

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

"DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL EN EL ANALISIS
DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DE LA COLONIA
BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16; MIXCO;
UTILIZANDO LA PRUEBA DE ORTOLIDINA
POR COLORIMETRIA".
GUATEMALA MAYO 1993.

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la
Facultad de Ciencias Médicas de la
Universidad de San Carlos de Guatemala.

P O R

VICKY FUENTES GANTENBEIN DE FALLA

En el acto de su investidura de:

MEDICO Y CIRUJANO

GUATEMALA, AGOSTO DE 1993.



DL
05
7(6692)

FORMA C

FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
GUATEMALA, CENTRO AMERICA


Guatemala, 26 de julio
DIF-084-93

de 1993

Director Unidad de Tesis
Centro de Investigaciones de las Ciencias
de la Salud - Unidad de Tesis

Se informa que el: BACHILLER VICKY FUENTES GANTENBEIN
Título o diploma de diversificado, Nombres y apellidos
DE FALLA Carnet No. 2497
completos

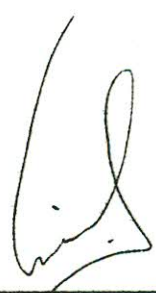
Ha presentado el Informe Final del trabajo de tesis titulado:
"DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL EN EL ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DE
LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16, MIXCO; UTILIZANDO LA PRUEBA DE ORTOLIDINA
POR COLORIMETRIA MAYO 1993"
y cuyo autor, asesor(es) y revisor nos responsabilizamos de los conceptos
metodología, confiabilidad y validez de los resultados, pertinencia de
las conclusiones y recomendaciones, así como la calidad técnica y cien-
tífica del mismo, por lo que firmamos conformes:



X CARLOS AGUILAR ABERN BALBUENA
Firma y sello Personal
COLEGIADO No. 2727



Firma del estudiante



Revisor
Firma y sello
Registro Personal 9,912
Edgar Pineda de León Barillas
MEDICO Y CIRUJANO
COLEGIADO 4040

EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FORMA D

HACE CONSTAR QUE :

El Bachiller: VICKY FUENTES GANTENBEIN DE FALLA
Carnet Universitario No. 2497

Previo a optar al Título de Médico y Cirujano, en su Examen General Público ha presentado el Informe Final del trabajo de tesis titulado: "DETERMINACION DE CLORO RESIDUAL EN EL ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DE LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16, MIXCO; UTILIZANDO LA PRUEBA DE ORTOLIDINA POR COLORIMETRIA MAYO-1993"

Avalado por asesor(es) y revisor, por lo que se emite la presente
ORDEN DE IMPRESION

Guatemala, 26 de julio de 1993

Dr. Edgar R. De León Barillas
Por Unidad de Tesis

Dr. Raúl A. Castillo Rodas
Director del Centro de Investigaciones
de las Ciencias de la Salud

IMPRIMASE :

Dr. José Ernesto Cabrera Franco
D E C A N O



INDICE

	PAGINA
I. Introducción	1
II. Definición y Análisis del Problema	2
III. Justificación	3
IV. Objetivos	5
V. Revisión Bibliográfica	6
V.1. El Cloro	6
V.2. El Agua	13
V.3. Intoxicación por Cloro	44
VI. Metodología	49
VII. Presentación de Resultados	54
VIII. Análisis y Discusión de Resultados	61
IX. Conclusiones	64
X. Recomendaciones	66
X. Resumen	67
XII. Referencias bibliográficas	68
XIII. Anexos	71

1.1. INTRODUCCION

El presente estudio fue realizado en la Colonia Belén, área marginal del Distrito de Salud No. 16 de Mixco. La colonia cuenta con 6,584 habitantes y 1,796 viviendas según datos obtenidos en la Municipalidad de Mixco.

La finalidad de este trabajo fue determinar si el agua utilizada por la comunidad para consumo diario había sido tratada previamente con la cantidad de cloro adecuada y por consiguiente inocua para la salud de la población.

Para el efecto se seleccionaron 300 viviendas, estudiadas cada una de ellas en forma aleatoria, tomando en cuenta la cobertura total de la Colonia. Se utilizó para el efecto una boleta de recolección de datos para determinar: la fuente de obtención del agua para consumo en ese momento, el tipo de recipiente de almacenamiento de donde se obtuvo la muestra, el tipo de tratamiento doméstico utilizado para potabilizar el agua; el tipo de cloro utilizado para desinfectar el agua en las viviendas que practican la cloración; el conocimiento de la población sobre la dosificación de cloro a utilizar para desinfectar el agua; la cantidad de cloro residual en el agua utilizada para consumo en el momento de la visita intradomiciliar; y aplicar la prueba de la ortolidina por colorimetría.

II. DEFINICION Y ANALISIS DEL PROBLEMA

La carencia total o parcial de agua potable, la falta de información permanente de los métodos domésticos para desinfectar el agua en una forma barata y sencilla, unido a la falta de recursos económicos tanto para comprar el agua debido al escaso o nulo suministro al cual tienen derecho, como para comprar cloro para potabilizarla; colocan en un alto riesgo a la población de contraer enfermedades transmitidas a través de ella, como ocurre actualmente con el Cólera, Morbus tipo Tor y otras enfermedades entéricas infectocontagiosas (3)

La Colonia Belén, no escapa a la problemática anterior debido al inadecuado suministro de agua potable por parte de las autoridades ediles y de los expendedores de agua.

Es por ello, que esta investigación está enfocada a determinar si el agua intradomiciliar o la que se ven obligados a comprar los habitantes de la Colonia Belén es sanitariamente segura; o bien, si los consumidores están desinfectándola con las cantidades adecuadas de cloro líquido estipulado por organizaciones internacionales como la O.M.S. y la O.P.S.; y a nivel Nacional, la División de Saneamiento Ambiental, el Departamento de Registro y Control de Medicamentos, el Departamento de Toxicología de la facultad de Farmacia. Habiendo utilizado el método de colorimetría con reactivo de ortolidina en la medición de cloro residual existente en el agua de consumo de la población estudiada al momento de tomar la muestra.

III. JUSTIFICACION

La colonia Belén cuenta con servicio intradomiciliario de agua municipal. Esta procede de pozo escabado y es proporcionada cada dos días durante un período de 2 a 3 horas en forma irregular.

La comunidad se ve obligada a comprar agua insalubre a camiones distribuidores o agua salvavidas y a almacenarla en recipientes de metal, plástico o vidrio.

La escasez e insalubridad del agua coadyuva a que la higiene ambiental y personal sea deficiente, convirtiendo el ambiente en medio propicio para el contagio y transmisión de enfermedades entéricas infectocontagiosas, como la fiebre tifoidea, hepatitis infecciosa, disentería bacilar y amebiasis, gran variedad de trastornos gastrointestinales y el cólera que nos aqueja actualmente. (22)

El deficiente saneamiento ambiental y sistema de abastecimiento de agua así como la situación económica precaria que viven los habitantes en esta colonia, es factor condicionante para la diseminación de estas enfermedades. Por lo tanto es indispensable que la población tenga una información, y observancia continua y efectiva de su desinfección. En caso de utilizar el método de la cloración con soluciones líquidas comerciales de cloro (hipoclorito de sodio al 5.5 %) para potabilizar el agua de consumo deberá atender las recomendaciones de la Dirección general de Servicios de Salud; (1,2,3,8) y que exista una vigilancia continua del cumplimiento por parte de las autoridades ediles, en el conocimiento del manejo del cloro y su conservación, así como de su responsabilidad en el cumplimiento de la cloración adecuada del agua municipal que será llevada intradomiciliariamente a la población.

Concientizar al personal de salud, municipal y de la comunidad, de la importancia de utilizar este procedimiento práctico, simple y de bajo costo. Así como medir periódicamente la existencia de cloro residual en el agua de consumo o de los depósitos, para determinar la demanda de cloro y si los niveles de cloro son los adecuados para la salud, pudiendo con ello prevenir la enfermedad a bajo costo; de la observación constante de las cañerías que llevan el agua intradomiciliario y a las pilas colectivas y del cumplimiento al tratar adecuadamente el agua por parte de los expendedores, en especial los de los camiones cisterna; con lo cual, se prevendrían tanto la problemática actual del Cólera, como las enfermedades infectocontagiosas endémicas o por lo menos disminuiría su incidencia y prevalencia.

Se pretende a través de este estudio tener un control más exacto sobre el conocimiento del tratamiento del agua de consumo, para evitar que ésta se convierta en vehículo de transmisión de enfermedades entéricas infectocontagiosas y sea un agua sanitariamente segura para la población.

IV. OBJETIVOS

1. Cuantificar cualitativamente, el cloro residual en el agua de consumo de los habitantes de la Colonia Belén, Distrito No.16 del Centro de Salud de Mixco.
2. Determinar el porcentaje de viviendas en la Colonia Belén, que utilizan el método de la cloración para potabilizar el agua de consumo.
3. Determinar el conocimiento en la aplicación correcta del cloro para desinfectar el agua de consumo.

V. REVISION BIBLIOGRAFICA

V.1. Cloro

V.1.1. Concepto y Descubrimiento:

El cloro es uno de los elementos que conforman la familia de los halógenos, conocida ya antes de la formulación de la teoría atómica moderna que los agrupa en la tabla periódica de los elementos en el grupo VII A; éstos poseen siete electrones (s^2p^5) en su nivel energético exterior. El nombre halógeno se deriva del griego; y significa "formador de sal", y cloro, clor(o) proviene del griego khloros, "verde".(4,16,20, 26.)

El cloro fue obtenido por primera vez por Scheele en 1774. Al oxidar ácido clorhídrico utilizando dióxido de manganeso ($Mn O_2$):



Habiendo obtenido la mitad de cloro contenido en el ácido clorhídrico utilizado, para poder aprovechar todo el cloro disponible.(4)

V.1.2. Propiedades Físicas del cloro.

El cloro a temperatura normal es un gas amarillo-verdoso, con olor irritante y venenoso, sabor cáustico. Su molécula es Cl_2 en este estado. Tiene un peso molecular de 70.91. Es 2.49 veces más denso/ pesado que el aire, puede condensarse en forma líquida almacenándolo en botellas especiales a $-33.66^\circ C$. Se licua con gran facilidad, transformándose en cloro líquido, tal cual lo observamos comercialmente y se solidifica a $101^\circ C$. En estado líquido alcanza un gran coeficiente de expansión, aumentando su volumen un 21.9 % cuando se calienta de $-35^\circ C$ a $60^\circ C$, lo cual tiene mucha importancia en los incendios que puedan ocurrir en las fábricas donde se maneja debido a su intensa actividad química. A temperatura ambiente y con desprendimiento de calor es combinable con casi todos los elementos. Al disolverse en agua, forma el agua de cloro, la que se utiliza como oxidante.((2,4,16,25,26).

El cloro es utilizado por lo general como gas, debiendo utilizarse sólo en campanas y en habitaciones con buena ventilación. Debe de guardarse y mantenerse alejado de cualquier sustancia que pueda oxidarse. La exposición a una concentración de cloro de 1 ppm en el aire es peligrosa para la salud, y unas cuantas inhalaciones de cloro a niveles de 1000 ppm son letales. El cloro debe guardarse y mantenerse alejado de cualquier sustancia que pueda oxidarse.(2,16,26)

V.1.2.1. Algunas propiedades Físicas del halógeno cloro.

Color a temperatura ambiente	amarillo-verdoso.
peso atómico	35.5
fórmula molecular	Cl ₂
número atómico	17
radio covalente $\overset{\circ}{\text{A}}$, o radio atómico (pm)	
o radio del átomo	0.99
punto de ebullición °C	-33.6; -34; -35 °C
punto de fusión a °C	-101 a -102
radio iónico X ⁻ (pm)	181
$\overset{\circ}{\delta}$, $\overset{\circ}{\text{A}}$ (X ⁻)	1.81
primera energía de ionización (KJ/mol)	1.25 x 10 ⁹ ó 1250
ó eV/ átomo	13.0
electronegatividad	3.0 a 3.2
energía de enlace (KJ/mol)	243
potencial del electrodo patrón (V)	+ 1.36
estructura electrónica	2,8,7
estado físico	gaseoso
densidad relativa (aire)	2.49

(4,16,20,26)

V.1.3. Distribución del halógeno cloro en la naturaleza:

El estado más común en que se encuentran los halógenos es en forma de iones haluro o lo que es igual a iones halogenuro; F⁻, Cl⁻, Br⁻ y I⁻. Por lo general estos iones aparecen asociados con iones positivos (compuestos), debido a que son demasiado activos. Los halogenuros o haluros son normalmente solubles en el agua. Los iones haluro los encontramos concentrados en el mar, lagos salinos, yacimientos y en las capas internas de sal formadas en épocas pasadas por la evaporación del agua de mar.(4,25)

El cloro, es el halógeno más abundante de la naturaleza, lo encontramos, combinado en forma de compuestos como el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de potasio (KCl), cloruro de magnesio (MgCl₂), o combinado con algunos metales. El compuesto más abundante de éstos es el cloruro sódico, que se obtiene industrialmente por electrólisis.(4,16,20,23,25,26.)

Los halógenos se encuentran en proporción de 3 Kg. en cada 1,000 Kg. de la corteza terrestre.(26)

Dentro de los minerales más abundantes relacionados con el cloro y que contienen halógenos están los materiales inorgánicos naturales; siendo los más importantes, el cloruro sódico, (nombre químico) cuya fórmula es (NaCl) y su nombre mineral es la HALITA. éste no solo se emplea como sal, sino que se utiliza como materia prima en la industria para formar com-

puestos de sodio y cloro. El Cloruro potásico: KCl, cuyo nombre mineral es la SILVITA; el Cloruro de sodio y potasio: KCl y NaCl cuyo nombre mineral es la SILVINITA.(26)

El cloro se encuentra en un porcentaje de 5.5×10^{-2} (0.2 %) en la corteza terrestre, con abundancia en el agua de mar, salmueras subterráneas como Cl^- y como sal de roca: NaCl. (20,26)

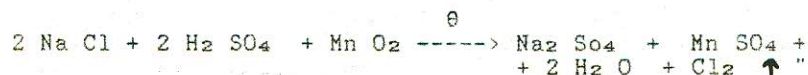
V.1.5. PREPARACION Y APLICACIONES DE LOS HALOGENOS Y COMPUESTOS HALOGENADOS.

V.1.5.1. Preparación:

Los halógenos se preparan en el laboratorio, mediante procedimientos químicos o electroquímicos a partir de sus compuestos naturales. En la mayor parte de casos el cambio químico consiste en la eliminación de electrones de un ion haluro, produciéndose una reacción de oxidación del ion haluro. En el caso de iones cloruro, bromuro y yoduro existen agentes oxidantes fuertes muy eficaces. Salvo para el flúor cuya electronegatividad atómica es tan alta que no permite la reacción oxidante.(20,26)

La forma de obtener cloro es por electrólisis del cloruro de sodio acuoso, de la cual también son productos el hidróxido de sodio y el hidrógeno. En soluciones acuosas de los halogenuros de hidrógeno o en soluciones que contengan halogenuros de sodio y ácido sulfúrico.(16,20,26)

Según Biasoli, "se parte del cloruro de sodio, del dióxido de manganeso y del ácido sulfúrico concentrado:



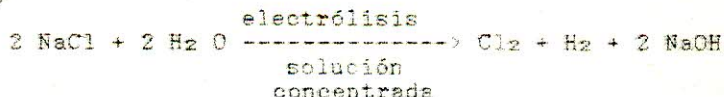
Las reacciones químicas se llevan a cabo haciendo circular una corriente eléctrica entre dos electrodos (normalmente metálicos) introducidos en una disolución. Los electrones entran en la disolución por un electrodo y salen por el otro. (16,20,26)

V.1.5.1.a. Producción comercial del cloro :

Es un producto químico industrial de gran importancia, los dos procedimientos principales se basan en la electrólisis de soluciones concentradas de cloruro de sodio llamadas SALMUERAS. Para lo que es necesario utilizar soluciones concentradas, ya que en soluciones diluidas, se produce O_2 en lugar del Cl_2 en el ánodo. Por ejemplo en soluciones 1M, el agua o los iones OH^- se oxidan con más facilidad que los iones Cl^- . (16)

V.1.5.1.b. El principal método electrolítico es el proceso de diafragma.

El más importante es el de la electrólisis de una solución concentrada de cloruro sódico con electrodos inertes. Con este proceso se obtiene más de las tres cuartas partes del cloro (hidróxido de sodio) que se produce electrolíticamente. (4,16,25)



Oxidación de un electrodo:



Reducción del otro:



El proceso es continuo, fluyen a las celdas salmuera fresca de NaCl y salen de éstas los tres productos Cl_2 , NaOH, y H_2 . En una planta se utilizan centenares de celdas como estas. Cada celda individual puede desconectarse cuando se necesita para su limpieza o para reemplazar los electrodos gastados, especialmente los que son atacados por el cloro. Durante mucho tiempo, el producto más valioso fué el cloro, considerándose como subproductos de este proceso el hidróxido de sodio y el hidrógeno. Pero en la actualidad, el hidróxido de sodio (NaOH) también llamado sosa cáustica es tan valioso que constituye uno de los coproductos. (4,16)

El problema principal radica en mantener separados los gases cloro e hidrógeno, porque reaccionan explosivamente; evitar reacciones secundarias producidas por la reacción de hidróxido de sodio con el cloro, separando el cloro de la solución de hidróxido sódico, porque también reaccionan explosivamente. Esto se logra utilizando cubas electrolíticas de diafragma, en donde el ánodo y el cátodo están separados por un tabique de amianto, que deja pasar la corriente eléctrica pero no la difusión del cloro y del hidróxido de sodio. (4,26) El diafragma utilizado es de tejido de asbesto a través del cual pasan las soluciones que se dirigen a los electrodos, pero que, cuando está humedece detiene las burbujas de gas. El gas

hidrógeno y la disolución de hidróxido sódico se forman sobre el electrodo colocado a un lado del diafragma y se extraen de la célula a través de los conductos adecuados; el gas cloro formado en el lado opuesto del diafragma en el otro electrodo se extrae por ese lado. Como dijimos anteriormente el proceso es continuo. (26)

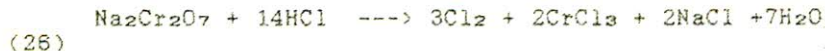
En la actualidad, ya casi no se construyen plantas de electrólisis de celdas de mercurio por la contaminación con este metal. El ideal es recircular el mercurio en un 100%. Sin embargo, es inevitable que parte de éste salga de las cámaras de descomposición con las corrientes del producto, y algo que se derrame durante el manejo. El efecto nocivo de esto ha sido la contaminación de las plantas, con toneladas de mercurio elemental ampliamente dispersada por los suelos. (16)

V.1.5.1.c. En el otro procedimiento de laboratorio para obtener cloro:

Se observa que la fuente de iones Cl^- no necesita ser ácido clorhídrico; puede ser una sal que contenga dicho ion. La reacción se lleva a cabo en disolución ácida, por ejemplo:

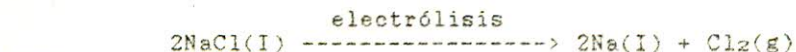


Se pueden utilizar diversos agentes oxidantes para atraer electrones del ion cloruro y formar cloro elemental. Por ejemplo los permanganatos y dicromatos:



V.1.5.1.d. También se obtiene el cloro como un subproducto de los procesos industriales.

En los cuales se preparan los metales Na, Ca, Mg. En cada uno de estos procesos se electroliza un cloruro anhidro fundido, produciéndose el cloro gaseoso en el ánodo. Por ejemplo:

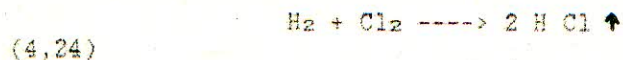


V.1.5.2. Cloruro de hidrógeno y ácido clorhídrico.

El cloruro de hidrógeno es un gas que en solución acuosa recibe el nombre de ácido clorhídrico. Se desprende de las emanaciones volcánicas en forma de gas. Lo encontramos como ácido clorhídrico en el jugo gástrico de los mamíferos y en algunos ríos. (2,4)

En la industria se obtiene por síntesis; produciendo com-

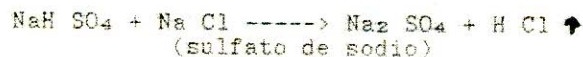
bustión del hidrógeno en una atmósfera de cloro, en cámaras con paredes de cuarzo, produciendo la siguiente reacción:



Se puede obtener también descomponiendo el cloruro de sodio en ácido sulfúrico concentrado:



Si se eleva la temperatura la reacción continúa. Lo que es aprovechado para un mayor rendimiento del proceso:



El cloruro de hidrógeno es un gas inodoro, tóxico, de olor penetrante, más denso que el aire. Hierve a -83.7°C . Es muy soluble en agua: a 20°C un volumen de agua disuelve 450 volúmenes de cloruro de hidrógeno. Es poco nocivo si se encuentra seco. Al combinarse con metales muy electronegativos (como el sodio por ejemplo) desprende hidrógeno:



Con el amoníaco se combina para formar cloruro de amonio; que se utiliza para el reconocimiento del amoníaco:



Cuando se disuelve en agua el gas cloruro de hidrógeno, se ioniza manifestando carácter ácido. Siendo esta solución el ácido clorhídrico, conocido comercialmente como ácido muriático;



El ácido es fuerte en solución acuosa, conduce la corriente eléctrica; forma cloruros y desprende hidrógeno cuando reacciona con los metales que se encuentran por encima del hidrógeno en la serie electroquímica;



Forma sales (cloruros) con los hidróxidos y óxidos;



Descompone los carbonatos desprendiendo dióxido de carbono;



El ácido clorhídrico y sus sales, se reconocen porque al ser tratadas con una solución de nitrato de plata forman un precipitado blanco de cloruro de plata;



El ácido clorhídrico se utiliza en la preparación del cloro, hidrógeno y compuestos químicos para limpiar metales, para fabricar abonos y colorantes.(4,24)

V.1.7. Usos del cloro:

V.1.7.1 Uso industrial del cloro:

Existen gran número de compuestos que contienen cloro, la mayoría son compuestos orgánicos que se preparan utilizando cloro o cloruro de hidrógeno. (20,24)

La industria química los usa en todos los procesos de cloración, para obtener compuestos clorados, en la fabricación de cloratos, perclorato.(25) Estos son utilizados como plásticos, disolventes, pesticidas, herbicidas, productos farmacéuticos, refrigerantes, colorantes, y antidetonantes, "Se producen grandes cantidades de HCl" para usarse en la síntesis de productos orgánicos, así como en la tecnología petrolera, la metalurgia, limpieza de metales (para eliminar óxido de los metales), elaboración de alimentos y en la preparación de cloruros inorgánicos, resinas, elastómeros. El cloro es utilizado para elaborar papel, rayón, cloruro de hidrógeno, bromo, yodo, hipoclorito de sodio y cloruros metálicos.(20,24,25)

El cloro elemental es utilizado como desinfectante dada su acción bactericida, para purificar el agua y hacerla potable para beber, Se lo emplea también para obtener por vía sintética, ácido clorhídrico, gases lacrimógenos, insecticidas, germicidas, productos medicinales, y plástico, fabricados en millones de Kg. por años.(4,14,16,18,20,24,25,26)

El cloro es el halógeno más importante, debido a que es el que se produce en mayores cantidades de todos. En Estados Unidos se ha llegado a producir siete millones de toneladas anuales, o sea 30 Kg. por persona de cloro.(14,16,20,25,26)

La facilidad actual del transporte a largas distancias del cloro licuado a bajas temperaturas, ha desplazado el empleo de todos sus compuestos; los que eran utilizados como agentes blanqueadores.(25)

V.2. EL AGUA

El agua es después del oxígeno un elemento indispensable para la vida; su carencia puede provocar la muerte en pocos días. Constituye del 60 al 65 % del peso corporal del adulto, sin embargo en el niño el contenido hídrico es superior al de los adultos oscilando entre un 70 y 75% de su peso corporal. El agua está compuesta por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno.(4,7,18)

A. CONCEPTOS, FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y CONTAMINACION.

A.1. Agua destilada: es la que se forma por la condensación del vapor del agua.(7)

A.2. Agua natural: es la que se presenta en la naturaleza. El hombre dispone de ella para su vida y sus actividades. Las aguas naturales están en circulación permanente a través del interminable ciclo hidrológico del agua: precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, reprecipitación, y así sucesivamente. Esto sucede en los cambios continuos de su estado físico. El agua que se precipita sobre el suelo, en parte se evapora en los sitios en donde cae, alguna escurre sobre el terreno pasando a incrementar las corrientes superficiales y el resto se infiltra constituyendo las aguas subterráneas.(7,13)

El agua natural se encuentra en estado:

- a. Líquido en los ríos, lagos, lagunas y mares.
- b. Sólido como en los volcanes.
- c. Gaseoso en la atmósfera, como vapor de agua.(7)

A.2.1. Fuentes de abastecimiento: Es el punto o fase del ciclo natural en el cual se desvía o aparta el agua temporalmente para ser utilizada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su "fuente" original, dependiendo de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio.(13)

Las aguas naturales disponibles se encuentran en el medio ambiente como:

A.2.2. AGUAS METEORICAS: Que proceden directamente de la atmósfera en forma de lluvia, y son captadas antes de que lleguen a la superficie terrestre, por medio de áreas expuestas a la precipitación pluvial. Estas arrastran en su caída hacia la tierra partículas de polvo y gases, lo que hace necesario desechar las primeras aguas después de colectarlas y almacenarlas en cisternas puesto que no constituyen fuentes de aprovechamiento constante. Para su captación se necesita contar con áreas muy grandes y solo es suficiente para pequeñas poblaciones en donde no existe otro recurso; dado que

la calidad del agua de las mismas es poco adecuada para el uso doméstico, o bien no existe otra fuente de abastecimiento.(7)

El agua de lluvia al caer a la superficie terrestre, arrastra con ella materias orgánicas en descomposición, desechos diversos, de tipo, humano, animal, industrial, sales diversas, y bacterias; para luego pasar a formar arroyos que desembocarán en ríos, lagos y lagunas.(7)

Al infiltrarse el agua en la tierra arrastra consigo organismos diversos muchos de ellos nocivos para la salud. Si penetra a grandes profundidades, su paso a través de la tierra la filtra purificándola, de tal manera que al llegar a las corrientes profundas carece de materia orgánica y queda libre de bacterias. Pero también puede que a su paso recoga minerales y sustancias igualmente inadecuadas para la salud humana. Por lo que el aspecto del agua no basta, un agua límpida, sin olor, y aun con sabor agradable puede contener sales nocivas que actúen como venenos, aunque sea lentamente, o bacterias y parásitos no apreciables a simple vista.(7)

A.2.3. AGUAS SUPERFICIALES; Son las que encontramos en los senos de los ríos, lagos, lagunas, las de presas o embalses, etc. estas no son seguras para el consumo humano y requieren ser tratadas. Las aguas de los ríos se transforman de manera diversas, debido a su gran poder disolvente y a las materias de los diferentes suelos por los cuales pasan, lo que hace efectiva dicha modificación. A esto tenemos que agregar los desechos de las poblaciones e industrias que influyen enormemente a su contaminación. Estas aguas pueden evaporarse posteriormente o bien infiltrarse. Del agua infiltrada, una parte se queda cerca de la superficie y se evapora directamente, otra parte es aprovechada por las raíces de las plantas regresando a la atmósfera por el proceso de transpiración de las mismas, el resto va a incrementar el caudal de las aguas subterráneas. Los lagos, represas, embalses proporcionan agua de mejor calidad debido a la autopurificación por sedimentación y reposo que las grandes corrientes, que reciben agua de cuencas habitadas y muchas veces contaminada por el escurrimiento superficial de las tierras erosionadas o aradas, por lo que las características físicas de esta agua es inferior a las de las grandes cañadas.(7,13)

A.2.4. LAS AGUAS SUBTERRANEAS; estas tienen el inconveniente de tender a proporcionar aguas excesivamente duras, aunque tienen la ventaja de requerir un menor grado de tratamiento, por que las impurezas se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa el suelo y el subsuelo. Sin embargo debe de tenerse presente que la configuración del suelo y subsuelo puede no ser del tipo que elimina con eficacia las materias indeseables del agua.(7,13)

Las aguas subterráneas están constituidas por:

a. Los MANANTIALES que están compuestos por el agua que se filtra en el terreno llegando al manto acuífero, que a su vez llega hasta la capa impermeable pudiendo aflorar en un momento dado como tal.(7,13)

b. Las NORIAS: que llegan hasta el manto acuífero freático cuyo subsuelo es el estrato impermeable.(7)

c. Los POZOS PROFUNDOS: que atraviesan la capa impermeable llegando hasta el manto acuífero de las aguas artesianas, estos son captados por medio de galerías filtrantes. Esta agua esta sujeta igualmente a modificaciones total o parcialmente ya que al atravesar las capas de la tierra se mineraliza, pierde oxígeno, absorbe ácido carbónico etc.(7)

El agua subterránea se encuentra localizada en zonas con cavidades interconectadas llamadas también zona de intersticios o de cavidades interconectadas entre sí. Formada por el agua pluvial, granizo o nieve precipitada sobre la tierra y que se filtra a través de ella. Esta zona comprende a su vez:

a. LA ZONA DE SATURACION, en la que las cavidades estan llenas de agua bajo presión hidrostática y se les denomina AGUAS SUBTERRANEAS, las que se dividen a su vez en: AGUAS FREATICAS y AGUAS ARTESIANAS, separadas ambas por un estrato impermeable.(7)

a.2. LA ZONA DE AERACION: en la cual, las cavidades contienen principalmente gases atmosféricos y agua sostenida por atracción molecular, por lo que se le denomina también AGUA SUSPENDIDA. Esta comprende: el AGUA DEL SUELO aprovechada por las plantas, por encontrarse inmediatamente por debajo de la superficie terrestre; el AGUA VADOSA o INTERMEDIA que se mueve por gravedad a la zona de saturación, o bien permanece casi estacionaria, el AGUA CAPILAR que se encuentra justo arriba del NIVEL FREATICO, como una continuación de la zona de saturación. La profundidad que el nivel freático pueda tener, va a depender tanto de la topografía como de la estructura del subsuelo. Su nivel permanece o se encuentra "sensiblemente paralelo a la superficie del suelo y su profundidad varía desde unos centímetros hasta cientos de metros." (7)

Las aguas freáticas por la facilidad de filtración hasta ellas del contenido de letrinas, fosas sépticas, pozos negros depósitos de basura, estiércol, se encuentran expuestas a contaminarse con bacterias, parásitos, y substancias químicas. El que las bacteria y parásitos puedan ser arrastrados, va a depender de la inclinación que tenga el terreno, del nivel de las aguas subterráneas; y de la permeabilidad que tenga el suelo.(7)

Las aguas de la zona de saturación constituyen las fuentes subterráneas de abastecimiento.(7)

Desde el punto de vista sanitario, es indispensable determinar las distancias máximas de migración y dirección que tengan las corrientes subterráneas. De ahí la importancia de constatar que las letrinas estén separadas de la fuente de suministro de agua entre 7.5 mts y 15 mts. en la superficie y a una distancia de 1.5 a 3 mts sobre el nivel de las aguas subterráneas, como una de las medidas más prominentes a seguir.(7)

El ciclo del agua finaliza con la evaporación de las aguas de los océanos, la circulación del vapor de agua en la atmósfera hasta llegar a formar nubes y al condensarse el vapor de estas en la forma de precipitaciones.(7)

A.3. AGUA PURA: es un compuesto químico formado por un conjunto de moléculas compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, en volumen. Su fórmula es H_2O .(7,21)

El agua pura es un producto artificial.(7) Se obtiene por destilación, separando los gases y las sales que contiene en solución. En el laboratorio se utilizan aparatos de destilación simple, y en la industria se utilizan los alambiques.(4)

A.4. AGUA POTABLE: es aquella cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud.(7) Es el agua utilizada para beber no es una sustancia pura, sino una solución diluida de gases y sales en agua pura.(4)

A.4.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE SATISFACER EL AGUA POTABLE

A.4.1.a. CALIDAD DEL AGUA: el agua potable destinada al uso doméstico debe de tener una buena apariencia, ser inodora, e insípida; con sabor agradable y suave; disolver el jabón sin formar grumos; cocer bien las legumbres; contener aire en solución; contener sales disueltas (no más de 1.5 g por litro); no contener gérmenes patógenos; no contener nitritos, nitratos ni amoníaco, indicadores de contaminación con sustancias químicas. Para poder ser consumida por el ser humano. Debe de contener en concentraciones adecuadas sustancias químicas de tal forma que no afecten la salud. Evitar que contenga sales nocivas que actúen como veneno aunque sea lentamente.(4,7,10)

Se considera una agua libre de gérmenes patógenos, cuando el análisis bacteriológico nos indica que existen menos de 20 organismos de los grupos coli y coliformes (bacilos aerobios o anaerobios facultativos no esporogéneos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas por un litro de muestra. Menos de 200 colonias bacterianas

por c.c. de muestra, en la placa de agar incubada a 27 grados centígrados durante 24 horas; y ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas o fétidas, en la siembra de un c.c. de la muestra en gelatina incubada a 20 grados centígrados por 48 horas. (7)

A.4.2. VALORES LIMITES FISICOS Y QUIMICOS EN EL AGUA POTABLE

A.4.2.a. FISICOS:

Turbiedad máxima.....	10 (escala de sílice)
Olor.....	Inodora
Sabor.....	Agradable
Color máximo.....	20 (escala platino-cobalto)
Temperatura.....	10° a 15° C
PH.....	De 8.0 a 8.0

A.1.4.2.b. Químicos:

Miligramos por litro

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta.....	0.50
Nitrógeno (N) protéico, hasta.....	0.10
Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable), hasta.....	5.00
Oxígeno (O) consumido en medio ácido, hasta...	3.00
Oxígeno (O) consumido en medio alcalino, hasta...	3.00
Sólidos totales, de preferencia hasta 500, pero tolerándose, hasta.....	1000
Alcalinidad total, expresada en CaC. hasta...	400
Dureza total, expresada en CaCO ₃ , hasta.....	300
Dureza permanente o de no-carbonatos, expresada en CaCO ₃ , en aguas naturales, hasta.....	150
Cloruros expresados en CL, hasta.....	250
Sulfatos, expresados en SO ₄ , hasta.....	250
Magnesio, expresado en Mg, hasta.....	125
Zinc, expresado en Zn, hasta.....	15.00
Cobre, expresado en Cu, hasta.....	3.00
Fluoruros, expresados en FL, hasta.....	1.50
Hierro y manganeso, expresados en Fe y Mn, hasta...	0.30
Plomo, expresado en Pb, hasta.....	0.10
Arsénico, expresado en As, hasta.....	0.05
Selenio, expresado en Se, hasta.....	0.05
Cromo hexavalente, expresado en Cr., hasta...	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta...	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de..	0.20

Reglamento Federal de la Dirección de Ingeniería Sanitaria sobre obras de provisión de agua potable. (7)

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

A.5. CONTAMINACION DEL AGUA Y SUSTANCIAS TOXICAS.

A.5.1. Contaminación. Las aguas naturales contienen substancias sólidas, líquidas o gaseosas en suspensión y en solución, en proporciones variables, las cuales pueden modificar en un momento dado las propiedades, efectos y usos del agua. El agua puede contaminarse por sustancias suspendidas en el aire o al entrar en contacto con la tierra, y contaminarse con desechos humanos o animales, que a su vez pueden contener bacterias, parásitos, y microorganismos patógenos. También es susceptible de contaminarse por desechos de los productos químicos utilizados en la agricultura y en la industria como el plomo, el arsénico, o el cromo pueden ser tóxicas para el consumo humano.(7,21)

Son muchos los productos químicos que han surtido beneficios para la humanidad y el medio ambiente, pero otros también le han producido perjuicios sin precedentes, ya que a su ingreso al medio ambiente experimentan transformaciones físicas y químicas, incluyendo combinaciones con otros productos químicos. Pudiendo suceder así, que un producto relativamente inofensivo se pueda convertir en un subproducto tóxico en el medio ambiente y que inclusive llegue hasta ingresar a la cadena alimentaria pudiendo luego encontrarse en los organismos vivos.(2,21)

Actualmente se conoce de los efectos a corto plazo de productos químicos que entrañan riesgos para la salud humana y animales especialmente domésticos. Un ejemplo de esto es el ARSENICO el cual tiene un efecto inmediato y potente. Lo que aún no conocemos es lo que puede ocurrir al exponer el organismo a concentraciones muy reducidas de un determinado producto químico durante un período de 20 a 30 años. Los efectos pueden no manifestarse después de un largo plazo, luego de exposición de una gran dosis por un período breve, o una dosis reducida durante un período prolongado. "Las consecuencias se pueden medir en términos de mortalidad y de morbilidad, o de cambios fisiológicos predecesores de la morbilidad. Mediante mutagénesis química se pueden inducir en el protoplasma mutaciones genéticas que pueden revertir un carácter permanente. Entre la exposición a largo plazo a sustancias tóxicas se puede incluir también la posibilidad de efectos carcinógenos y teratógenos.(2)

A.5.2. Sustancias tóxicas. Las Normas Internacionales para el agua potable, proponen límites específicos de las concentraciones máximas para determinadas sustancias que pueden afectar la salud. Siendo las siguientes:

Arsénico	0.050 mg/L	Plomo (pb)	0.010 mg/L
Cadmio	0.005 mg/L	Mercurio	0.001 mg/L
Cianuro	0.100 mg/L	Selenio	0.010 mg/L
Nitratos	10.000 mg/L	Polinucleares	0.0002 mg/L

(21)

Los nitratos, por arriba de los 50 mg/L, pueden causar alteraciones sanguíneas en niños de corta edad. (7)

A.6. CALIDAD DEL AGUA

A.6.1 Composición salina del agua: El exceso en el agua de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, producen incrustaciones en las tuberías, y son causantes de la dureza del agua, corta el jabón, y no cuece las legumbres, tiene entre sus inconvenientes el consumo elevado de jabón.(4,7)

La concentración de minerales y el exceso de sales como cloruros y sulfatos, "endurecen" el agua, producen un sabor desagradable y limita su utilización. Hay poblaciones que consumen agua con 2000 mgs/ lt. que actuarían como laxantes en personas no acostumbradas a ingerir tales cantidades de sales.(7,21) Se ha demostrado que el agua con bajo contenido de sales tampoco es apta para beber, y su ausencia reduce la saturación mineral del fósforo en el tejido óseo y el contenido del calcio, reduce también la actividad de la fosfatasa alcalina en el suero sanguíneo y altera las funciones de la glándula tiroidea. El contenido mínimo permisible de sales disueltas, es de 100 mg/Lt. y el contenido máximo de sodio es de 200 mg/Lt.(21)

A.6.2. Composición de oligoelementos. La ingestión de oligoelementos biológicamente activos a través del agua son importantes y necesarios para el organismo; tales como el hierro, cobre, zinc, flúor, calcio, magnesio, boro, bromo. El hierro tiene el inconveniente de dar cierto color al agua, un sabor desagradable, y se incrusta en las cañerías y tuberías. Naturalmente estos oligoelementos deben encontrarse en las proporciones aceptadas y toleradas dentro de los límites permisibles contenidos en los indicadores de control y calidad del agua potable.(7,13,21).

Tenemos por ejemplo que los fluoruros por arriba de 1.5 mgs./Lt. suelen provocar manchas oscuras en la dentición y su ausencia predispone a la caries dental.(7)

La turbiedad puede objetarse por su apariencia y por que las substancias que la producen causan problemas al lavar la ropa, al fabricar hielo, refrescos, etc.(7)

Esto nos obliga a mantener una vigilancia continua, una evaluación e inspección sanitarias de la inocuidad y aceptabilidad del suministro del agua, de acuerdo a las cantidades máximas aceptables de las sustancias que puede contener el agua para ser considerada potable, fijadas en algunos países por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.(7,22)

A.7. PROCESOS DE POTABILIZACION DEL AGUA

Para que el agua intradomiciliar suministrada a una población a través de una planta distribuidora sea apta para beberse debe de ser sometida a determinados procesos de tratamiento, realizados por ingenieros sanitarios quienes tienen los conocimientos técnicos especiales para ello.

Estos procesos comprenden:

1.- Aireación. 2.- Coagulación. 3.- Ablandamiento.
4.- Eliminación de fierro y manganeso. 5.- Eliminación de olor y sabor. 6.- Sedimentación. 7.- Filtración. 8.- Control de corrosión. 9.- Evaporación. 10.- Desinfección.(7,13)

1.- La aireación: se realiza en el tratamiento del agua por tres razones:

1.1. para introducir oxígeno del aire; esto constituye la primera etapa en la eliminación de fierro y el manganeso por filtración.(13)

1.2. para dejar escapar los gases disueltos, como el ácido sulfhídrico y el bióxido de carbono, disminuyendo con este último la acción corrosiva del agua en los abastecimientos.(13)

1.3. para eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor. La eliminación del sabor y el olor por aireación es relativa, por lo que no debe tomarse como un sustituto en el control preventivo o de los procesos de tratamiento más adecuados para eliminarlos.(13)

2. La Coagulación: consiste en la formación de flóculos precipitados o incipientes a través de cambios físicos y químicos que se realizan entre el coagulantes solubles y la alcalinidad del agua.(13)

El coagulante químico que más se utiliza es el sulfato de aluminio, llamado alumbre. Aunque el alumbre es el coagulante más utilizado, también se utilizan: el alumbre activado, que contiene sílice; el alumbre negro que contiene carbón activado; el aluminato de sodio; la caparrosa verde, vitriolo verde, o sulfato ferroso; el cloruro férrico; el sulfato férrico.(13)

La mezcla del coagulante químico y el agua, se lleva a cabo en tanques especiales agitándolos violentamente durante un corto tiempo, creando una turbulencia adecuada en el mezclado.(13)

La coagulación y floculación se realizan en un solo tanque durante un período que oscila de quince a cuarenta y cin-

co minutos, corrigiendo el pH, y solo después de efectuado el mezclado.(13)

La reacción entre el alumbre y los materiales alcalinos del agua en un abastecimiento es eficaz para eliminar la turbiedad, al mismo tiempo se absorbe una cantidad moderada de color debido a los coloides.(13)

Actualmente se recomienda agitar el agua repentina y violentamente al agregarle el coagulante, y disminuir gradualmente la turbulencia en cada etapa sucesiva del proceso; mezclado, coagulación, floculación y sedimentación.(13)

La reacción fundamental que se verifica con cualquiera de los cuagulantes, depende de la presencia de alcalinidad en el agua y que el flóculo que se produzca sea de hidróxido de aluminio o de hidróxido de hierro.(13)

A veces se utilizan ayudas de coagulación para producir un flóculo que se deposite fácilmente. Las más comunes son la sílice activada, la arcilla activada o la piedra caliza pulverizada.(13)

Si la coagulación se realizó correctamente, los flóculos deben de ser visibles en el agua clara iluminada en el estanque.(13)

La sedimentación sigue a la coagulación y floculación, primariamente para disminuir la carga en los filtros de arena.(13)

3. Ablandamiento: para ablandar el agua las grandes plantas utilizan el método de precipitación con cal, o cal y carbonato de sodio (sosa calcinada), o cal y bióxido de carbono, para hacer que se precipiten el calcio y el magnesio en forma de compuestos insolubles. En las poblaciones pequeñas o en plantas para usos industriales particulares se emplea el método de permutación iónica, consistente en filtrar el agua a través de una arena especial llamada zeolita natural, arena verde, o glauconita, o con zeolitas sintéticas.
(13)

4. Eliminación del hierro y el manganeso: El tratamiento depende del estado en que se encuentre el hierro. El hierro se encuentra en estado insoluble en los suelos y en las rocas. El hierro se oxida fácilmente, al contacto con el aire, pudiendo utilizarse para su eliminación el método de aireación. La sedimentación o filtración, o solo la filtración pueden eliminar el compuesto insoluble que resulta. Si el hierro y el manganeso se encuentran combinados con la materia orgánica se pueden utilizar los métodos de escurrimiento o filtración con materiales como coque, grava, minerales de manganeso, o el método de permutación de bases con otros

compuestos, en estos casos no debe de ocurrir la aereación previa.(13)

5. Eliminación del olor y el sabor: Es deseable prevenir o impedir que se formen sustancias que los produzcan el tratamiento preventivo más común y eficaz es añadir sulfato de cobre al agua. La cantidad de sulfato de cobre que se requiera, se debe de calcular tomando como base una profundidad de 3 metros del agua y aplicarse a intervalos de 2 a 4 semanas durante la época más calurosa del año. Debiendo ser distribuido uniformemente sobre la superficie del agua en tratamiento.(13)

Se logra un tratamiento eficaz del agua en los depósitos que se usen como fuentes de abastecimiento público de agua, durante todo el año con una aplicación continua de 0.18 mg/lt (1.8. gramos por metro cúbico o 1.5 libras por millón de galones). La aplicación continua de este producto debe de restringirse a estos abastecimientos pues de lo contrario se disminuye el alimento disponible para los peces.(13)

Para el tratamiento correctivo en la eliminación de sabores ya producidos, se necesita aplicar tratamientos como la aereación, la cloración, el bióxido de cloro, el ozono y el carbón activado.(13)

El carbón activado es muy eficaz. Generalmente se emplea en forma de polvo fino, en dosis desde 1.2 hasta 8 gr/ms (300 lbs/mgal aproximadamente), durante cortos períodos de tiempo, para tratar desperdicios industriales concentrados. También disminuye la descomposición de depósitos de lodo en los estanques de sedimentación y que remueve los olores y sabores con mayor efectividad, cuando se encuentra en la superficie de los filtros, que es cuando se asegura el contacto íntimo con el agua que se filtra. (13)

El carbón activado, en cantidades grandes es útil para dechlorar el agua para eliminar el olor y el sabor del cloro de la misma.(13)

6. SEDIMENTACION: con ella, se logran asentar por gravedad las partículas sólidas contenidas en el agua.(7)

Esta puede ser:

6.1. Simple para eliminar los sólidos más pesados sin tratamiento especial. Observándose que con mayor tiempo de reposo, es mayor el asentamiento de partículas y menor la turbiedad del agua. El reposo prolongado natural coadyuva a mejorar la calidad del agua, la acción ejercida por del aire y los rayos solares sobre ella mejora su sabor y olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias.(7)

6.2. Secundaria: ésta es utilizada para eliminar las partículas que no se depositan con reposo prolongado y que son la causa principal de turbiedad. Aplicándose para ello métodos de coagulación. (7,13)

7. FILTRACION: Generalmente se aplica después de la sedimentación, obteniéndose una mayor clarificación del agua. Existe gran variedad de filtros, como filtros o destiladores de piedra porosa, filtros de género, telas de algodón, lana o gasa doble, filtro de papel poroso, filtro de arena y filtros comerciales. Es muy importante señalar que la función principal de estos aparatos es solamente eliminar materias en suspensión, pudiendo retener bacterias, quistes, etc. (1,7,9, 13)

En el medio rural, son de mucha utilidad los filtros constituidos con grava y arena. (7,13)

8.- Control de la corrosión: La corrosión se debe a la disolución del hierro y otros materiales en las tuberías por el agua. El hierro se corroe porque sus moléculas son reemplazadas por iones de hierro (ferroso), los que reaccionan con los iones hidróxido del agua formando un compuesto insoluble: el hidróxido ferroso. Esto forma una capa protectora de hidrógeno y de hidróxido ferroso, pero el agua en movimiento, unida a impurezas, el oxígeno y el bióxido de carbono, tienden a desprender esta película protectora tan pronto como se va formando. (13)

La corrosión se controla:

8.1 reduciendo la concentración de iones hidrógeno al elevar el pH, con un álcali o sal básica; la cal, sosa cáustica, sosa calcinada, lechos de piedra caliza o mármol. La sosa cáustica es la más eficaz para elevar el pH, pero no forma capa protectora como la cal que es más barata, pero que tiene la desventaja de aumentar la dureza del agua. (13)

8.2 reduciendo el contenido de oxígeno disuelto con desaeradores, estos se utilizan en edificios que proveen agua caliente; pero no se pueden usar en las plantas de tratamiento. En la mayoría de las plantas es poco práctico el control del oxígeno disuelto, por la presencia de almacenamientos abiertos y a la aireación natural. (13)

8.3 reduciendo el bióxido de carbono. Por aireación se logra bajar su concentración hasta 5 mg/lt. y al agregarle sustancias alcalinas se le transforma en otras sustancias no corrosivas además se puede formar una película protectora con carbonato calcio sobre la superficie de la tubería. (13)

8.4 formando una capa protectora sobre la superficie del metal para que no pueda ponerse en contacto con los iones hidrógeno; utilizando entre otros el carbonato de calcio de-

biéndose realizar pruebas de laboratorio para determinar los valores del pH y la alcalinidad del agua para lograr el equilibrio del carbonato de calcio.(13)

9.- La evaporación ver pag. 16.

10.- Desinfección del agua: Para desinfectar el agua existen también métodos físicos y químicos.(7)

10.1.- Dentro de los métodos físicos podemos señalar:

10.1.1.- La filtración, que ayuda a eliminar bacterias, pero por si sola no garantiza la potabilización, debiendo tener un dispositivo especial para potabilizar el agua.(7)

10.1.2. La ebullición, que destruye los micro organismos patógenos, tales como bacterias, quistes, protozoos y huevos, no así los esporulados. Su efectividad depende de la turbulencia a la que se lleve el agua. Es recomendable utilizar exclusivamente para el efecto de hervir, enfriar y almacenar el agua un mismo recipiente. Se sugiere hervir el agua durante 10 a 15 minutos a 80 grados centígrados, con ello se eliminará el Vibro Cholerae por ejemplo.(1,3,7,8,21)

La ebullición altera el sabor, porque elimina los gases disueltos, particularmente el anhídrido carbónico, por lo que es necesario airear el agua, pero para que el proceso de desinfección no se altere, es conveniente utilizar otro recipiente que sirva también únicamente para hervir el agua, evitando así una nueva contaminación. Este proceso crea un poco de resistencia en la comunidad, por lo impráctico, el gasto de combustible y el tiempo que se necesita para realizarlo. (7,21)

10.1.3. Los rayos ultravioleta, cuyo empleo es limitado debido a que se requiere energía y un aparato especial para su aplicación. No es funcional en aguas turbias en donde su efectividad es reducida. Los rayos violeta son los de onda mas corta en el espectro visible. Todos los colores conocidos como ultravioleta tienen fuerte acción bactericida. Este es el método utilizado en Guatemala para tratar el agua comercial conocida como "Agua Salvavidas".(7,8)

10.2. Dentro de los métodos químicos tenemos:

10.2.1. El ozono, gas ligeramente azul de color ocre. Es una forma activa e inestable del oxígeno. Se descompone fácilmente en oxígeno molecular y oxígeno nascente, el cual es un potente oxidante. Debe de producirse en el lugar en donde va a utilizarse usando ozonificadores, en los que una descarga eléctrica transforma en ozono parte del oxígeno del aire. Este aire ozonado se comprime y se hace burbujear a través del agua que se esta tratando, en las unidades de ai-

reación. El ozono tiene propiedades desinfectantes con la ventaja de no producir sabores posteriores o residuales y no requiere un control cuidadoso en su dosificación máxima. Su aplicación es difícil de regular y no tiene acción residual. Pero por ser más caro que el cloro se ha limitado su uso al control de olores y sabores.(1,2,9,13)

10.2.2. El yodo, es un buen desinfectante, necesita media hora de contacto. Pero su costo es muy alto para ser utilizado e abastecimientos públicos. Se le conoce como desinfectante con el nombre de tinctura de yodo, y se utiliza en medicina en forma de yoduro de potasio y de sodio.(4,7)

10.2.3.- La plata, es bastante efectiva en forma coloidal o iónica, no deja sabor ni olor en el agua, su acción residual es muy conveniente. Pero su efectividad disminuye con la presencia de ciertas sustancias que se encuentran en exceso en el agua como los cloruros.(7)

10.2.4. El cloro, es de todos el elemento más importante para desinfectar el agua. Se utiliza para desinfectar objetos inanimados, para eliminar y controlar los olores y sabores en el agua, al eliminar la materia orgánica del agua en especial los compuestos de nitrógenos; evita la formación de algas; El cloro es capaz de matar la mayoría de bacterias, tales como hongos, levaduras, algas, virus y protozoos. Pero es relativamente inefectivo contra esporas. Al ser agregado al agua cruda ayuda a la coagulación de materias orgánicas y a quitar el hierro y el manganeso, objetos inanimados y en particular para la purificación del agua. es útil aún para declorar, y para decorar. Es viricida utilizando dosis superiores a 2 mg./l.(1,2,7,13,14,17,18)

El cloro ejerce su acción antimicrobiana y fungicida en forma de ácido hipocloroso indisociado (HOCL), que se forma cuando el cloro se disuelve en el agua a pH neutro o ácido, un pH de 5 es óptimo para su actividad antimicrobiana.(2,14,17)

Las concentraciones de cloro de 0.25 mg./L. son efectivamente bactericidas para muchos microorganismos, excepto para las micobacterias, las cuales son 500 veces mas resistentes.(14)

La acción bactericida del cloro y sus compuestos se ve disminuida o anulada al ser reducido su potencial de oxidación, cuando entra en contacto con la materia orgánica y sustancias reductoras en un medio como el agua. El cloro de esta forma no se encuentra disponible para la actividad antimicrobiana. A esto se le llama demanda de cloro.(1,2,9,14,17)

La demanda de cloro en el agua relativamente pura es baja, de manera que la adición de 0.5 mg./l. es suficiente pa-

ra su desinfección. Por el contrario si el agua esta muy contaminada puede ser muy alta, debiéndose agregar 20 o más mg/lt. de cloro para una acción bactericida eficaz.(14)

10.2.5. La halazona USP es una cloramina empleada en forma de tabletas para esterilizar el agua. la adición de 4 - 8 mg de halazona por litro, esteriliza el agua en 15 - 60 minutos, a menos de que una gran cantidad de materia orgánica impida su actividad. Pero no puede inactivar los quistes de *Entamoeba histolytica*.(14)

A.8. CLORACION.

La cloración es el procedimiento más importante en el cual se utiliza el cloro o alguno de sus derivados como hipocloritos de calcio o de sodio para la desinfección del agua, sobre todo en los abastecimientos públicos. El cloro es de todos los desinfectantes el más activo, efectivo, económico y de fácil manejo y control. Es además inocuo para el hombre en las dosis utilizadas para desinfectar el agua. Los más comunes son el líquido y el gaseoso, que se utilizan con equipos tipo cloradores, o en su caso hipocloradores.(2,3 7,13)

El cloro es un potente y eficaz bactericida, se utiliza como gas o como solución. ya sea solo o junto a otras sustancias químicas. Como gas, puede comprimirse fácilmente hasta licuarlo, lo que facilita su adquisición y transporte en recipientes de acero, o en carros tanque.(13) Se utiliza líquido para tratar el agua, pero para otros propósitos se utiliza bajo la forma de hipocloritos, cloraminas orgánicas, hidantoínas cloradas, isocianuros clorados, y compuestos oxidantes similares, capaces de liberar el cloro.(17)

Al mezclarse con el agua estos compuestos producen ácido hipocloroso y el ion hipoclorito. La acción bactericida causada por la acción del ácido hipocloroso no ionizado es letal en los organismos al reaccionar con la proteína celular, con los sistemas enzimáticos, con los grupos aminos contenidos en la estructura de la pared celular y del contenido de la célula destruyendo la vida o la estructura celular.(1,2,8, 17)

Green y Stumpf emplearon la técnica de química fisiológica para determinar el mecanismo bactericida del cloro, habiendo demostrado que el nivel de indicios en que el cloro es efectivo es en el momento en que impide un proceso enzimático clave; siendo este proceso la oxidación de la glucosa por la célula bacteriana. Al perderse el poder de oxidación de la glucosa, las células bacterianas mueren y las bacterias que han sido inactivadas por el cloro no pueden reactivarse.(1,2, 9,17)

La efectividad de la actividad y rapidez bactericida del

cloro y de sus compuestos depende de los mismos factores que rigen su acción química; como lo son, el periodo de reacción, la temperatura, el tiempo de reacción, la concentración de iones hidrógeno y la concentración de sustancias y materias orgánicas reductoras de cloro o sus compuestos.(1,2,7,13)

Su efectividad como desinfectante disminuye, al ser reducido su potencial de oxidación, al reaccionar con el amoníaco o sus derivados para formar residuos de cloro combinado, lo que también reduce la intensidad de su reacción con las bacterias.(2,9)

La actividad del cloro y sus compuestos, disminuye al incrementar el pH en el agua. La acción de soluciones con un pH de 4 a 7 son mejores que las que tienen valores de pH alto. Su estabilidad es usualmente mejor con las soluciones neutras y ácidas que con las que tienen un pH alcalino.(1,2,9,14,17)

Sin embargo, sus propiedades bactericidas aumentan al elevar: la temperatura, las concentraciones de iones hidrógeno y las concentraciones del cloro o sus compuestos.1,9,13)

A.8.1. Hipocloración.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro mientras que para abastecimientos medianos y pequeños se utilizan los hipocloritos de sodio o de calcio.(1,2,7,17) Estos son de gran utilidad en el área rural por la facilidad de acondicionamiento y transporte, como por la simplicidad del equipo dosificador. Los hipocloritos se agregan usualmente en forma de solución directamente al agua que se va a tratar. Se han utilizado también para desinfectar tanques, pozos, cisternas, líneas de tubería, etc.(1,2,7,13)

Según el Ing. Pedro Noriega el uso de cloro en forma de gas es poco factible en el área rural por razones de mercado, operación y mantenimiento.

A.8.2. Formas de presentación de los hipocloritos:

Existen tres formas de presentación de Hipoclorito manufacturado a partir de la fijación de cloro por el hidróxido de calcio o sodio con diferentes concentraciones.(1,2,3,)

Los más convenientes son los que contienen mayor porcentaje en peso de cloro equivalente. Son poco estables, debiendo guardarse en envases cerrados y lugares secos.(7)

C.1.2.1. La cal clorada; CaO Cl_2 . Es una combinación de cal apagada y gas cloro, se le conoce comercialmente como clorato de cal, cloruro de cal, polvo para blanquear, hipoclorito de cal etc. Actualmente se acepta que el oxiclورو de calcio (CaOCl_2), es el componente esencial del cloruro de

cal seco. Cuando se disuelve en agua, el oxiclорuro de cal se descompone en cloruro de calcio: $2\text{CaOCl}_2 = \text{Ca}(\text{OCl})_2$ y en hipoclorito de calcio: $2\text{CaOCl}_2 = \text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{CaCl}_2$. (1,7,9,13,14)

El hipoclorito de calcio, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, es el compuesto activo deseado en el tratamiento del agua, en el campo se utiliza también para la desinfección de excretas, es una forma barata pero inestable de cloro. Debe de adquirirse en cortas cantidades según se vaya necesitando. (1,7,9,13,14)

El cloruro de cal, se encuentra en el comercio en forma de polvo blanco seco, con un leve olor a cloro o ácido hipocloroso. Contiene de 25 a 37 % de cloro activo disponible en peso, el resto consiste en material inerte. Es soluble en agua cuando el producto es reciente, pero tiene el inconveniente de dejar residuos calcáreos. Existen algunos productos en el comercio de hipoclorito de calcio, como HTH, PERCLORON, CCH, que contienen de 65 a 75 por ciento de cloro, en peso. Estos productos son más estables que el cloruro de cal y se deterioran menos durante su almacenamiento, pero su costo es mayor. (1,9,13)

Los hipocloritos modernos difieren de la cal clorada porque:

El hipoclorito de calcio, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ya esta producido y el cloruro cálcico inerte ha sido eliminado en gran parte. Estos contienen entre un 65 % de hipoclorito de calcio correspondiente a un 32 % de cloro activo disponible, (2) y conservan su fuerza original durante un año o más en condiciones de almacenamiento normales. Se encuentran bajo forma de polvo blanco amarillento granulado y en tabletas, se disuelven fácilmente en el agua y dejan poco sedimento. Los hipocloritos de alto rendimiento se envasan en latas y tambores de 5 a 100 libras de peso neto. (1,9)

C.1.2.2. Las soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) varían en concentración desde 3 hasta 15 por ciento de cloro disponible en peso, sirve como fuente de cloro en las instalaciones pequeñas, y por lo general puede adquirirse en la mayoría de las ciudades. (9,13) Es un líquido levemente amarillento y denso. Se descompone por la acción del calor y de la luz solar, por lo que debe almacenarse en locales frescos y oscuros, fuera del alcance de los rayos solares. (1,2,13) Se venden en garrafones de vidrio de 20 litros, su actividad se conserva durante tres meses, si se guarda en un lugar fresco y oscuro. (9)

La solución de hipoclorito de sodio (NaOCl), al 0.5% (solución diluida de Dakin modificada) NE, contiene aproximadamente 0.1 g de cloro disponible en 100 ml y se utiliza como líquido de irrigación para limpiar y desinfectar heridas

contaminadas.(14)

Las soluciones de hipoclorito de sodio que se venden en el comercio como blanqueadores de uso casero están bastante diluidas conteniendo un 3 a 5 % de cloro activo, lo que las hace productivas para la industria.(2,9)

Las soluciones de hipoclorito, para el tratamiento de agua, se diluyen en concentraciones de 0.5 a 1 por ciento en peso. Al preparar estas soluciones se debe de tener en cuenta el contenido de cloro de la solución concentrada.(2.9)

C.2. Reacciones químicas del cloro en contacto con el agua: hidrólisis.

El cloro reacciona con el agua formando el ácido hipocloroso (HOCl) y el ácido clorhídrico (HCl):



Esta hidrólisis es reversible. El cloro como ácido hipocloroso, se disocia a iones de hidrógeno (H⁺) y iones de hipoclorito (OCl⁻):



Dándose una reacción reversible. Ambas dependen del potencial de hidrógeno (pH) del agua; La primera reacción predomina con los valores bajos del potencial de hidrógeno y la segunda reacción con los valores altos del potencial de hidrógeno. Las cantidades de ácido hipocloroso y de iones de hipoclorito formadas en las dos reacciones equivalen en capacidad oxidante a la cantidad de cloro original.(2,9,13) *1

Cuando el potencial de hidrógeno es de 5.0 o menor, el cloro se encuentra como cloro molecular; cuando se encuentra entre 0.5 y 6.0, el cloro se encuentra casi enteramente como ácido hipocloroso; con el potencial de hidrógeno arriba de 6.0 encontramos iones de hipoclorito; y cuando tenemos 7.5 de potencial de hidrógeno, se hacen predominantes los iones de hipoclorito. Las soluciones con potenciales de hidrógeno de 3.0 o menos se obtienen únicamente cuando el cloro gaseoso se difunde en el agua formando soluciones concentradas (500 mg/lt o más). En la práctica de cloración de agua, la cantidad de cloro aplicada no produce soluciones concentradas de tal fuerza.(9)

*1 Ing. Saravia, Pedro. Dirección de Saneamiento ambiental. División de Ingeniería Sanitaria. Ministerio de Salud Pública de Guatemala.

El valor del potencial del hidrógeno del agua clorada se encuentra generalmente en el intervalo en que el cloro existe como ácido hipocloroso y como iones de hipoclorito. A este cloro existente en el agua como ácido hipocloroso y como iones de hipoclorito se le llama cloro activo libre, o cloro residual libre.(8)

Como puede observarse, la alcalinidad del agua se reduce al aplicársele cloro. 1 mg/L de cloro en el agua neutralizará no menos de 0.7 mg/L, según el grado de ionización del ácido hipocloroso y el grado en el cloro es consumido por las materias orgánicas en el agua.(9)

El cloro en el agua es un agente químico muy activo y su adición a la misma como cloro activo libre produce varias reacciones químicas: a.- la combinación directa del cloro con materias orgánicas e inorgánicas; b.- la oxidación de los compuestos orgánicos e inorgánicos, reductores tales como el ácido sulfhídrico, manganeso y los nitrito, lo cual dará como resultado que no habrá desinfección; y c.- la coagulación o precipitación, o cambio en el estado físico de los compuestos orgánicos.(7,9,13)

Pero si se agrega suficiente cloro al agua para que reaccione con las sustancias reductoras, con un poco más de cloro que se le agregue reaccionará con cualquier materia orgánica presente, para producir compuestos orgánicos de cloro los cuales tienen poca o ninguna acción desinfectante, pudiendo causar olores y sabores.(13)

Si se agrega cloro en cantidades suficientes para que reaccione con todas las sustancias reductoras, la materia orgánica, y el amoníaco, un poco más de cloro que se agregue quedará como cloro residual libre disponible, el cual es un agente desinfectante muy activo.*(13)

La cantidad de sustancias reductoras, materia orgánica y amoníaco, varía con el tiempo y son diferentes para cada agua, aún en el mismo abastecimiento de agua. Por lo cual, debe de variar también la cantidad de cloro que debe de agregarse al agua para su desinfección.(13)

A la cantidad de cloro consumida por las sustancias reductoras y la materia orgánica se le denomina Demanda de Cloro. Cuantitativamente se le define, como la cantidad de cloro que se le aplica al agua, menos la cantidad de cloro que queda después del período de reacción, seleccionándose por lo general 10 minutos, según se mida con la prueba de ortolidina.(1,2,9,13)

Al cloro que queda en el agua después de la reacción o-

* VER figura # 1. CURVA DE DEMANDA DE CLORO.(13)

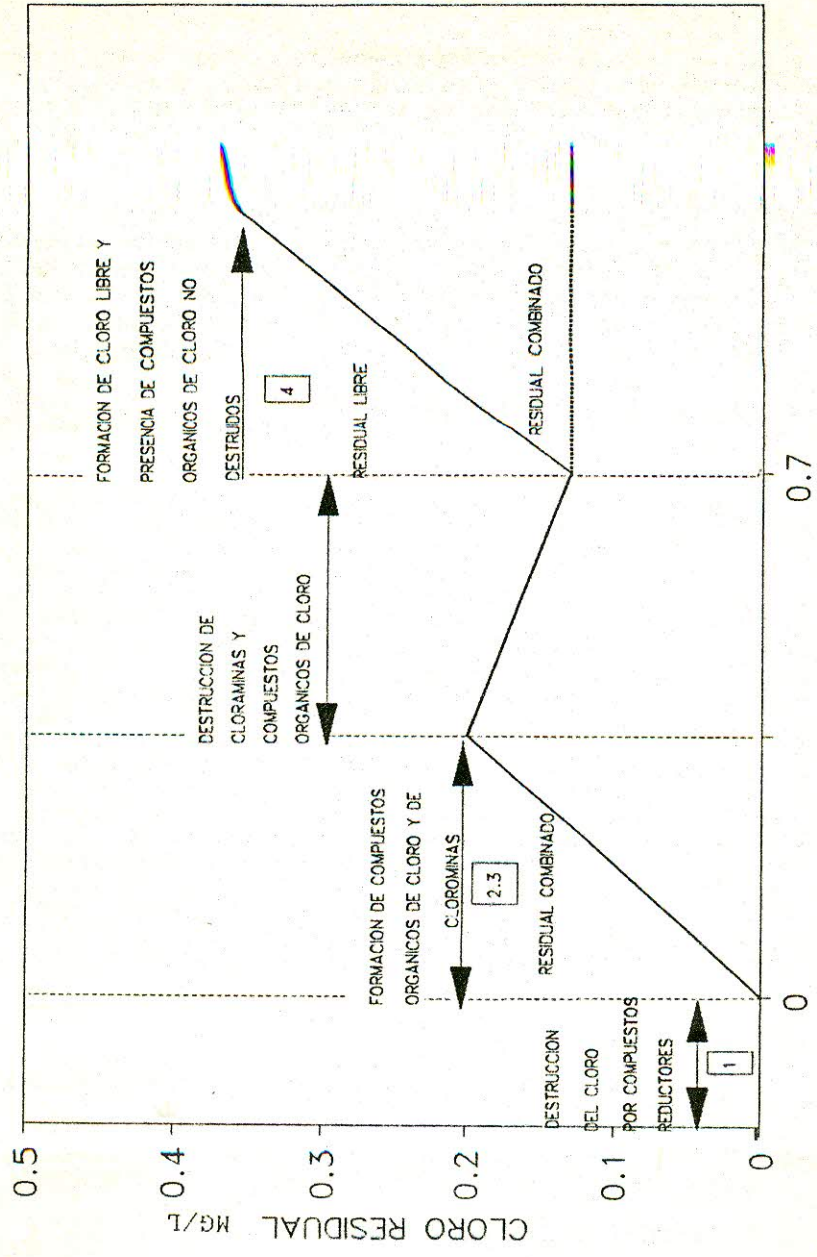


FIGURA 1
CLORO AGREGADO MG/L
RELACIONES DEL CLORO EN EL AGUA

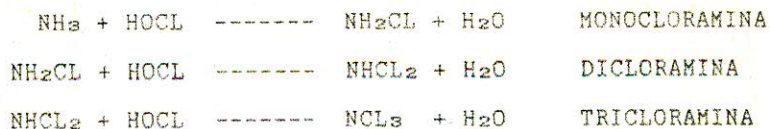
xidante se le denomina cloro residual libre disponible, el cual es un agente desinfectante muy activo. (1,2,8,13,17)

A la cantidad de cloro, que permanece después del periodo de reacción, se le denomina cloro residual, y se expresa en miligramos por litro o en partes por millón (ppm). (1,2,8,13)

El cloro residual puede existir como compuestos clorados de materia orgánica y amoníaco, conociéndose como cloro residual combinado y puede estar como cloro residual libre o bien estar al mismo tiempo como cloro combinado y como cloro residual libre. Conociéndose en este caso como cloro residual total. En consecuencia, cloro suficiente es la cantidad requerida para producir un residual deseado, ya sea combinado, libre o total, después de un periodo de contacto definido. (1,2,8,13)

"La reactividad química del cloro es una función de su capacidad para combinarse con materias orgánicas e inorgánicas y de proporcionar oxígeno para oxidar las sustancias reductoras. La intensidad con la cual cualquier agente oxidante entra en reacción química se mide por su potencial de oxidación." (8) Por lo que al agregar cloro al agua se producen reacciones químicas cuya intensidad depende del potencial de oxidación y reducción del cloro activo libre y de los compuestos de cloro que se hayan formado. El cloro activo libre reacciona con el amoníaco formando cloraminas y con los compuestos orgánicos nitrogenados (proteínas y aminoácidos) formando derivados clorados. Las cloraminas y los derivados clorados tienen un potencial de oxidación más bajo que el del cloro activo libre, pero el cloro activo combinado en esta forma sirve todavía para las reacciones químicas. (9) "El residuo de cloro activo libre se llama cloro residual existente en el agua en forma de ácido hipocloroso y de iones hipoclorito. Al residuo de cloro activo combinado se llama cloro residual existente en el agua en combinación química con el amoníaco o con los compuestos orgánicos nitrogenados." (9)

Reacciones químicas del cloro con el agua con compuestos nitrogenados: (9)



C.3. Formas de clorar el agua:

Existen diferentes formas de clorar el agua, todas con el mismo efecto, ya que la dosificación se ha calculado para dar cantidades equivalentes de cloro residual en el agua tratada. La cantidad de cloro que se recomienda, se aplica úni-

camente cuando el agua es clara y transparente. Si esta sucia o turbia se recomienda hervirla.(1)

La cloración se puede efectuar con hipoclorito de calcio

- a.- en polvo, como el que se utiliza para las piscinas, este es el más barato pero el más difícil de manejar.(3)
- b.- en tabletas desinfectantes del agua, que se pueden obtener comercialmente.(3)
- c.- en forma líquida como los blanqueadores líquidos sin detergente para ropa.(3)

De acuerdo a la norma COGUANOR la cloración de los abastecimientos públicos de agua es el proceso mas importante para obtener agua sanitariamente adecuada. Su desinfección con cloro o sus derivados implica una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua. Siendo los límites adecuados de concentración de cloro residual libre la porción de cloro residual total que sea "libre" y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica.(3)

Con el apareamiento del Cholera Morbus en Guatemala en 1991, se efectuó un seminario taller titulado "El problema del Cólera y la Necesidad de un Plan de Acción en el Abastecimiento del Agua y el Saneamiento", habiéndose recomendado aumentar los valores del cloro residual libre del agua potable, en la norma Coguanor NGO (Norma Guatemalteca Obligatoria) 29001, emitida por primera vez por el Ministerio de Economía a través de la Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor) en 1985 habiéndose modificando el inciso 4.4 "Agua Clorada", en el cuadro 4 en la forma siguiente:(1)

RELACION ENTRE CLORO RESIDUAL LIBRE Y SUS LIMITES

MAXIMOS ACEPTABLES (LMA) Y LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP)

Sustancia	L.M.A	L.M.P.
Cloro Residual Libre (1991)	0.4-0.77 mg/lt	0.7-1.2 mg/lt
Cloro residual Libre (1985)	0.3-0.5 mg/lt	0.6-1.0 mg/lt

(1,3)

Actualmente el límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución de 0.4 a 0.7 mg/lt después de 30 minutos de contacto, con el propósito de reducir en un 99.99 % la concentración de virus entéricos.(1)

Si existe amenaza o prevalecen brotes de enfermedades de origen hídrico, debe mantenerse el cloro residual en el límite máximo permisible de 0.7 a 1.2 mg/lt en todas las partes del sistema de distribución haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Debiéndose tomar medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua. (1)

C.4. PREPARACION DE SOLUCIONES DE CLORO: Se pueden preparar soluciones diluidas de cloro de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$g = \frac{C \times L}{\% \text{ Cloro activo} \times 10}$$

Donde:

g= gramos de hipoclorito.

C= mgs. por litro de cloro activo o partes por millón deseadas.

L= Litros de agua.

Con esta fórmula se pueden hacer las concentraciones que se deseen, con los diversos hipocloritos de calcio. El % de cloro activo de las soluciones de hipoclorito comercial (85 % de pureza) corresponde 32 %. Si tenemos hipoclorito de calcio al 32 % de cloro activo para preparar una solución madre y se desea alcanzar la concentración propuesta, aplicamos la fórmula: (3,7)

$$g = \frac{5,120 \text{ mg/L} \times 1 \text{ litro}}{32 \times 10} = 16 \text{ gramos}$$

Es decir que hay que diluir 16 gramos de hipoclorito de calcio en un litro de agua para preparar una solución madre de 5120 ppm (mg/lt) a partir de la cual podrá clorarse el agua en la forma siguiente:

1 litro	3 gotas
5 litros	15 gotas
10 litros	30 gotas (1 1/2 gotero)
100 litros	15 ml (1 cucharada)
1 m cubico (1000 litros)	150 ml (10 cucharadas)
1 galón	11 gotas
5 galones	55 gotas
1 tonel (54 galones)	30 ml (6 cucharadas)

La concentración de materia orgánica varía de una fuente de agua a otra, por lo que la recomendación puede ser buena para una determinada calidad de agua. El agua obtenida de esta forma es de aproximadamente 0.88 ppm o mg/lt.(9)

Las soluciones preparadas con hipoclorito de calcio deben utilizarse antes de 4 días, ya que pierden su efectividad a partir del quinto día.(3,7)

C.5. TRATAMIENTO DOMESTICO DEL AGUA

Este método es utilizado en los lugares en donde no hay agua potable. Existen dos formas para tratar el agua: (3)

- 1.- La ebullición del agua. Se hierve el agua, retirándola del fuego al primer hervor. En este caso no es necesario clorarla.
- 2.- Aplicando el método de la cloración con soluciones comerciales de hipoclorito de sodio (3 -5 % de cloro activo.)
 - 2.1. Utilizando cloro líquido; como blanqueadores líquidos para ropa sin detergente (magia Blanca, ajax cloro, limpiol).

Se aplica al agua, la cantidad de cloro líquido como se indica en la tabla 1, se mezcla bien y se esperan 20 minutos antes de utilizar el agua así tratada.(3)

El agua debe de guardarse en recipientes plásticos limpios, protegidos de la luz y tapados adecuadamente. Se debe de usar un cucharón limpio de mango largo para sacar el agua. (3)

Esta agua puede contener dependiendo del % de cloro activo en la solución comercial adquirida 1.2 a 1 ppm (mg/lt) de cloro residual, equivalente a partes por millón, y deberá de utilizarse en un período de 24 a 48 horas.(3)

Las soluciones comerciales de hipoclorito de sodio una vez abiertas, deberán utilizarse para clorar agua durante un periodo no mayor de 15 días, debido a la velocidad con que se degradan.(3)

Para desinfectar verduras o granos. Pueden lavarse con agua y jabón, salvo los granos y hojas, como apio, maíz, arroz, lechuga. Estos pueden sumergirse en agua hirviendo durante 30 segundos, lo que mata todos los vibriones. O bien sumergirlos 20 minutos en agua clorada "(200 ppm)". Con hipoclorito de sodio solución comercial: 1 cucharada por galón de agua o 1 cucharadita por litro o con hipoclorito de calcio solución 0.5 %: 10 cucharadas por galón, u ocho cucharaditas

por litro.(3)

Tabla 1. DOSIFICACION DE CLORO

AGUA	CLORO
1 galón *	3 gotas
5 galones	15 gotas
10 galones	30 gotas
15 galones	45 gotas **
20 galones	60 gotas
30 galones	90 gotas ***
35 galones	1 cucharadita
1 tonel (54 galones)	4 tapitas ****
1 litro	1 gota
5 litros	5 gotas
10 litros	10 gotas
1 metro cubico	10 cucharaditas

* galon americano que equivale a 3.782 litros.

** una tapita de agua gaseosa.

*** dos tapitas de agua gaseosa.

**** tapitas de agua gaseosa.

El sabor desagradable que produce el cloro residual en el agua puede corregirse con un poco de ácido cítrico o con thiosulfato de sodio.(17)

Para la desinfección de pisos, superficies, cubetas, bañinicas, lavamanos, inodoros, etc. contaminados con vómitos o excrementos. Se deben de lavar o limpiar con una solución de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio al 1% de cloro activo.(3)

C.6. DETERMINACION DE DEMANDA DE CLORO Y CLORO RESIDUAL

La determinación aproximada de la cantidad de cloro que debe de agregarse a un volumen determinado de agua "demanda de cloro", necesaria para su desinfección adecuada, puede hacerse por el siguiente método en el medio rural.(1,7)

Se prepara una solución conteniendo 1 gr./L.(1 mg. por

ml) de cloro. Se colocan en hilera 10 botellas que contengan aproximadamente 200 ml. (como las de agua gaseosa) deben de ser transparentes. Se llenan de agua limpia no turbia, dejando un espacio pequeño para añadir la solución de cloro a cada una de la siguiente forma: 10 gotas a la primera botella, 20 a la segunda, 30 a la tercera, Y así sucesivamente. (Los goteros dan 1 ml. por cada 20 gotas). Seguidamente se deben de agitar las botellas suavemente y se dejarán reposar desde 1/2 hasta 1 ó 2 horas. Luego de pasado este tiempo de reposo, se le agregará a cada botella 2 a 3 cristales de yoduro de potasio. (el que se compra en la farmacia) se agita el agua hasta disolver los cristales. Se le agregan 4 a 5 gotas de vinagre se agita nuevamente, se le colocan unas gotas de solución de almidón (del de uso casero para la ropa). Se vuelve a agitar. Se observará que el agua toma un color azul morado. La intensidad del color azul-morado es proporcional a la cantidad de cloro residual presente en el agua, mientras más intenso sea el color, más cloro contiene el agua.(1,7)

La botella con color azul morado más tenue indica la demanda de cloro. Esta se calcula de la siguiente forma: Si se emplearon botellas de 200 ml. y de la segunda botella se obtuvo el color más tenue; y en esta se colocaron 20 gotas o sea 22 ml. de solución clorada preparada de manera que cada milímetro contuviera 1 mg. de cloro, entonces para saber la cantidad que debe agregarse a cada litro de agua, se hace la siguiente proporción:

$$X = \frac{1 \times 1000}{200} = 5 \text{ mgs./Lt.}$$

(1,7)

En el mercado existen varias clases de "Comparadores de Cloro" para determinar la concentración de cloro residual en el agua. Si se carece de un comparador, puede utilizarse la prueba del yoduro de potasio para su determinación.(1,7,22)

A.9. VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.

La finalidad de la vigilancia es garantizar la inocuidad del agua potable. La vigilancia del agua potable se puede definir como la continua y vigilante evaluación e inspección sanitarias de la inocuidad y aceptabilidad del suministro de agua potable. Un tratamiento irreprochable no sirve si el sistema de distribución permite la contaminación debido a instalaciones defectuosas o de interconexiones. El sistema de distribución puede ser excelente pero no protegerá la salud pública si el agua de distribución está tratada inadecuadamente. Además, la capacidad de tratamiento puede no ser suficiente si la fuente está muy contaminada.(22)

El programa de vigilancia comprende: examen técnico, o

encuesta sanitaria por personal calificado el cual inspecciona y evalúa directamente los dispositivos, condiciones y prácticas del sistema de abastecimiento. El examen físico, biológico por lo general bacteriológico y químico consiste en el análisis, directo y de laboratorio de las muestras de agua. El examen institucional se refiere a los factores de gestión y funcionamiento que puedan causar riesgo para la salud del consumidor, por ejemplo la incompetencia del personal.(22)

La evaluación de los riesgos sanitarios en un sistema importante de abastecimiento de agua comprende como mínimo: La calidad de la fuente, producción de la fuente, sistema de distribución (calidad, presión y continuidad), control de la calidad (registros, toma de muestras, análisis), eliminación de interconexiones y del retrosifonaje, cloro residual en el sistema de distribución (cuando proceda), protección de la fuente, suficiencia y seguridad del tratamiento, prácticas de construcción y reparación (incluida la desinfección antes de que se reanuden los servicios), métodos de conservación, calidad del servicio.(22)

La vigilancia consiste también en aplicar medidas correctivas para reducir o eliminar los riesgos sanitarios y en dar asesoramiento, asistencia y estímulo para mejorar los servicios, formación de personal y educación sanitaria del público para prevenir enfermedades intestinales transmitidas por el agua.(22)

A.9.1. Análisis de las muestras de agua: El principal motivo de preocupación es la calidad bacteriológica del agua, por el riesgo de epidemias de enfermedades transmitidas por el agua. Sin olvidar el daño que pueden producir los productos químicos que pueda contener el agua. Las pruebas de laboratorio para determinar la inocuidad química y bacteriológica del agua potable, constituyen una valiosa información sobre el funcionamiento del sistema y si los puntos de obtención de la muestra son idóneos se pueden obtener datos muy interesantes sobre las zonas con problema.(22)

A.9.2 Cloro residual y pruebas bacteriológicas para la vigilancia del agua potable. Las pruebas bacteriológicas, para vigilar continuamente el agua potable, requieren de mucho tiempo para obtener los resultados. La prueba de fermentación en tubos múltiples para detectar bacterias coliformes tarda de 48 a 96 horas, la prueba del filtro de membrana, de 18 a 22 horas. La prueba más rápida, todavía en fase de investigación, requiere 8 horas. Las pruebas bacteriológicas requieren determinados conocimientos y equipo de laboratorio que a menudo no se tiene a mano, especialmente cuando se está fuera de la ciudad. Además estas pruebas no son baratas.(22)

Al añadir cloro al agua, la prueba de cloro residual es

en determinadas condiciones un método útil para controlar la calidad del servicio. Se realiza rápida y fácilmente, se aprende sin dificultad, no es cara y advierte inmediatamente si la calidad del agua es anormal o poco satisfactoria. "La existencia de cloro residual en concentración adecuada durante un tiempo suficiente garantiza razonablemente que el agua está exenta de bacterias patógenas."(22)

Las pruebas bacteriológicas se pueden reemplazar por la prueba de cloro residual siempre que el organismo de vigilancia y la administración del sistema de abastecimiento público del agua estén de acuerdo;

A.9.2.1. Respecto a las muestras en que se reemplazará el examen bacteriológico por la determinación del cloro residual, respecto al número de muestras necesarias, así como a la frecuencia del muestreo y distribución de los puntos de toma de las muestras.(22)

A.9.2.2. Sobre la concentración mínima y el tipo de cloro residual que se ha de mantener.(22)

A.9.2.3. Sobre la técnica analítica a utilizar.(22)

Al utilizar la prueba de cloro residual y encontrar un punto de muestreo con una concentración inferior al mínimo permisible, se tomará inmediatamente otra muestra para repetir la determinación de cloro residual. Si esta muestra no contiene una concentración adecuada, se aumentará la dosis de cloro al sistema de abastecimiento de agua, se pasará rápidamente agua por la tubería y se continuará tomando muestras hasta que se obtenga la concentración de cloro adecuada. Si no se produce ningún efecto al aumentar la dosis de cloro o si es necesaria una cloración excesiva, se deberá efectuar una encuesta sanitaria por el personal del sistema de abastecimiento, para determinar la posibilidad de contaminación del suministro. Si es necesario, se lavarán a presión, se limpiarán y desinfectarán las tuberías y los depósitos de reserva contiguos al punto de muestreo. Si se dispone de medios de laboratorio se tomarán y analizarán bacteriológicamente las muestras de agua. Si esto no es suficiente, se pedirá ayuda al organismo de vigilancia y se informará a la población que se pueda ver afectada para que hiervan toda el agua potable hasta que se compruebe que el agua del sistema de abastecimiento es inocua.(22)

En 1975 se revisaron las normas del agua potable en Estados Unidos, permitiéndose reemplazar las pruebas bacteriológicas por la determinación de cloro residual.(22)

A.10. METODOS DE ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA.

Existen dos parámetros o indicadores esenciales para

la vigilancia de la calidad del agua. La concentración de cloro residual, la cual fue el objeto de este estudio y por lo tanto nos referiremos aquí únicamente a ella y el número de bacterias coliformes en el agua, ya estudiado anteriormente en (21); ambos parámetros indican la posible contaminación del agua con materias fecales.(22)

A.10.1. Métodos para medir la concentración de cloro residual. Existen métodos colorimétricos económicos, que pueden utilizarse sobre el terreno o en el laboratorio, los que son suficientemente precisos para controlar la dosificación de cloro. Para el efecto se utilizan estuches de colorimetría, a menudo llamados comparadores o cloroscopios de bolsillo. Estos estuches contienen patrones permanentes, que son pequeños cristales coloreados, generalmente montados sobre un disco, o ampollas de vidrio cerradas llenas de líquido coloreado, que pueden compararse con la muestra contenida en una ampolla análoga, pero abierta. Los patrones se deben manipular con cuidado y preservarse del calor, de la luz y de la proliferación de hongos, se deben mantener libres de polvo y evitar cualquier derrame del líquido.(22)

En el estudio realizado en la Colonia Belén para determinar los niveles de cloro residual en el agua de consumo se utilizó tipo de estuche de colorimetría, montado sobre una ampolla de vidrio cerrada llena de líquido coloreado y otra ampolla análoga abierta en donde se colocó el agua de la muestra con cinco gotas del reactivo de ortolidina, para obtener la medición en mg./Lt. de cloro residual, de dicha agua.(22)

Este estuche permite obtener resultados rápidos, aceptables y constantes si los operadores han recibido una formación mínima. Como estos estuches son portátiles, resultan útiles para las operaciones de comprobación sobre el terreno (22)

A.10.2. PRUEBA DE ORTOLIDINA:

En solución ácida, la ortolidina reacciona con el cloro libre o combinado y da una coloración amarilla. La ortolidina reacciona instantáneamente con el cloro libre, pero más lentamente con el combinado. En esto se funda el método "relámpago": si la estimación se efectúa dentro de los 10 segundos siguiente a la adición del reactivo "ortolidina", se determinará el cloro libre únicamente.(22)

A.10.3. Preparación y conservación de la solución de ortolidina utilizada en este estudio. La solución de ortolidina no se conservará más de 6 meses. Para evitar toda decoloración o precipitación por exposición accidental a temperaturas elevadas o a luz solar, con los consiguientes errores de análisis.(22)

Para su preparación, se disuelven 1.35 g de diclorhidrato de ortolidina en 500 ml de agua destilada. Esta solución se añade, agitando constantemente a una mezcla de 350 ml de agua destilada y 150 ml de ácido clorhídrico concentrado. En la preparación de este reactivo no se empleará ortolidina base. (22)

La ortolidina debe conservarse en frascos de vidrio de color pardo o en la obscuridad. Se debe proteger de la luz solar directa y debe de utilizarse dentro de los 6 meses subsiguientes a su producción. Debe de evitarse el contacto con cualquier objeto de caucho y mantenerse a temperatura ambiente, evitando temperaturas extremas. (22)

La ortolidina es sumamente tóxica por lo que no deben usarse pipetas de aspiración para trasvasar los reactivos. Debe de evitarse su inhalación y el contacto con la piel. (22)

En Guatemala

Según el ingeniero Pedro Saravia, Dirección de Saneamiento Ambiental. División de Ingeniería Sanitaria, Ministerio de Salud Pública de Guatemala. La cantidad de cloro residual se encuentra en función de la población, la dotación de agua, la calidad del agua y del dinero que se disponga.

La dotación del agua, es la cantidad de agua consumida diariamente. Pero el problema a veces no es solo el consumo, sino también el abastecimiento o producción. Estos dos nos indican la cantidad de agua a tratar. Luego tenemos que ver la calidad del agua, si tiene ésta tiene cloro agregado o es agua destilada. La cantidad de cloro agregado al agua, debe de ser igual a la cantidad de cloro residual, como comportamiento inicial.

En Guatemala, EMPAGUA utiliza en la planta de tratamiento de agua Mariscal, hipoclorito de calcio. Actualmente están preclorando para ayudar a la clarificación del agua, luego le aplican el coagulante y pasa al sistema de floculación, la dejan reposar y el flóculo sedimenta, quedando el agua transparente, ésta se pasa por un filtro en donde se queda lo que no se eliminó con el coagulante. Empero, los virus y las bacterias pasan el filtro. Al pasar el filtro, se le agrega el cloro, luego se va el agua a los tanques de distribución y a la red que le corresponda. La obtención de 0.5 a 0.7 mg/lt de cloro residual al final de la red de distribución asegura que toda la red de distribución tiene cloro residual, por lo tanto el agua de la misma es sanitariamente segura.

La cal es utilizada en el tratamiento del agua durante la coagulación ya que ayuda a corregir el pH.

Para que el agua sea sanitariamente segura, se tiene que tener 24 horas de flujo constante y encontrar cloro residual al final de la red de distribución.

El cloro es un buen desinfectante, pero no elimina los protozoos (amiba), solo las bacterias, virus y poliovirus.

A nivel rural la práctica de la cloración es difícil por la carencia de gente especializada en el ramo.

Actualmente se utilizan blanqueadores para el tratamiento doméstico del agua, lo que hace necesario saber si lo manejan adecuadamente. Por ejemplo si lo utilizan durante las 48 horas inmediatas después de haberlo abierto, si es adecua-

da la temperatura del lugar donde lo guardan y si el recipiente de almacenamiento es obscuro, ya que la luz y el calor pueden degradarlo.

V.3. INTOXICACION POR CLORO

En los últimos diez años se ha puesto más atención a la contaminación del agua por sustancias orgánicas, tóxicas contaminantes, habiéndose encontrado más de 2000 contaminantes químicos, de los cuales 750 se detectaron en el agua potable; y de estos 600 son sustancias orgánicas, muchas farmacológicamente activas, varias reconocidas como carcinogénicas o promotoras carcinogénicas y algunas con propiedades mutagénicas.(1,2)

La calidad del agua potable puede afectar la salud y el bienestar de una comunidad. Es importante observar la contaminación química por cantidades pequeñísimas de sustancias en especial las orgánicas y su relación con los otros riesgos para la salud asociados con el agua potable: como enfermedades transmitidas por el agua de origen bacteriano y vírico, así como la transmisión de parásitos. La importancia relativa asignada a estos riesgos debe de establecerse teniendo en cuenta la situación local o regional. Por ejemplo: se pueden usar plaguicidas para combatir vectores de enfermedades y cloro para la desinfección del agua.(1,7)

Los riesgos asociados con concentraciones bajas de compuestos inorgánicos (como plaguicidas y trihalometanos) tal vez sean menores que el riesgo que eliminan.(1)

La cloración del agua potable que contiene sustancias orgánicas naturales, provoca la formación de una serie de subproductos que incluyen los hidrocarburos clorados de bajo peso molecular. Principalmente:

a.- los cuatro trihalometanos, bromodichlorometano, dibromoclorometano y tribromometano (bromoforno) y cloroforno.(2)

La proporción o relación entre los cuatro químicos fue relativamente constante, indicando la probabilidad de tener un precursor común o grupo de precursores de hidrocarburos halogenados.(2)

Se ha comprobado que el cloroforno produce cancer en los animales de laboratorio y que representa un riesgo de cancer para el hombre pero, aún no se ha determinado el mecanismo de la carcinogenesis. Se ha comprobado que tanto el cloroforno como el tetracloruro de carbono (CCl_4), acetaminofén, o bromobenceno son nefrotóxicos y hepatotóxicos.(1,2)

Procedimientos analítico-químicos, sensitivos y específicos han revelado que el cloroforno es el hidrocarburo clorado más producido durante la cloración para purificar el agua y se le encuentra presente en pequeñas pero definidas cantidades en los abasocimientos de agua. Al igual que el

tracloruro de carbono, el cloroformo causa daño hepático y renal, más renal que hepático, lo contrario que el tetracloruro de carbono. La administración crónica en ratones desarrolla tumores hepáticos y la administración de por vida en ratas indujo a pequeñas formaciones de neoplasia renal. Moore et al 1982, encontraron una asociación entre la toxicidad hepático renal y la ocurrencia de neoplasias.(2)

La administración de tricloroetileno, tricloroetano y percloroetano en ratones induce a la neoplasia hepático-renal como es virtualmente típico en todos los hidrocarburos clorados. Estos químicos son altamente tóxicos para los riñones en ratones y más aún en ratas.(2)

Lo importante es que los saturados tricloro o tetracloroetanos demuestran el mismo tipo de toxicidad y espectro de tumores que los derivados del etileno.(2)

Los proliferadores de peroxisomas, producen tumores hepáticos en los roedores. El incremento de peroxisomas, incrementa el H_2O_2 que puede inducir a la formación de una especie de oxígeno reactivo capaz de dañar el DNA e iniciar la carcinogénesis. Esto los coloca como carcinogénicos epigenéticos.(2)

Los halometanos: el tetracloruro de carbono, el 1,2 dicloroetano, el cloruro de metileno no parecen ser producidos durante la cloración.(2)

El valor guía recomendado por el cloroformo solo es de 30 ug/L. Para nuestro país la norma COGUANOR estipula que para substancias como los trihalometanos el límite no debe de exceder 0.1 mg/lt.(1)

Estudios realizados por el National Research Council. Vol. 3. 1980, para comparar la producción o no de trihalometanos al clorar el agua de un río, de agua filtrada y agua tratada previamente con carbón activado, indicaron que al aplicar la cantidad de cloro al agua obtenida del río satisfaciendo la demanda de cloro de ésta, se produjo aproximadamente siete veces más cloroformo que al clorar el agua filtrada y aproximadamente 80 veces más que con la cloración de agua tratada con carbón activado. Se ha podido observar que las concentraciones de materiales orgánicos son reducidos durante la coagulación, reposo y filtración, del agua, lo que lleva a evitar la formación de cloroformo durante el proceso de cloración. De esto se desprende la posibilidad de reducir la cantidad de hidrocarburos clorados que se forman durante el proceso de la cloración. Al alternar el proceso de purificación del agua clorando ésta solo después de la remoción de los materiales orgánicos a través de las fases de filtración y coagulación.(2)

En lo que respecta a los hidrocarburos halogenados de

bajo peso molecular en el agua potable. Llamó la atención en 1970 que el agua para beber, suministrada en Louisiana, New Orleans, contenía más hidrocarburos clorados que el agua no tratada del río Mississippi. Sumado a esto, estos trabajadores reportaron la presencia de hidrocarburos clorados, incluyendo tetracloruro de carbono en el plasma sanguíneo, de personas voluntarias.(2)

Page et al. en 1976, reportaron datos de correlación estadística entre la incidencia de ciertos tipos de cáncer en la población de New Orleans, y la fuente de obtención del agua distribuida. Estudios realizados más tarde por Gottlieb et al. en 1982, no confirmaron todas las conclusiones anteriores con respecto a la incidencia del cáncer, el estudio de un caso control de mortalidad por cáncer demostró definitivamente la asociación entre la superficie del agua clorada en el sur de Luisiana y el riesgo significativo de padecer de cáncer rectal. No se incrementó el riesgo de cáncer del colon y ningún efecto de cáncer de la vejiga fue detectado. Si hubo una significativa asociación entre el cáncer de los senos y los niveles de cloro en el agua. Un estudio realizado en Wisconsin, por Kanarek y Young 1982, concluyó que el cáncer del colon era debido a la combinación de cloración y contaminación orgánica. El agua subterránea clorada fue responsable también de un número elevado de cáncer del colon. Actualmente, es de general aceptación la relación existente entre cáncer del recto, colon y de los senos con la calidad del agua (Crump y Guess, 1980; Cantor, 1982). De cualquier forma, parece ser que el incremento en el riesgo del cáncer descansa cerca del más bajo límite por el cual puede ser detectado a través de métodos epidemiológicos. Es evidente, sin embargo, como causa de preocupación, la exposición de un gran número de personas expuestas a estos químicos en el agua para beber.(2)

En las soluciones industriales el contenido de hipoclorito de sodio en los blanqueadores es del 10 % o más, para desinfectar piscinas se utilizan soluciones al 2 %. Puede tener acción corrosiva en la boca, faringe y esófago, similar a la del hidróxido de sodio. El jugo gástrico ácido libera ácido hipocloroso de tales soluciones. Este compuesto es muy irritante para las membranas mucosas, y la inhalación de sus vapores causa irritación pulmonar.(2) La toxicidad sistémica por ácido hipocloroso es baja y es raro que ocurran perforaciones o estenosis después de la ingestión de soluciones blanqueadoras de uso casero, ya que estos productos de uso doméstico contienen un 3 a 6 % de hipoclorito de sodio.(2,8)

La principal manifestación de envenenamiento agudo con soluciones blanqueadoras es la irritación intensa. El envenenamiento crónico no ocurre (1,8)

Se ha calculado que la dosis letal para niños es aproximadamente de 15 a 30 ml de soluciones blanqueadoras.(1,8)

Quando se ingieren blanqueadores que contienen hidróxido de sodio o potasio el tratamiento consiste en no vaciar el estómago del blanqueador ingerido con lavado gástrico o dando un emético hasta que la pequeña cantidad de álcali que usualmente alcanza el estómago haya sido rápidamente neutralizada por el ácido del jugo gástrico, (2) luego debe de administrarse un emoliente como agua, té o leche fríos y tiosulfato de Sodio. Las soluciones blanqueadoras de uso casero no producen suficiente lesión erosiva en el esófago; pero si se ingirió una solución más concentrada se deberá actuar con más cautela, como se indicó arriba. Aunque el tiosulfato de Sodio 100 ml de una solución para lavado gástrico a una concentración de 1 % a 2.5 % que reduce al hipoclorito a productos no tóxicos se ha administrado rutinariamente a estos pacientes, cabe la duda sobre si es realmente efectivo cuando no se trata de la ingestión de grandes cantidades de blanqueador o inmediatamente después de la ingestión. La ingestión de cloro produce gastritis. (1,2)

El envenenamiento con alcalis cáusticos, se debe a la ingestión de productos caseros. La lejía en soluciones concentradas que contienen 8.5 % de hidróxido de sodio (sosa cáustica) que produce rápidamente necrosis transmural del esófago y gástrica, que se extiende insidiosamente a los órganos vecinos requiriendo atención médica especial e inmediata; otros como los alcalis clorados son menos dañinos y por consiguiente menos peligrosos. (2)

Puede sufrirse intoxicación por cloro debido a un mal manejo o un almacenamiento defectuoso, por ejemplo escapes fortuitos del envase que lo contiene o en los aparatos cerrados del proceso químico empleado, o por causa de un incendio, debido a su gran volatilidad a temperatura elevada. (25)

La Conferencia Americana de higienistas Industriales Gubernamentales indican que el nivel límite permisible de exposición ocupacional es de 1 ppm. en el aire, con exposición de 8 horas por día y 5 días por semana. Esto minimiza los daños crónicos pulmonares, pero puede acelerar la erosión. En los Estados Unidos los límites son de 1.45 mg./m cúbico y 3 mg./m cúbico. (2,17)

En Gran Bretaña se han recomendado límites de exposición a cloro: 1 ppm para largo tiempo y 3 ppm para corto tiempo.

La inhalación repetida de bajas concentraciones de cloro producen intoxicación crónica, con alteración del esmalte dentario, predisposición a infecciones respiratorias, con aparición de bronquitis crónica y tuberculosis pulmonar. A veces se observan ulceraciones en la mucosa bucal, nasal y faríngea, y ronqueras inveteradas. (2,25)

EL cloro en altas concentraciones irrita la piel, con

VI. METODOLOGIAA. TIPO DE ESTUDIO

El estudio fue de investigación observacional del tipo prospectivo, descriptivo. Se realizó durante el mes de mayo de 1993, con el propósito de determinar:

- A: la calidad del agua de consumo de la Colonia Belén perteneciente al distrito número 16 de Mixco. Por medio de la prueba de la ortolidina.
- B: los métodos de desinfección del agua por parte de los proveedores y de los consumidores del vital líquido.
- C: La aplicación correcta de;
 - C.1. Cloro líquido comercial para la desinfección del agua de consumo por parte de la población que constituye la Colonia Belén.
 - C.2. Cloro en pastillas o granulado por parte de las autoridades ediles o expendedores de agua.

Se aplicó el método colorimétrico con reactivo de ortolidina para la dosificación de cloro residual en el agua de consumo, de dicha colonia.

C.3. los logros y/o limitaciones de los Programas de Prevención en contra del Cólera emitidos por la autoridades de Salud Pública.

B. SUJETO DE ESTUDIO

El sujeto de estudio lo conformó la población de la Colonia Belén, perteneciente al municipio de Mixco, que tenían agua intradomiciliar o comprada a expendedores para su consumo al momento de tomar la muestra.

La información se recolectó a través de la entrevista directa y se procedió a llenar la boleta de Recolección de Datos elaborada para este fin.

Esta Colonia viene a ser una de tantas áreas marginales de la capital sin trazo urbano y con una infraestructura muy deficiente (letrinización, calles de tierra, aguas servidas a flor de tierra, deficiente servicio de agua potable, luz, servicios de salud, etc.) que no les permite vivir en condiciones sanitarias e higiénicas adecuadas para la salud.

C. TAMANO DE LA MUESTRA

Se tomaron 300 viviendas en forma aleatoria, del total

dé 1,786 viviendas que conforman la Colonia Belén.

D. CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION

D.1. INCLUSION

- En cada vivienda se tomó un solo hogar.
- Se tomaron para el estudio únicamente las viviendas que tenían agua al momento de la encuesta.

D.2. EXCLUSION

- Se excluyeron del estudio, las viviendas que al momento de encuestarlas carecían de agua.

E. VARIABLES

E.1. Fuente de abastecimiento del agua de consumo.

E.1.1. Definición conceptual: Lugar donde las personas se proveen de agua.

E.1.2. Definición Operacional: todo lugar o medio de donde las personas refieren obtener agua, al momento de realizar la encuesta.

E.1.3. Indicador: río, camión, cisterna, poso, chorro, agua salvavidas.

E.2 Método utilizado para el tratamiento del agua de consumo.

E.2.1. Definición Conceptual: formas de desinfectar el el agua a nivel del hogar. Proceso por el cual se eliminan del agua los microorganismos contaminantes.

E.2.2. Definición Operacional: Se preguntará a la persona encuestada sobre el tipo de método que utiliza para desinfectar el agua de consumo a nivel del hogar.

- E.2.3. Indicador:
- Hierve el agua si no
 - Clora el agua si no
 - Ninguno

F. Tipos de Cloro:

F.1. Definición Conceptual: Existen tres (3) tipos de cloro utilizados para desinfectar el agua de consumo.

F.1.1. Hipoclorito de Calcio. su formula es $\text{Ca}(\text{OCl})_2$: se obtiene por la reacción de cloro con hidróxido de cal. (cal apagada). Es un compuesto blanco que por lo general se encuentra en forma de polvo blanco amarillento, granulado y en tabletas, conteniendo entre 64 % a 76 % de cloro disponible.

F.1.2. Hipoclorito de Sodio, fórmula química (NaOCl). Se obtiene por la reacción de cloro con hidróxido de sodio (sosa cáustica). Se encuentra bajo la forma de solución conteniendo de 3 % a 6 % de cloro activo, es un líquido levemente amarillento y denso.

F.1.3. Cal Clorada: o clorato de cal, se presenta como polvo blanco con un 30 % aproximadamente de cloro activo.

F.1.4. Definición Operacional: Se le preguntará a la persona encuestada el tipo de cloro que utiliza para desinfectar el agua.

F.1.5 Indicador: líquido
granulado
polvo

G. Determinar el uso correcto del cloro líquido:

G.1. Definición Conceptual: Comprobar, fijar los términos de cloro en solución.

G.2. Definición Operacional: Se le preguntará a la persona entrevistada que cantidad de cloro líquido le aplica al agua. Se tomara como:

CORRECTO cuando utilice de 3 a 4 gotas por galón o su equivalente según la cantidad de agua a desinfectar.

INCORRECTO cuando utilice menor o mayor cantidad que la indicada por el Ministerio de Salud Pública.

G.3. Indicador: Correcto
Incorrecto

H. Cloro residual Libre:

H.1. Definición Conceptual: Es el resultado de la reacción química del cloro en el agua, para formar el ácido hipocloroso (HOCl) y el ion Hipoclorito (OCl).

H.2. Definición Operacional: Se le pedirá a la persona encuestada agua de consumo para llenar el receptáculo de medición hasta la altura de la marca; se le aplicarán 5 gotas del reactivo de ortolidina en solución. Se tapaná y mezclará, obteniéndose cloro residual libre. La medición de este se obtendrá dentro de los diez primeros segundos, comparando la coloración de la muestra obtenida con la escala de color estandarizada de la ampolla llena de líquido coloreado sellada, expresada en (millonésimas) partes por millón en el sistema inglés de pesas y medidas, lo que es igual a miligramos por litro en el sistema métrico decimal.

H.3. <u>Indicador:</u>	5.0_____mg/l	0.6_____mg/l
	1.5_____mg/l	0.4_____mg/l
	1.0_____mg/l	0.3_____mg/l

F. RECURSOS

1. MATERIALES:A: FISICOS:

Bibliotecas de la Universidad de San Carlos, central, medicina, ingeniería, farmacia.
 Dirección General de Servicios de Salud.
 Dirección de Saneamiento Ambiental. División de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
 Municipalidad de Mixco.
 Centro de Salud de Mixco y Puesto de Salud de la Colonia Belén.
 Mapa de la Colonia Belén.
 Viviendas entrevistadas.
 Test: comparador de cloro residual.
 Boletas de recolección de datos, útiles de oficina, fotocopidora, computadora, etc.
 Vehículo de transporte.

B. ECONOMICOS:

Aproximadamente, Q 500.00 distribuidos en transporte, mapa, fotocopias, útiles de oficina, reactivos.

C. HUMANOS: 1. Asesor. 2. Revisor. 3. Personal del Centro del Salud de Mixco y del Puesto de Salud de Belén. 4. Estudiante investigador 5. Un promotor voluntario en salud.EJECUCION DE LA INVESTIGACION

Para recopilar la información, se procedió a la obtención del mapa de la Colonia Belén, con el fin de tener la visualización total de las viviendas a encuestar cubriendo la totalidad del área de la Colonia Belén.

Se realizaron 300 visitas intradomiciliarias en forma aleatoria en las diferentes calles y avenidas de la Colonia Belén. Se tomó para la encuesta únicamente una familia por vivienda. Se recopilaron los datos en una boleta previamente elaborada para obtener la información sobre la forma de obtención del agua, almacenamiento de la fuente de obtención de la muestra, método utilizado para purificar el agua de consumo. En caso de ser el de cloración, se preguntó el tipo, la marca de cloro y la cantidad utilizada para la desinfección doméstica del agua. Luego se procedió a medir el cloro residual de la muestra de agua de consumo, se utilizó el método de comparación de la intensidad de color obtenido de la reac-

ción del cloro residual con ortolidina que es el amarillo y la escala de color amarillo estandarizada para el efecto y expresada en p.p.m. o su equivalente en mg./l en el comparador que acompaña al reactivo.

El tiempo empleado para recabar la información fue de cuatro semanas.

CRONOGRAMA DE TESIS
GRAFICA DE GANT

TIEMPO	MESES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
No. de Orden	ACTIVIDAD																		
1	SELECCION DEL TEMA	/	/																
2	ELECCION DEL ASESOR Y REVISOR	/																	
3	REVISION BIBLIOGRAFICA		X	X	X														
4	ELABORACION DE PROTOCOLO					X	X	X	X	X									
5	ELABORACION DE INSTRUMENTOS										X								
6	SELECCION DE LA MUESTRA										X								
7	PRESENTACION DE PROTOCOLO											/							
8	BUSQUEDA DE RECURSOS												X						
9	PRUEBA DE INSTRUMENTOS												/						
10	RECOLECCION DE DATOS												/						
11	TABULACION Y ANALISIS DE DATOS														X				
12	ELABORACION DEL INFORME FINAL															X	X		
13	PRESENTACION DEL INFORME FINAL																		X

NOTA: / equivale medio mes

X equivale a un mes

VII. PRESENTACION DE RESULTADOS

CUADRO No. 1

TRATAMIENTO DOMESTICO DEL AGUA DE CONSUMO EN 300 VIVIENDAS DE LA
 COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No.16 DE MIXCO.
 MAYO 1983

TIPO DE TRATAMIENTO	TOTALES	
	No.	%
CLORA	155	51.66
HIERVE	107	35.67
NO TRATA	6	2.00
SALVAVIDAS	32	10.67
TOTALES	300	100

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

CUADRO No. 2

FUENTE DE OBTENCION DEL AGUA PARA CONSUMO Y SU TRATAMIENTO, EN 300 VIVIENDAS ENCUESTADAS
 DE LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16 DE MIXCO.
 MAYO 1983

FUENTE	CLORAN		HIERVEN		NO TRATA		TOTALES	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
grifo	* 133	44.33	** 82	27.33	5	1.67	220	73.33%
camion	22	7.33	25	8.34	0	0	47	15.67%
salvavidas	0	0	0	0	32	10.67	32	10.67%
pozo	0	0	0	0	1	0.33	1	0.33%
total	155	51.66	107	35.67	38	12.67	300	100.00%

* 3 COMPRAN A LA VECINA

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

CUADRO No. 3

RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO INMEDIATO Y TIPO DE TRATAMIENTO DEL AGUA DE CONSUMO DE DONDE SE OBTUVO LA MUESTRA, EN LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16 DE MIXCO
MAYO 1993

RECIPIENTE	TRATAMIENTO						TOTALES	
	CLORA		HIERVE		NO TRATA			
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
PLASTICO	104	34.65	57	19.01	31 *	10.34	192	64.00
METAL	46	15.34	43	14.33	1	0.33	90	30.00
VIDRIO	0	0	5	1.67	6 **	2	11	3.67
PILA	3	1	1	0.33	0	0	4	1.33
TANQUE O CISTERNA	2	0.67	0	0	0	0	2	0.67
BARRO	0	0	1	0.33	0	0	1	0.33
TOTALES	155	51.66	107	35.67	38	12.67	300	100

* 26 compran agua salvavidas.

** 6 compran agua salvavidas.

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

CUADRO No. 4

TRATAMIENTO DOMESTICO DEL AGUA DE CONSUMO Y VALORES DE CLORO RESIDUAL POR ABAJO DENTRO Y ARRIBA DE LOS LIMITES ACEPTADOS DE <0.5-1.5> MG/L EN 300 VIVIENDAS DE LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No.16 DE MIXCO.
MAYO 1993

CLORO RESIDUAL MG/L	TIPO DE TRATAMIENTO						TOTALES	
	CLORA		HIERVE		NO TRATA			
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<0.5	66	22	107	35.67	38	12.67	211	70.64
0.5-1.5	61	20.33	0	0	0	0	61	20.33
1.5>	23	9.33	0	0	0	0	23	9.33
TOTAL	155	51.66	107	35.67	38	12.67	300	100

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

CUADRO No. 5

VIVIENDAS QUE PRACTICAN LA CLORACION COMO METODO PARA DESINFECTAR EL AGUA CON VALORES DE CLORO RESIDUAL POR ABAJO, DENTRO Y ARRIBA DE LOS LIMITES PERMITIDOS PARA LA SALUD "0.5 A 1.5 MG/L" EN LA COLONIA BELEN DISTRITO DE SALUD No.16 DE MIXCO.

MAYO 1983

CLORO RESIDUAL MG/L	No. DE VIVENDAS	155 = 51.66 %
0 - 0.4	66	22
0.5 - 1.5	61	20.33
1.6 - 4	28	9.33
TOTAL	155	51.66

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

CUADRO No.6

CUANTIFICACION CORRECTA O INCORRECTA DE CLORO A APLICAR AL AGUA DE CONSUMO EN LAS 300 VIVIENDAS ENCUESTADAS EN LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No.16 DE MIXCO.

MAYO 1983

CUANTIFICACION	No. DE VIVENDAS	TOTAL %
CORRECTA	126	42 %
INCORRECTA	29	9.67 %
NO CUANTIFICA	145	48.33 %
TOTAL	300	100.00 %

FUENTE BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

CUADRO No. 7

NIVELES DE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA DE CONSUMO Y CUANTIFICACION DE CLORO CORRECTA O INCORRECTA DE CLORO A APLICAR AL AGUA POR LA PERSONA ENTREVISTADA EN LAS 155 VIVIENDAS QUE PRACTICAN EL METODO DE LA CLORACION PARA POTABILIZARLA EN LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No.16 DE MEXCO.

MAYO 1993

CUANTIFICACION	CLORO RESIDUAL MG/L (PPM)								TOTALES		TOTALES	
	< 0.5		0.5 - 1.5		1.5 >				No.	%	No.	%
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%				
CORRECTO	58	19.33	61	20.33	7	2.33			126		42	
INCORRECTO	8	2.66	0	0	21	7			29		9.66	
TOTAL	66	22	61	20.33	28	9.33			155		51.66	

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS.

CUADRO No. 8

NIVELES DE CLORO RESIDUAL Y TIPO DE CLORO UTILIZADO POR 155 DE 300 VIVIENDAS ENCUESTADAS QUE PRACTICAN EL METODO DE CLORACION PARA POTABILIZAR EL AGUA DE CONSUMO EN LA COLONIA BELEN, DISTRITO No. 16 DE MIXCO MAYO 1993

TIPO DE CLORO	CLORO RESIDUAL MG./L									TOTALES	
	<0.5			0.5-1.5			1.5>			No	%
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No	%	
GRANULADO	1	0.33	0	0	0	0	0	0	1	0.33	
POLVO	2	0.66	0	0	0	0	0	0	2	0.67	
LIQUIDO	63	21	61	20.33	28	9.33	28	9.33	152	50.66	
TOTALES	66	22	61	20.33	28	9.33	28	9.33	155	51.66	

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

CUADRO No. 9

NIVELES DE CLORO RESIDUAL Y MARCAS DE CLORO LIQUIDO UTILIZADO EN LAS VIVIENDAS QUE PRACTICAN LA CLORACION EN LA COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16 DE MIXCO MAYO 1993

CLORO LIQUIDO	CLORO RESIDUAL MG./L									TOTALES	
	<0.5			0.5-1.5			1.5>			No.	%
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
AJAX	1	0.33	2	0.66	0	0	0	0	3	1	
SOLEX	0	0	2	0.66	0	0	0	0	2	0.67	
MAGIA BLANCA	62	20.67	57	19	28	9.33	28	9.33	57	48.99	
TOTALES	63	21	61	20.33	28	9.33	28	9.33	61	50.66	

FUENTE: BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

VIII. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOSCuadro No. 1.

- Del 100 % de la muestra al momento de pasar la encuesta: el 87.33 % utilizó métodos domésticos para desinfectar el agua, siendo:
 - a) el de la cloración 51.66 %.
 - b) el de ebullición 35.67 %.
- El 12.67 % no utilizó métodos de potabilización. De éstos:
 - a) el 10.67 % compró agua salvavidas.
 - b) el 0.33 % la obtuvo del pozo.
 - c) el 1.67 % no trata el agua.

Cuadro No. 2.

- La fuente de obtención del agua para consumo fue:
 - a) el 73.33 % municipal - grifo intradomiciliar.
 - b) el 15.67 % de camiones cisterna de agua.
 - c) el 10.67 % compró agua salvavidas.
 - d) el 0.33 % de pozo.
- Sobre el 51.66 % de la muestra que clora el agua, se observó que:
 - a) el 44.33 % obtuvo el agua del grifo intradomiciliar que es agua municipal. De éstos el 1 % la compró de la vecina.
 - b) el 7.33 % la compró al camión repartidor de agua.
- Del 35.67 % de la muestra que hirvieron el agua obtuvieron el agua:
 - a) del grifo intradomiciliar que es agua municipal el 27.33 % y de éstos el 1.33 % la compró en la vecindad.
 - b) el 8.34 % la compró al camión surtidor de agua.
- Estos indicaron no clorar por el olor y sabor que deja el cloro y porque en algunos casos les produce gastritis.
- Del 12.67 % que no trata el agua:
 - a) el 0.33 % no clora ni hierve ya que la obtiene del pozo.
 - b) el 1.67 % que la obtiene del grifo o sea municipal no considera necesario tratar esta agua; el 1 % de éstos no la clora por el mal sabor y mal olor que deja el cloro, y porque les produce gastritis, y no la hierven por el mal sabor del agua hervida; el 0.67 % restante objetaron que no tenían dinero para comprar cloro. A éstos también se les evaluó cloro residual en el agua de consumo, pero el resultado fue negati-

vo.

Quadro No. 3.

- El tipo de recipiente de almacenamiento del agua de consumo inmediato en relación al tipo de tratamiento fue:
 - a) del 64.00 % que almacena el agua en recipientes de plástico, el 34.65 % la clora, el 19 % la hierve y el 10.34 % no la trata.
 - b) del 30.00 % que almacena el agua en recipientes de metal, el 15.34 % la clora, el 14.33 % la hierve y el 0.33 % no la trata.
 - c) del 3.67 % que almacena el agua en recipientes de vidrio, el 1.67 % la hierve y el 2 % no la trata ya que compra agua salvavidas.
 - d) del 1.33 % que almacena el agua en pila, el 1 % la clora, el 0.33 % la hierve.
 - e) del 0.76 % que almacena el agua en tanque o cisterna el 0.67 % la clora.
 - e) del 0.33 % que almacena el agua en recipiente de barro, el 0.33 % la hierve.

Quadro No. 4.

- Tratamiento doméstico del agua de consumo y valores de cloro residual por abajo, dentro y arriba de los límites aceptados de <0.5 -1.5> expresado en mg/l (ppm) (1,3,7, 9,13,21,22) en las 300 viviendas estudiadas.
 - a) Del 70.34 % que se encontró <0.5, únicamente el 22 % clora el agua, ya que 35.67 % la hierve y el 12.67 % no la trata.
 - b) del 20.33 % que se encontró dentro de los límites <0.5 -1.5> todos cloran el agua.
 - c) Del 9.33 % que se encontró por arriba del límite permitido 1.5> todos cloran el agua.

Quadro No. 5.

- Del 51.66 % de las viviendas que practican la cloración, observamos que:
 - a) el 22 % se encontró por debajo de los límites recomendados para desinfectar el agua.
 - b) el 20.33 % se encontró dentro de los límites adecuados para la salud.
 - c) el 9.33 % se encontró dentro de los límites nocivos para la salud.

Quadro No. 6.

- Respecto a la cuantificación adecuada de cloro a aplicar al agua de consumo, atendiendo las recomendaciones actuales del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

- (3), se observó que:
- a) el 42 % de la población estudiada cuantificó correctamente la cantidad de cloro a aplicar al agua.
 - b) el 9.67 % cuantificó de forma incorrecta.
 - c) el 48.33 % no cuantificó la cantidad de cloro, puesto que no utilizaba el método de la cloración para tratar el agua.

Quadro No. 7.

- De la cuantificación correcta o incorrecta de cloro a aplicar al agua de consumo en relación con los niveles de cloro residual encontrado en la misma en las 51.66 % viviendas que practicaron la cloración tenemos que:
- a) del 22 % que presentó niveles de cloro residual <0.5,
 - el 19.33 % cuantificó correctamente.
 - el 2.66 % cuantificó en forma incorrecta.
 - b) del 20.33 % con niveles de cloro residual adecuado <0.5-1.5> todos cuantificaron correctamente la cantidad de cloro a aplicar al agua.
 - c) Del 9.33 % con niveles de cloro residual arriba de los niveles permisibles:
 - únicamente el 2.33 % cuantificó correctamente la cantidad de cloro a aplicar al agua y
 - el 7 % restante cuantificó en forma incorrecta.

Quadro No. 8.

- Respecto a los niveles de cloro residual y el tipo de cloro utilizado para la cloración del agua de consumo por el 51.66 % de la muestra, se observó que:
- a) del 50.67 % que utilizó hipoclorito de sodio (cloro líquido comercial):
 - el 21 % tenía niveles de cloro residual <0.5,
 - el 20.33 % tenía niveles de cloro residual <0.5-1.5>
 - el 9.33 %, tenía niveles de cloro residual 1.5>.
 - b) el 0.67 % que utilizó cloro en polvo, tenía niveles de cloro residual <0.5.
 - c) el 0.33 % utilizó cloro granulado, tenía niveles de cloro residual <0.5.

Quadro No. 9.

- Niveles de cloro residual y marcas de cloro líquido más utilizados por el 51.66 % de la población que indicó clorar el agua de consumo. Se pudo observar que:
- a) del 48.89 % que utilizó cloro líquido Magia Blanca,
 - el 20.67 % tenía niveles de cloro residual <0.5
 - el 19 % tenía niveles de cloro residual <0.5-1.5> y
 - el 9.33 % tenía niveles de cloro residual 1.5> en el agua de consumo.

- b) el 0.67% que utilizó cloro líquido Solex, tenía niveles de cloro residual <0.5 en el agua de consumo.
- c) el 1.00 % que usó cloro líquido Ajax, tenía niveles de cloro residual <0.5 en el agua de consumo.

CONCLUSIONES

1. El 98.33 % de la población consume agua potable ya que la misma está conciente de la importancia de tomar medidas higiénicas adecuadas para prevenir EL COLERA y otras enfermedades transmitidas por el agua que consumen.
2. Se observó que la mayor parte de la población 73.33 % se abastece principalmente con agua municipal del grifo intradomiciliar.
3. Debido al deficiente servicio de agua municipal el 26.67 % de la población debe de obtener agua de otras fuentes como camiones cisterna, agua salvavidas, pozo.
4. El recipiente para almacenar el agua de consumo inmediato más utilizado fue el plástico 64 % seguido del de metal 30 %.
5. El 87.33 % de la población utiliza métodos domésticos para potabilizar el agua.
6. El método doméstico más utilizado para tratar el agua de consumo fue la cloración 51.66 % seguido del de ebullición 35.67 %.
7. Del 12.67 % de la población que no trata el agua, el 10.67 % consume agua salvavidas y el 2 % no la trata, por que la obtiene del pozo (0.33 %), por que no tiene dinero para comprar cloro (0.67 %), por que no considera necesario tratarla (0.33 %), por el mal sabor y olor (0.67 %).
8. Del 51.66 % que practican el método de la cloración, el 50.67 % utiliza cloro líquido comercial (hipoclorito de sodio) sin lejía.
9. Del 51.66 % que clora el agua, el 42 % cuantificó correctamente la cantidad de cloro a aplicar al agua para su potabilización.
10. La marca de cloro líquido más utilizado fue el Magia Blanca en un 48.66 %.
11. El cloro residual del total de las muestras de la población estudiada, fue determinado con exactitud utilizando la prueba de ortolidina por cloroscofia. Habiendo encontrado en el agua de consumo inmediato valores de cloro residual en el agua de consumo inmediato expresado en mg/l(ppm) por abajo, dentro y arriba de los límites aceptados <0.5 -1.5> como sigue:
a) el 70.34 % se encontró <0.5.

- b) el 20.33 % se encontró dentro de los límites <0.5-1.5>
 - c) el 9.33 % se encontró por arriba del límite permitido 1.5>.
12. Del 70.34 % de las muestras de agua obtenidas con cloro residual por debajo de 0.5 mg/l;
- a) el 48.34 % presentó "0" de cloro residual en el agua que estaban consumiendo, puesto que no practican el método de la cloración para potabilizar el agua, de estos:
 - el 35.67 % la hierve y
 - del 12.67 % que no la trata: el 10.67 % compra agua salvavidas.
 - b) el 22 % restante reportó utilizar el método de cloración, pero al 17.67 % le empezaba a caer agua del grifo, y no la habían clorado aún. Al tomar muestra de la misma para el análisis de cloro residual se obtuvo el resultado de 0.0 mg/l sobre la escala colorimétrica con la prueba de ortolidina.
13. En la colonia Belén tanto el agua municipal que los abastece intradomiciliarmente así como la que adquieren de los camiones surtidores, no cumplen con las normas de tratamiento para ser sanitariamente seguras para su consumo y la salud de sus habitantes.

X. RECOMENDACIONES

Es de vital importancia:

- 1.- Que el personal tanto de salud, como municipal, así como los medios de comunicación social tengan un adecuado y preciso conocimiento sobre los métodos de cloración y ebullición del agua y de la forma correcta en el manejo, conservación, y almacenamiento del cloro. Para poder así informar correctamente a la población sobre la importancia de su uso y conservación correctas para preservar la salud.
- 2.- Que las entidades ediles y expendedores de agua, tengan conciencia de utilizar el método de la cloración para potabilizar el agua.
- 3.- Que las entidades ediles y de salud mantengan una vigilancia continua de la calidad del agua que consume la población. Realizando periódicamente análisis químicos y bacteriológicos del agua; revisando continuamente los canales de distribución de la misma, analizando continuamente la demanda de cloro, y los valores de cloro residual al inicio de la red de distribución y al final de la misma.
- 4.- Que en virtud de que la medicina preventiva es el mejor método para disminuir la morbi-mortalidad por enfermedades diarreicas, recomendamos que todas las entidades gubernamentales y no gubernamentales agoten sus recursos en este tipo de actividades, porque:

LA SALUD DE UN PUEBLO, ES OBLIGACION DE TODOS.

XI. RESUMEN

Se realizó en La Colonia Belén del Distrito de Salud No. 16 de Mixco, durante el mes de mayo de 1993; un estudio observacional descriptivo, de 300 viviendas escogidas en forma aleatoria, a las que se les realizó una encuesta durante una visita domiciliar para determinar la calidad del agua de consumo inmediato de la población, a través de los valores de cloro residual existentes en el agua misma, utilizando el método de colorimetría. Habiéndose encontrado que el 87.33 % de la población aplica los métodos domésticos de cloración y ebullición para purificar el agua que consumen. El 10.67 % utiliza agua salvavidas, el 0.33 la obtiene de pozo y únicamente el 1.67 % no consume agua sanitariamente segura. Se encontró cloro residual en el 33.99 % de las viviendas que indicaron clorar el agua, en el 66.01 % restantes se obtuvo el valor de 0 mg/l de cloro residual en el agua analizada. Del 51.66 % de viviendas que indicaron clorar el agua, el 42 % cuantificó correctamente la cantidad de cloro a aplicar al agua y el 50.66 % utilizó cloros líquidos para su tratamiento siendo el más utilizado el Magia Blanca en un 48.99 %.

Se observó que el 73.33 % de las viviendas que habían obtenido el agua del grifo intradomiciliar que les surte agua municipal y el 15.67 % que la habían obtenido de los camiones surtidores configurando ambas el 89 % de la muestra, no era sanitariamente segura para su consumo puesto que el nivel de cloro residual obtenido de ésta fue de 0 mg/l, lo que denota una falta de responsabilidad por parte de las entidades edilicias al no vigilar la observancia correcta de las normas de la calidad del agua potable, al no aplicar la dosificación de cloro idónea al agua que surten a través de los sistemas de distribución y al no vigilar la adecuada calidad y cloración del agua que los camiones expendedores venden en la Colonia Belén. Debiendo ser el propio consumidor el que aplique los métodos domésticos para desinfectar el agua de consumo inmediato, disminuyendo con ello el riesgo de adquirir enfermedades de origen hídrico.

Se recomienda concientizar a las autoridades de salud y ediles de la vigilancia continua y estricta del agua potable así como en su defecto, informar constante y correctamente a la población sobre los métodos de desinfección del agua, sus usos, aplicaciones y cuidados.

Bibliografía

1. Aldana Amores, Ronal Alberto. Aceptabilidad del cloro líquido de uso comercial en la clorinación del agua de consumo en una población del área rural guatemalteca. Estudio descriptivo realizado en la población de la aldea El Jute, municipio de Usmatlán, departamento de Zacapa; durante los meses de Agosto y Septiembre de 1991. Tesis (Médico y Cirujano). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina. 1991. 87 p.; 11-33.
2. Arena, Jay M. Poisoning, publication no. 1019. 4th. ed. American Lecture Series.; pp.: 26-27, 59-61, 66, 67, 70, 232-233, 312, 324, 523, 614-615.
3. Batres de Jiménez, B. El Cólera. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad CCQQ y Farmacia. 1991. 21p.; 15-19.
4. Biasioli, G. A. et al. Química General e Ignorancia. Argentina, Kapeluz 1978. 404p.; 257-260, 299-309.
5. Cassaret, L. J. et al. Toxicology the Basic Science of Poisons, U.S.A. MacMillan, 1986. pp.: 319, 350, 455, 644-646, 664, 838-839.
6. Colby, D.S. Compendio de Bioquímica, México, Manual Moderno, 333 p.; 12-16.
7. Dirección de Ingeniería Sanitaria. Manual de Saneamiento. México, Limusa. 330p.; 10-95.
8. Dreisbach, R. H. et al. Manual de Toxicología Clínica, 6a ed. México, Manual Moderno, 1987. 556p.; 1-65, 83, 164-188.
9. Escobar Valladares, Edgar Enrique. Desinfección del agua para consumo humano de una comunidad rural. Estudio aplicativo realizado en la comunidad de San Martineros. Septiembre a Octubre 1991 Guatemala. Tesis (Médico y Cirujano). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina. 1991. 67p.; 9-24.
10. FEEMA. Manual de Limpieza e Desinfección de Pocos e Reservorios Domiciliarios. Brazil. DEPOL/DIAG. 1984. 33p.
11. Ganong, W. F. Fisiología Médica. 10 ed. México, Manual Moderno, 1986. 681p.; 403-404, 560-561.
12. Harper, H. A. et al. Manual de Química Fisiológica. 6a edición. México, Manual Moderno, 1978. 775p.; 585, 586, 617, 660-661.

13. Hilleboe, Herman E. Manual de Tratamiento de Aguas. Trad. por Raul Guerrero, Albany N.Y. Estados Unidos. Editorial Limusa Wiley, S.A. México D.F. 1965. 205p.; 53-55, 79-93, 117-131, 141-164, 180-182.
14. Jawetz, E. Desinfectantes y Antisépticos. En: Katzung, B.G. Farmacología básica y clínica. México, El Manual Moderno, S.A. de C.V. 1986. 919p.; 627.
15. Jawetz, E. et al. Manual de Microbiología Médica. 8a edición. México, Manual Moderno, 1979. 650p.; 93, 95-96.
16. Keenan, Ch. W. et al. Química General Universitaria. 3a edición. México, Continental. 1987. 957p.; 726-745.
17. Martindale. The Extra Pharmacopoeia. 29th. ed. London, The pharmaceutical press, 1989.; pp.: 957-958.
18. Martindale. Pharmaceutical Handbook. 18th. ed. London, The pharmaceutical press, 1985.; pp.: 192-193.
19. Merck, E. Análisis del Agua. Darmstat (R.F. de Alemania) 222pp.; 57-67.
20. Mortimer, Ch. E. Química. 5a ed. México, grupo editorial Ibero américa, 1983. 768pp.; 23-26, 507-522.
21. Nájera González, Marlen Eugenia. Análisis del Agua de Consumo en las áreas marginales del distrito. Estudio retrospectivo realizado en el municipio de Mixco, durante el período comprendido de Mayo 1990 a Mayo de 1991. Tesis (Médico y Cirujano). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina. 1991.; 78p.; 16-17, 21.
22. Organización Mundial de la Salud. Vigilancia de la Calidad del Agua Potable. Ginebra 1977. 137p.; 11-14, 21, 30, 55- 57, 61, 70, 88-90, 128.
23. Oram, R.F. et al. Biología. México, Continental. 1988. 784p.; 66, 70, 72, 640.
24. Pereira, M.E. et al. Aspectos Toxicológicos de agentes químicos. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Centro Panamericano de Ecología y Salud, O.P.S, O.M.S. México, Metepec. 1986. pp.; 26-27.
25. Quer - Brossa, S. Toxicología Industrial. Barcelona. Salvat, 1983. pp.; 140-142.

26. Wood, J.H. et al. Química General. México, Harla.
1986. 581p.; 334-351.

XIII. ANEXOS

ANEXO 1

BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS

ENCUESTA SOBRE CLORO RESIDUAL EN EL AGUA DE CONSUMO DE LA
 COLONIA BELEN, DISTRITO DE SALUD No. 16 DE MIXCO.
 MAYO 1983

NOMBRE _____
 DIRECCION _____
 FECHA _____

1. De donde obtiene el agua?
 1. Chorro o grifo _____ 2. Camión _____ 3. Salvavidas _____
 4. Poso _____ 5. Otro _____
2. En que recipiente guarda o almacena el agua para consumo?
 1. Plástico _____ 2. Metal _____ 3. Vidrio _____
 4. Pila _____ 5. Tanque o cisterna _____ 6. Barro _____
3. Como desinfecta el agua de consumo?
 1. Clora el agua: Sí _____ No _____ 2. Hierve el agua: SI _____ No _____ 3. Ninguno _____

Si la respuesta es NO:

Porqué? _____

SI UTILIZA CLORO PARA POTABILIZAR EL AGUA DE CONSUMO:

4. Que tipo o clase de cloro utiliza para desinfectar el agua:
 1. Granulado _____ 2. Polvo _____ 3. Líquido: Ajax _____
 - Solex _____ Magia Blanca _____ 4. Ninguno _____
5. Qué cantidad de cloro le aplica al agua:
 - A: correcto _____ B. incorrecto _____
6. Se le pedirá agua de consumo inmediato a la persona encuestada para llenar el receptáculo del DUO TEST y aplicar el reactivo de ortolidina, la cuantificación de cloro residual obtenido está expresado en ppm o mg/l:

a. 0. mg/l _____	b. 0.3mg/l _____	c. 0.4mg/l _____
d. 0.6mg/l _____	e. 1. mg/l _____	f. 1.5mg/l _____
g. 4>mg/l _____		

ANEXO 2: GLOSARIO

Desinfección del agua: Son los procesos químicos por medio de los cuales se destruyen microorganismos pero no sus formas resistentes.

Cualitativamente y cuantitativamente: por medio de la prueba del cloro residual libre, con el método colorimétrico del DUO TEST o del D.P.D. utilizando la ortolidina como reactivo o bien con la prueba del campo por yoduro de Potasio.

Agua natural: Como se presenta en la naturaleza.

Agua potable: Agua adecuada para beber, cuya ingestión no ocasiona efectos nocivos para la salud.

Agua pura: Compuesto químico formado por el conjunto de moléculas compuestas de 2 átomos de Hidrógeno y 1 de Oxígeno.

Cisterna o albiie: Depósito artificial cubierto, destinado a recolectar agua de lluvia.

Clorimétrico: Sistema métrico para medir cloro residual, expresado en p.p.m. (partes por millón) en el sistema inglés de pesas y medidas. Este término tiende a desaparecer en su uso, y a ser sustituido por el de miligramos de una substancia con relación a un litro de agua mg./l en el sistema métrico decimal.(13)

Cloro disponible: Término utilizado en la dosificación de cloro o sus compuestos, con relación a su capacidad oxidante total.

Cloro residual: La cantidad total de cloro combinado o libre que permanece después de su aplicación, al finalizar el período especificado de contacto (generalmente 20 minutos).

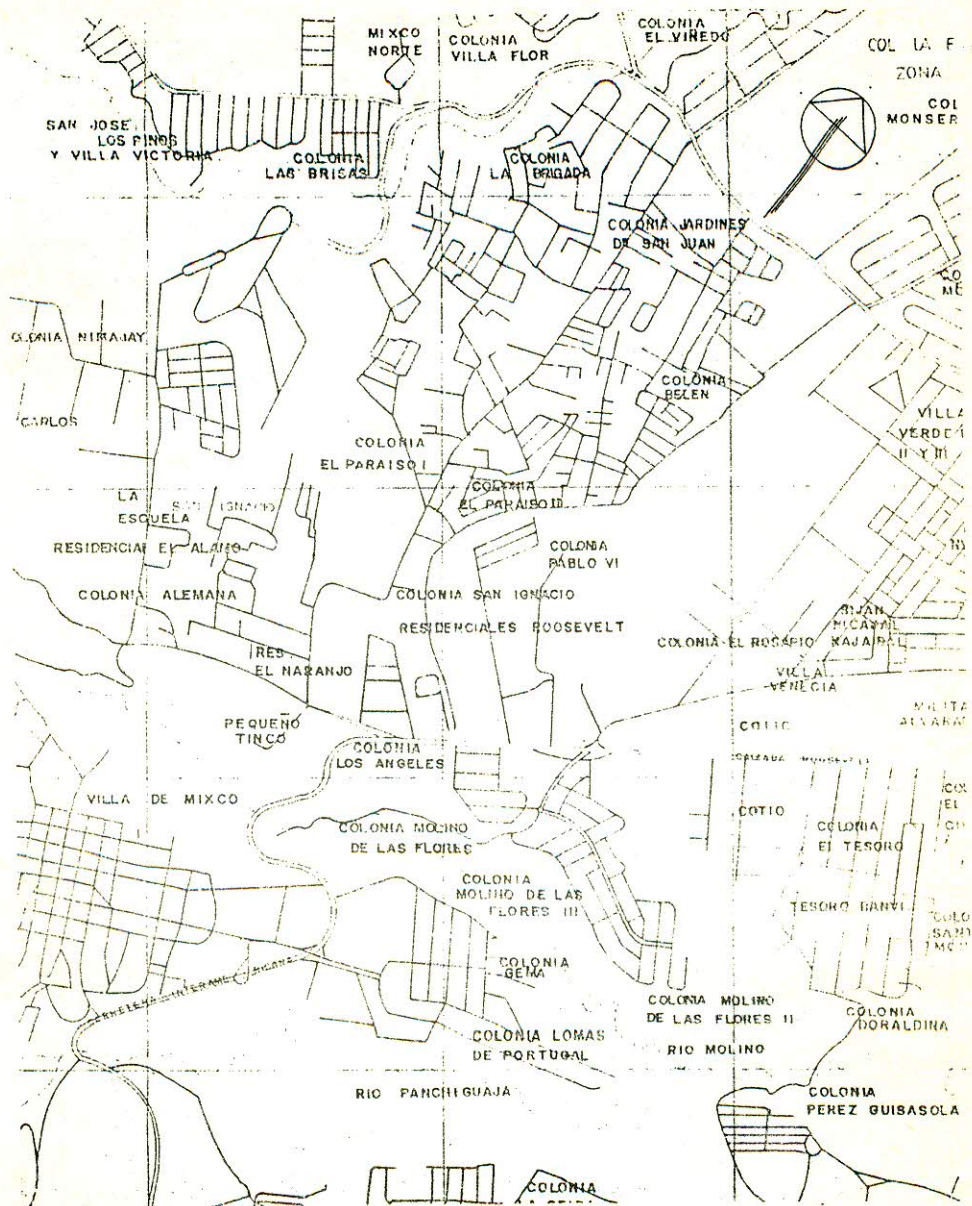
Cloro residual libre: Es el resultado de la reacción química del cloro en el agua, para formar el ácido hipocloroso (HOCL) y el ion hipocloroso (OCL).

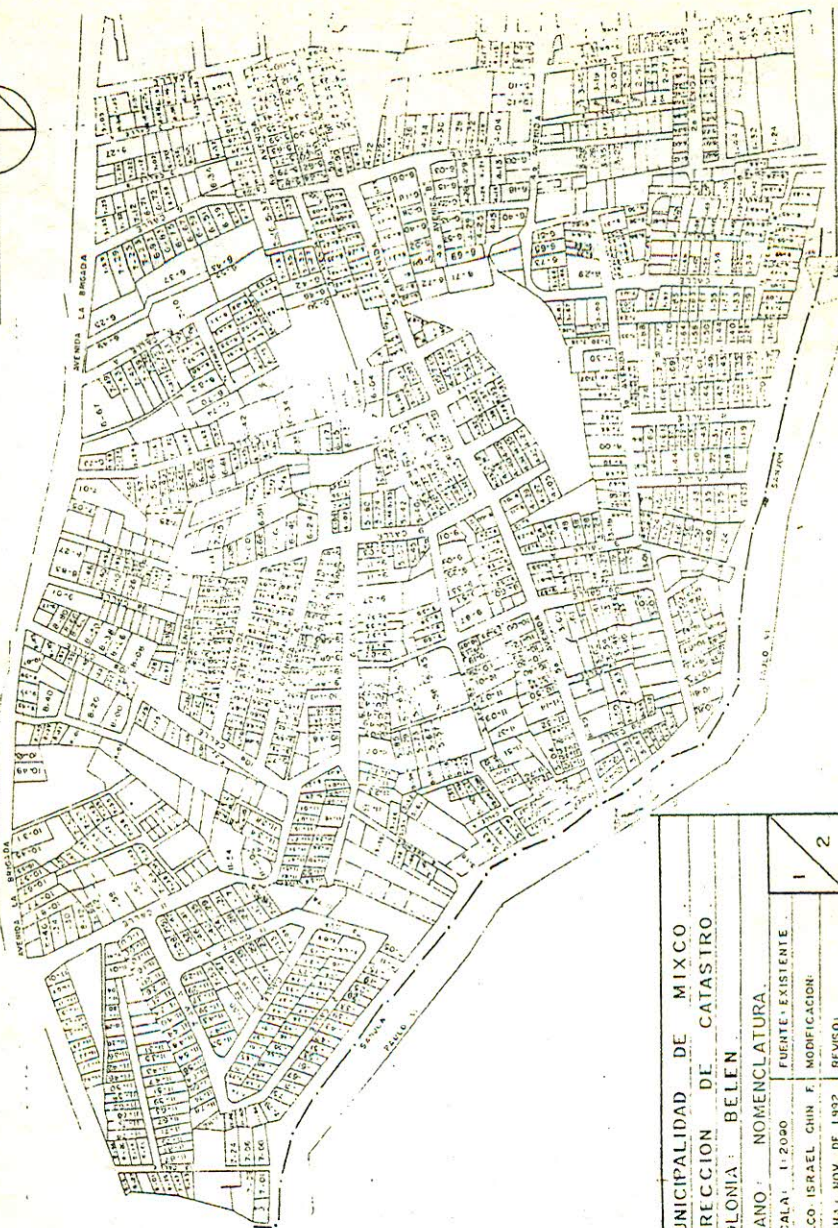
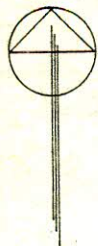
Cloro residual combinado: Es el resultado de la reacción química del cloro activo libre con el amoníaco para formar las cloraminas, y con los compuestos orgánicos nitrogenados (proteínas y aminoácidos).

Potabilización: Serie de procesos para hacer el agua apta para beber.

Sistema de abastecimiento de agua potable: Es el conjunto de obras de diversa índole, que proporcionan agua a un núcleo de población determinado.

ANEXO 3: MAPAS





MUNICIPALIDAD DE MIXCO
DIRECCION DE CATASTRO
COLONIA : BELÉN

PLANO : NOMENCLATURA

ESCALA : 1:2000 FUENTE : EXISTENTE

CALCO : ISRAEL CHIN F MODIFICACION

FECHA : NOV. DE 1952 REVISO :

1

2

