

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

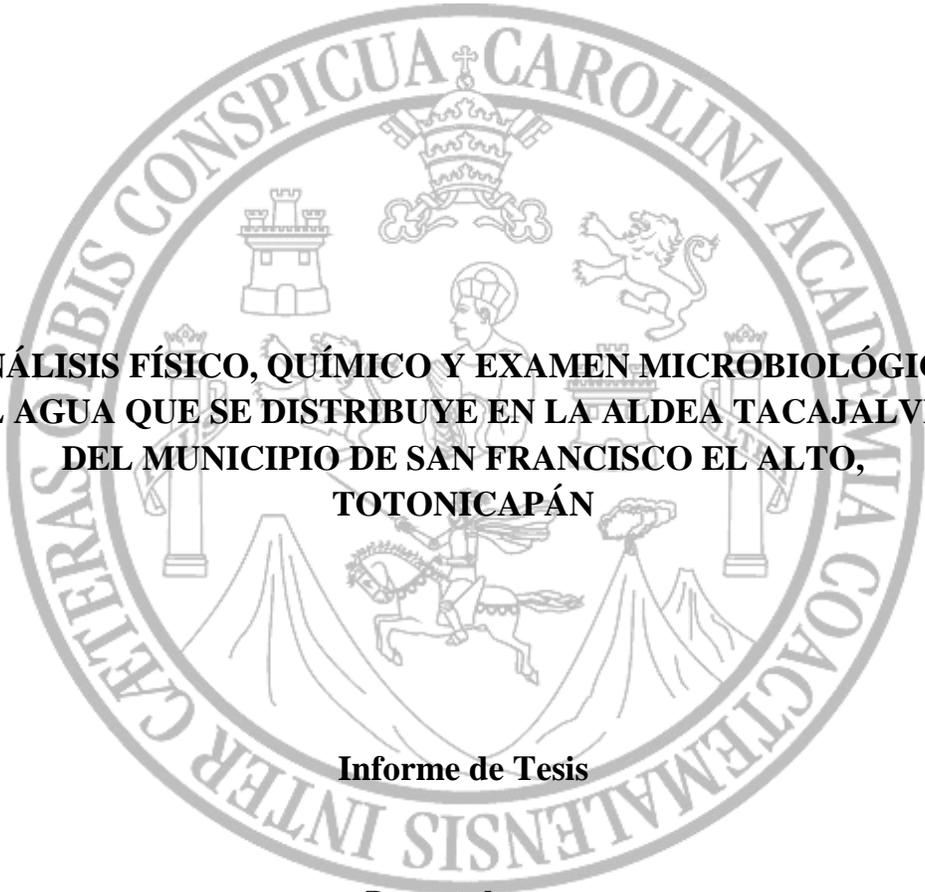
**ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y EXAMEN MICROBIOLÓGICO DEL
AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN LA ALDEA TACAJALVÉ DEL
MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO EL ALTO, TOTONICAPÁN**

Juan Borromeo López Gonzalez

Químico Farmacéutico

Guatemala, febrero de 2011

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man on horseback, likely a saint or historical figure, holding a staff. Above the figure is a crown. The seal is surrounded by Latin text: "BIBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS".

**ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y EXAMEN MICROBIOLÓGICO
DEL AGUA QUE SE DISTRIBUYE EN LA ALDEA TACAJALVÉ
DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO EL ALTO,
TOTONICAPÁN**

Informe de Tesis

Presentado por

Juan Borromeo López Gonzalez

Para optar al título de

Químico Farmacéutico

Guatemala, febrero de 2011

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cóbar Pinto, Ph.D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. José Roy Morales Coronado	Vocal IV
Br. Cecilia Liska de León	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

- A Dios:** Por su amor infinito y por regalarme este momento tan especial. Gracias por estar conmigo en los momentos difíciles de la vida y gracias por ayudarme a alcanzar este sueño tan anhelado por mí y mi familia, reconozco que sin su ayuda no lo hubiera alcanzado.
- A mi madre:** Andrea Gonzalez. Por su apoyo en todo momento y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.
- A mi padre:** Feliciano López. Por el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar este sueño.
- A mis hermanos:** José, Antonio, Antonia y Francisco. Por el cariño que me han brindado, por la confianza que me tienen y por la ayuda que me brindaron para alcanzar este sueño que no es sólo mío, sino de ustedes también, porque ustedes han luchado conmigo para poder llegar hasta aquí.
- A mis sobrinos (as):** Por brindarme alegría siempre que lo necesito y ustedes son un motivo más para que yo haga mejor las cosas cada día.

“Fe es creer en lo que no se ve y la recompensa es ver lo que uno cree”.

San Agustín

AGRADECIMIENTOS

A mi familia en general: Gracias a todos ustedes que me impulsaron para alcanzar mis objetivos, a todos mis familiares que me resulta muy difícil poder nombrarlos en tampoco espacio, sin embargo ustedes saben bien que son parte de este triunfo.

A mis amigos (as): Mil gracias por todos los momentos que pasamos juntos y muchísimas gracias por su amistad, yo siempre los llevaré en el corazón.

A mis catedráticos: Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial a la licenciada Julia Amparo García Bolaños, por haberme guiado en el desarrollo de este trabajo y a la licenciada Aylin Santizo Juárez, por su amistad y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo

A la USAC: Por ser el centro de enseñanza que me permitió formarme como un profesional. En especial a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por haberme permitido ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	4
3.1 Datos geográficos.....	4
3.2 Importancia de la calidad del agua de consumo humano.....	4
3.3 Implicaciones de salud por agentes patógenos en el agua.....	5
3.4 Principales parámetros para definir la calidad del agua para consumo humano.....	6
3.4.1 Parámetros físicos.....	6
3.4.1.1 Turbidez.....	6
3.4.1.2 Color.....	6
3.4.1.3 Olor y sabor.....	7
3.4.1.4 Conductividad y resistividad.....	7
3.4.1.5 Potencial de Hidrógeno (pH).....	8
3.4.2 Parámetros químicos.....	8
3.4.2.1 Alcalinidad.....	8
3.4.2.2 Cloruros.....	9
3.4.2.3 Sulfatos.....	9
3.4.2.4 Nitratos.....	10
3.4.2.5 Fosfatos.....	10
3.4.2.6 Fluoruros.....	10
3.4.2.7 Sílice.....	11
3.4.2.8 Bicarbonatos y carbonatos.....	11
3.4.3 Parámetros bacteriológicos.....	11
3.4.4 Parámetros radiológicos.....	12
3.5 Proceso de potabilización del agua.....	12
3.5.1 Sedimentación.....	12
3.5.2 Filtración.....	13
3.5.3 Aireación.....	13
3.5.4 Métodos Físicos.....	13

3.5.4.1 Filtración.....	13
3.5.4.2 Ebullición.....	14
3.5.4.3 Rayos ultravioleta.....	14
3.5.5 Métodos Químicos.....	14
3.5.5.1 Ozono.....	14
3.5.5.2 Yodo.....	14
3.5.5.3 Plata.....	14
3.5.5.4 Cloro.....	14
3.6 Estudios realizados en los distintos Departamentos de Guatemala.....	15
4. Justificación.....	17
5. Objetivos.....	18
6. Hipótesis.....	19
7. Materiales y métodos.....	20
7.1 Universo de trabajo.....	20
7.2 Muestreo.....	20
7.3 Equipo y materiales de laboratorio.....	20
7.3.1 Equipo.....	20
7.3.2 Materiales.....	21
7.3.3 Reactivos.....	21
7.4 Procedimiento.....	22
7.5 Método.....	22
7.5.1 Toma de la Muestra.....	22
7.5.2 Número de muestras por recolectar.....	23
7.5.3 Ubicación de los sitios de muestreo.....	23
7.5.4 Análisis Físicos.....	24
7.5.4.1 Turbidez.....	24
7.5.4.2 Color.....	24
7.5.4.3 Olor.....	25
7.5.4.4 Sabor.....	25
7.5.5 Análisis Químicos.....	26
7.5.5.1 Potencial de Hidrógeno (pH).....	26
7.5.5.2 Cloruros.....	26
7.5.5.3 Nitratos.....	27

7.5.5.4 Dureza total.....	28
7.5.5.5 Metales pesados.....	28
7.5.5.5.1 Método para determinación de metales pesados.....	29
7.5.6 Examen bacteriológico.....	30
7.5.7 Diseño de investigación.....	31
7.5.7.1 Cálculo del número de réplicas.....	31
7.5.7.2 Diseño de muestreo.....	32
7.5.7.3 Análisis de resultados.....	32
8. Resultados	33
8.1 Análisis físicos.....	33
8.1.1 Turbidez.....	33
8.1.2 Color.....	34
8.1.3 Olor.....	35
8.1.4 Sabor.....	35
8.2 Análisis químicos.....	36
8.2.1 Potencial de hidrogeno (pH).....	36
8.2.2 Cloruros.....	37
8.2.3 Nitratos.....	38
8.2.4 Dureza total.....	39
8.2.5 Metales pesados	40
8.3 Examen bacteriológico.....	40
8.3.1 Coliformes totales.....	40
8.3.2 Coliformes fecales.....	41
8.3.3 <i>Escherichia coli</i>	42
9. Discusión de resultados	43
10. Conclusiones	47
11. Recomendaciones	48
12. Referencias	49
13. Anexos	52
13.1 Constancia extendida por el comité de mantenimiento.....	52
13.2 Guía del usuario para la desinfección y coloración del agua.....	53
13.3 Manual de cloración del agua para consumo humano.....	72

1. RESUMEN

Se realizó esta investigación con el fin de conocer la calidad del agua que proviene de los nacimientos del paraje Pacotzij y que se distribuye en la aldea Tacajalvé, debido a que dicha agua no recibe tratamiento como las aguas que se distribuyen en la mayoría de las aldeas de los municipios del departamento de Totonicapán.

Para llevar a cabo la investigación se muestrearon los dos nacimientos y tres tanques de distribución tanto para las pruebas fisicoquímicas como para las pruebas bacteriológicas. Además se muestrearon 5 chorros al azar para las pruebas fisicoquímicas, haciendo un total de 50 muestras analizadas y un total de 25 muestras analizadas para las pruebas bacteriológicas.

Entre los parámetros físicos analizados se incluye: el color, olor, sabor y la turbidez, pues proporcionan información valiosa sobre la calidad del agua.

Entre los parámetros químicos analizados esta la determinación de pH, concentración de nitratos, cloruros, dureza y también se determinaron metales pesados por medio de un análisis cualitativo, utilizando la metodología descrita en la USP XXXII. En ninguna de las muestras analizadas se observó la presencia de metales pesados, según la metodología utilizada.

El agua analizada, si cumple con los parámetros fisicoquímicos tanto con las normas nacionales e internacionales (OMS y Unión Europea); ya que todos los resultados de los análisis, si se encuentran dentro del rango establecido por dichas entidades. Sin embargo no cumple con los niveles de nitratos, según lo establecido por la FDA.

Uno de los análisis químicos de importancia es la determinación de Nitratos debido que el lugar donde se ubican los nacimientos y los tanques de distribución es un área agrícola en la que se siembra maíz y para tener una buena cosecha, se utilizan fertilizantes químicos nitrogenados. Se determinó la concentración de Nitratos a través de espectrofotómetro y los resultados obtenidos demuestran que el 100% de las muestras cumplen lo establecido por COGUANOR 29 001:99; así también con los parámetros de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de la Unión Europea (UE); pero no cumple con lo establecido por la FDA.

Según los resultados de los análisis realizados, durante el mes de septiembre del presente año, el agua no es apta para el consumo humano, debido a que no todas las muestras analizadas cumplen en los aspectos bacteriológicos según lo establecido por la Norma COGUANOR 29 001: 99 y mucho menos se cumple con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y con los estándares de la Unión Europea.

Debido a que el agua analizada no cumple con los parámetros bacteriológicos, según el método de tubos múltiples, deberá ser clorada para que sea apta para el consumo de los habitantes, que hacen uso de la misma, ya que el agua al tener microorganismos fecales transmite enfermedades gastrointestinales.

2. INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso natural indispensable y vital para todo ser vivo y de manera especial para el ser humano. Nuestro país afronta actualmente problemas en lo que respecta a la calidad del agua, lo cual acarrea graves problemas en lo que al sector salud se refiere, afectando principalmente a la población de bajos recursos económicos.

Es importante desde el punto de vista sanitario y epidemiológico que la población humana cuente con servicio de agua potable, ya que se debe tomar en cuenta que la mayoría de las enfermedades intestinales de origen parasitario como lo son: fiebre tifoidea, cólera, hepatitis, entre otras; son transmitidas cuando el agua que consumen no es potable (22).

El agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé del municipio de San Francisco el Alto Totonicapán, proveniente de los nacimientos del paraje pacotzij (aprox. 150 metros de la orilla del río Salamá), no recibe tratamiento para potabilizarla según lo establecido por las normas nacionales (Normas COGUANOR No. 29,001) e internacionales (Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión Europea y de la Food and Drug Administration (FDA)), este estudio permitió verificar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del agua con el fin de informarles a los habitantes sobre éstas condiciones, y así determinar las medidas para potabilizarla.

Los análisis físicos realizados al agua en esta aldea fueron: turbidez, olor, sabor y color. Parámetros importantes; ya que dan el aspecto físico al agua que se consume. Para ello se muestrearon los dos nacimientos, los tres tanques de distribución y 5 grifos, al azar, haciendo un total de 10 muestras por 5 días de muestreo, constituyendo un total de 50 muestras.

El análisis bacteriológico muestra la presencia de *E. coli* lo cual hace endémico la gastroenteritis.

El comité de mantenimiento de la aldea realizará charlas de capacitación para potabilizar el agua. La alcaldía por su parte basándose en los resultados debe establecer los lineamientos para potabilizar dichos afluentes garantizando la salud de la población a su cargo.

3. ANTECEDENTES

3.1 Datos geográficos

Aldea Tacajalvé pertenece al municipio de San Francisco del Alto Totonicapán. El nombre Tacajalvé proviene del quiché que significa camino a la costa; tacajal = costa; bé = camino, está a 5 kilómetros de Municipio de San Francisco el Alto.

El municipio de San Francisco El Alto, forma parte del Departamento de Totonicapán. El Departamento está ubicado en la Región VI o Región Sur-occidental. El Municipio se localiza al norte del Departamento y colinda al norte con el municipio de Momostenango (Totonicapán); al sur con el municipio de San Cristóbal Totonicapán; al este con los municipios de Totonicapán y Momostenango y al oeste con los municipios de San Carlos Sija y San Francisco La Unión (Quetzaltenango), se ubica en la latitud 14° 56' 26" y en la longitud 91° 26' 24". La Cabecera Municipal está a una altura de 2,610 metros sobre el nivel del mar y se encuentra a una distancia de 17 kilómetros de la Cabecera Departamental. La cabecera de San Francisco El Alto, se encuentra ubicada en un cerro al norte del valle de Quetzaltenango, donde se supone que haya sido asiento de los mayas durante el período prehispánico (14).

3.2 Importancia de la calidad del agua de consumo humano

El agua de consumo humano ha sido definida en las Guías de Calidad del Agua de Bebida de la Organización Mundial de la Salud - OMS (1984), como *'adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal'*. Está implícito en esta definición el requerimiento de que el agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana

La importancia del agua de bebida como vehículo de dispersión de enfermedades ha sido largamente reconocida. La mayor parte de las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, amebas, virus y helmintos. Estos organismos causan enfermedades que varían en severidad y van desde ligeras gastroenteritis a severas, y algunas veces, a fatales

enfermedades de proporciones epidémicas. La calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el Coliforme total y el termotolerante debe dársele la más alta prioridad dentro de la política del Abastecedor de agua. De otra parte, la contaminación química también es importante, pero ello no está asociado con efectos agudos sobre la salud humana y por lo tanto debe tener una menor prioridad que la evaluación de la contaminación bacteriológica y que muchas veces resulta irrelevante en zonas donde enfermedades relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias muestran elevados índices de prevalencia (5).

3.3 Implicaciones de salud por agentes patógenos en el agua

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de la prevalencia de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

Entre los principales casos de transmisión de enfermedades relacionadas con la calidad del agua de consumo humano se tiene el que se presentó en abril de 1993, en la ciudad de Milwaukee, Wisconsin EEUU, en donde un brote de *Cryptosporidium* transmitido por el agua afectó aproximadamente a 403.000 personas, manifestándose con diarreas, náuseas y calambres estomacales. De igual manera, entre el 15 de diciembre de 1989 al 20 de enero de 1990, la comunidad agrícola de Cabaol en Missouri se vio afectada por el *E. coli* hemorrágico del serotipo 0157:H7 ocasionando cuatro defunciones, 32 hospitalizaciones y 243 casos de diarreas. En este último caso, una de las hipótesis más sólidas fue que la contaminación del agua se debió a los reemplazos de medidores y a las roturas de la red de distribución que se produjeron poco antes de que se manifestaran los primeros casos de la enfermedad (5).

Otros brotes notificados fueron el de *Salmonella* transmitida a través del agua subterránea no tratada o por aguas superficiales crudas y aguas desinfectadas deficientemente tratadas. El reciente brote de *Salmonella typhimurium* en Gideon, Missouri fue excepcional en el sentido de que las aguas subterráneas no tratadas eran satisfactorias, pero que durante su almacenamiento fue

contaminado por las heces de las palomas que vivían en su interior. Este brote afectó a más de 600 personas de los cuales 15 fueron hospitalizados y se atribuyeron cinco defunciones.

Otro de los casos, fue la propagación del cólera en América Latina en 1991, cuya propagación fue atribuida a la falta servicios de abastecimiento de agua y saneamiento adecuados, así como a la falta de medidas de control ambiental.

La meta de las normas de calidad del agua de consumo humano, es la eliminación o reducción, por debajo de los niveles perjudiciales a la salud, de los constituyentes del agua que afectan de una manera u otra a la salud humana y al bienestar de la comunidad. En resumen, las normas de calidad del agua de bebida, están destinadas a asegurar que los consumidores sean abastecidos con agua libre y exenta de todo peligro, daño o riesgo a la salud humana (5).

3.4 Principales parámetros para definir la calidad del agua para consumo humano.

Los principales parámetros para definir la calidad del agua son: físicas, químicas, bacteriológicas y radiológicas.

3.4.1 Parámetros físicos

3.4.1.1 Turbidez

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Actualmente la turbidez se mide con un nefelómetro expresando los resultados como; Unidad de Turbidez Nefelométrica (UNT) (4).

3.4.1.2 Color

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color natural en el agua existe debido al efecto de partículas coloidales cargadas negativamente. En

general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle un color rojizo y la del manganeso, un color negro.

Normalmente el color se mide en laboratorio por comparación de un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co y Cloroplatinato de potasio, Cl_6PtK_2 y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt, las aguas superficiales pueden alcanzar, varios centenares de ppm de Pt. La eliminación suele hacerse por coagulación- floculación con posterior filtración (disminuyendo a menos de 5 ppm) o la absorción con carbón activado (28).

3.4.1.3 Olor y Sabor

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl^- y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^- . EL CO_2 libre en el agua le da un gusto “picante”. Trazas de fenoles u otros compuestos le confiere un olor y sabor desagradable (4).

3.4.1.4 Conductividad y resistividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad. Es indicativo de la materia ionizable total presente en el agua. Las sales disueltas son las que permiten al agua conducir electricidad. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, la cantidad de sales solubles en agua se mide por la electro-conductividad (EC), la resistividad es la medida recíproca de la conductividad. El aparato utilizado es el conductímetro cuyo fundamento es la medida eléctrica de la

resistencia al paso de la electricidad entre las dos caras opuestas de un prisma rectangular comparada con la de una solución de KCl a la misma temperatura y referida a 20°C. La unidad estándar de resistencia eléctrica es el Ohm y la resistividad de las aguas, se expresa en megaohms-cm, la conductividad se expresa en el valor recíproco, normalmente como microsie-mens por cm. Para el agua ultrapura los valores respectivos son de 18.24 mohms/cm y 0.05483 μ s/cm a 25 °C (23).

3.4.1.5 Potencial de Hidrógeno (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 guías canadienses han establecido el rango de pH 6,5 a 8,5 para el agua potable (23).

3.4.2 Parámetros químicos

3.4.2.1 Alcalinidad

La alcalinidad es una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato, CO_3H^- carbonato, $\text{CO}_3^{=}$ y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y

ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden provocar espumas, o provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

Se mide por titulación con una solución valorada de un alcalino un ácido según sea el caso y estos dependen de la concentración de los iones hidroxilos (OH^-), carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (CO_3H).

Cuando la alcalinidad es menor de 10 ppm es recomendada para el uso doméstico (4).

3.4.2.2 Cloruros

El ión cloruro (Cl^-) forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión Na^+ , esto en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero también se encuentran valores muy superiores fácilmente. Las aguas salobres contienen millares de ppm de cloruros, el agua de mar está alrededor de las 20,000 ppm de cloruros.

Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la interfase óxido-metal y reaccionar con el hierro estructural.

El ión cloruro se separa con filtros de carbono activado e intercambio iónico, aunque es menos retenido que los iones polivalentes, por lo cual las aguas de alta pureza requieren un pulido final (4).

3.4.2.3 Sulfatos

El ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3000 ppm. El agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1500 ppm.

En cantidades bajas no perjudica seriamente pero algunos centenares de ppm pueden disminuir la resistencia del hormigón. Su eliminación se realiza por intercambio iónico (4).

3.4.2.4 Nitratos

El ión nitrato (NO_3^-) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno gas e incluso amoníaco. Las aguas normales tienen menos de 10 ppm y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta centenares de ppm.

Concentraciones muy elevadas de sólidos totales en agua para beber puede producir la *cianosis infantil*.

Su presencia junto con fosfatos en aguas superficiales provoca la aparición de un excesivo crecimiento de algas, se conoce como *eutrofización*. Su determinación se realiza por espectrofotometría. Se elimina por intercambio iónico, siendo un método no económico en los procesos de potabilización en grandes volúmenes (4).

3.4.2.5 Fosfatos

El ión fosfato (PO_4^{3-}) en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados (4).

3.4.2.6 Fluoruros

El ión fluoruro (F^-), corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm, alrededor de dicha concentración puede resultar beneficioso para la dentadura, una concentración de hasta 5 ppm en el caso de lactantes se almacena en los dientes nuevos de los niños logrando un endurecimiento y protección de estos (4).

3.4.2.7 Sílice

La sílice, (SiO_2) se encuentra disuelta en el agua como ácido silícico SiO_4H_4 y como materia coloidal; contribuye a provocar algo de alcalinidad en el agua. Las aguas naturales contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a las 100 ppm (si son aguas carbonatadas sódicas). La determinación se hace por colorimetría. Su eliminación se consigue por precipitación aunque suele hacerse con resinas de intercambio iónico fuertemente básicas (4).

3.4.2.8 Bicarbonatos y carbonatos

Las aguas dulces suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y si el pH es inferior a 8.3, no habrá ión bicarbonato. El agua de mar contiene alrededor de 100 ppm de ión bicarbonato (4).

3.4.3 Parámetros bacteriológicos

La bacteria *Escherichia coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Las bacterias coliformes son microorganismos de forma cilíndrica, capaces de fermentar la glucosa y la lactosa. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios. Estos últimos son anaerobios, formadores de esporas; estas son formas resistentes de las bacterias capaces de sobrevivir largo tiempo.

El análisis del agua se realiza con el método de los tubos múltiples y se expresa en términos de el “número más probable” (índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1, son potables. Según el destino del agua, la eliminación de bacterias se realiza por filtración, o esterilización por luz ultravioleta, cloración y ozonización (4).

3.4.4 Parámetros radiológicos

Hasta hace poco tiempo este tipo de parámetros no era importante, pero conforme avanza el desarrollo industrial la presencia de sustancias radiactivas en el agua es un riesgo de relevancia creciente. Su importancia es más sanitaria que industrial. En la actualidad se ha reconocido la necesidad de implantar normas alimentarias internacionales en consecuencia, se han establecido el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, y la comisión de codex alimentarius es el órgano encargado de su ejecución, esto debido a que en ciertos lugares del mundo la irradiación natural de fondo es considerable, algunos peces pueden concentrar metales pesados y de la misma manera radioisótopos como el ^{65}Zn , ^{55}Fe , ^{90}Sr 3.5.1 contaminantes radiactivos (4).

3.5. Proceso de potabilización del agua

La potabilización profesional generalmente incluye los siguientes procesos: Sedimentación, coagulación, ablandamiento, eliminación de hierro y magnesio, eliminación de olor y sabor, filtrado, aireación, control de corrosión, evaporación y desinfección.

Basándose en lo establecido por el Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSPAS), los tres procesos más utilizados para asegurar la potabilización del agua son:

3.5.1. Sedimentación:

Es el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas contenidas en el agua. Se realiza en depósitos anchos y de poca profundidad. La sedimentación puede ser simple o secundaria. La simple se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor haciendo el agua mas transparente. El reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejor sabor y el olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias. La secundaria se emplea para quitar aquellas partículas que no se

depositan ni aun con reposo prolongado, y que es la causa principal de turbiedad. En este caso, se aplican métodos de coagulación con sustancias como el alumbre, bajo supervisión especializada (23).

3.5.2. Filtración:

Se emplea para obtener una mayor clarificación y generalmente se aplica después de la sedimentación. Hay muchos tipos de filtros con características que varían de acuerdo con su empleo. La filtración más usual se realiza con un lecho arenoso de unos 100 por 50 metros y 30 centímetros de profundidad. En esta capa actúan bacterias inofensivas que descomponen la materia orgánica presente en el agua en sustancias inorgánicas inocuas. Para uso doméstico existen en el mercado unidades filtrantes pequeñas: algunas combinadas con sistemas de potabilización. Cuando se adquiere algún aparato de estos es muy importante recordar que la función principal de un filtro es la de eliminar materias en suspensión; pueden retener ciertas bacterias, quistes etc., pero por sí solos no garantizan la potabilidad del agua. Para lograr esto último deben tener, además del filtro algún dispositivo de potabilización. Los filtros más útiles en el medio rural son los que se construyen con grava y arena (17).

3.5.3. Aireación:

Se efectúa haciendo caer el agua sobre una cascada para incrementar la proporción de oxígeno disuelto en el agua. Se reduce de este modo el contenido de dióxido de carbono hasta un 60% y mejora la purificación con bacterias aeróbicas. Además existen varios métodos físicos y químicos para desinfectar el agua (17).

3.5.4. Métodos físicos:

3.5.4.1 Filtración:

Ayuda a eliminar bacterias, pero por sí solo, no puede garantizar la potabilidad del agua.

3.5.4.2 Ebullición:

Método excelente para destruir los microorganismos patógenos que suelen encontrarse en el agua: bacterias, quistes y huevos. Para que sea efectiva, debe ser turbulenta. El desprendimiento de burbujas a veces se confunde con la ebullición. Es conveniente hervir el agua en el mismo recipiente en que haya de enfriarse y almacenarse procurando usarlo exclusivamente para estos propósitos.

3.5.4.3 Rayos ultravioleta:

Su empleo es muy limitado, ya que se necesita de un aparato especial que requiere energía eléctrica para su funcionamiento. Su efectividad es muy reducida en aguas turbias (17).

3.5.5 Métodos químicos:

3.5.5.1 Ozono:

Es un oxidante poderoso. No deja olor pero sí sabor, aunque no desagradable. Es difícil regular su aplicación. No tiene acción residual.

3.5.5.2 Yodo:

Muy buen desinfectante, necesita un tiempo de contacto de media hora. Es muy costoso para emplearse en abastecimientos públicos.

3.5.5.3 Plata:

En forma coloidal o iónica es bastante efectiva; no da sabor ni olor al agua, tiene una acción residual muy conveniente. Su efectividad disminuye con la presencia de ciertas sustancias, como cloruros, que se encuentran a veces en exceso en el agua (17).

3.5.5.4 Cloro:

El cloro es indudablemente el elemento más importante que existe para la desinfección del agua. Se suele usar en una dosis de 0,0001% que destruye todos los microbios en cuatro minutos. Además se usa para:

1. Eliminar olores y sabores.

2. Decolorar.
3. Ayudar a evitar la formación de algas.
4. Ayudar a quitar el hierro y manganeso.
5. Ayudar a la coagulación de materias orgánicas (17).

3.6 Estudios realizados en los distintos Departamentos de Guatemala

Se han realizado varios estudios sobre el control de la calidad del agua potable en distintas regiones del país por estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia así también de la Facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pero no existe ningún estudio acerca de la calidad del agua de la aldea Tacajalvé San Francisco el Alto Totonicapán.

En el 2009 Molina, Ma. Alejandra Evaluó la Calidad Fisicoquímica del agua de la planta municipal que abastece al Departamento de Zacapa, Municipio de Zacapa. Según los resultados obtenidos, el agua de la planta municipal de Zacapa es apta para el consumo humano (19).

En el 2003 Morales, Mirla realizó un estudio de Control de Calidad del Agua para consumo humano de la cabecera departamental de Jalapa municipio de Jalapa. Se obtuvo que todas las muestras presentan contaminación por *E. coli*, lo cual es debido a un tratamiento inadecuado de cloración y contaminación de la fuente (21).

En el 2002 Leiva, Román realizó un estudio de Determinación de la Calidad del Agua de distribución Municipal para consumo humano en el municipio de Livingston, departamento de Izabal. Según los resultados el agua que distribuye la municipalidad de Livingston Izabal, no es apta para el consumo humano (15).

En el 2,000 Hernández, Carmen realizó un estudio de Control de Calidad de agua potable de la ciudad de Mazatenango. Fue necesario que la Municipalidad se responsabilizara por mantener la planta de potabilización en buenas condiciones, ya que en su momento no se encontraba en condiciones óptimas para realizar el procedimiento de potabilización (13).

En 1,998 López, Zuly realizó un estudio de Evaluación de la calidad del Agua para consumo humano de la aldea el Paredón Buena Vista, La Gomera Escuintla. Con base a los resultados obtenidos, se evidencia que el agua de la Aldea El Paredón Buena Vista, no es apta para consumo humano (16).

En 1,998 De León, Doreny realizó un estudio de Análisis del agua para consumo humano del Municipio de Cuilco, Huehuetenango. El agua analizada presenta contaminación bacteriológica, deduciéndose con esto que es indispensable el tratamiento de desinfección para su potabilización (8).

En 1,984 Méndez, Lilian realizó un estudio de control de calidad del agua potable para consumo humano de la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, realizándole análisis físico, químico y bacteriológico. Según los resultados obtenidos, el agua de los nacimientos localizados en “El Astillero” si llena los requisitos físicos y químicos establecidos por las normas para el agua potable según las normas guatemaltecas (18).

En 1,982 Berganza, Nora evaluó el agua para uso consumo humano de la población de Amatillo, Ipala del departamento de Chiquimula realizándole análisis físico, químico y examen bacteriológico. Según los resultados obtenidos, el agua de la Laguna de Ipala si llena los requisitos físicos y químicos establecidos por las normas estándares internacionales (3).

En 1979 Rodríguez V. realizó un estudio de Control de Calidad agua para consumo humano en la ciudad de Chiquimula. Chiquimula. El análisis efectuado revela que el agua, se encuentra bacteriológicamente contaminada con bacterias coliformes de origen fecal (28).

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación de la calidad física, química y examen microbiológico del agua que proviene de los nacimientos del paraje Pacotzij de la aldea Tacajalvé San Francisco el Alto Totonicapán, se realiza con el objetivo de determinar la calidad del agua para consumo humano de dicho lugar, debido a que no se llevan a cabo controles periódicos de la calidad de la misma por parte de las autoridades municipales como tampoco por el comité encargado para el mantenimiento del mismo, desconociéndose de esta manera si el agua es apta o no para consumo de los habitantes de dicha aldea.

Así también es indispensable que la población cuente con un servicio de agua potable, debido a la propagación de enfermedades de origen hídrico como: disentería amebiana y bacilar, fiebre tifoidea, cólera y gastroenteritis, todos estos agentes etiológicos se encuentran en materiales fecales y orina de los infectados los cuales pueden llegar de un depósito desembocando en una fuente de agua y contaminarla.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, serán comunicados al comité de mantenimiento lo más pronto posible, para evitar daños a la salud de los habitantes que consumen el agua, en caso que no fuera potable.

Tomando como base este estudio, se podría analizar el agua que se distribuye en otros parajes de la misma aldea y de otras aldeas ya que en las áreas rurales del departamento de Totonicapán, el agua no recibe ningún tipo de tratamiento.

También se podría realizar un análisis de los lavaderos que están ubicados en los distintos parajes de la aldea; ya que se ha visto que las madres que llegan a lavar, bañan a sus niños con el agua de los lavaderos. Esto es de vital importancia para los infantes debido que los mismos tienen una mayor absorción por la piel y sus defensas no están bien desarrolladas para combatir las infecciones.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL:

Establecer si el agua proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij, que se distribuye en la aldea Tacajalvé es apta para consumo humano.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 5.2.1 Realizar las pruebas organolépticas del olor y sabor, para estimar la calidad del agua.
- 5.2.2 Determinar la concentración de nitratos, cloruros y la dureza del agua para establecer la calidad química del agua.
- 5.2.3 Establecer cualitativamente la presencia de metales pesados en el agua.
- 5.2.4 Realizar el examen bacteriológico, para establecer la calidad del agua.
- 5.2.5 Proporcionar información sobre la calidad del agua al comité de mantenimiento y a los habitantes que hacen uso de la misma por medio de un informe sobre los resultados de este trabajo.
- 4.2.6 Sintetizar un documento para establecer el procedimiento a seguir para potabilizar el agua en caso de que no sea potable y proporcionar los lineamientos básicos del control de documentación y registro que asegure procedimientos de potabilización en la aldea Tacajalvé.
- 4.2.7 Comparar los resultados obtenidos, con los límites de la norma COGUANOR No. 29,001 y con las normas internacionales (FDA, OMS y Unión Europea), para determinar la calidad sanitaria de la misma.

6. HIPÓTESIS

El agua para consumo humano proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij de la Aldea Tacajalvé San Francisco el Alto Totonicapán, llena los requisitos Físicos, químicos, exámenes bacteriológicos, según lo establecido por las normas nacionales (Normas COGUANOR No. 29,001) e internacionales (FDA, OMS y Unión Europea) de potabilización del agua, para ser usada con seguridad para el consumo de la población.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO

El universo de trabajo estuvo constituido por el agua para consumo humano de la aldea Tacajalvé San Francisco el Alto Totonicapán proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij (aprox. 150 metros de río Salamá).

7.2 MUESTREO

Para ello se tomaron en cuenta los dos nacimientos, los tres tanques de distribución y 5 grifos, los cuales se muestrearon al azar, haciendo un total de 10 muestras por 5 días de muestreo, dos veces a la semana (lunes y jueves), constituyendo un total de 50 muestras para las pruebas fisicoquímicas.

Para las pruebas microbiológicas se analizaron los dos nacimientos y los tres tanques de distribución, por 5 días de muestreo, haciendo un total de 25 muestras en total.

7.3 EQUIPO Y MATERIALES DE LABORATORIO

7.3.1 EQUIPO:

- Balanza analítica
- Campanas de Durham
- Espectrofotómetro
- Equipo de protección (bata, mascarilla, lentes, guantes)
- Incubadora

- Nefelómetro TURBIQUANT 1500 IR
- Potenciómetro inoLab pH level 1
- Sistema de filtración
- Sistema de vacío

7.3.2 MATERIALES

- Agitadores magnéticos
- Balanza analítica
- Balones aforados de 100 mL, 250 mL y 1000 mL
- Beaker de 100 y 250 mL
- Bureta de 50 mL
- Espátulas
- Etiquetas de identificación
- Frascos de vidrio de color ámbar.
- Gradilla
- Matraz erlenmeyer de 250 mL
- Pipetas volumétricas de 1, 5,10 mL
- Pizetas
- Probeta de 25 mL
- Soporte universal
- Tubos de ensayo con capacidad de 20, 30 y 50 mL.

7.3.3 REACTIVOS

- Ácido Sulfúrico
- Ácido acético al 96%
- Ácido clorhídrico
- Amoníaco concentrado
- Brucina
- Buffer de pH 4,7 y 10

- Calcined filter aid

- Carbonato de calcio
- Cloruro de amonio
- Cloruro de potasio
- Cloruro de sodio
- Cromato de potasio

- EDTA 0.01 M
- Etanol 95%
- Estándares para calibración de 1000 UNT; 10.0 UNT y 0.02 UNT
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Negro de eriocromo T
- Nitrato de potasio
- Solución estándar de calcio
- Solución estándar de Plomo.
- Tioacetamida glicerina TS
- Solución stock del estándar primario de formazina
- Trietanolamina

7.4 PROCEDIMIENTO

- Revisión bibliográfica
- Elaboración de listado de los lugares donde se tomarán las muestras
- Elaboración del plan de muestreo
- Recolección de muestras
- Análisis físico, químico y microbiológico del agua.
- Informe final

7.5 MÉTODO

7.5.1 Toma de la muestra:

Se tomaron las siguientes medidas con las muestras de los análisis fisicoquímicos, para no contaminarlas antes de llegar al laboratorio y transportarlas en recipientes de polietileno: se enjuagó 3 veces el envase destinado a la muestra con el agua que se muestreó previo a su toma, luego el envase se identificó debidamente con una etiqueta que contenía los siguientes datos: lugar, fuente, día, horas, tomada por, municipio, departamento. El periodo de tiempo comprendido entre la toma y el inicio de los análisis físicos y químicos nunca sobrepasó las 20 horas.

Las muestras se transportaron en hielo inmediatamente y se llevaron al laboratorio para los análisis correspondientes (11).

Con respecto a las muestras para el examen bacteriológico, las muestras se tomaron directamente de los nacimientos y tanques de distribución, el frasco que se utilizó, fue esterilizado con tiosulfato y se llenó sin necesidad de enjuagarlo.

Se sumergió el frasco lo más cerca del fondo y con el cuello hacia abajo se le dio vuelta para que de tal forma quedara ligeramente más elevado que el fondo y la boca en la dirección de la corriente, luego se abrió el frasco y se llenó dejando un espacio de aire adecuado para una posterior homogenización.

Las muestras fueron transportadas y conservadas en refrigeración y el periodo de tiempo comprendido entre la toma y el inicio del examen bacteriológico no fue mayor de 18 horas (18).

Análisis de la calidad de agua: en este trabajo se tomaron en cuenta tres tipos de análisis, que se realizaron para determinar la calidad del agua, dichos análisis han sido definidos por la Norma COGUANOR No. 29 001: 99

7.5.2 Número de muestras por recolectar:

Por cada día programado de muestreo se tomaron 10 muestras, tomándose un total de 50 muestras.

7.5.3 Ubicación de los sitios de muestreo:

Los dos nacimientos (ubicados en el paraje Pacotzij a 150 metros del río Salamá), los tres tanques y cinco grifos escogidos al azar.

7.5.4 Análisis Físicos:

7.5.4.1 Turbidez:

Puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, con un tamaño de partícula desde el coloidal hasta partículas microscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. En algunos cuerpos de agua la turbidez es debido a dispersiones normales.

Significado sanitario: La turbidez es importante debido a que cualquier turbidez del agua, causa en el consumidor, pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos (23).

Para poder medir la turbidez se utilizó el aparato llamado nefelómetro.

Límite máximo aceptable: 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

Límite máximo permisible: 15 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

7.5.4.2 Color:

El color en el agua resulta de la presencia de iones metálicos naturales (hierro o manganeso), humus y materiales de mascotas, plancton, maderas y desechos industriales. El color es removido del agua para utilizarla a nivel general e industrial. El agua residual a nivel industrial que tiene color requiere que se le remueva este antes de descargarla en las tuberías.

El color de una muestra filtrada se expresa en términos que describen la sensación obtenida cuando se observa la muestra. El color se designa por el término “longitud de onda dominante”, el grado de brillo por “luminiscencia” y la saturación por pureza. Estas propiedades se determinan mejor por las características de transmisión de luz de la muestra filtrada mediante un espectrofotómetro.

Límite máximo aceptable: 5.00 Unidades

Límite máximo permisible: 35.00 Unidades

7.5.4.3 Olor:

Los procedimientos analíticos no son satisfactorios para su medición y tiene que confiarse en el sentido del olfato, es tomado como examen organoléptico. Por lo que el método utilizado en esta investigación es el olfato.

El olor del agua es debido a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles. Algunos de estos compuestos se producen cuando se descompone la materia orgánica y de preferencia se presenta en las aguas superficiales a causa de la presencia de materia orgánica proveniente de escurrimientos superficiales y por el plancton de las algas principales (22).

Significado sanitario: Las características de la aceptación por el consumidor de un abastecimiento son indispensables, porque el agua se debe entregar al usuario desprovista de olores rechazables.

Límite máximo aceptable (LMA): No rechazable.

Límite mínimo permisible (LMP): No rechazable.

7.5.4.4 Sabor:

Se determinó por medio de examen organoléptico, clasificándose como rechazable o no.

Límite máximo aceptable: No rechazable

Límite mínimo permisible: No rechazable.

7.5.5 Análisis Químicos:

7.5.5.1 Potencial de Hidrógeno (pH):

Representa las concentraciones de iones de hidrógeno, mide la intensidad de las reacciones ácidas o alcalinas del agua. El agua que no tiene ácido ni álcali tiene un valor de pH igual a 7.

Significado sanitario: La mayoría de aguas superficiales naturales tienen un valor de pH ente 5.5-8.6, la desviación excesiva de este parámetro puede indicar la contaminación del abastecimiento por algún desecho (22).

El potencial de hidrógeno (pH) se midió utilizando el potenciómetro de electrodo de vidrio para poder obtener resultados confiables.

Límites máximo aceptable: 7 – 7.5

Límite máximo permisible: 6.5 – 8.5 (6).

7.5.5.2 Cloruros:

El análisis se realizó mediante el método argentométrico, midiendo 100 mL de muestra, ajustando el pH de la misma dentro del intervalo de 7 a 10 con ácido sulfúrico diluido o con solución de hidróxido de sodio. Se agregó 1 mL del indicador de cromato potásico y se tituló con la solución patrón de nitrato de plata hasta que cambió el color amarillo a amarillo rosado. Se elaboró un testigo en blanco del indicador titulado de la misma manera agua destilada, este testigo, de 0.2 a 0.3 mL, pone de manifiesto el punto de viraje del color, se coloca junto a la muestra que se titula, para que facilite la determinación del viraje en el punto elegido (6).

Límite máximo aceptable: 100.00 mg/L Cl.

Límite máximo permisible: 250.00 mg/L Cl (6).

Significado sanitario: Concentración excesiva podría indicar contaminación por excretas humanas, particularmente orina y/o agua residual contaminada.

7.5.5.3 Nitratos:

Se tomó 5 mL de la muestra de agua y se le agregó 0.5 mL de solución de brucina (5 g de brucina se disuelven en 100 mL de ácido acético al 96%). Se agregó con cuidado 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (95%) y se agitó bien y se enfrió a temperatura ambiente. Después de 10 minutos se hizo la lectura fotométrica de la solución.

Para la solución de referencia se tomaron 5 mL de agua destilada, con 10 mL de ácido sulfúrico concentrado más 0.5 mL de brucina. Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.

Las soluciones de calibración se prepararon así:

Se pesaron analíticamente 0.1635g de nitrato de potasio se llevó a 1000 mL en un balón aforado con agua destilada, obteniendo una concentración de 0.1 g/mL de nitrato. De esta solución se prepararon las siguientes alícuotas:

Tabla No. 1

Solución diluida	Agua destilada	Concentración (ppm)
0.00 mL	5.0 mL	0.00
0.50 mL	4.5 mL	1.00
1.00 mL	4.0 mL	2.00
1.50 mL	3.5 mL	3.00
2.00 mL	3.0 mL	4.00
2.50 mL	2.5 mL	5.00

*Fuente: COGUANOR NGO 29013

Luego se agregó 0.5 mL de brucina, seguidamente con cuidado agregó 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se mezcló bien y enfrió a temperatura

ambiente. Después de 10 minutos se hizo una lectura fotométrica de la solución.

Límite máximo permisible: Nitratos 45 mg/L (6).

7.5.5.4 Dureza total:

Se determinó con una disolución patrón de AEDT utilizando negro de eriocromo T como indicador y una solución tampón de pH 10 (2).

La dureza es una característica del agua que presenta la concentración de calcio, magnesio y otros aniones expresada en carbonato de calcio. La dureza influye en la precipitación del jabón en forma de jabones insolubles.

Sin embargo en algunos casos afecta la cocción de alimentos, incrustaciones en tuberías y utensilios de cocina (22).

Límite máximo aceptable: 100 mg/L

Límite máximo permisible: 500 mg/L.

7.5.5.5 Metales pesados:

Esta prueba demuestra el contenido de impurezas metálicas coloreadas por el ión sulfuro, en las condiciones especificadas en la monografía individual correspondiente al porcentaje (en peso) de plomo en la sustancia en análisis, según se determina mediante comparación visual concomitante con una preparación estándar obtenida a partir de una Solución Estándar de Plomo (30).

7.5.5.5.1 Método para determinación de metales pesados:

Preparación del Estándar: se pipeteó 2 mL de Solución Estándar de Plomo (20 ug de Plomo), se transfirió a un tubo de comparación de color de 50 mL y diluyó con agua hasta 25 mL. Usando un medidor de pH o un papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo se ajustó con ácido

acético 1N o hidróxido de amonio 5 N hasta un pH entre 3,0 y 4,0; se diluyó con agua hasta 40 mL y mezcló.

Preparación de Prueba: En un tubo de comparación de color de 50 mL se colocó 25 mL de la muestra. Usando papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo, se agregó ácido acético 1 N, hasta que se obtuvo un pH entre 3,0 y 4,0; y se diluyó con agua hasta 40 mL y se mezcló bien.

Preparación del Control: En un tercer tubo de comparación de color de 50 mL se colocó 25 mL de una solución preparada según se indica en preparación de prueba y se le agregó 2,0 mL de Solución Estándar de Plomo. Usando papel indicador de pH de intervalo estrecho como indicador extremo; se ajustó con ácido acético 1N, hasta un pH entre 3,0 y 4,0; se diluyó con agua hasta 40 mL y se mezcló bien.

Procedimiento: A cada uno de los tres tubos que contenía la preparación estándar, la preparación de prueba y la preparación control, se les agregó 2 mL de Solución Amortiguadora de Acetato de pH 3,5 luego 1,2 mL de tioacetamida-glicerina básica SR, se diluyó con agua hasta 50 mL, se mezcló, y se dejó en reposo durante 2 minutos y observó hacia abajo sobre una superficie blanca: El color de la solución de la preparación de prueba no fue más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control fue igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar (30).

7.5.6 Examen bacteriológico:

La enumeración de microorganismos del grupo coliforme en agua es una herramienta útil en la determinación de la potabilidad del agua.

Los coliformes totales comprenden el grupo que posee la enzima β -D galactosidasa, que separa el sustrato cromogénico, produciendo la liberación del cromógeno. *Escherichia coli* se define como miembro del grupo de coliformes totales y además, posee la enzima β -glucuronidasa que escinde un sustrato fluorogénico, produciendo la liberación del fluorógeno. La prueba se puede utilizar ya sea en un formato de tubos múltiples, pozos múltiples, o de presencia-ausencia (muestra simple de 100 mL) (6).

Procedimiento de Tubos Múltiples. Se seleccionó la cantidad apropiada de tubos por muestra conteniendo el medio ya preparado y se rotularon. Se siguieron las instrucciones del fabricante para la preparación de las diluciones seriadas según la formulación. Se agregaron asépticamente 10 mL de muestra a cada tubo, y se cerraron perfectamente, se agitaron vigorosamente para disolverlos. Se incubaron a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por el período de tiempo especificado por el fabricante del sustrato.

El procedimiento también pudo llevarse a cabo añadiendo las cantidades apropiadas del medio con sustrato a la muestra, agitando vigorosamente, y distribuyendo en 5 ó 10 tubos estériles. Incubando según lo establecido en el procedimiento de tubos múltiples (6).

7.5.7 Diseño de investigación:

7.5.7.1 Cálculo del número de réplicas:

El cálculo se determinó mediante la siguiente fórmula

$$n = \frac{(Nc)^2(pq)}{\Delta^2}$$

Donde:

n: número de muestras

Nc: Valor de Z para un nivel de confianza del 95%

Δ : Límite de error en la estimación (0.15)

pq: Equivale a la variación esperada de la respuesta, asumiéndose que $p=q=0.5$

Obteniéndose lo siguiente:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.25)}{(0.15)^2} = 43 \text{ muestras}$$

7.5.7.2 Diseño de muestreo:

Se tomó una muestra por cada nacimiento (dos), una muestra de los tres tanques de distribución y se escogieron 5 grifos al azar para completar las 10 muestras por 5 días de análisis, haciendo un total de 50 muestras.

Para las pruebas microbiológicas se analizaron los dos nacimientos y los tres tanques de distribución, por 5 días de muestreo, haciendo un total de 25 muestras en total.

7.5.7.3 Análisis de resultados:

Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva. En base a los resultados obtenidos se efectuó una estimación del porcentaje de cada parámetro que cumplió con lo establecido según las normas nacionales e internacionales y se determinó el intervalo de confianza al 95%, también se utilizaron tablas para representar los resultados de cada uno de los parámetros evaluados.

8. RESULTADOS

8.1 ANÁLISIS FÍSICO

8.1.1 TURBIDEZ

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: 5.0 UNT LMP: 15.0 UNT	5 UNT	Aceptable y sin cambios anormales	5 UNT

UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad

Tabla No.1

Resultados nefelométricas de la turbidez en muestras de aguas de la aldea Tacajalvé

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	0.61	0.02	0.29	1.84	0.03	0.56± 0.76
Nacimiento 2	0.42	0.02	0.25	0.57	0.07	0.27 ± 0.23
Tanque 1	0.88	0.02	0.86	0.60	0.31	0.53 ± 0.37
Tanque 2	0.60	0.02	0.47	0.62	0.28	0.40 ± 0.25
Tanque 3	0.58	0.01	0.56	0.55	0.37	0.41 ± 0.24
Chorro 1	1.18	0.02	0.79	0.38	0.25	0.52 ± 0.46
Chorro 2	1.45	1.00	0.62	1.80	0.29	1.03 ± 0.61
Chorro 3	1.56	0.02	0.47	0.40	0.45	0.58 ± 0.58
Chorro 4	1.38	0.02	0.52	0.30	0.45	0.53 ± 0.51
Chorro 5	1.20	0.02	0.76	0.22	0.40	0.52 ± 0.47

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 1 muestra los resultados del análisis de turbidez, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales, de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 0.41 – 0.67. Los resultados obtenidos son expresados en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT).

8.1.2 COLOR

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: 5.0 Unidades LMP: 35.0 Unidades	15 Unidades	Aceptable y sin cambios anormales	15 Unidades

Tabla No. 2

Resultados espectrofotométricos del color en muestras de aguas de la aldea Tacajalvé

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	6.00	10.00	0.00	5.00	3.00	4.80 ± 3.70
Nacimiento 2	9.00	7.00	2.00	12.00	2.00	6.40 ± 4.40
Tanque 1	9.00	8.00	5.00	9.00	3.00	6.80 ± 2.68
Tanque 2	7.00	5.00	1.00	13.00	1.00	5.40 ± 5.00
Tanque 3	8.00	6.00	2.00	6.00	2.00	4.80 ± 2.68
Chorro 1	11.00	11.00	2.00	8.00	2.00	6.80 ± 4.55
Chorro 2	6.00	10.00	1.00	9.00	2.00	5.60 ± 4.04
Chorro 3	11.00	10.40	1.00	10.00	2.00	6.88 ± 5.00
Chorro 4	7.00	8.00	2.00	6.00	1.00	4.80 ± 3.11
Chorro 5	10.00	11.00	1.00	7.00	2.00	6.20 ± 4.55

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 2 muestra los resultados del análisis de color, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales, de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 4.81 – 6.89. Los resultados obtenidos son expresados en Unidades de color (U).

8.1.3 OLOR

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: No Rechazable LMP: No rechazable	Sin Olor	Aceptable y sin cambios anormales	-----

Los resultados del análisis organoléptico de olor en 50 muestras del agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij, el 100% de las muestras analizadas cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales. Los análisis se realizaron el 2, 9, 13, 16 y 20 de septiembre del presente año (analizando 10 muestras por día).

8.1.4 SABOR

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: No Rechazable LMP: No rechazable	Sin Sabor (Insípida)	Aceptable y sin cambios anormales	-----

Los resultados del análisis organoléptico de sabor en 50 muestras analizadas del agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij, el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales. Los análisis se realizaron el 2, 9, 13, 16 y 20 de septiembre del presente año (analizando 10 muestras por día).

8.2 ANÁLISIS QUÍMICO

8.2.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: 7.0 – 7.5 LMP: 6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 9.5	6.5 – 8.5

Tabla No. 3

Resultados potenciométricos del potencial de hidrógeno (pH), en muestras de aguas de la aldea Tacajalvé

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	6.77	6.93	7.04	6.92	6.79	6.89 ± 0.11
Nacimiento 2	6.81	6.76	6.84	6.66	6.79	6.77 ± 0.07
Tanque 1	6.68	6.54	6.79	6.73	6.90	6.73 ± 0.13
Tanque 2	6.98	7.07	6.99	6.72	6.94	6.94 ± 0.13
Tanque 3	6.95	7.27	7.30	6.80	7.16	7.10 ± 0.22
Chorro 1	7.15	7.53	7.18	6.83	7.26	7.19 ± 0.25
Chorro 2	7.27	7.29	7.28	7.08	7.39	7.26 ± 0.11
Chorro 3	7.37	7.13	7.27	7.16	7.26	7.24 ± 0.09
Chorro 4	7.38	7.46	7.52	7.13	7.19	7.34 ± 0.17
Chorro 5	7.34	7.19	7.14	7.25	7.34	7.25 ± 0.09

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 3 muestra los resultados del análisis de potencial de hidrógeno (pH), indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales, de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 7.00 – 7.14. Los resultados obtenidos son expresados en unidades de pH.

8.2.2 CLORUROS

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: 100.00 mg/L LMP: 250.00 mg/L	250.00 mg/L	250.00 mg/L	250.00 mg/L

Tabla No. 4

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	12.60	13.90	26.60	20.50	13.00	17.32 ± 6.10
Nacimiento 2	10.00	9.90	21.20	23.30	12.00	15.28 ± 6.46
Tanque 1	9.00	7.10	20.80	21.40	12.00	14.06 ± 6.66
Tanque 2	10.90	10.0	16.60	20.30	12.00	13.96 ± 4.36
Tanque 3	11.00	9.50	21.60	20.90	10.00	14.60 ± 6.10
Chorro 1	21.40	9.70	21.70	20.30	12.00	17.02 ± 5.71
Chorro 2	21.10	9.20	20.80	19.70	11.00	16.36 ± 5.77
Chorro 3	18.16	9.30	20.50	20.00	15.00	16.60 ± 4.61
Chorro 4	20.90	9.50	19.90	19.70	15.00	17.00 ± 4.77
Chorro 5	18.90	9.30	22.20	20.80	11.00	16.44 ± 5.89

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 4 muestra los resultados del análisis de cloruros, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales, de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 14.44 – 17.333. Los resultados obtenidos son expresados en mg/L.

8.2.3 NITRATOS

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMP: 45.0 mg/L	50.00 mg/L	50.00 mg/L	10.00 mg/L

Tabla No. 5

Resultados espectrofotométricos de nitratos en muestras de aguas de la aldea Tacajalvé

FECHA/ MUESTR A	2/9/10	9/9/10	13/9/10	16/9/10	20/9/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	13.50	4.98	15.00	16.00	27.46	15.39 ± 8.03
Nacimiento 2	16.50	5.18	14.10	15.80	19.40	14.20 ± 5.39
Tanque 1	14.60	4.18	2.90	23.00	18.50	12.64 ± 8.83
Tanque 2	13.40	11.30	8.30	12.60	20.13	13.15 ± 4.36
Tanque 3	12.60	12.10	7.50	22.70	16.96	14.37 ± 5.73
Chorro 1	4.97	5.00	0.10	15.00	19.16	8.85 ± 7.91
Chorro 2	3.95	3.66	1.30	20.22	20.43	9.91 ± 9.56
Chorro 3	10.40	2.94	13.10	15.60	25.33	13.47 ± 8.15
Chorro 4	6.20	3.10	6.50	17.30	18.60	10.34 ± 7.09
Chorro 5	7.80	5.01	6.50	21.20	20.13	12.13 ± 7.86

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 5 muestra los resultados del análisis de nitratos, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales (OMS y la Unión Europea), pero sólo el 38% cumple con lo establecido por la FDA, de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 10.50 – 14.39. Los resultados obtenidos son expresados en mg/L.

8.2.4 DUREZA TOTAL (CaCO₃)

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
LMA: 100.00 mg/L LMP: 500.00 mg/L	500.00 mg/L	-----	----

Tabla No. 6

FECHA/ MUESTRA	2/9/10	9/9/10	13/9/10	16/09/20	20/09/10	Promedio ± Desviación Estándar
Nacimiento 1	104.00	104.00	140.00	80.00	100.00	105.6 ± 21.65
Nacimiento 2	80.00	84.00	124.00	88.00	108.00	96.8 ± 18.63
Tanque 1	100.00	88.00	116.00	112.00	92.00	101.6 ± 12.20
Tanque 2	84.00	90.00	116.00	132.00	92.00	102.8 ± 20.38
Tanque 3	88.00	88.00	164.00	112.00	92.00	108.8 ± 32.42
Chorro 1	84.00	96.00	108.00	132.00	88.00	101.6 ± 19.31
Chorro 2	88.00	92.00	116.00	96.00	96.00	97.6 ± 10.81
Chorro 3	88.00	88.00	120.00	120.00	96.00	101.2 ± 17.06
Chorro 4	88.00	94.00	108.00	128.00	88.00	101.2 ± 17.06
Chorro 5	92.00	90.00	100.00	140.00	88.00	102.0 ± 21.73

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 6 muestra los resultados del análisis de dureza total, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 100% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales (OMS), de acuerdo a la media obtenida todas las muestras cumplen con el intervalo de confianza al 95% en el rango de 97.00 – 107.10. Los resultados obtenidos son expresados en mg/L.

8.2.5 METALES PESADOS

LÍMITES RECOMENDADOS
USP XXXII
Especificaciones: Observando los tubos hacia abajo sobre una superficie blanca. El color del tubo de la muestra a analizar no es más oscuro que el de la solución de la preparación estándar y el color de la solución de la preparación control es igual o más oscuro que el color de la solución de la preparación estándar.

Los resultados del análisis cualitativo de metales pesados en 50 muestras del agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, proveniente de los nacimientos del paraje Pacotzij, el 100% de las muestras analizadas si cumplen con las especificaciones establecidas por la USP XXXII. Los análisis se realizaron el 2, 9, 13, 16 y 20 de septiembre del presente año (analizando 10 muestras por día).

8.3 EXAMEN BACTERIOLÓGICO

8.3.1 COLIFORMES TOTALES

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
≤ 2 NMP/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/mL

NMP = Número Más Probable.

Tabla No. 7

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10
Nacimiento 1	<2**	130	2**	76.7	<2**
Nacimiento 2	1,600	14	4	2,419.6	8
Tanque 1	300	33	11	248.1	8
Tanque 2	240	130	30	156.5	8
Tanque 3	<2**	9	50	1986.3	1,600

** Cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001:99

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 7 muestra los resultados del análisis de coliformes totales, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 16% de las muestras cumplen con lo establecido por Norma COGUANOR 29 0001:00. Los resultados obtenidos son expresados en NMP/100 ml.

8.3.2 COLIFORMES FECALES

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
<2 NMP/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/mL

NMP = Número Más Probable.

Tabla No. 8

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10
Nacimiento 1	<2**	130	2	<2**	<2**
Nacimiento 2	11	7	<2**	2	<2**
Tanque 1	30	4	<2**	<2**	<2**
Tanque 2	4	130	30	2	<2**
Tanque 3	<2**	4	23	7.3	6.63

** Cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001:99

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 8 muestra los resultados del análisis de coliformes fecales, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 40% de las muestras cumplen con lo establecido por normas nacionales e internacionales. Los resultados obtenidos son expresados en NMP/100 mL.

8.3.3 *Escherichia coli*

LÍMITES RECOMENDADOS			
COGUANOR NGO 29 001:99	OMS	Unión Europea	FDA
<2 NMP/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/100 mL	0 UFC/mL

NMP = Número Más Probable.

Tabla No. 9

FECHA/ MUESTRA	2/09/10	9/09/10	13/09/10	16/09/10	20/09/10
Nacimiento 1	<2**	130	2	<2**	<2**
Nacimiento 2	<2**	7	<2**	2	<2**
Tanque 1	30	4	<2**	<2**	<2**
Tanque 2	<2**	130	30	2	<2**
Tanque 3	<2**	4	23	7.3	6.63

** Cumplen con la Norma COGUANOR NGO 29 001:99

*Fuente: Datos experimentales.

La tabla No. 9 muestra los resultados del análisis de *Escherichia coli*, indicando la fecha de los análisis y la fuente analizada. Se puede observar que el 48% de las muestras cumplen con lo establecido por las normas nacionales e internacionales. Los resultados obtenidos son expresados en NMP/100 mL.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas organolépticas (olor y sabor), realizadas al agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, si cumplieron con las normas nacionales e internacionales. (COGUANOR NGO 29 001:99, OMS, FDA y Unión Europea). Así también, se cumple con las pruebas físicas como la turbidez, analizada mediante nefelómetro (Tabla No. 1) y el color analizado mediante espectrofotómetro (Tabla No. 2). Se realizaron estas pruebas, ya que proporcionan información sobre la calidad del agua que se esta analizando.

En el análisis de turbidez, como se puede ver en la tabla No. 1, todas las muestras cumplen con el límite establecido por las entidades internacionales (5 UNT). Por lo que también se cumple con lo establecido por COGUANOR (15 UNT). Por tanto, se puede decir que la turbidez del agua es adecuada para desinfectarla con cloro; ya que los niveles elevados de la misma pueden proteger a los microorganismos contra los efectos de la desinfección, ejerciendo una demanda significativa de cloro.

Los análisis químicos realizados fueron: el pH, nitratos, cloruros y dureza, también se realizó una prueba cualitativa para la determinación de metales pesados.

El pH de agua analizada, como se puede ver en la Tabla No. 3, sin cumple con lo establecido por las entidades nacionales e internacionales (6.5-8.5). Esto es de beneficio para los habitantes que hacen uso de la misma, debido a que un valor de pH inferior a 6.5 produce intensa corrosión en el sistema de distribución y al superar los 8.5 produce una disminución en la eficacia del proceso de desinfección en lo que se respecta a la desinfección con cloro (4).

La concentración de cloruros en el agua analizada, se puede ver en la tabla de resultados (Tabla No. 4), que si cumple con lo establecido tanto por las normas nacionales e internacionales. La concentración máxima recomendada por la OMS es de 250 mg/L, el cual esta basado por completo en el sabor, y no en daños fisiológicos conocidos.

Se cumple con los niveles de nitratos, según los resultados obtenidos (ver Tabla No. 5), tanto con la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99 (45 mg/L), como también con la OMS y la Unión Europea (50 mg/L), pero no se cumple con lo establecido por la FDA (10 mg/L).

Se determinó la concentración de Nitratos en el agua, debido que el lugar donde se ubican los nacimientos y los tanques de distribución es un lugar donde se siembra maíz y se utilizan fertilizantes para tener buenas cosechas y como se sabe, los nitratos son productos químicos presentes en la mayoría de fertilizantes. Su concentración está limitada por los estándares de agua potable a 50 mg/L por razones fisiológicas, valores superiores a lo establecido pueden causar la metahemoglobinemia o cianosis de los nitratos, enfermedad que se produce en los infantes especialmente en aquellos que se alimentan de leche preparada y que se caracteriza por una coloración azul de la piel como síntoma del envenenamiento (4). Afortunadamente los valores de nitratos fueron inocuos en las muestras analizadas.

La dureza del agua analizada también cumple con lo establecido por las Normas COGUANOR NGO 29 001: 99 y la OMS (las otras normas no dan un límite definido para la dureza en el agua para consumo humano); ya que en las mismas se permite un límite máximo de hasta 500 mg/L y según los resultados obtenidos (Ver Tabla No. 6), la mayoría están por debajo de este límite.

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). De acuerdo a la media de los resultados obtenidos (102.64 mg/L), el agua analizada es medianamente dura.

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. Además el agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos (23).

Se realizó el análisis cualitativo para la determinación de metales pesados, usando la metodología de la USP XXXII, y según los resultados obtenidos en el análisis, el agua esta libre de metales pesados. Se realizó esta prueba presuntiva ya que la presencia de metales pesados en el agua es muy dañina para la salud de los consumidores.

El examen bacteriológico realizado al agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, no cumple con lo establecido por las normas nacionales e internacionales, ya que la OMS,

la Unión Europea y la FDA; recomiendan que no deben haber coliformes totales ni coliformes fecales en 100 mL de agua analizada (0 UFC/100ml). La mayoría de países se ajustan a los estándares de la OMS y lo adoptan dentro de sus normas nacionales; entre los países que se encuentran con niveles superiores esta Guatemala, que permite un cantidad de coliformes totales de ≤ 2 NMP/100 mL y tanto coliformes fecales como de *Escherichia coli* de <2 NMP/100 mL.

No todas las muestras analizadas, cumplen con lo establecido por la Norma COGUANOR 29 001: 99, como se puede ver en las tablas de resultados (Tabla No. 7, 8 y 9); esto es debido a los malos procedimientos en la limpieza del lugar de los nacimientos así como de los tanque de distribución.

De las fuentes analizadas el tanque de distribución No. 2 y 3 son los más contaminados debido a que se limpian sin cloro y cada año mientras que la OMS recomienda que la limpieza de los tanques de distribución se debe de hacer como mínimo cada 6 meses, usando cloro para desinfectar y utilizando herramientas exclusivas para la limpieza de los mismos. Todo esto no se cumple ya que no se utiliza la ropa adecuada a la hora de hacer la limpieza y los reservorios sólo se lavan con agua y un poco de detergente.

Aunque estos resultados eran de esperarse ya que el agua, tal como se encuentra en la naturaleza, habitualmente no se puede usar en forma directa para consumo humano o para la industria, por no encontrarse suficientemente pura. A su paso por el suelo, el subsuelo o el aire, el agua recoge materia en suspensión o solución como arcillas, microorganismos vivos como plantas, bacterias, virus y huevos de parásitos, sales disueltas, orgánicas y gases (22).

Debido que el agua no cumple con los parámetros bacteriológicos, aunque si cumple en los parámetros fisicoquímicos, no es apta para el consumo humano. Para que el comité de mantenimiento y los habitantes, tomen las medidas necesarias, se les entregó los resultados por escrito. En el anexo 13.1 se adjunta la constancia donde firma el presidente del comité de mantenimiento de que recibió el informe de los resultados.

Se procedió a elaborar una guía del usuario sobre la desinfección y coloración del agua (anexo 13.2), donde se expone con pictogramas los pasos que se llevan a cabo para desinfectar los tanques de distribución, así como los pasos que se llevan para clorar el agua.

Esta guía se elaboró, para que el comité de mantenimiento conozca las medidas necesarias que se toman a la hora de realizar la limpieza, así como la cantidad de cloro que se debe utilizar para la desinfección y coloración de un tanque de distribución.

También se elaboró un manual, titulado: “manual de cloración del agua para consumo humano” (Anexo 13.3), donde se explica los principales dosificadores utilizados en el área rural (Dosificador por goteo o flujo constante, hipoclorador por difusión y dosificador por erosión de tabletas), para que el comité de mantenimiento tenga conocimiento sobre los más usados y como funcionan cada uno, pueda tomar decisiones correctas momento de clorar el agua y no dejarse llevar simplemente por lo que diga un fabricante o un distribuidor de dosificadores o cloradores.

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Las pruebas organolépticas del color y sabor del agua analizada si cumplen con lo establecido por las entidades nacionales e internacionales.
- 10.2 El agua de la aldea de Tacajalvé cumple con los parámetros químicos según lo establecido por las normas nacionales e internacionales con la OMS y la Unión Europea. Sin embargo los niveles de nitratos se encuentran por encima de lo establecido por la FDA.
- 10.3 El agua analizada esta libre de metales pesados por lo que no representa ningún peligro para la salud de los consumidores en este aspecto.
- 10.4 El agua no puede ser considerada potable, debido a que no cumple con lo establecido por la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99, en los aspectos bacteriológicos.
- 10.5 Los resultados de los análisis realizados, fueron entregados por escrito al comité de mantenimiento.
- 10.5 El procedimiento a seguir para potabilizar el agua analizada es la cloración por lo que se sintetizó una guía de desinfección y cloración del agua.
- 10.6 El agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé, si cumple con los parámetros fisicoquímicos, tanto con las normas nacionales e internacionales. Pero no cumple con las mismas en los aspectos bacteriológicos. Por lo que no es apta para el consumo humano.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1 Clorar el agua para que sea apta para el consumo humano; ya que se podrán evitar las enfermedades que el agua puede transmitir al no ser potable.
- 11.2 Establecer contacto con el área de salud del Departamento de Totonicapán para evaluar de forma periódica la calidad del agua.
- 11.3 Realizar pruebas de cloro residual al agua, con el objeto de mantener la concentración de la misma de acuerdo con lo establecido por COGUANOR.
- 11.4 Desarrollar una campaña educativa por parte de las autoridades municipales, con el fin de hacerle entender a la población, el peligro que representa para la salud, el consumo de agua contaminada, enseñándoles medidas a seguir para evitar el desarrollo de enfermedades hídricas.
- 11.5 Utilizar la Ozonificación como un método alternativo para desinfectar el agua, en caso de que la población se oponga a la cloración, ya que es un método muy efectivo. Su desventaja es que no tiene efecto residual y el costo del equipo es alto
- 11.6 Realizar el lavado de los nacimientos y tanques de distribución con cloro y ropa adecuada (overoles y botas), exclusivos para el lavado de los mismos.
- 11.7 Evaluación de la tendencia de resultados microbiológicos en diferentes meses, luego del lavado de los nacimientos y tanques de distribución, para evaluar el desempeño del método elegido para desinfectar el agua de la aldea Tacajalvé.

12. REFERENCIAS

1. Agencia para el desarrollo internacional (AID). Métodos Estándar para el examen de agua y aguas de desechos. 10ª. Edición. Editorial Interamericana, S.A México. 1962. 609 pp.
2. Ayres HG. Análisis Químico y Cuantitativo. Harla México 1970.
3. Berganza, N.E. Análisis Físico, Químico y Examen microbiológico del Agua para consumo Humano de la Población del Amatillo, Ipala, del departamento de Chiquimula. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1,982 31p. (10-20).
4. Calidad y Normatividad del Agua Para Consumo Humano, México. 2006.
5. Carmen Vargas García, Ricardo Rojas Vargas, Juan Joseli Casas. CONTROL Y VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO.
6. COGUANOR: NGO 29013. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. potencial de hidrogeno (pH) Método de Referencia Norma Guatemalteca Obligatoria. COMISON GUATEMALTECA DE NORMAS – COGUANOR -1985. Normas de agua potable NGO 29001. Ministerio de Economía, Guatemala. (17).
7. Cruz EZ. Evaluación Bacteriológica del agua de Distribución del Hospital General San Juan de Dios. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1,992 42 p.
8. De León DY. Análisis del Agua para Consumo Humano del Municipio de Cuilco Huehuetenango. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1,998 36 p. (12-20).
9. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria. 1978. Tópicos sobre la Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas. Guatemala. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
10. Frank N. Kemmer; John McCallion. Manual del Agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. McGraw-Hill México 1990.
11. George T. Tchobanoglous. Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantillado y bombeo. Editorial McGraw-hill. México 1996. 457 pp.
12. Harrison, et al. Principio de Medicina Interna. Vols. 2, vol. 2, México: Mc Graw-Hill. 1986. 3088p.

13. Hernández, C. Estudio de Control de Calidad de agua potable de la ciudad de Mazatenango (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2,000 57p.
14. Linares L. Diagnóstico del municipio de San Francisco el Alto, Totonicapán. Organización internacional para biografías. 1997.
15. Leiva R. Determinación de la Calidad del Agua de Distribución Municipal para Consumo humano en el Municipio de Livingston, Departamento de Izabal. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2002. 51 p. (12 y 46)
16. López ZI. Evaluación de la Calidad de Agua para Consumo Humano de la Aldea el Paredón, Buena Vista, La Gomera, Escuintla. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1,998 30p.
17. *Manual de Saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos, Dirección de Ingeniería Sanitaria.* S.S.A., Editorial, Limusa, México, D. F. 1990.
18. Méndez L.E. control de Calidad del Agua Potable Para Consumo Humano de la Calidad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1984 65p.
19. Molina MA. Evaluación de la Calidad Fisicoquímica del agua de la planta municipal que abastece al Departamento de Zacapa, Municipio de Zacapa. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2,009. 44 p. (31)
20. Morales GA. Análisis Químico Bacteriológico del Agua de pozo y evaluación del tratamiento de potabilización a través de cloración, en una empresa de productos alimenticios. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1999. 64p.
21. Morales MR. Control de calidad del agua para consumo humano de la cabecera departamental de Jalapa, municipio de Jalapa. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2,003 48 p. (13-23)
22. Organización Mundial para la Salud (OMS). Guías para la calidad de la agua potable. 2ª. Edición. Ginebra. 1995. Vol. 1.
23. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Control de Calidad del Agua. Lima. 1996. (11-13)

24. Organización Panamericana de la Salud. Aspectos fisicoquímicos del agua.
25. Santizo T. Determinación de Niveles de Nitratos en Aguas para consumo Humano de la Ciudad de Rabinal, Departamento de Baja Verapaz. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 1,991 41 p.
26. Snoeyink Jenkins D. Química del agua. Editorial Limusa. México. 1995. 508 pp.
27. Standard Methods: for the examination of water and wastewater. 20a. Ed. American public health Association. United States of America. 1998
28. Rodríguez V. Control de Calidad agua para consumo humano en la ciudad de Chiquimula. (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1,979.
29. The united States Pharmacopeia: USP 25 and the National Formulary, N.F.L.A. 2000 Vol. III.
30. The United States Pharmacopeia: USP XXXII and the National Formulary 27. 3870 pp. (3871).

13. ANEXOS

13.1. CONSTANCIA EXTENDIDA POR EL COMITÉ DE MANTENIMIENTO

Guatemala, 22 de enero del año 2011

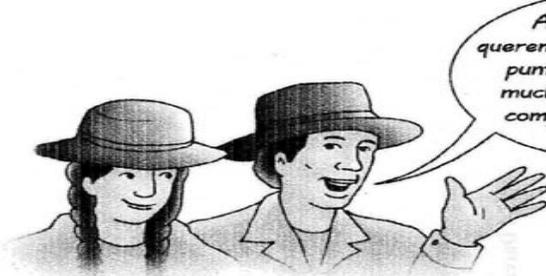
Por medio de la presente, el comité de mantenimiento del agua que se distribuye en la aldea Tacajalvé del municipio de San Francisco El Alto del departamento de Totonicapán, hace constar que el 22 de enero del presente año recibieron los resultados de los análisis que se realizaron al agua en el mes de septiembre del año 2010, realizados por Juan Borromeo López Gonzalez.

Para los usos legales que el interesado convenga se extiende la presente constancia, firmando por el presidente del comité de mantenimiento.



Juan Pastor Vásquez

13.2. GUÍA DEL USUARIO PARA LA DESINFECCIÓN Y CLORACION DEL AGUA



Antes de empezar queremos mostrarte algunos puntos que te serán de mucha importancia para comprender mejor este manual.

UNIDADES Y SÍMBOLOS

PESO kilogramo = Kg gramo = gr miligramo = mg	VOLUMEN metro cúbico = m ³ litro = L mililitro = ml centímetro cúbico = cm ³ galón = Gal
LONGITUD metro = m centímetro = cm pulgada = "	CONCENTRACIÓN partes por millón = ppm

EQUIVALENCIAS

PESO 1 Kg = 1000 gr 1 gr = 1000 mg
VOLUMEN 1 m ³ = 1000 L 1 L = 1000 ml 1 L = 1000 cm ³ 1 ml = 1 cm ³ 1 ml es aproximadamente 20 gotas 1 gota es aproximadamente 0.05 ml y también aproximadamente es 50 mg de agua 1 cucharita es aproximadamente 3 cm ³ y también aproximadamente es 3 gr de agua 1 cucharada sopera es aproximadamente 10 cm ³ y también aproximadamente es 10 gr de agua 1 L de agua pesa 1 Kg de agua
CONCENTRACIÓN 1 ppm = 1 mg de alguna sustancia disuelta en 1 L de agua 1 ppm = 1 gr de alguna sustancia disuelto en 1 m ³ de agua



Bueno... ¿Y cómo es un metro cúbico?

Mira. Si esta caja tiene 1 metro de largo, 1 metro de alto y 1 metro de ancho, y la lleno de agua... ¡tendré un metro cúbico de agua!

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

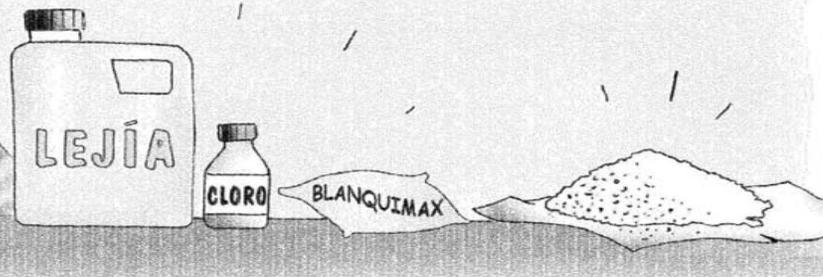
Uso del Cloro para la Desinfección de los Sistemas de Agua Potable

Para la desinfección de los sistemas de agua potable en la zona rural, se utilizan dos tipos de cloro:

1° Un tipo de cloro líquido llamado LEJÍA (HIPOCLORITO DE SODIO),

Y

2° Un tipo de cloro en polvo llamado HIPOCLORITO DE CALCIO



LEJÍA (HIPOCLORITO DE SODIO)

Ventajas

- Fácil de usar
- Se mezcla bien
- No obstruye el clorador
- Fácil de conseguir
- Viene en envase seguro

Desventajas

- Se disuelve rápido en el aire
- Es menos fuerte que el hipoclorito de calcio
- Y cuesta un poco más



HIPOCLORITO DE CALCIO

Ventajas

- Es más fuerte que la lejía
- No se disuelve tan rápido en el aire
- Cuesta un poco menos que la lejía

Desventajas

- No es fácil de encontrar
- No se mezcla bien
- Puede obstruir el clorador
- Es más complicado de medir
- No viene en un envase muy seguro

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

CONOCIENDO EL PORCENTAJE DE PUREZA DEL CLORO



Cada producto que contiene cloro trae un determinado porcentaje de pureza. Por eso es muy importante conocer este porcentaje

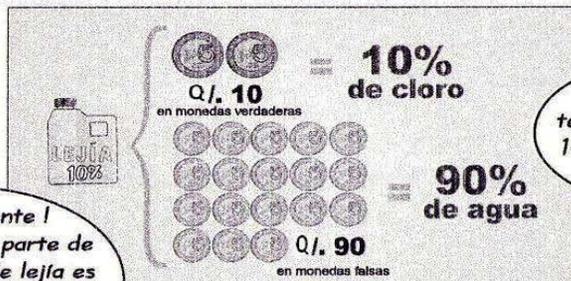
Pero ¿Qué significa PORCENTAJE DE PUREZA?



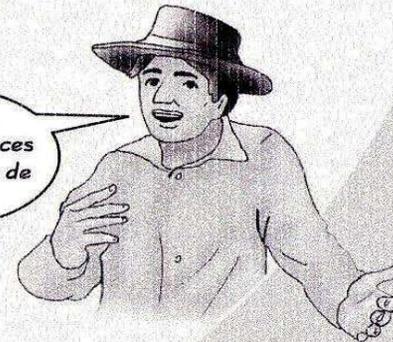
Imagina que esta botellita de lejía contiene 100 quetzales, pero solo 10 quetzales son verdaderos (cloro) y el resto son monedas falsas (agua u otra sustancia)



¡ Exactamente ! Solo la décima parte de esta botellita de lejía es cloro y es el que tiene efecto sobre los microbios



¡ La lejía tendría entonces 10 por ciento de pureza !



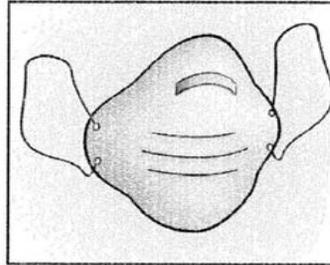
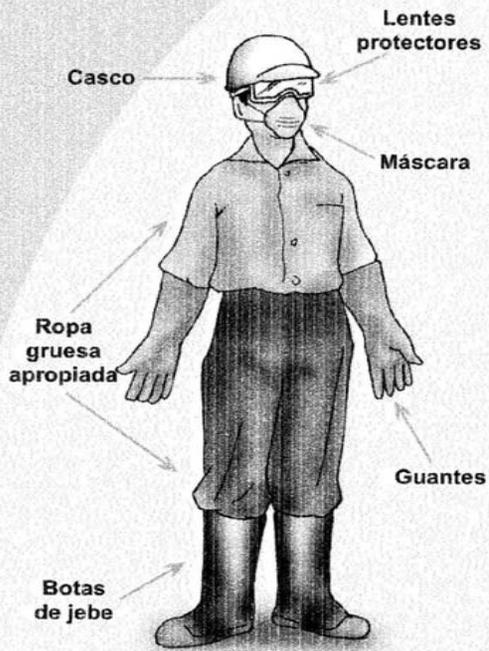
La lejía varía entre 3 % y 10 % de pureza, mientras que el hipoclorito de calcio se vende a 33 % de pureza de cloro



Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN CON EL CLORO

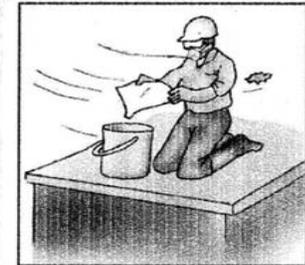
En primer lugar es importante usar equipo de protección al manipular cloro



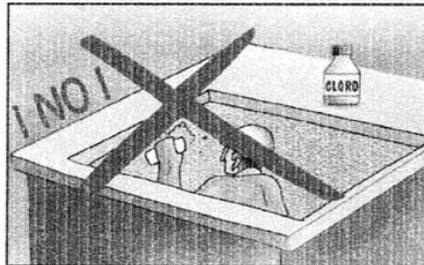
La máscara es útil pero se recomienda no confiar mucho en ella. Es preferible no ingresar a sitios cerrados con cloro



Se debe alejar a gente ajena del área donde se manipula el cloro



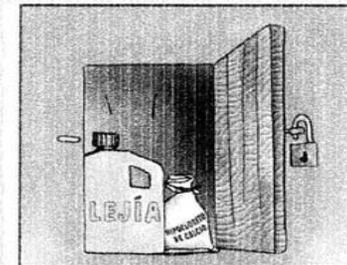
Hay que manipular el cloro solo donde hay bastante ventilación



Nunca hay que entrar en el reservorio y limpiar con cloro. Para limpiar solo se debe usar agua



Es indispensable avisar a los usuarios antes de cada desinfección



Guardar el cloro en lugares seguros, con candado y lejos del alcance de los niños

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

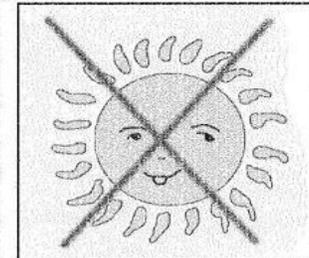
ALMACENAMIENTO CORRECTO DEL CLORO



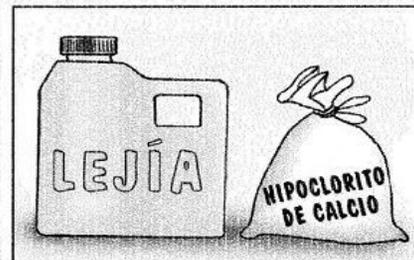
Para ahorrar cloro tenemos que:



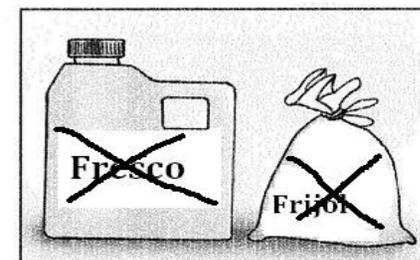
Usar etiquetas sobre los recipientes para diferenciarlos claramente



Almacenar cloro donde no le llegue la luz del sol



Usar recipientes o bolsas que sean opacas, que cierren bien y que no dejen escapar olores



Destruir los envases luego de usarlos y descartarlos en un lugar adecuado. No usar para guardar alimentos.

DIFERENCIAS ENTRE DESINFECCIÓN Y CLORACIÓN

En este manual vamos a distinguir los siguientes términos:

- A la Desinfección del Sistema la vamos a llamar simplemente **DESINFECCIÓN**
- Y a la Desinfección Permanente del Agua, la vamos a denominar **CLORACIÓN**

DESINFECCIÓN

Proceso que se hace con altas cantidades de cloro (en concentraciones mayores a 100 ppm) a fin de esterilizar algunas partes o todo el sistema de agua potable.

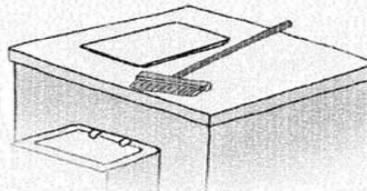


Se hace dos veces al año o en determinados casos especiales



Se usa abundante cloro (lejía o hipoclorito de calcio)

Se desinfectan los techos, las paredes, las tapas y los accesorios de las instalaciones



No se puede tomar el agua de desinfección porque tiene demasiado cloro

La desinfección mata todas las bacterias, virus y parásitos en unas horas. Por eso, después de la desinfección se debe enjuagar con agua limpia el reservorio y tuberías, antes de volver a abastecer de agua a la población

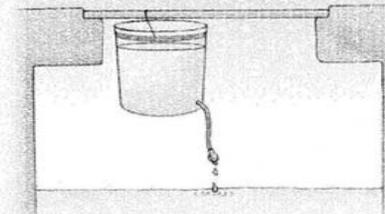
CLORACIÓN

Proceso que se hace con baja concentración de cloro para la desinfección continua del agua.



Se usa poco cloro

Se hace todo el tiempo sin parar entre las desinfecciones



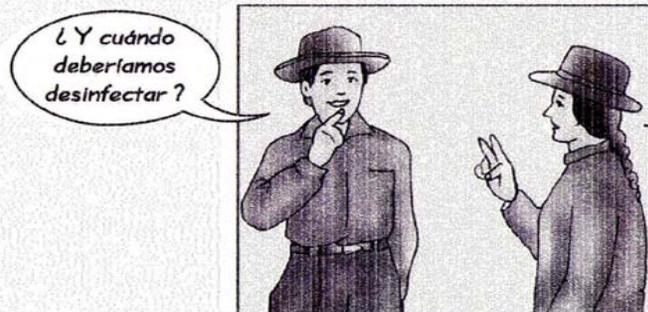
Se suelta por goteo solo en el reservorio a fin de que el agua tenga siempre cloro

Se puede tomar el agua de la cloración porque tiene solo un poquito de cloro que no hace daño a las personas pero que mata a los microbios



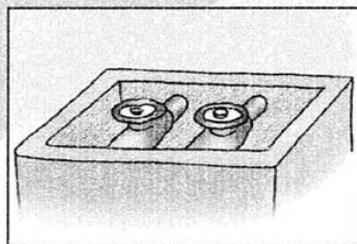
La cloración mata bacterias, virus y parásitos en forma permanente, evitando que se reproduzcan y haciendo que el agua sea buena para la salud

PREPARACIÓN PARA LA DESINFECCIÓN

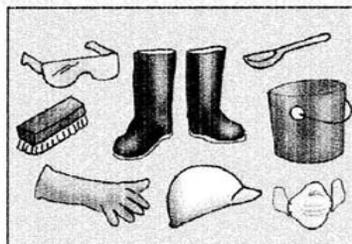


Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

PRIMEROS PASOS PARA DESINFECTAR UN SISTEMA



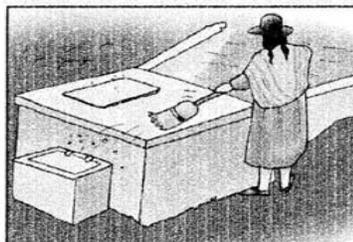
1 Realizar mantenimiento de válvulas



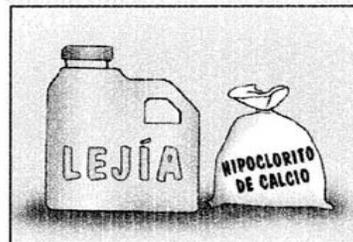
2 Contar con los elementos de protección y los equipos necesarios



3 Hacer la notificación respectiva en lugares públicos y por la radio

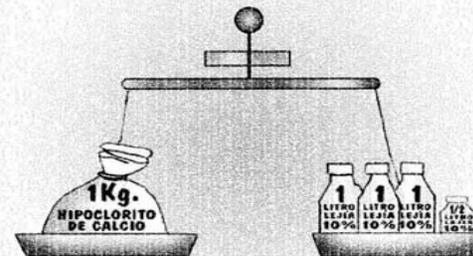


4 Limpiar los alrededores



5 Adquirir suficiente lejía o hipoclorito de calcio, teniendo presente la siguiente equivalencia:

EQUIVALENCIA



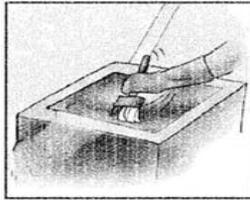
1 kilogramo de hipoclorito de calcio al 33% de pureza contiene 330 gr. de cloro

3.5 litros de lejía al 10% de pureza contiene aproximadamente 330 gr. de cloro

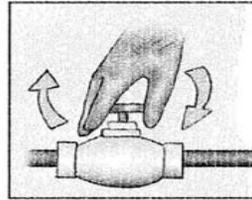
Una desinfección con alta concentración de cloro equivale a una esterilización, es decir a la muerte rápida y total de los microbios en el sistema de agua potable. Esta desinfección se hace siempre antes de poner en uso un sistema nuevo. En los sistemas existentes es recomendable hacerlo por lo menos dos veces al año y cada vez que se contamine el sistema (como en el caso de rotura de tuberías o rajaduras de paredes, entre otras posibilidades)

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

DESINFECCIÓN DE LA CAPTACIÓN



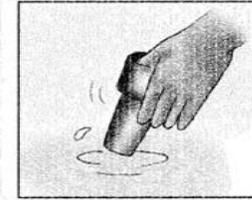
1 Limpiar el techo y la tapa



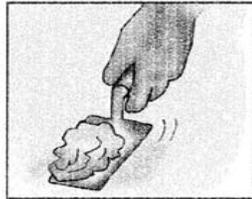
2 Cerrar la válvula de salida



3 Ponerse el equipo de protección



4 Quitar el tubo de rebose



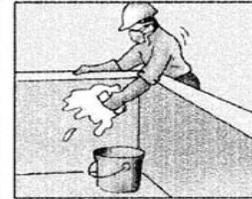
5 Quitar el lodo y las piedras del fondo



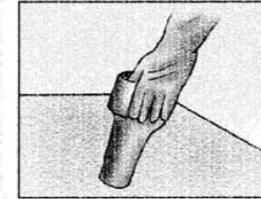
6 Llenar un balde con 20 litros de agua



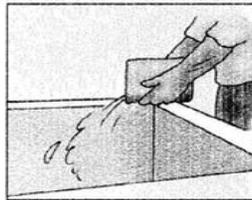
7 Echar en el balde de agua, 6 cucharadas soperas de hipoclorito de calcio ó 18 cucharadas soperas de lejía



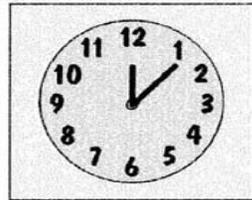
8 Frotar con la solución de cloro el techo, las paredes, la tapa y los accesorios



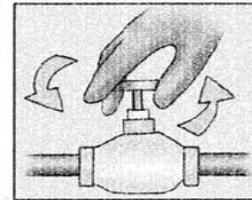
9 Colocar el cono de rebose



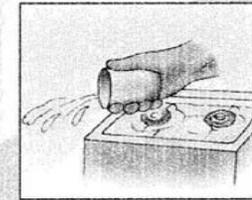
10 Echar la solución de cloro restante en la captación



11 Esperar 5 minutos porque la captación tiene estructura pequeña y además se está usando una concentración de más de 100 ppm de cloro



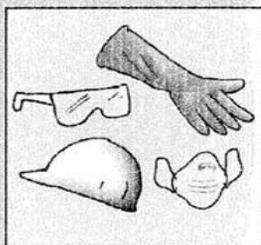
12 Abrir la válvula de salida



13 Evacuar el agua de la caja de válvulas si es que no hay drenaje

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

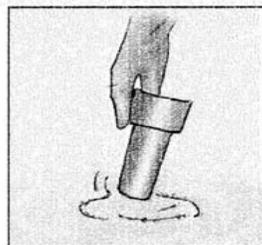
DESINFECCIÓN DE LA CAJA ROMPE PRESIÓN



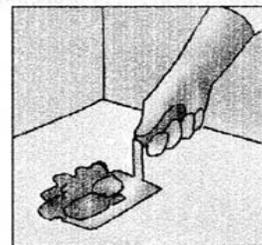
1 Ponerse el equipo de protección. No es necesario ponerse las botas



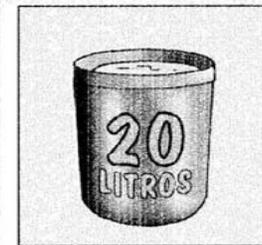
2 Limpiar el techo y la tapa



3 Quitar el tubo de rebose



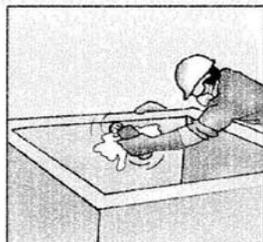
4 Quitar el lodo y las piedras del fondo



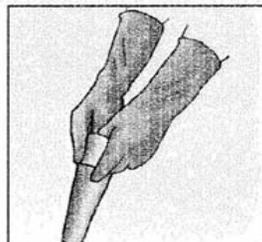
5 Llenar un balde con 20 litros de agua



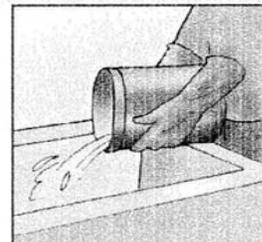
6 Echar en el balde de agua, 3 cucharadas soperas de hipoclorito de calcio ó 10 cucharadas soperas de lejía



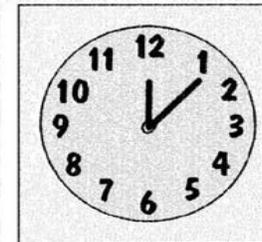
7 Frotar con la solución de cloro el techo, las paredes, la tapa y los accesorios



8 Colocar el tubo de rebose



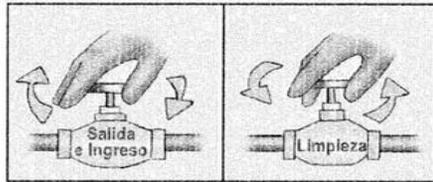
9 Echar la solución de cloro restante en la caja



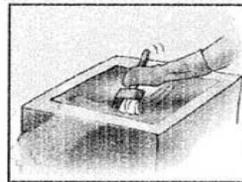
10 Esperar 5 minutos

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

DESINFECCIÓN DEL RESERVORIO



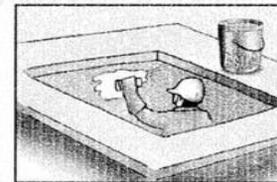
1 Evacuar el agua del reservorio cerrando la válvula de salida e ingreso y abriendo la válvula de limpieza



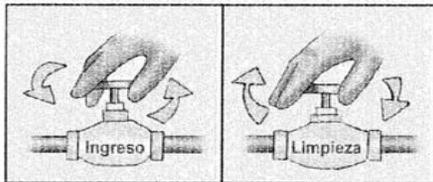
2 Limpiar el techo y la tapa



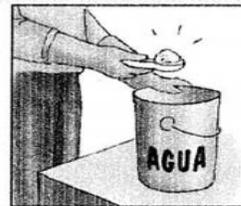
3 Ponerse el equipo de protección



4 Entrar en el reservorio y limpiar el techo, las paredes y los accesorios solo con AGUA



5 Abrir la válvula de ingreso y cerrar la válvula de limpieza



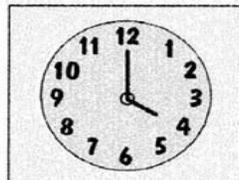
6 Mezclar el cloro en suficiente cantidad de agua para que la mezcla NO se ponga espesa sino que se mantenga líquida

7 La cantidad de hipoclorito de calcio o lejía para la desinfección de reservorios, se calcula según las especificaciones del siguiente cuadro:

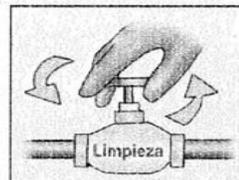
Tamaño del reservorio en metros cúbicos	Kilos de hipoclorito de calcio al 33 %	Litros de lejía al 10 %
2	0.80	2.8
3	1.25	4.4
4	1.65	5.8
5	2.0	7.0
6	2.5	8.8
7	2.89	10.1
8	3.30	11.6
9	3.72	13.0
10	4.13	14.5
20	8.25	28.9
30	12.39	43.4



8 Cuando el reservorio esté medio lleno, hay que echarle la solución de cloro para que se mezcle mientras sigue ingresando el agua



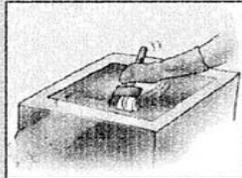
9 Esperar más de 4 horas para que actúe el cloro



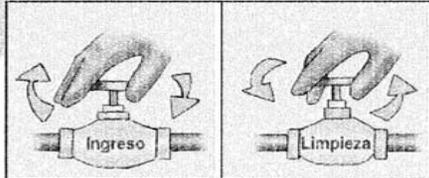
10 Abrir la válvula de limpieza para evacuar el cloro

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

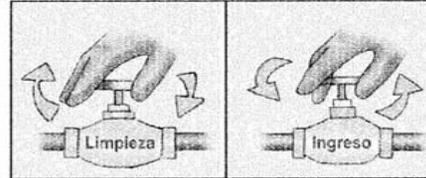
DESINFECCIÓN DE LAS REDES



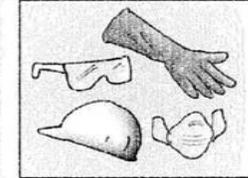
1 Limpiar el techo y la tapa



2 Evacuar el agua del reservorio cerrando la válvula de ingreso y abriendo la válvula de limpieza



3 Luego que evacue el agua hay que cerrar la válvula de limpieza y abrir la válvula de ingreso para que entre una cantidad de agua adecuada para que pueda llenar las tuberías del sistema**. Luego nuevamente hay que cerrar esta válvula de ingreso



4 Ponerse el equipo de protección



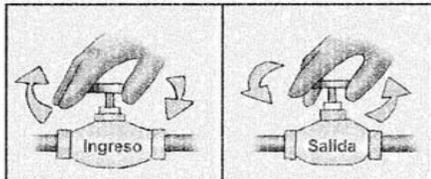
5 Mezclar el cloro en suficiente cantidad de agua para que la mezcla NO se ponga espesa sino que se mantenga líquida

6 La cantidad estimada de hipoclorito de calcio o lejía para la desinfección de redes, se calcula según las especificaciones del siguiente cuadro:

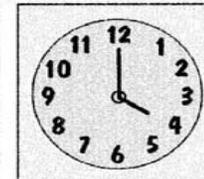
Contenido de agua en los tubos (en metros cúbicos)**	Gramos de hipoclorito de calcio al 33 %	Litros de lejía al 10 %
0.5	200	0.7
1	400	1.4
1.5	600	2.1
2	800	2.8
3	1200	4.2
4	1600	5.6
5	2000	7.0
6	2400	8.4
7	2800	9.8
8	3200	11.2
9	3600	12.6



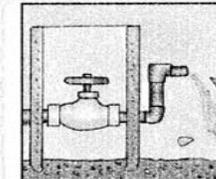
7 Echar la solución de cloro en el reservorio y dejar que se alcance el volumen estimado para llenar las tuberías



8 Asegurarse que la válvula de ingreso esté cerrada. Luego hay que abrir la válvula de salida



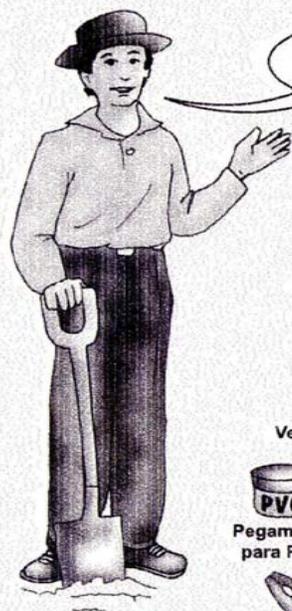
9 Dejar la solución más de 4 horas en las redes



10 Abrir las válvulas de purga para evacuar el cloro

(*) Para la desinfección de las redes se puede utilizar el agua de la desinfección del reservorio. Pero también se puede hacer los siguientes pasos para hacer la desinfección específica de estas redes.
 (**) El contenido de agua en los tubos es un estimado de acuerdo a la longitud y diámetro de las redes que todo operador debe conocer cuando se construye el sistema.

Cloración del Agua para Consumo Humano



Estos son los materiales y herramientas que se necesitan para clorar el agua del reservorio



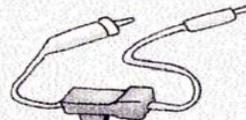
Balde transparente y con tapa



Tijeras



Vela y fósforos



Manguerita de suero (Equipo de Venoclisis)



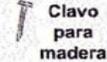
Pegamento para PVC



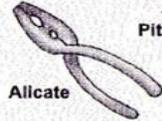
Pita / Nailon



Aguja



Clavo para madera



Alicate



Martillo



Lejía al 10 %

¿Qué tipo de cloro es mejor para la cloración del agua?

La lejía, porque es líquida y es mucho más fácil de encontrar y usar

Además no hay riesgo de obstruir la manguerita del clorador

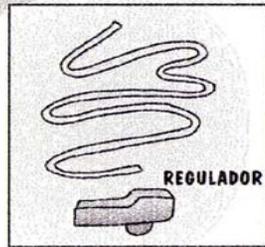


Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

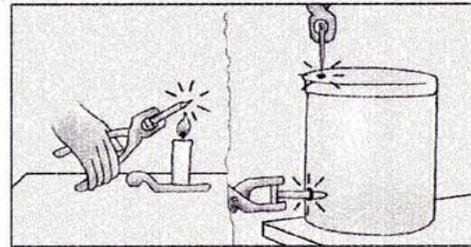
CONSTRUCCIÓN DE UN CLORADOR (Dosificador de cloro líquido)



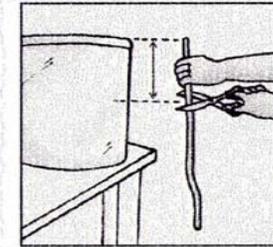
1 Quitar este dispositivo de la manguerita de suero (Equipo de Venoclisís)



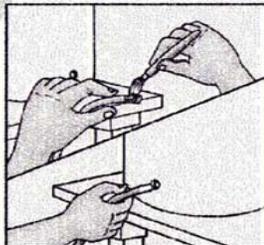
2 Retirar provisionalmente el regulador de la manguerita



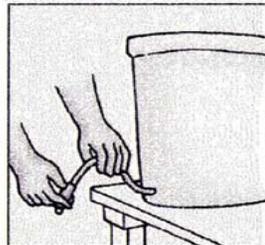
3 Calentar el clavo y la aguja. Con el clavo caliente hay que hacer un hueco a 2 cm. del fondo del balde. Y con la aguja caliente también hacer un pequeño hueco en la tapa



4 Cortar la manguerita, teniendo cuidado que su tamaño sea la mitad de la altura del balde*



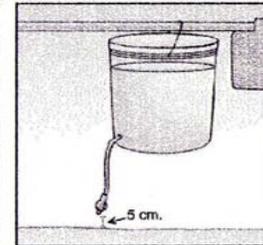
5 Echar pegamento PVC en un extremo de la manguerita. Luego insertarlo en el hueco de abajo del balde



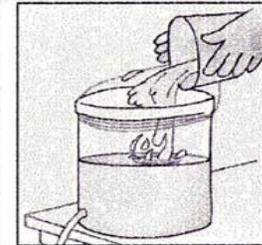
6 Colocar el regulador en el extremo final de la manguerita



7 Si el balde tuviera asas de metal, hay que quitárselas y amarrar una pita corta de nailon alrededor



8 Al colocar la pita, se debe calcular que entre el regulador y el nivel máximo de agua en el reservorio exista al menos 5 centímetros



9 Finalmente se debe hacer una prueba con agua para asegurar que no existan fugas y poder calibrar el goteo con el regulador

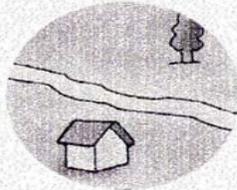
RECUERDA QUE SIEMPRE HAY QUE ASEGURARSE QUE LA MANGUERITA NO SE INTRODUZCA EN EL AGUA DEL RESERVORIO

(* Si la altura máxima del nivel del agua en el reservorio lo permite, la manguerita puede ser más larga de la mitad del balde

¿CÓMO EMPEZAR A CLORAR?

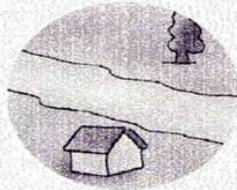
Primero ten en cuenta que el caudal de agua varía durante el año

Noviembre - Marzo



ESTACIÓN SECA

Abril - Octubre



ESTACIÓN LLUVIOSA

Es decir:

A MÁS AGUA = MÁS CLORO

Por ejemplo:

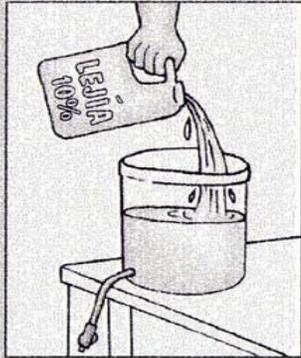
Para un litro de agua por segundo del caudal del manantial, se debe usar en promedio, 10 gotas de lejía (al 10 %) por minuto

(con ello conseguimos una solución aproximada de 0.83 ppm de cloro en el agua de consumo)



Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

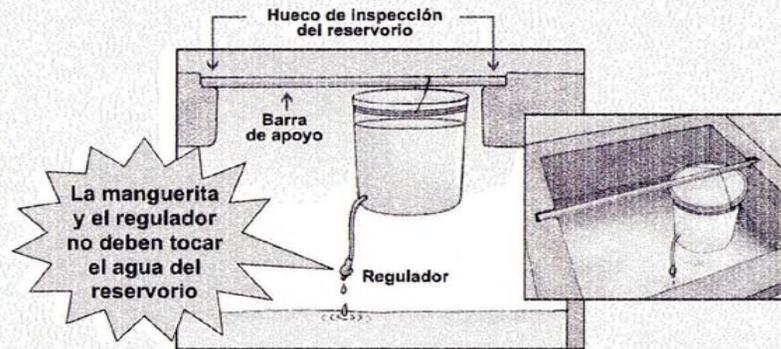
INSTALACIÓN DEL CLORADOR



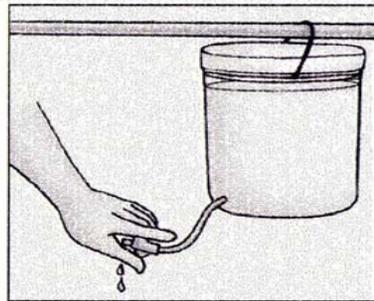
1 Llenar el balde con lejía de 8, 9 ó 10 % de concentración



2 Sacar todas las burbujas de aire abriendo totalmente el regulador



3 Colgar el clorador en el hueco de inspección del reservorio, utilizando para ello una barra de apoyo de madera o fierro (dentro de un tubo PVC)



4 Regular el goteo para tener una velocidad inicial (con balde lleno) de por lo menos 17 gotas por minuto para caudales de 1 litro por segundo*

(*) Si se inicia con 17 gotas con balde lleno, aseguramos que cuando el balde esté casi vacío, el goteo no baje de 10 gotas por minuto, que es el promedio mínimo para el buen funcionamiento del clorador.

5 Para calcular mejor el goteo (con balde lleno), se puede usar el siguiente cuadro:

Caudal de ingreso de agua al reservorio (L/seg)	Velocidad inicial de goteo por minuto**	Concentración de lejía
3.0	51	Entre 8% y 10 %
2.0	34	
1.5	26	
1.2	21	
De 1.0 a 0.9	17	7.5% ***
De 0.8 a 0.7	17	5% ***
De 0.6 a 0.4	17	2.5% ***
De 0.3 a 0.2	17	

(**) Los valores son válidos, sólo cuando el tamaño de la manguerita es la mitad de la altura del balde

(***) Si solo se cuenta con lejía con 10% de concentración, se recomienda:

- Llenar tres cuartos de balde con lejía y completar con agua para obtener una concentración de lejía al 7.5%.
- Llenar medio balde de lejía y completar con agua para obtener una concentración de lejía al 5%.
- Llenar una cuarta parte del balde con lejía y completar con agua para obtener una concentración de lejía al 2.5%.

USO DEL COMPARADOR DE CLORO RESIDUAL

Pese a que podemos calcular la cantidad de goteo para la cloración según el caudal del manantial, esto es tan solo un valor referencial*. La única manera que podemos controlar la cantidad apropiada de cloro, es usando el Comparador de Cloro Residual en el caño más alejado de la red

Existen varios tipos de comparadores** Pero el más fácil de adquirir es el comparador que usa reactivo OTO (Ortotolidina)

Sin embargo se requiere de mucho cuidado en la manipulación del reactivo



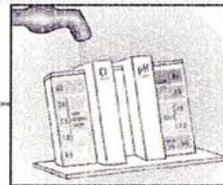
CUIDADOS CON EL REACTIVO OTO

- Almacenar el reactivo en lugar fresco, oscuro y lejos del alcance de los niños
- Luego de hacer las pruebas, botar el agua del comparador. Nunca beberla
- Manipular con cuidado el reactivo porque la ortotolidina no debe estar en contacto con la piel. De tener contacto con el reactivo, lavar la parte afectada con bastante agua
- En caso de consumo accidental acudir al establecimiento de salud

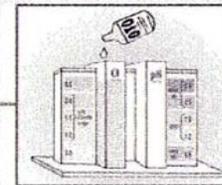


(*) La variación puede ocurrir por el factor agua o por el factor concentración de cloro.
 (**) Por ejemplo, existen comparadores que utilizan pastillas indicadoras de cloro (DPD), cuya escala es de color rosado.

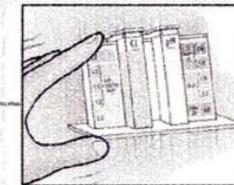
USO DEL COMPARADOR



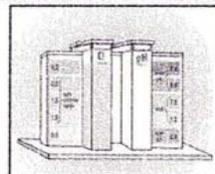
1 Enjuagamos el comparador y llenamos con agua de caño hasta la línea marcada del recipiente que dice "Cl" (lado amarillo)



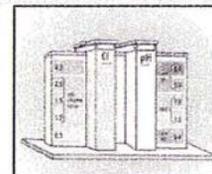
2 Echamos 4 o 5 gotas de reactivo OTO al agua (ver indicación del fabricante)



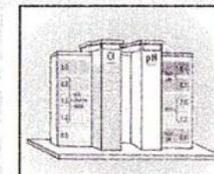
3 Después tapamos el recipiente y lo agitamos. Entonces hay tres posibilidades de reacción:



a) Si no cambia de color, no hay cloro y hay que aumentar el goteo del dosificador



b) Si el agua se parece a los colores entre 0.5 y 1.0 ppm, hay buena cantidad de cloro. Lo ideal es 0.5 ppm



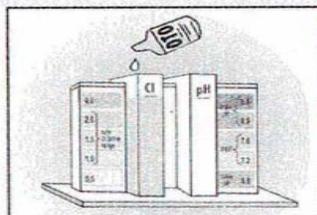
c) Si el agua se parece a los colores mayores a 1.0 ppm, hay demasiado cloro. Urge disminuir el goteo o aumentar medio balde de agua al clorador del reservorio

NO TE OLVIDES DE ENJUAGAR EL COMPARADOR DE CLORO DESPUÉS DE CADA USO

SEGUIMIENTO DE LA DESINFECCIÓN Y LA CLORACIÓN



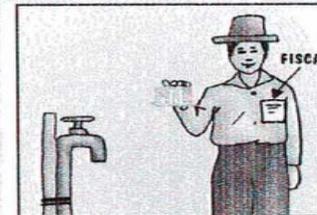
Es importante aforar el manantial una vez al mes y saber cuantos litros por segundos tiene



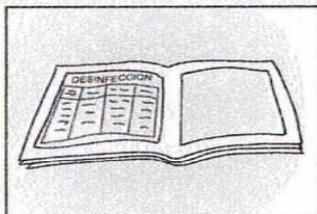
Se debe verificar que hay cloro residual en las redes una vez por semana



El operador debe avisar con tiempo a la organización comunal prestadora de servicios de agua y saneamiento, para que nunca falte la lejía o los reactivos necesarios



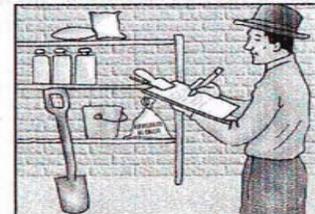
Se recomienda que el fiscal de la organización comunal tenga su propio comparador de cloro



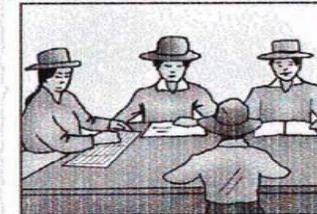
Se debe tomar nota de los datos de la desinfección y cloración en el cuaderno de operación y mantenimiento



También se debe marcar en un calendario las fechas de desinfección, cloración, mantenimiento y reparación de los sistemas



Se recomienda hacer un inventario de los equipos, los materiales y las herramientas al menos dos veces al año



La organización comunal debe consultar el cuaderno y el calendario para preparar su Plan de Trabajo y saber que debe comprar

(*) Las organizaciones comunales pueden ser asociaciones de usuarios, juntas administradoras de servicios de saneamiento - JASS u otras.

CONTROL DE LA DESINFECCIÓN Y LA CLORACIÓN

1. Cuaderno de Control: DESINFECCIÓN

Operador: Juan Broncano Rivera

Fecha	Concentración (%)	Cantidad de Cloro	Estructura a desinfectar	Comentarios	Firmas		
					Operador	Fiscal	Presidente
12/02/02	10 %	46 litros	Todas	Desinfección de medio año. Próxima fecha: 12/08/02	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
15/03/02	10 %	4 litros	Redes	Rotura de tubería matriz.	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
04/07/02	10 %	43 litros	Reservorio y Redes	Obra: Reparación de redes de reservorio	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
12/08/02	10 %	3 litros	Captación y CRPs	Desinfección de medio año. Próxima fecha: 12/02/02	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>

2. Cuaderno de Control: CLORACIÓN

Operador: Juan Broncano Rivera

Volumen de balde de aforo: 20 litros

Fecha	Tiempo para llenar balde	Concentración (%)	Cantidad de Cloro	Cantidad de Agua	Gotas por minuto	Comparador		Comentarios	Firmas		
						Caño 1	Caño 2		Operador	Fiscal	Presidente
14/11/02	6 Segundos	10 %	8 litros	0	9	0.3	0	No hay suficiente Cloro en las Redes	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
14/11/02		10 %			17	0.5	0.3				
18/11/02						0	0	No hay suficiente Cloro en las Redes			
18/11/02	4 Segundos				16	0.5	0.3		<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
21/11/02						0.3	0.3	Verificación Intersemanal	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
23/11/02	5 Segundos	10 %	7.5 litros	0	17	0.3	0.3	Recarga de Balde	<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>
27/11/02					17	1.5	1	Hay demasiado Cloro			
27/11/02	8 Segundos				10	1	1	Bajo Cloro			
27/11/02					10	0.5	0.5 - 0.3		<i>J. Broncano</i>	<i>D. López</i>	<i>L. López</i>

Fuente: Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable.

13.3. MANUAL DE CLORACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

AGUA POTABLE:

El agua potable es la que cumple con lo establecido en las Normas Guatemaltecas Obligatorias para Agua Potable, COGUANOR NGO 290011, establecidas por el Ministerio de Economía. Se puede decir que el agua que cumple con dicha norma esta exenta de contaminación química, física y microbiológica; para lograr esto se aplican varios tratamientos al agua cruda que permiten mejorar su calidad.

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN:

Actualmente, la desinfección del agua destinada al consumo humano puede definirse como un proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos indeseables.

La desinfección del agua para sistemas rurales, se puede conseguir por diversos métodos físicos y químicos, en este manual se le dará mayor enfoque al método de cloración ya que es el método más utilizado.

PROCEDIMIENTOS USUALES DE TRATAMIENTO DE AGUA A NIVEL DOMICILIAR:

- a) **Hervido (Método físico):** Es el método más corriente de desinfección de agua a nivel domiciliario. Se trata de un método muy eficaz, ya que la exposición de los organismos patógenos (bacterias, virus y parásitos) a temperaturas de 90 a 100 °C durante un corto tiempo los eliminará o inactivará. El agua tiene que calentarse hasta que hierva “burbujeando” durante tres minutos. Se recomienda almacenar el agua en el mismo recipiente en que se hirvió muy bien tapado.
- b) **Cloración (Método químico):** En este método se agrega cloro al agua en forma de sales de hipoclorito. Se le agrega una gota de cloro a un galón de agua a desinfectar en el verano y en el invierno se le agregan tres gotas a la misma cantidad de agua, se espera 30 minutos para que el cloro haga efecto, luego se toma el agua y el agua tratada se debe de guardar en un recipiente con tapadera y a las 24 horas se desecha lo que haya sobrado.

FORMAS DE TRATAMIENTO A NIVEL DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Desinfección con cloro:

El método casi universal de desinfección del agua en abastecimientos rurales es la utilización del cloro, el cual se utiliza en dos formas: gaseoso, solo en abastecimientos medianos o grandes y en los pequeños sistemas de abastecimientos rurales se emplean el cloro en compuesto.

Parámetros que influyen en la eficacia de la desinfección

Turbidez	<5 UNT
pH	<8
Tiempo de retención	>30 min.

UNT = Unidades Nefelométricas de Turbidez

Es primordial que el tratamiento anterior a la desinfección final produzca una agua cuya turbidez media no exceda de 1 UNT y en ningún caso una muestra presente una turbidez superior a 5 UNT. Esta exigencia es tanto más necesaria por cuanto algunos parásitos clásicos (Giardia, gusano de Guinea o Cryptosporidium) no se destruyen en la desinfección. Su eliminación solo se consigue por medio de una filtración eficaz, ya sea natural o insertada en una cadena de tratamientos.

La acidez o la alcalinidad del agua afecta a la desinfección con cloro. Hay que recordar que un agua con pH básico (pH >8) sólo podrá ser desinfectada eficazmente con una sobredosis de cloro.

El efecto desinfectante del cloro no es inmediato. Se requiere un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos entre agua y desinfectante antes de su consumo.

PRINCIPALES DOSIFICADORES USADOS EN ZONAS RURALES:

Los principales dosificadores que se usan principalmente en zonas rurales son: Sistema Dosificador por goteo o flujo constante, hipoclorador por difusión y Dosificador por erosión de tabletas.

A. SISTEMA DOSIFICADOR POR GOTEO O FLUJO CONSTANTE:

Opración y mantenimiento del clorador

Aforo, cálculo del goteo y preparacion de la solución madre

Las siguientes operaciones sólo serán necesarias cuando pongamos a funcionar el clorador y cuando la cantidad de agua que entra al reservorio varíe, por ejemplo, cuando cambie la estación.

Para calcular el caudal de ingreso al reservorio debemos hacer un aforo. Luego de calcular el caudal, podemos obtener en la siguiente tabla la cantidad de gramos de cloro que necesitamos, el volumen de solución madre que debemos preparar y las gotas por minuto para desinfectar:

Tabla No. 1

CAUDAL (l/s)	PESO DE CLORO (gramos)	VOLUMEN SOLUCIÓN MADRE (litros)	GOTAS POR MINUTO
0,30	115	15	12
0,40	140	18	15
0,50	170	22	18
0,60	208	27	22
0,70	240	31	26
0,80	277	36	30
0,90	315	40	33
1,00	348	45	37
1,20	408	53	44
1,50	524	68	56
1,80	624	81	67
2,00	703	90	74
2,25	770	100	83
2,50	862	112	92

Se coloca en un balde la cantidad de cloro obtenida en la tabla, con un poco de agua para disolverla. Vertemos esta mezcla en el clorador y se le agrega agua hasta completar los litros de solución madre que se recomienda en la tabla. La solución madre (concentración: 5000 ppm) es la mezcla de cloro y agua que introducimos en el clorador artesanal y que, por goteo, desinfectará el agua en el reservorio. Entonces regulamos el caño para que proporcione aproximadamente las gotas por minutos que se indica en la tabla. Contamos las gotas que caen en un minuto, y consideramos si el clorador proporciona hasta cinco gotas más o menos de lo que indica la tabla.

Esta tabla considera cloro en polvo al 65%. Si el cloro utilizado tiene otro porcentaje, para calcular el peso necesario haremos la siguiente operación (sólo la segunda columna de la tabla variará):

Peso = Peso (Ver tabla No. 1) * 65 /%cloro

Ejemplo si el caudal del agua es de 0.30 L/s y en la región sólo se comercializa cloro en polvo al 70% comprobamos en la tabla que el goteo será de 12 gotas por minutos. Entonces preparamos una solución madre de 15 L. Si el cloro fuera de 65% usaríamos 277 g de cloro.

Para saber el peso del cloro al 70% que debemos de utilizar, hacemos la siguiente operación:

Peso = $115 * 65 / 70 = 107$ g de cloro al 70%

Entonces se necesitan 107 gramos de cloro para preparar una solución madre de 15 litros.

Calibración del cloro artesanal: regulación del goteo

Los datos anteriores consideran un tipo de agua normal. Sin embargo, algunos aspectos físicos y químicos del agua pueden alterar la cloración. Por esta razón siempre debemos regular el goteo al momento de hacer funcionar el clorador.

Midiendo el cloro residual en la pileta más alejadas de la red comprobaremos si el goteo obtenido en la tabla es correcto.

Si no encontramos el cloro residual necesario (0.2 – 1.00 ppm) debemos regular el caño para aumentar el goteo. Nunca debemos incrementar la dosis más de tres veces que la indicada en la tabla.

Operación del clorador artesanal

Cada dos días debemos remover la solución madre porque el cloro tiende a depositarse al fondo del clorador y controlar que el número de gotas sea adecuado. En caso contrario, debemos regular el caño.

El sistema de control de goteo, compuesto por un tubo de polietileno flexible con un orificio y por un flotador, proporciona un goteo constante. Debemos comprobar que este sistema esté en buenas condiciones.

Si por cualquier circunstancia se interrumpe el ingreso de agua al reservorio, inmediatamente debemos cerrar el caño que gotea la solución de cloro.

El cloro pierde su fuerza desinfectante con el paso de los días, por tanto la solución madre no debe durar más de siete días en el clorador.

Limpieza del clorador

Cada vez que se prepara una nueva solución madre debemos limpiar el clorador para retirar las partículas anteriores y la solución sobrante.

Para ello, debemos sacar el tapón de la tubería de limpieza y lavar con agua.

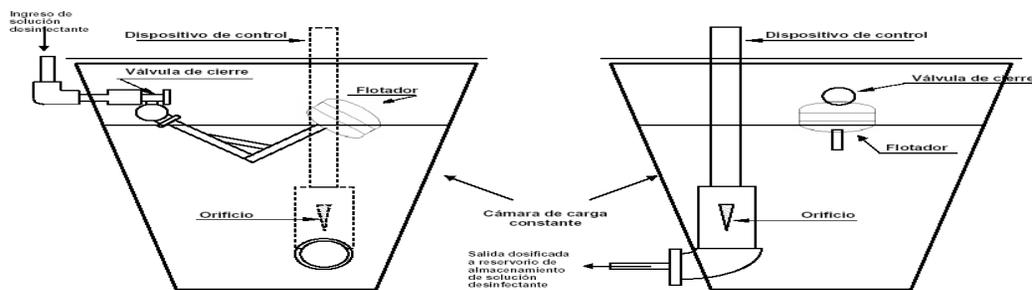


Figura 1. Dosificador por goteo

B. HIPOCLORADORES POR DIFUSIÓN:

Descripción: Los hipocloradores de flujo difusión, que son unidades relativamente sencillas, constituidas con tuberías de PVC de agua y desagüe y son fácilmente desmontables. Trabajan con hipoclorito de calcio de 30%. Estos se instalan principalmente en los reservorios de almacenamiento.

La altura efectiva del hipoclorito y la distancia entre los agujeros se determinan a partir de la dosis a aplicar, el cloro residual deseado, el caudal y el número de días de operación del hipoclorador.

La cámara de hipoclorador esta formada por dos tubos de diferentes diámetros (1 -1/4" y 4") colocadas de forma concéntrica; la longitud efectiva se obtiene dimensionando el equipo. La difusión se da por los agujeros realizados en ambos tubos, estos tienen un diámetro de 1/4" y pueden estar distanciados 1.5 ó 3 cm y una altura máxima de 60 cm. En la práctica se recomienda trabajar con una distancia de agujeros de 1.5 cm ya que la mayor densidad de estas demuestran mayor efectividad.

Instalación: Los procedimientos para su instalación:

- Desarme el hipoclorador
- Limpiarlos de impregnaciones calcáreas y sarro (si no es nuevo)
- En un recipiente echar el hipoclorito de calcio al 30% y agua en una relación de 2 a 1 para formar la masa.
- Llenar la masa en el hipoclorador, apisonar con una varilla hasta el borde superior y tapar.
- Sumergir el hipoclorador en un balde 80 litros, dejarlo reposar 5 minutos, después de este lapso colocarlos en el reservorio (en posición vertical mediante una cuerda o hilo totalmente sumergido) cerca al tubo de entrada a 20 a 30cm. del piso.

Operación y mantenimiento: Su operación es sencilla. Cambiar cada mes o cada que se compruebe que no hay cloro residual en el agua.

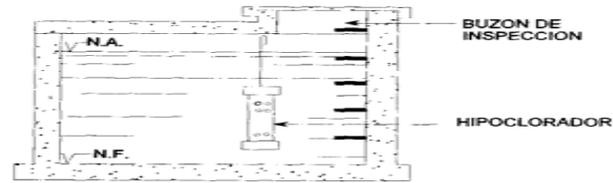
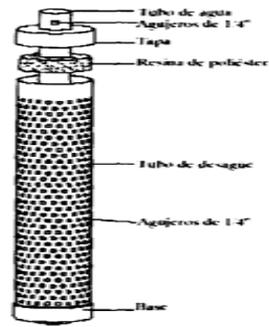


Figura N° 02: Hipoclorador por difusión y su ubicación en el reservorio

C. DOSIFICADOR POR EROSIÓN DE TABLETAS:

Descripción: Normalmente utilizan tabletas de hipoclorito de calcio de alto contenido de cloro (65 % a 70%), se pueden obtener en diferentes marcas; sin embargo, debe tenerse cuidado en que no contengan cianuratos (sustancias tóxicas para el ser humano). Las tabletas pueden también ser fabricadas localmente, comprimiendo polvo de hipoclorito de calcio, siempre que la compactación de las mismas no sea inferior a 1000 Kg/cm², para que no ablanden fácilmente.

Se ha diseñado un dispositivo similar al clorador de tabletas, el dosificador de píldoras, que puede suministrar hipoclorito de calcio directamente en pozos profundos o tanques a una velocidad constante que puede regularse. Las píldoras al sumergirse se disuelven lentamente proporcionando un cloro residual razonablemente constante. Estos dosificadores son sumamente útiles para pozos y tanques contaminados con microorganismos patógenos. Requiere agua con turbiedad debajo de 5 UNT. No es apto para suministros intermitentes.

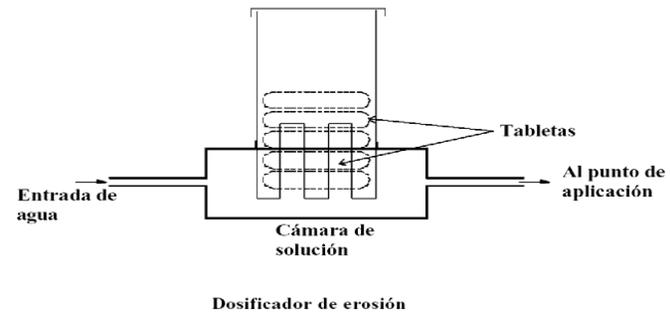


Fig. 3. Dosificador por erosión de tabletas.

Requisitos

- Estos dispositivos no requieren energía, son sencillos de operar y facilita la dosificación porque las tabletas tienen una concentración constante de cloro.
- c. Rango de aplicación
- Para caudales entre 0.1 a 20 lt/s
- Turbiedad < 5 UNT
- No deberá haber interrupciones prolongadas en el suministro de agua.
- Acceso a las tabletas de calcio.

Montaje e instalación

- Aunque los dispositivos de dosificación están hechos de materiales no corrosivos y no tienen partes móviles, es preciso prestar atención a las instrucciones del fabricante para asegurar la durabilidad y una operación adecuada de acuerdo con las especificaciones.

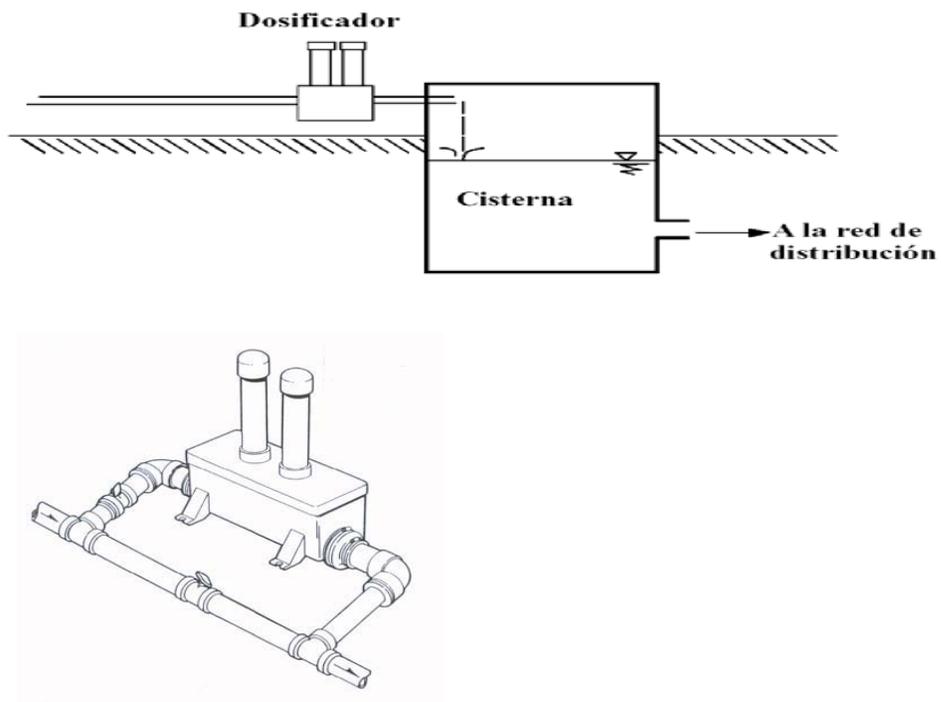


Fig. 4. Instalación típica de los dosificadores

Operación y mantenimiento: los dosificadores por erosión de tabletas sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. Una vez calibrado el equipo, si no hay grandes variaciones en el flujo, normalmente requiere de poca atención, excepto para cerciorarse de que el depósito esté lleno de tabletas para asegurar la dosificación continua. El mecanismo del dosificador de tabletas se debe inspeccionar semanalmente para detectar obstrucciones; se tendrá cuidado de limpiarlo bien, volver a ponerlo en la posición correcta y calibrarlo. La inspección y el rellenado de tabletas dependerán de la instalación específica, de la dosificación de cloro y del volumen de agua tratada.

En cuanto a la seguridad, en general, las tabletas de hipoclorito son más fáciles y seguras de manejar y almacenar que otros compuestos de cloro, sin embargo, es necesario observar precauciones de seguridad mínima.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOSIFICADORES

CLASIFICACIÓN	DOSIFICADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cloro en solución	Sistema dosificador por goteo o flujo constante	Carga constante. Sumamente sencillo. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica.	Según la manera en que el sistema fue construido, puede llegar a tener un error de dosificación de hasta un 20%.
Cloro sólido	Dosificador de erosión e Hipocloradores por difusión.	Sumamente sencillo. Ideal para pequeñas comunidades. Una de las mejores soluciones para dosificación a la entrada de un tanque. No necesita energía eléctrica.	Costo inmediato. Alrededor de 10% de errores en la dosificación. En algunos dosificadores las tabletas (si se producen localmente) tienden adherirse o a formar cavernas y no caen en la cámara de disolución.

MONITOREO DE CLORO RESIDUAL:

La medición regular de la cantidad de cloro residual permite controlar el funcionamiento del equipo y la ausencia de contaminación en la red de distribución. Por ello, esta medición resulta imprescindible. Existen varios métodos para medir el cloro residual en el agua. Uno de los más sencillos se presenta a continuación:

La determinación del cloro residual es fácil y rápidamente utilizando pastillas DPD (N-N-Dietil-p-Feniléndiamina), por medio de comparadores del cloro. El procedimiento para la determinación es la siguiente:

- Primero se llena el tubo con la muestra del agua.
- Agregue la pastilla de DPD y vea el color formado.
- Luego de 60 segundos compare el color producido con la escala de valores y obtenga el cloro residual de la mezcla.

PUNTOS DE MEDICIÓN DE CLORO RESIDUAL:

Los puntos para determinación deben ser elegidos de manera que ellos indiquen una cloración de todo el sistema y permitan detectar posibles contaminaciones o mal estado de mantenimiento de la red.

Los puntos de medición son los siguientes:

- a) El reservorio, la lectura en este punto nos hace conocer la concentración de cloro al inicio del sistema y al referir a ella las lecturas de los otros puntos, con lo cual se podrá determinar la presencia de contaminación.
- b) Puntos extremos de la red, la lectura en estos puntos nos indica la existencia de cloro en la red y además por comparación con la lectura en el reservorio, es posible detectar contaminación o mal estado de la red de distribución.

PRECAUCIONES CON EL USO DE LOS DERIVADOS DEL CLORO:

El cloro en todas sus formas es una sustancia que debe manejarse con sumo cuidado, ya que es altamente corrosivo.

Precaución en el almacenamiento:

Hipoclorito de calcio, que puede venir en polvo o en tabletas. Se deben tener las siguientes precauciones:

- Estos compuestos, absorben fácilmente la humedad del ambiente, convirtiéndose en una pasta muy corrosiva, de ahí que deben almacenarse en envases de cerámica, vidrio, caucho, polipropileno, polietileno o plástico, pero no debe usarse envases de cartón u hojalata.
- Estos envases se deben mantenerse en ambientes frescos y secos, herméticamente cerrados para prevenir la pérdida de cloro gaseoso.
- Deben llevar etiqueta visible, ya que en muchas oportunidades, las personas abren el envase y acercan la nariz para saber de que sustancia se trata, recibiendo una fuerte descarga de cloro gaseoso, que produce quemaduras en las mucosas.
- Al manipularlos, evitar hacerlo con las manos descubiertas porque producen igualmente quemaduras.
- Al transportar los envases, no golpearlos ni exponerlos a los rayos del sol.

El hipoclorito de sodio, es un líquido amarillento que es vendido en envases de plástico o en botellas de vidrio. Los envases totalmente cerrados, deben mantenerse en lugares secos y frescos, lejos del alcance de los niños o animales, también aislados de la luz.

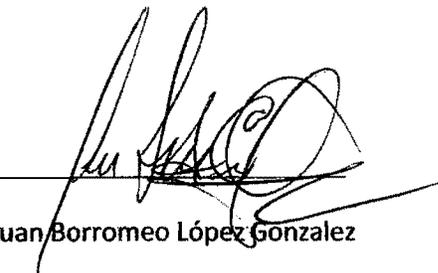
PRECAUCIÓN EN LA CLORACIÓN EN CAMPO:

Cuando se realice la cloración en campo, con hipoclorito de alta concentración para solución de alimentación usar guantes y mandiles de hule, máscaras antipolvos y gafas o protectores faciales.

Manejar con precaución los hipocloritos de alta concentración, bien sea en estado seco o en solución. Proteger los ojos y no inhalar el polvo de hipoclorito. Si la ropa llega a contaminarse con estos materiales, quitársela inmediatamente y lavarla.

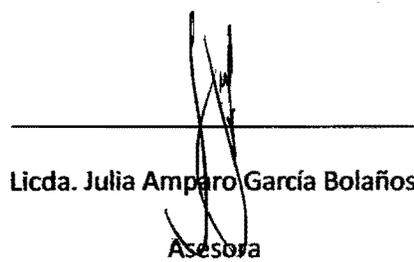
BIBLIOGRAFIA

1. Manual de capacitación para la operación y mantenimiento de un sistema de agua potable. Servicio Universitario Mundial del Canadá (SUM- Canadá).
2. Ministerio de Salud Pública y Asistencia social. Guía de la cloración del agua.
3. OPS. Guía para juntas administradoras de agua y saneamiento (JASS) y entidades afines. Lima. 2005
4. CEPIS/OPS. Guía para la desinfección del agua de consumo en sistemas rurales de abastecimiento de agua por bombeo y gravedad.
5. CRUZ ROJA GUATEMALTECA PROGRAMA AGUA Y SANEAMIENTO. MODULO EDUCATIVO USO Y MANEJO DEL AGUA. Elaborado por: Juan Ordóñez Chiquitá, Promotor de Agua y Saneamiento. Cruz Roja Americana. Junio 2002.



Juan Borromeo López González

Autor



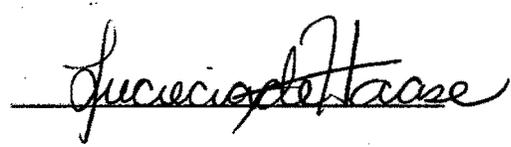
Licda. Julia Amparo García Bolaños

Asesora



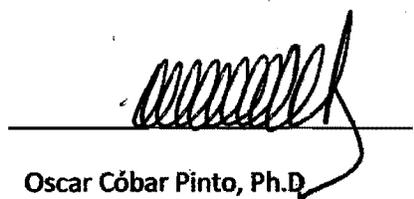
Licda. Aylín Santizo Juárez

Revisora



Licda. Lucrecia Martínez de Haase

Directora



Oscar Cobar Pinto, Ph.D

Decano