reo (tres tipos)

El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Por ejemplo la epidemia ocurrida en Nueva Delhi en 1995 con 20 000 a 40 000 casos de hepatitis infecciosa.

Los virus del grupo Adeno, generalmente, causan enfermedades de tracto respiratorio o los ojos; aunque no se ha comprobado su diseminación en suministros de agua, existiendo pruebas de diseminación en piscinas.

Los virus del polio causan poliomilitis parálitica y meningitis aséptica, en tanto que los virus Coxsackie producen herpangina, meningitis aséptica, parálisis pleurodinia miocarditis infantil aguda. Los virus Echo ariginan meningitis, fiebre y erupciones, diarrea y enfermedades respiratorias. Los virus no se pueden cultivar en medios artificiales (laboratorios) como se hacen con las bacterias, pues deben desarrollarse sobre células vivas y su estudio requiere técnicas especializadas.

**Enfermedades trasmisibles por el agua⁽¹⁾**

Enfermedad	Organismo causante	Fuente del organismo en el agua	Síntoma
Gastroenteritis	Salmonella	Excrementos humanos o de animal	Diarrea aguda y vómito
Tifoidea	Salmonella typhosa	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura, fatal
Disentería	Shigella	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	Vibro comma	Excrementos humanos	Vómito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	Virus	Excrementos humanos, mariscos	Piel amarilla, dolores
Amibiasis	Entamoeba hystolitica	Excrementos humanos	Diarrea, disentería crónica
Giardiasis	Giardia lamblia	Excrementos humanos y animales	Diarrea, retortijones

4.4 Examen bacteriológico del agua

El análisis del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen bacteriológico no implica la búsqueda directa de gérmenes patógenos sino más bien se determina la presencia de contaminación fecal. Ensayos para determinar patógenos no se usa rutinariamente, debido a que es difícil detectarlos en disoluciones altas y además se encuentran en número muy inferior al de las bacterias entéricas, las cuales tienen una tasa de mortalidad muy lenta.

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos: la estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total en placa y la determinación, más significativa, de la presencia o ausencia de miembros del grupo coliforme.



4.5 Recolección de la muestra

La muestra para el examen bacteriológico debe ser representativa y examinarse en el menor tiempo posible, debe tomarse en frascos de vidrio previamente esterilizados.

En muestras provenientes de aguas tratadas con cloro, debe adicionarse suficiente tiosulfato de sodio a la botella de muestreo para neutralizar el cloro residual, y prevenir su acción durante el tiempo transcurrido entre la recolección y el análisis.

4.6 Conteo Total en la Placa o Conteo Heterotrófico en la Placa

El ensayo de conteo en placa sobre agar nutriente, con incubación a 20, 35 ó 37°C durante 48 ± 3 horas, es uno de los ensayos más antiguo en los procesos de evaluación de pureza del agua.

El ensayo sirve para indicar la eficiencia de coagulación, filtración y desinfección del agua; para estimar las condiciones sanitarias de tanques, filtros tuberías de distribución, etc.; para evaluar la calidad de nuevas fuentes de aguas, y como indicador de polución súbita de abastecimientos.

En la interpretación del resultado de un conteo en placas sobre agar nutriente hay que tener en cuenta la temperatura y el tiempo de incubación.

El conteo heterotrófico en placa se siembra 0.1 a 2 ml de muestra y se encuban las placas a 35 °C durante 48 horas. El conteo en placa de bacterias heterotróficas enumera las bacterias aerobias y facultativas aerobias del agua que pueden crecer a partir de compuestos orgánicos, su número puede ser tan alto como 10 000/ml en agua turbias, cálidas y sin residuo de cloro libre.



CAPITULO V.

EVALUACION DE RESULTADOS

La calidad del agua de consumo humano, puede verse alterada por la contaminación directa o indirecta debido a la acción de aguas residuales, excretas de seres humanos y animales y, factores físico-químicos y ambientales. Razón por la cual que es imprescindible realizar análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua potable, para determinar si el agua que llega a nuestros hogares posee las condiciones óptimas para el consumo humano.

El trabajo se efectuó en un periodo de once meses desde febrero del 2009 a enero 2010. Debido a la situación geográfica de la ciudad, así como por los acontecimientos políticos (paralizaciones provinciales) no ha sido analizar las muestras de manera periódica y en lapsos de tiempos cortos.

Con la ayuda del Gobierno Municipal del Cantón Gualaquiza se determinaron los siguientes puntos de muestreo: en la entrada del agua cruda para determinar sus características, a la salida de la zona de cloración y en diferentes puntos de la ciudad que constituyen la red de distribución. Realizándose por lo tanto ocho muestras en la entrada del agua en la planta (agua cruda), ocho muestras a la salida del agua en la zona de cloración y 24 muestras en los diferentes puntos de la ciudad.

Las muestras fueron tomadas en envases de vidrio estériles, de 1000ml. de capacidad. Cada envase estaba debidamente identificado, con la fecha y el lugar de muestreo. Las muestras fueron transportadas en una caja térmica a 4 °C, para tratar de que las mismas no se alteren e inmediatamente fueron trasladadas las muestras a la ciudad de Loja; se escogió esta ciudad en vista de que la planta no cuenta con un laboratorio de análisis, así como; por las condiciones viales (carretera asfaltada), que existe entre las dos ciudades. Las muestras tardaron 24 horas en llegar al laboratorio para el análisis respectivo.



Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Aguas y Suelos CIESA Cía. Ltda., de la ciudad de Loja, el representante es el Ing. Edgar Ojeda Noriega. Para los análisis el laboratorio cuenta con:

Turbidímetro digital de laboratorio

Espectrofotómetro DR. 5000 UV-Vs

Espectrofotómetro DR.3000

Incubadora digital

Estufa de convección gravitacional

Digestor Digesdahal

Medidor de conductividad

pH metro de mesa

Termómetros, material de vidrio, etc.

El laboratorio aplicó a las muestras los siguientes análisis y métodos analíticos:

Olor: el método AWWA, norma TULAS

Sabor: método AWWA, norma TULAS

Color: método APHA, norma TULAS-INEN

Turbiedad: método AWWA, Turbidímetro digital

pH: pHmetro portátil HANNA HI-8915 con electrodo BNC-Gel combinado HI-1230B.

Sólidos Disueltos Totales (TDS) y Conductividad: conductímetro con TDSmetro portátil HANNA HI-8033 con electrodo HI-76301W.

Dureza Total al carbonato de calcio: titulación complexométrica con el método AWWA-EDTA.

Alcalinidad total al carbonato de calcio: titulación con ácido hidrociorhídrico, con el método AWWA.

Cloruros: titulación con nitrato de plata con el método AWWA.

Sulfatos: medido por turbidimetría con cloruro de bario, según norma INEN-TULAS.

Hierro: complexometría-colorimetría con fenantroína.



Nitratos: técnica de diazotación-copulación.

Nitritos: técnica de diazotación-copulación.

Los análisis bacteriológicos

Gérmens totales se utilizó el método AOAC966.23C según la norma INEN, cultivo en placas.

Coliformes totales se empleó el método APHA 9221B según la norma TULAS, cultivo en tubos de ensayo.

Coliformes Fecales, el método INEN 1529-8 según TULAS, cultivo en tubos de ensayo

Hongos-Levaduras, el método FDA Cap.18 1992 según la norma IEOS, cultivo en placas.

Los parámetros considerados en el estudio, están relacionados con las características físico-químicas que comprenden básicamente: olor, sabor, pH, turbiedad, color, dureza total, sólidos disueltos totales, conductividad, pH, alcalinidad total cloruros, sulfatos, nitratos nitritos y hierro; y las características microbiológicas valoradas a través de la presencia o ausencia de: gérmens totales, coliformes totales, coliformes fecales y hongos-levaduras.

Evaluación del agua cruda

El agua que trata la Planta de Potabilización del Cantón Gualaquiza, proviene de dos ríos: Yumaza y San Francisco, estos dos ríos son de aguas cristalinas y bajan desde las alturas de una pequeña cordillera "Las Nieves", en el recorrido que hacen los ríos hasta llegar a sus respectivas captaciones hay muy poco asentamiento humano, es decir recorren bosques primarios.

Los parámetros y los límites permisibles que utilizó el laboratorio en donde fueron analizadas las muestras son los siguientes:

**LIMITES PERMISIBLES DEL AGUA CRUDA A SER TRATADA EN UNA PLANTA CONVENCIONAL**

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	LIMITE DESEABLE	LIMITE MAX PERMISIBLE
Olor	-	Ausencia	Ausencia
Sabor	-	Inobjetable	Inobjetable
Color	U.Pt-Co	-	100
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	-	100
Conductividad Electrica	µmhos/cm	-	1250
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	-	1000
Potencial de Hidrogeno	pH	6.0	9.0
Alcalinidad total	mg/l	-	-
Dureza Total	mg/l	-	500
Cloruros	mg/l	-	250
Sulfatos	mg/l	-	400
Nitratos	mg/l	10	45
Nitritos	mg/l	0	0
Hierro	mg/l	-	1.0
Germenes Totales	UFC/ml	-	30
Coliformes Totales	NMP/100ml	-	3000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	-	600
Hongos – Levaduras	UFC/ml	-	0

Límite Máx. Permissible para el agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS

Límite Máx. Permissible para el agua de Consumo Humano, según Normas: INEN, OMS, USPHS e IEOS.

Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permissible marcados con el signo (-) no contempla fuente alguna sobre criterios de Calidad Admisible en Aguas que requieren Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

Estos son los parámetros que utiliza el laboratorio que realizó los análisis.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA**

U.Pt-Co	Unidad de Platino Cobalto
NTU	Unidades de Turbiedad Nefelométrica
µmhos/cm	Micromhos por centímetro
NMP/100ml	Número más probable de bacterias por 100 mililitros
UFC/ml	Unidades Formadoras de Colonias por Mililitro (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)
mg/l	Miligramos por litro

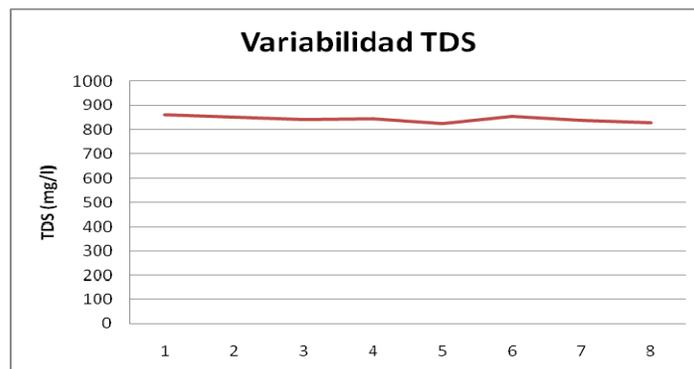
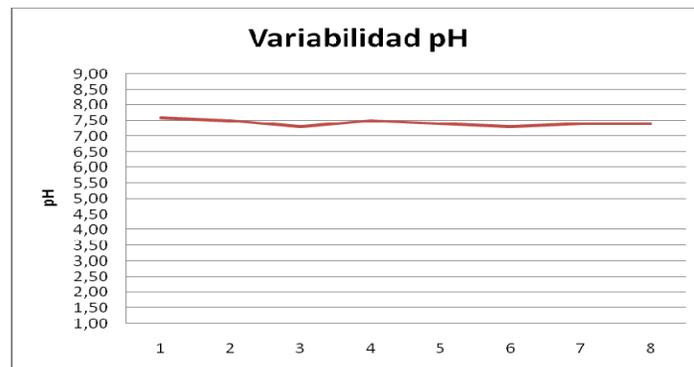
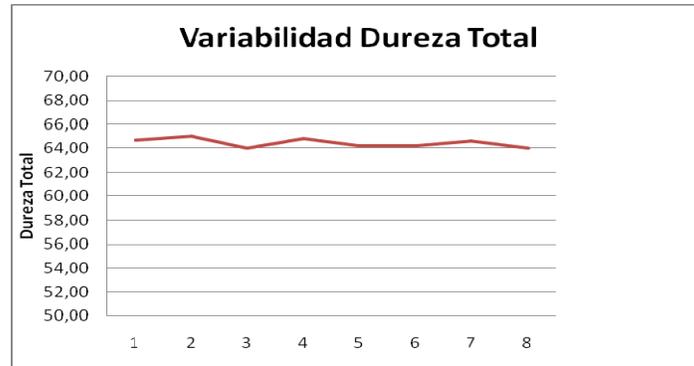
RESULTADOS

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS
Olor	-	Ausencia
Sabor	-	Ausencia
Color	U.Pt-Co	17,4
Turbiedad	N.T.U.	7,50
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	1690
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	844,5
Potencial de Hidrogeno	pH	7,4
Alcalinidad Total	mg/l	34,8
Dureza Total	mg/l	64,4
Cloruros	mg/l	4,8
Sulfatos	mg/l	0,00
Nitratos	mg/l	4,6
Nitritos	mg/l	0,01
Hierro	mg/l	0,04
Gérmenes Totales	UFC/ml	13213
Coliformes Totales	NMP/100ml	383
Coliformes Fecales	NMP/100ml	4
Hongos – Levaduras	UFC/ml	0,00

Las muestras de agua cruda que fueron analizadas durante el periodo ensayado, muestras valores ligeramente alcalinos, pero éste no es un factor que influya en el tratamiento de las aguas por lo que se puede decir que: todas las muestras fueron



físico-químicamente y bacteriológicamente aptas para ser tratadas en una planta convencional, para su potabilización. Además no se observaron grandes variaciones estacionales en la calidad físico-química y bacteriológica del “agua cruda”, como se puede expresar en los gráficos siguientes.





Ver anexo 3. Resultados del Agua Cruda

Evaluación del agua potable en la planta de potabilización de la Ciudad de Gualaquiza

Universalmente se acepta que toda agua destinada para el uso doméstico no debe tener sustancias químicas y microorganismos en cantidades tales que pueden contribuir un riesgo para la salud, y por ende convertirse en un problema.

Por consiguiente el control de calidad del agua implica criterios de calidad para definir los lineamientos mínimos que deben satisfacer un agua para que sea considerada potable, a continuación se detalla.

LIMITES PERMISIBLES DEL AGUA POTABLE

PARAMETROS	EXPRESADO	LIMITE	LIMITE MAX
	COMO	DESEABLE	PERMISIBLE
Olor	-	Ausencia	Ausencia
Sabor	-	Inobjetable	Inobjetable
Color	U.Pt-Co	15	30
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	5	20
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	-	1250
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	500	1000
Potencial de Hidrogeno	pH	7 - 8,5	6,5 - 9,5
Alcalinidad Total	mg/l		
Dureza Total	mg/l	120	300
Cloruros	mg/l	50	250
Sulfatos	mg/l	50	250
Cloro libre	mg/l	0.5	0.3-1
Nitratos	mg/l	10	45
Nitritos	mg/l	0	0
Hierro	mg/l	0.2	0.8
Gérmenes Totales	UFC/ml	Ausencia	20
Coliformes Totales	NMP/100ml	Ausencia	3
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0



Valores que el análisis de un agua potable debe tener para ser aceptada como de consumo humano

RESULTADOS

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS
Olor	-	Ausencia
Sabor	-	Ausencia
Color	U.Pt-Co	0
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	0,4
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	1696,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	848,5
Potencial de Hidrogeno	pH	7,44
Alcalinidad Total	mg/l	36,00
Dureza Total	mg/l	60,05
Cloruros	mg/l	5,02
Sulfatos	mg/l	0,00
Cloro libre	mg/l	1,11
Nitratos	mg/l	6,83
Nitritos	mg/l	0,01
Hierro	mg/l	0,02
Gérmens Totales	UFC/ml	8
Coliformes Totales	NMP/100ml	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0

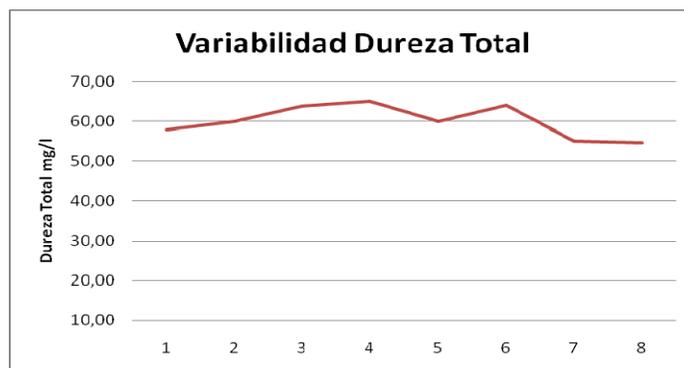
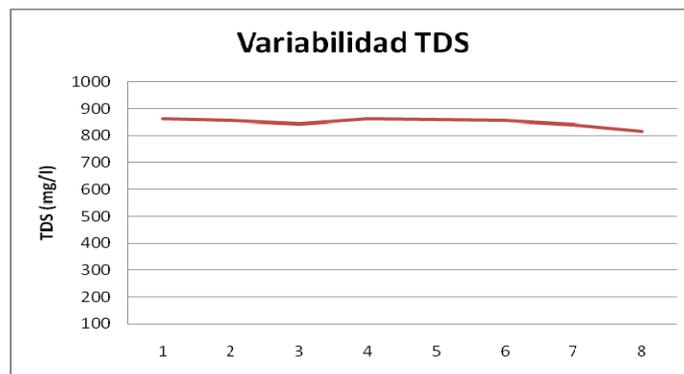
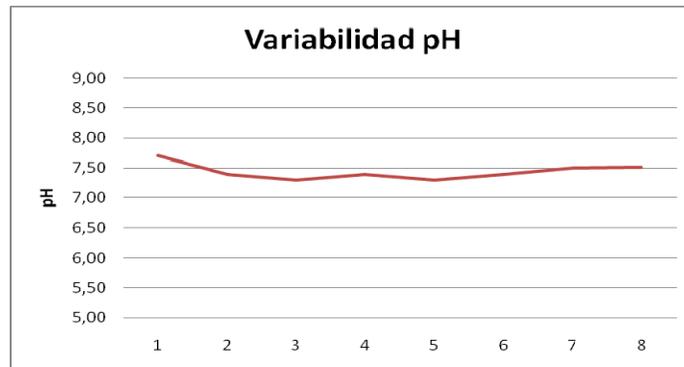
Desde el punto de vista sanitario el agua cumple con los parámetros establecidos. De igual manera haciendo una comparación con los criterios de calidad, esta agua



cumple con las condiciones físico-químicas y bacteriológicas, establecidos para el agua potable.

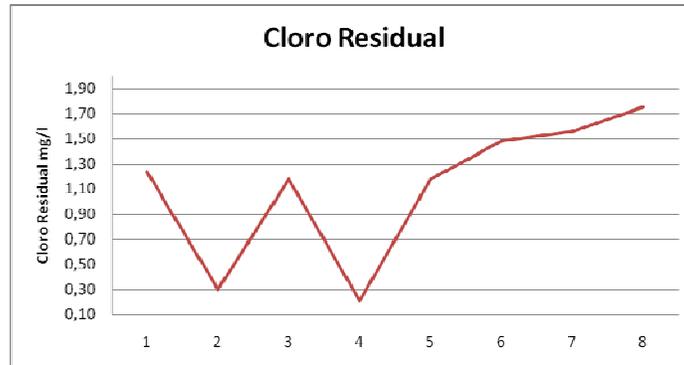
Analizando los parámetros físico-químicos promedios ensayados, todos se ubicaron dentro de los límites admitidos, solamente en el parámetro del cloro libre una muestra sale fuera de los límites permisibles.

En los resultados obtenidos no se observó una apreciable variabilidad estacional, tal como se ve en las siguientes gráficas.

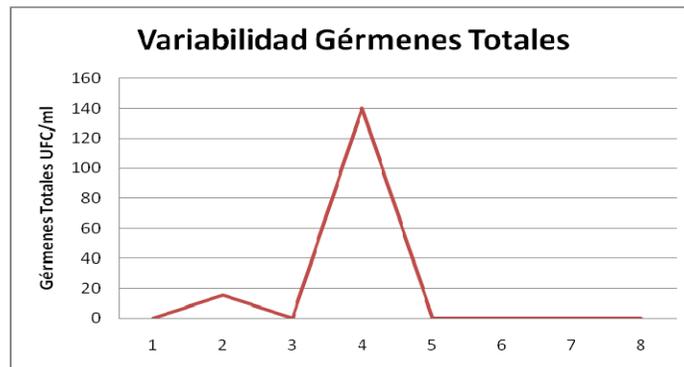




No así el cloro Residual, en donde la muestra 2 está justo en el límite mínimo y la muestra 4 desciende por debajo de lo recomendable que es de 0.3 mg/l, aunque el resultado promedio está dentro de los límites aceptables.



En el aspecto bacteriológico de la calidad de agua, solamente una muestra de gérmenes totales, no se encuentra dentro de la norma establecida para el respectivo uso del consumo humano, como podemos apreciar el gráfico siguiente:





Ver anexo 4. Resultados del agua tratada en la planta de potabilización

Evaluación del agua potable en la Red de Distribución de la Ciudad de Gualaquiza

En la red de distribución de la ciudad tampoco se observaron apreciables variaciones en las características físico-químicas o bacteriológicas en este período de análisis.

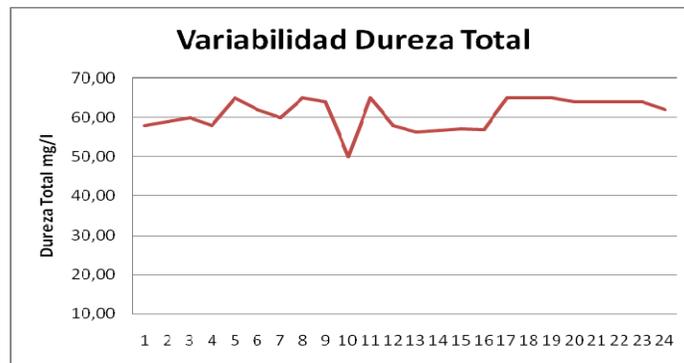
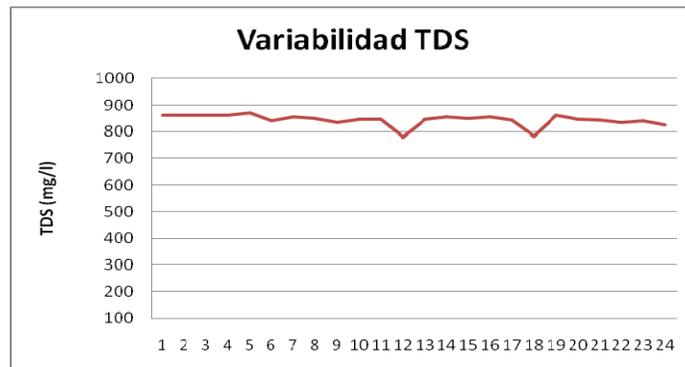
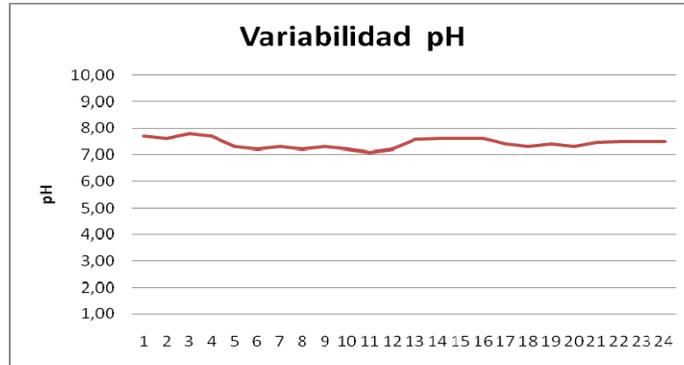
RESULTADOS

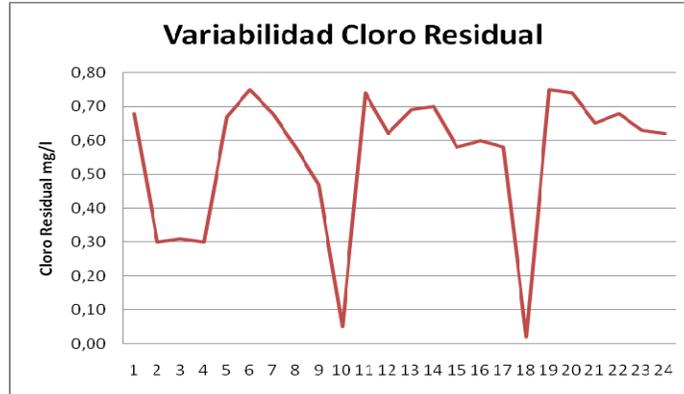
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS
Olor	-	Ausencia
Sabor	-	Ausencia
Color	U.Pt-Co	0,00
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	0,29
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	1685,8
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	843,6
Potencial de Hidrogeno	pH	7,43
Alcalinidad Tota	mg/l	33,42
Dureza Total	mg/l	61,00
Cloruros	mg/l	5,54
Sulfatos	mg/l	0,00
Cloro libre	mg/l	0,56
Nitratos	mg/l	5,90
Nitritos	mg/l	0,01
Hierro	mg/l	0,02
Gérmenes Totales	UFC/ml	32,29
Coliformes Totales	NMP/100ml	0,00
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0,00
Hongos – Levaduras	UFC/ml	0,00

Los resultados en el aspecto físico-químico, no presenta ninguna variabilidad, solo en el caso del cloro residual, en donde dos de las veinte y cuatro muestras analizadas no están dentro de las normas establecidas.

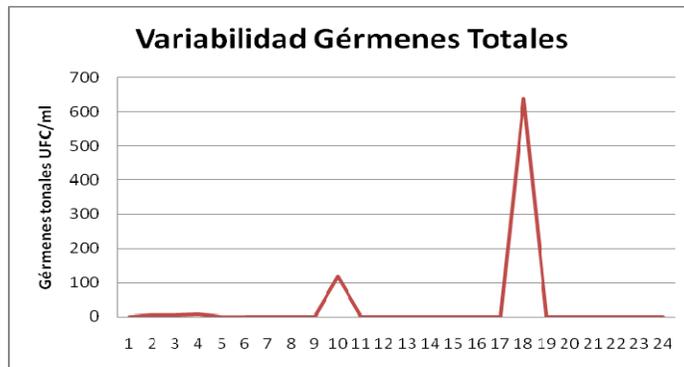


Los resultados se pueden apreciar en el **anexo 5**. Resultados del agua tratada en la red de distribución.





En cuanto al aspecto bacteriológico, de las 24 muestras dos salen de las normas, en el parámetro de gérmenes totales, en los parámetros de coliformes totales, coliformes fecales y hongos-levaduras, el resultado es de cero.



Ver Anexo 5.



CONCLUSIONES.

Hace algunos años la comunidad de Gualaquiza, estaba consternada de recibir agua con una turbidez elevada y con mucho sedimento, Parte de ello se debía a que la Planta de Potabilización, tuvo problemas de diseño y construcción e igualmente la tubería de la red de distribución hacia la ciudad ya había cumplido su vida útil, otro motivo era la falta de recursos para invertir en un laboratorio en la misma planta así como por las condiciones viales que hacían imposible realizar análisis del agua potabilizada en ciudades cercanas como Cuenca y Loja, para determinar la calidad de la misma.

Actualmente, las autoridades de turno han priorizado el sistema de agua potable, tanto en la fase de potabilización como de la de distribución, también se han mejorado las condiciones viales y es así que en la actualidad contamos con la vía Gualaquiza–Loja asfaltada, todas estas circunstancias se reflejan positivamente en la comunidad mejorando notablemente este servicio básico, primordial para la vida y la salud de la colectividad.

Respecto de los parámetros que establecen para la calidad del agua se tiene:

Agua Cruda: Turbiedad 7.14 UNT; pH 7,43, Gérmenes Totales 1300 NMP/100ml; Coliformes Fecales 3 NMP/100ml, se concluye que esta agua es de Tipo A1 según la normas de la CEE (Consejo de la Naciones Europeas) relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Exige un tratamiento en plantas convencionales y con desinfección.

Agua Tratada: Turbiedad 0.4 UNT; pH 7.45; Gérmenes Totales 8 UFC/ml; Coliformes Totales 0 NMP/100ml; Coliformes Fecales 0 NMP/100ml, agua apta para el consumo humano.

Estas aguas son ligeramente alcalinas, pero esta característica del agua no altera su criterio estético, por lo que es agradable para el consumo humano y esta en salvaguardia de la salud pública.



Universidad de Cuenca

Los resultados han demostrado que el agua potable de la Ciudad de Gualaquiza se encuentra en condiciones aceptables para el consumo humano, esto se debe en parte a la comunidad que ha sabido reclamar por un mejor servicio, como también, por las autoridades cantonales que han puesto énfasis en mejorar los servicios básicos de la ciudad.



RECOMENDACIONES

El agua de consumo humano es definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (1995) como 'adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal'. En esta definición está implícito el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo capaz de causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica perjudicial a la salud humana.

1. Que las autoridades cantonales sigan aportando con un rubro elevado a estas obras vitales.
2. Es urgente que la Planta de Potabilización cuente con un laboratorio básico para los análisis in-situ tanto de los parámetros físico-químicos como microbiológicos.
3. Contar con personal técnico para la dosificación del coagulante.
4. Capacitar constantemente al personal que esta encargado del la dosificación de los productos químicos y del proceso mismo de la potabilización.
5. Mejorar la infraestructura que corresponde al área donde se realiza la desinfección con cloro, en vista de que se encuentra al aire libre, por lo que puede contaminarse el agua con correntíos exteriores.
6. Se debe verificar constantemente las medidas de Cloro Residual, para garantizar una buena desinfección (INEN-TULAS no inferior a 0.3 mg/l de Cloro Residual) y cuidar que no sea superior a lo recomendado porque igualmente puede ser un riesgo para la salud.
7. Proveer del material básico y mínimo para realizar el tratamiento del agua cruda, para garantizar un tratamiento continuo en la Planta.
8. Realizar programas de protección y cuidado de las fuentes hídricas, especialmente de los dos ríos que la Planta capta el agua.
9. Realizar programas de difusión sobre la calidad del agua que esta consumiendo la comunidad.



BIBLIOGRAFIA.

1. Romero Rojas Jairo Alberto, **Calidad del Agua**. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002.
2. Spellman Frank R., Drinan Joanne, **Manual del Agua Potable**. ACRIBIA 2004
3. Manual de Operación de Plantas Potabilizadoras Transportables UPA 200T. Uruguay, 2003
4. Mejía Reinoso Jackelin, Segarra Anguisaca Rocío, **Optimización de los Procesos de Potabilización de Agua en la Planta de “El Cebollar”**. Tesis, Universidad de Cuenca, 2002.
5. Varios Autores, **Curso de Evaluación de Plantas de Tratamiento de Agua Potable**. Universidad de Cuenca, 1988
6. República del Ecuador, **Ley de Aguas**, (borrador de la Asamblea Nacional en discusión actual)
7. Norma ecuatoriana INEN, Reglamento Técnico NTE INEN 1 108: 2010 tercera edición
8. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. Organización Mundial de la Salud 2008.
9. Registros y datos de los archivos del Gobierno Municipal del Cantón Gualaquiza
10. Nick F. Gray, **Calidad del agua potable. Problemas y soluciones**, Editorial Acribia, 1997
11. **Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000**. PNUMA. Ed. Mundi-Prensa. 2000. Vivendi Environment. Annual Report 2000



12. TURK, TURK, WITTES (1973). **Ecología, Contaminación, Medio Ambiente**. México. Editorial Interamericana.
13. VILLEE, C. SOLOMON, E., MARTÍN, C. MARTÍN, D., BERG, L., DAVIS, W. (1992). **Biología**. México. Interamericana. McGraw-Hill.
14. Greenberg AE y cols. **American Public Health Association APHA** (1998): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition Washington DC. 45: 957-969.
15. Tejedor Junco, MT, Pita Toledo, ML, Viera Sosa, C, Morin de León, L y cols. **"Calidad Bacteriológica de las aguas de playas en Gran Canaria"**. Hig. Sanid. Ambient. 5: 120-122 (2005).
16. Fernández-Chehuet Navajas, M y cols. **"Determinación de cloro residual. Método del DPD"**. Hig. Sanid. Ambient. 1: 6-7 (2001).
17. Marco, L y cols. **"La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales"**. Hig. Sanid. Ambient., 4: 72-82 (2004).
18. LeChevalier y Norton. 1992. **"Examining relationship between particle counts and Giardia, Cryptosporidium and turbidity"**. JAWNA, Dec. (1992).
19. Geldreich y cols. 1978. **"Inference to coliform detection in potable water supplies. In evaluation of the microbiology standards for drinking water"**. EPA-570/9/78-OOC. US Environmental Agency, Washington DC, p.13.
20. ISO 5667-16 (UNE-EN ISO), 1998, "Water Quality, Sampling", Part 16: Guidance on Biotesting of Samples.
21. **Hombre, Ciencia y Tecnología**, Tomo 1, Ediciones DANAE, S.A., México, 1982.
22. <http://www.lenntech.es/faq-calidad-agua.htm#ixzz0ZnpTzfXc>



23. <http://www.epa.gov/ogwdw000/agua.html>

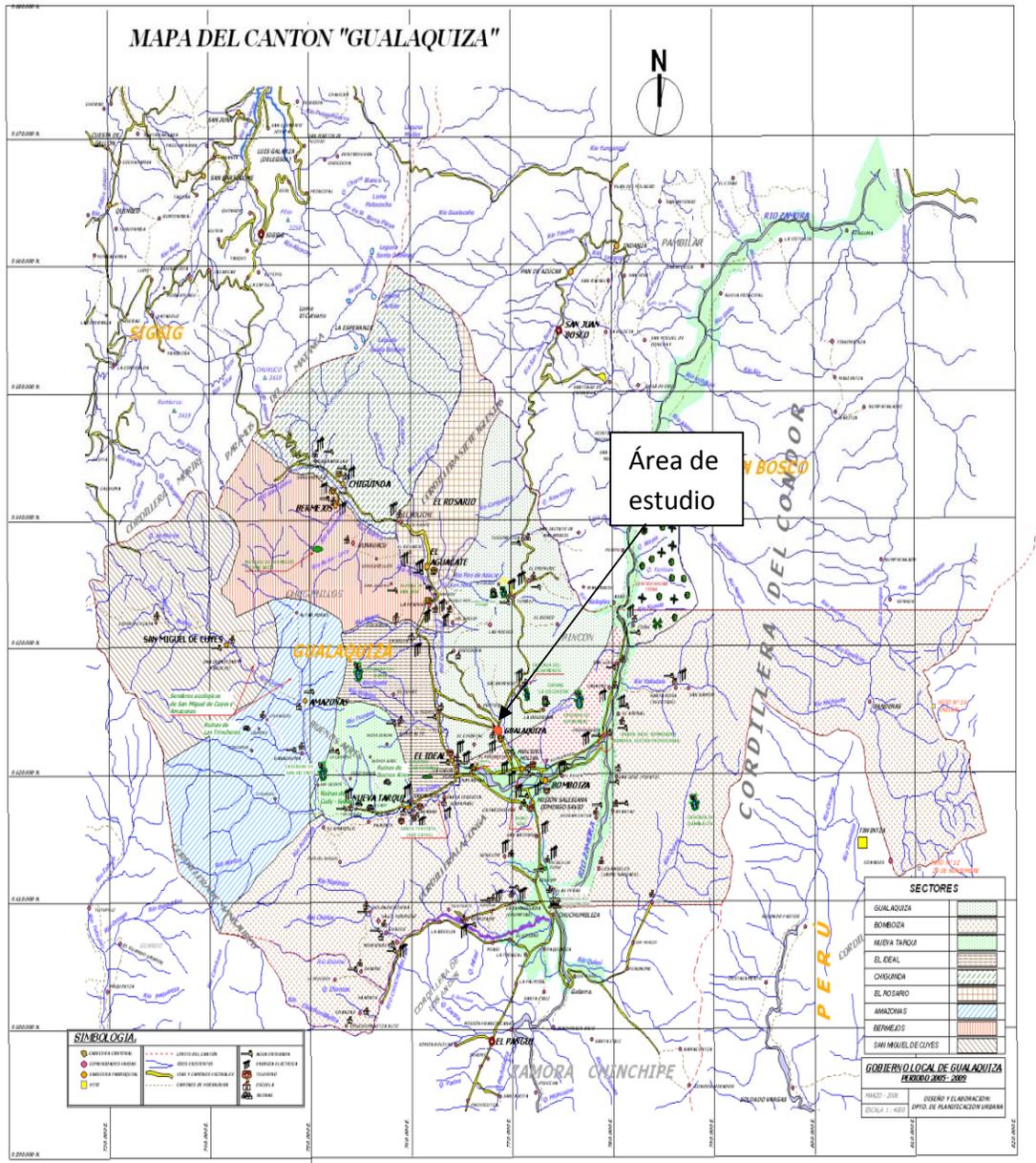
24. World Health Organization, Guidelines for Drinking-Water Quality First Addendum to Third edition Volume 1 Recommendation. World Health Organization, 2006

25. Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standar Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (american wáter world Association) y WEF (Water Everonment Federation)



ANEXOS.

Anexo 1.





Anexo 2.

CAPTACIÓN

Captación San Francisco



Captación Yumaza:





CONDUCCIONES DE AGUA CRUDA



FLOCULACIÓN



SEDIMENTACIÓN



FILTRACIÓN



DESINFECCION





RESERVAS





Anexo 3 ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL CANTON GUALAQUIZA										
AGUA CRUDA										
CARACTERISTICAS FISICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS								
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Sabor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Color	U.Pt-Co	16	11	22	14	20	17	18	21	17,4
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	7	7	15	9	6	8	3	5	7,5
Temperatura	°C	17,2	16,9	17,2	16,3	17	17,5	17,8	17,4	17,2
Conductividad Electrica	µmhos/cm	1750	1701	1670	1690	1680	1690	1680	1660	1690,1
Solidos Disueltos Totales	mg/l	863	854	842	846	825	856	840	830	844,5
CARACTERISTICAS QUIMICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS								
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Potencial de Hidrogeno	mg/l	7,60	7,50	7,30	7,50	7,40	7,30	7,40	7,40	7,4
Alcalinidad Tota	mg/l	45,00	32,00	32,00	33,00	34,00	33,00	35,00	34,00	34,8
Dureza Total	mg/l	64,70	65,00	64,00	64,80	64,20	64,20	64,60	64,00	64,4
Cloruros	mg/l	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,8
Sulfatos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitratos	mg/l	5,26	3,96	4,30	4,40	5,10	5,20	4,40	4,40	4,6
Nitritos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Hierro	mg/l	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS								
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Germenes Totales	UFC/ml	14100	12400	12400	12700	13500	14500	12300	13800	13213
Coliformes Totales	NMP/100ml	480	320	300	330	410	500	300	420	383
Coliformes Fecales	NMP/100ml	4	2	3	3	4	5	3	4	4
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Anexo 4. ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL CANTON GUALAQUIZA										
AGUA POTABLE DE LA PLANTA										
CARACTERISTICAS FISICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO	RESULTADOS								
	COMO									
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Sabor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Color	U.Pt-Co	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	0	1	0	0	0	0	1	1	0,4
Conductividad Electrica	µmhos/cm	1725	1690	1720	1720	1725	1680	1682	1630	1696,5
Solidos Disueltos Totales	mg/l	863	854	842	860	858	855	841	815	848,5
CARACTERISTICAS QUIMICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO	RESULTADOS								
	COMO									
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Potencial de Hidrogeno	mg/l	7,70	7,40	7,30	7,40	7,30	7,40	7,50	7,52	7,44
Alcalinidad Tota	mg/l	42,00	33,00	32,00	29,00	41,00	33,00	40,00	38,00	36,00
Dureza Total	mg/l	58,00	60,00	63,80	65,00	60,00	64,00	55,00	54,60	60,05
Cloruros	mg/l	5,00	5,00	4,98	5,20	5,00	5,00	5,00	5,00	5,02
Sulfatos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloro Libre	mg/l	1,24	0,30	1,18	0,21	1,18	1,48	1,56	1,75	1,11
Nitratos	mg/l	7,15	6,48	7,24	7,48	7,28	7,54	6,16	5,28	6,83
Nitritos	mg/l	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Hierro	mg/l	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS										
PARAMETROS	EXPRESADO	RESULTADOS								
	COMO									
FECHA		26/02/09	22/03/09	14/05/09	24/06/09	21/05/09	25/08/09	12/02/09	25/01/10	PROMEDIO
Germenes Totales	UFC/ml	0	15	0	50	0	0	0	0	8
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Universidad de Cuenca

Anexo 5.																											
AGUA POTABLE DE LA PLANTA																											
ANALISIS FISICO QUIMICOS																											
CARACTERISTICAS FISICAS																											
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS								RESULTADOS								RESULTADOS									
		26/02/09				17/03/2009				24/06/2009				24/08/2009				02/12/2009				15/01/10				PROMEDIO	
FECHA	MUESTRAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia																
Sabor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia																
Color	U.Pt-Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Conductividad Electrica	µmhos/cm	1725	1720	1722	1720	1743	1669	1703	1695	1670	1690	1690	1560	1688	1710	1700	1712	1683	1564	1724	1692	1680	1670	1680	1650	1685,8	
Solidos Disueltos Totales	mg/l	863	863	861	860	870	839	855	850	835	845	845	780	846	855	850	856	842	782	862	846	842	835	840	825	843,6	
CARACTERISTICAS QUIMICAS																											
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS																									
		26/02/09				06/04/2009				24/06/2009				24/08/2009				13/11/09				15/01/10				PROMEDIO	
FECHA	MUESTRAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Potencial de Hidrogeno	pH	7,70	7,60	7,80	7,70	7,30	7,20	7,30	7,20	7,30	7,20	7,10	7,20	7,58	7,60	7,61	7,60	7,40	7,30	7,40	7,30	7,45	7,48	7,50	7,50	7,43	
Alcalinidad Tota	mg/l	42,00	44,00	46,00	45,00	28,00	26,00	28,00	28,00	27,00	27,00	28,00	26,00	40,00	42,00	44,00	42,00	30,00	29,00	29,00	28,00	30,00	30,00	31,00	32,00	33,42	
Dureza Total	mg/l	58,00	59,00	60,00	58,00	65,00	62,00	60,00	65,00	64,00	50,00	65,00	58,00	56,20	56,70	57,10	57,00	65,00	65,00	65,00	64,00	64,00	64,00	64,00	62,00	61,00	
Cloruros	mg/l	5,00	4,90	4,90	4,90	7,50	6,40	5,00	5,03	5,00	3,40	7,50	5,60	5,00	5,00	5,00	5,00	7,50	5,20	7,50	5,00	7,00	6,00	4,64	5,00	5,54	
Sulfatos	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cloro Libre	mg/l	0,68	0,30	0,31	0,30	0,67	0,75	0,68	0,58	0,47	0,05	0,74	0,62	0,69	0,70	0,58	0,60	0,58	0,02	0,75	0,74	0,65	0,68	0,63	0,62	0,56	
Nitratos	mg/l	5,72	5,76	5,72	5,81	6,60	7,10	7,04	7,48	7,04	6,60	5,72	6,60	4,93	5,15	5,63	5,02	5,28	7,48	5,72	7,04	4,84	4,40	4,40	4,40	5,90	
Nitritos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Hierro	mg/l	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS																											
PARAMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS																									
		26/02/09				06/04/2009				24/06/2009				24/08/2009				13/11/09				15/01/10				PROMEDIO	
FECHA	MUESTRAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Germenes Totales	UFC/ml	0	5	4	6	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32,29	
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	