

3201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"

"INVESTIGACION DE UN PROTOTIPO DE BIOCIDIA DOMESTICO"

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:
INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a n:

ALBERTO CHOREÑO TAPIA
JOSE MARIA CUEVAS PEREZ

DIRECTOR DE TESIS
ING. RAFAEL GARCIA NAVA



V N A M

Cuautitlan, Izcalli, Edo. de México

1990





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Objetivo	iii
Introducción	1
Antecedentes e historia de los métodos de desinfección	3
Panorama y Perspectivas a nivel mundial y en México de la problemática y consecuencias de la mala potabilización del agua	4
Normas de calidad del agua potable	11
Transmisión de enfermedades relacionadas con el agua	21
Clasificación General de los Métodos (Biocidas)	28
Métodos Químicos	30
Métodos no Químicos	76
Efectos de sobredosis en la salud	93
Efectividad de los diferentes biocidas	98
Campo de acción de los biocidas	99
Tabulación Técnico - Económica de los principales Biocidas	101
Propuestas para difundir el conocimiento y uso de los métodos de desinfección en el agua potable	104
Conclusiones	105
Memoria de calculos	108
Apendices (A y B)	110
Glosario	114
Bibliografía	115

OBJETIVOS.

- A) Dar un panorama a nivel mundial y en México de la problemática y la necesidad del uso de métodos de desinfección.
- B) Mencionar y analizar detalladamente, los tipos, características y aplicación de los biocidas más utilizados comúnmente a nivel Doméstico como a nivel Industrial.
- C) Elaborar una tabulación técnica de dichos biocidas tal que permita realizar una selección adecuada del biocida a utilizar.
- D) Proponer de manera conceptual un método de desinfección que ofrezca ventajas tanto de operación como de mantenimiento.
- E) Proponer alternativas para difundir y concientizar a la gente en el uso de los métodos de desinfección.
- F) Establecer mediante un proceso de cálculo como obtener una cantidad de biocida que sea aplicable a determinado volumen de agua a tratar.

INTRODUCCION

La finalidad del presente trabajo es subrayar el papel que puede desempeñar - el Ingeniero Químico en los problemas que acosan a la sociedad. Uno de estos problemas lo constituye el alto índice de mortalidad ocasionado por las enfermedades padecidas por la contaminación del agua principalmente incurridas en menores de edad. Siendo pequeños microorganismos el foco principal de estas - enfermedades, tema que se discute en este trabajo.

A raíz de un proyecto elaborado en la materia de Tecnología de Servicios de - la carrera de Ingeniería Química, surgió el interés en profundizar en una de las etapas del mismo, esto nos llevo a desarrollar el tema "Investigación de un Prototipo de Biocidas Doméstico", es decir un prototipo de desinfectante - que fuese aplicable al agua potable. Sin embargo debido a las característi- cas y propiedades que presentan estos mismos, ésta investigación sirve como - base y referencia para un estudio más generalizable que pueden ser aplicables a algunos tipos de aguas como son rios, pozos y otros efluentes donde la cali- dad de éstos permitan obtener buenos resultados. En el estudiamos principal- mente los diferentes medios tanto físicos como químicos, comúnmente conocidos como biocidas, con el fin de reducir o eliminar estos microorganismos a tal - grado que no ocasionen daños a la salud.

Para esto se estudian los diferentes tipos de biocidas existentes actualmente y que son empleados en la etapa de desinfección en el tratamiento del agua. Realizandose fundamentalmente una investigación bibliográfica en la cual se - recolecto a nivel mundial, los sistemas tanto industriales como a pequeña es- cala (domésticos) aplicables al control de la actividad microbiana.

El trabajo se subdivide en 19 puntos. Iniciando con una explicación de la -- problemática, ayudada con la aportación de una serie de hechos y datos, tanto a nivel mundial como regional donde se observa que una de las causas de morta- lidad lo constituye un tratamiento ineficiente del agua potable. De aqui la importancia de implementar el estudio y de establecer los parámetros que nos permitan seleccionar el mejor biocida. Dentro de la investigación se analizan los métodos de dosificación de los biocidas tanto químicos como los no quími- cos, dando a conocer las características así como las formas de generación y equipos de cada uno de los métodos de mayor uso.

La información correspondiente a cada biocida se complementa con la elabora- ción de una tabulación técnico - económica, donde se evalúa sus propiedades, así como las condiciones requeridas para la aplicación del mismo.

Con esta tabulación y sustentandonos en los parametros de las Normas Interna- cionales de la calidad del agua, será posible tener un panorama general de -- los biocidas utilizados.

Como una forma de complemento de trabajo se implementan algunos cálculos con el fin de proveer la cantidad recomendable de biocida a usar, de acuerdo al - volumen de agua requerido.

Finalmente como una forma de auxilio para nuestros fines de estudio se anexa un apéndice de gráficas y tablas así como un glosario que ayuda a explicar - los términos, las condiciones y cantidades de aplicación de algunos biocidas, principalmente los de mayor realce.

A N T E C E D E N T E S

La purificación del agua ha sido siempre una preocupación primordial.

Existe evidencia de que la desinfección para el agua potable se practicó en - los primeros días que registra la historia. La ley persa antigua requería - que el agua potable antes de su uso, se almacenará en vasijas de cobre o plata.

A través de las escrituras se encuentran evidencias de prácticas similares en otras civilizaciones. Los egipcios emplearon la filtración para purificar el agua potable en el año 100 A.C., los trabajos de Aristóteles (no verificados) indican que también se utilizaron vasijas de porcelana.

Es muy antigua la práctica de hervir el agua para evitar la propagación de -- enfermedades; de hecho muchas de estas aplicaciones de desinfección son anteriores a la bacteriología y al reconocimiento por parte del hombre.

La epidemia de cólera aparecida en Londres el año 1859 y asociada con el pozo de la calle Broad, es la primera observación registrada de una amplia transmisión de enfermedades por un suministro de agua pública.

John Snow y John York secretario e inspector respectivamente del Comité de -- Investigación de Cólera en Londres, llevaron a cabo un cuidadoso estudio del foco epidémico y los resultados obtenidos concluyeron de forma contundente, que la epidemia de cólera Asiática de la calle Broad estaba asociada con la contaminación del suministro de agua de pozo del distrito.

Treinta y ocho años más tarde en Hamburgo Alemania, se demostró de forma definitiva la dependencia de la transmisión de cólera con el agua infectada, Hamburgo que recibía el agua del Elba, registró durante los meses de verano del año 1892, 17000 casos de cólera. La mitad de ellos terminados con la muerte. La epidemia de Hamburgo, además de esclarecer la dependencia de cólera con el agua infectada, sirvió indirectamente para valorar la acción desinfectante de la filtración lenta con arena. La ciudad cercana de Altona también obtenía el agua del Elba, pero efectuó una filtración lenta con arena antes de mandar el agua al sistema de distribución. Durante el período en que Hamburgo, se vió - azotado por la epidemia, Altona registró unos pocos casos de cólera.

En el año 1872 apareció una epidemia de fiebre tifoidea en Lausará Suiza⁽¹⁾, que se extendió durante más de 25 años y procedía de la contaminación de los suministros de agua pública.

En el año 1885 aparecieron varias epidemias severas en Plymouth Pennsylvania. Asociada con la contaminación de los suministros de agua aparecieron otras - epidemias como las siguientes ocurridas en Lawrence y Lowell Massachusetts - en 1890 - 1891, en Chicago Illinois en 1891 - 1892, en Ashland Wisconsin en 1893 - 1894, en Mankato Minnesota en 1908, en Pittsburg - Pennsylvania en -- 1895 - 1905 y en Lincoln Inglaterra a principios de siglo.

En Londres después de varias epidemias desastrosas de cólera se utilizaron - ampliamente los filtros de arena para purificar los suministros de agua pú-- blica. H.F. Mills, en Lawrence Massachusetts y J. J. Reincke en Hamburgo Alema-- nia, mostraron en el año 1893, los efectos beneficiosos de la filtración len-- ta con arena en los suministros de agua pública, al reducirse el número de en-- fermedades transmitidas por el agua.

En el año 1904 y después de la epidemia de fiebre tifoidea de Lincoln, Mr. - Alexander H del consejo de aguas de la ciudad de Londres, introdujo la clora-- ción continua de un suministro de agua pública, se utilizó hipoclorito como desinfectante. En el año 1908 se introdujo la desinfección química de los - suministros públicos en los E.U., utilizando hipoclorito cálcico para el su-- ministro de agua de la ciudad de Chicago. En el año 1910 el tribunal supre-- mo de New Jersey pasó una orden por la cual la ciudad de Jersey tenía el de-- recho de clorar sus suministros de agua (Boonton) en interés de la salud pú-- blica (Johnson 1913), esto se consideró como la medida más importante con -- respecto a la desinfección química en la ciudad de Jersey, al igual que Lin-- coln y Chicago utilizaron hipoclorito como desinfectante químico.

Después de esta desición la práctica de la cloración, se extendió rápidamen-- te en los E.U. Un factor importante que aceleró la práctica de la cloración, fue la construcción en el año 1912 de unas instalaciones en las cataratas -- del Niagara para aplicar la cloración líquida.

Un ejemplo de negligencia en el manejo de las aguas lo constituye el brote - de fiebre tifoidea que apareció en Croydon (Londres) Inglaterra en 1937. En este caso un trabajador que resultó ser un portador de fiebre tifoidea y que no obedeció las reglas sanitarias durante el trabajo en el tiro de un po-- zo, contaminó el suministro y causó 341 casos de tifoidea, con 43 muertes.

Puede mencionarse como otro ejemplo, el brote de fiebre tifoidea en Roches-- ter N.Y. en 1940 aproximadamente 30,000 casos de enterovirus leve y 5 casos de fiebre tifoidea fueron la consecuencia de abrir inadvertidamente una vál-- vula que servía como conexión de emergencia entre el abastecimiento indus-- trial contaminado de la ciudad y su suministro de agua potable.

Hollister y otros en 1955, en un estudio sobre los campamentos de agriculto-- res migrantes de California encontraron que la prevalencia de infecciones -- causadas por Shigella aumentaba en aquellas casas que contaban con cisternas de agua como fuente de suministro al hogar.

Otro ejemplo lo muestran las estadísticas que desde 1946 a 1960 hubo en los E.U. 39 brotes, con 506 casos de fiebre tifoidea de origen hídrico, 11 brotes - con 563 casos de Shigella y 4 brotes con 24 de salmonelosis.

En 1960 se estudió la prevalencia del tracoma desarrollado en Taiwan se en-- contró que éste aumentaba, al incrementarse el nivel de hacinamiento de agua, al aumentar la distancia de la fuente hasta el punto de abastecimiento de -- agua, y generalmente se incrementaba en gentes de bajos recursos.

La relación estadística encontrada entre el abastecimiento del agua y tracoma en un estudio, comprobo que la prevalencia del tracoma fue menor (15.14 - por ciento) en los casos con tratamientos adecuados y con grifos domicilia-- rios.

En que el agua se consiguiera mediante pozos accionados manualmente o con bombas, no implicaba mucha diferencia en la prevalencia del tracoma activo. La incidencia se incrementaba a medida que lo hacia la contaminación presente en el agua utilizada por la familia.

Zaheer⁽²⁾ y otros en (1962) encontraron que después del establecimiento de -- plantas de tratamiento de agua en 14 pueblos del estado de Uttar Pradesh en la India, se redujeron 74 por ciento, 64 por ciento, 23 por ciento y 43 por ciento las tasas de mortalidad por cólera, tifoidea, disenterías y diarreas respectivamente.

Bruch y otros en 1963 informaron en Guatemala que en un poblado con un sistema mixto de agua tratada y entubada (10 por ciento) y grifos públicos, los episodios de diarreas tenían un nivel de ataque de 32.4 para los niños que consumían agua tratada y 38 para los niños que usaban fuentes públicas. En un poblado cercano que usaba de múltiples fuentes, algunas de ellas contaminadas, los niveles de ataque eran de 128.6 y 134.8 para agua entubada y agua de fuente pública respectivamente, los pobladores que dependían de fuentes mixtas para su agua potable sufrían de diarreas con una frecuencia 4 veces mayor que aquellos que obtenían su agua de un manantial por gravedad protegido.

Moore⁽³⁾ y otros en 1965 encontraron que la morbilidad por diarrea en los niños Costarricenses entre 1 y 4 años eran un 25 por ciento menor que aquellos que usaban los sistemas de aguas clasificados como peores.

En Madera California en el mismo 1965, tanto las Shigellas como las Salmone-- las fueron causantes de un brote de 2500 casos de infección debido a la contaminación de un pozo; se encontró que ésta se originó por la irrigación de un pastizal adyacentes con el efluente de aguas residuales no cloradas. El índice de ataque ascendió a 53.4 por ciento para el agua extraída de este pozo.

Bokkenheuser y Richardson⁽⁴⁾ (1960) y Richardson y otros (1963, 1965, 1966 y (1968) examinaron la transmisión de shigelosis y de la salmonelosis en Sudáfrica, durante un extenso período. La información antes y después de la instalación de un abastecimiento mejorado en una de las aldeas fue shigelosis, 25.6 por ciento antes, 19.6 por ciento después y salmonelosis 35.5 por ciento antes, 19.6 por ciento después, porcentajes calculados en base a los cultivos positivos encontrados en niños de edad escolar.

Costopulos en 1968 informó de un espectacular descenso, luego de la segunda guerra mundial, en las enfermedades transmitidas por agua en Grecia, como consecuencia de la restauración de los sistemas de abastecimientos y tratamientos de agua.

Misra (1971) en un estudio de sistemas rurales de abastecimientos de agua en siete aldeas del estado de Uttar Pradesh en la India, encontró que la introducción de agua tratada y entubada por grifos domiciliarios tuvo efecto en la prevalencia de algunas enfermedades, haciéndola descender para la diarrea en un 77 por ciento, para la disentería en un 76 por ciento; para tracoma en un 90 por ciento.

Trevedi, Gandhi y Shukla en 1971 emprendieron la cloración de 48 pozos de abastecimiento rural de agua en 3 aldeas cercanas a Kanpur en la India. La incidencia de la diarrea se redujo a su sexta parte luego de implementada la cloración en los pozos y al hacer la comparación con los pozos de control, la incidencia en éstos eran 11 veces mayor que en los pozos clorados.

En el año 1972 - 1975, en Lusanka Zambia se reportó grandes brotes de fiebre tifoidea y de enfermedades diarreicas debido a que se recolectaban en pozos superficiales.

Rajasekaran, Dutt y Pisharoti en (1977), en un estudio de abastecimiento rural de agua en la India encontraron que la prevalencia de la shigelosis en hogares con grifos de agua eran la mitad que en aquellos con pozos y un tercio de la de aquellos con fuentes públicas.

Khan (1978) encontró que en un campo de refugiados en Dacca, Bangladesh al suministrarles agua tratada y entubada, descendía el 62 por ciento, los casos de cólera en comparación con los pozos tubulares y cisternas superficiales - de donde anteriormente se suministraba.

Cvjetavonic en 1980 reportó un descenso constante a largo plazo en la incidencia de la diarrea, luego de las mejoras del agua en la India. La diarrea en los niños de 5 años o menos descendió en un 40 por ciento durante el primer año, luego de la introducción de estas mejoras.

Los sucesos enmarcados anteriormente dan la pauta de la importancia de la de sinfección del agua; día con día éste control de la calidad del agua impone sobre las comunidades organizadas la obligación de buscar aguas de calidad adecuada.

Por lo tanto dentro del control de la calidad de las aguas se asigna la responsabilidad de que éstas estén libres de microorganismos que afectan la salud del hombre, esto puede cumplirse únicamente cuando se tenga un control que establezca y respete, los objetivos razonables y comunes; así como las normas necesarias de las cuales se hablara posteriormente.

PERSPECTIVA Y PANORAMA A NIVEL MUNDIAL Y EN MEXICO

La disponibilidad y el acceso al agua potable es de vital importancia. Se tienen conocimientos sobre los efectos de los principales factores socioeconómicos en la salud, relacionados con el desarrollo de los sistemas de potabilización y desinfección del agua. En muchos países la necesidad es cada vez más patente de reorientar los sistemas a buscar un mayor grado de salud, por ello se ha conducido a buscar los medios promoviendo y apoyando los trabajos de investigación y desarrollos necesarios, para tener el acceso al agua potable, así como a los medios de desinfección a nivel doméstico.

Como ya se ha mencionado, los casos de diarrea infantil y fiebre tifoidea son ejemplos de la actual problemática en países en desarrollo, aunando que para cada región en particular se debe estudiar, "Las características físicas, su situación epidemiológica, sus esquemas sociales y culturales, sus estructuras políticas y económicas y su grado de desarrollo para que de ahí, llegar a plantear expectativas y soluciones para la desinfección del agua".

Así mismo también se presenta el problema de que no todos tienen acceso al agua potable, ya que según el inventario del bienestar mundial (OMS), para el suministro del agua potable, 57 países han podido llegar a una cobertura del 80 por ciento, mientras que el 85 (en su mayoría de Asia Sudoriental, Africa y el Mediterráneo Oriental) han comunicado cifras por debajo del 80 por ciento. El desglose entre zonas urbanas y rurales sólo se hizo en algunos pocos países, pero se estima que aún hay unos 1000 millones de personas, el 80 por ciento de los cuales viven en el medio rural, que necesitan agua potable. Considerando a la vez que la población mundial ha aumentado a un ritmo aproximado de 160 000 personas diarias durante los años ochenta.

En realidad, según el informe prestado por la 39 Asamblea Mundial de la Salud, a fines de 1985 carecían de instalaciones sanitarias, así como del acceso del agua potable, 17000 millones de personas, es decir casi el 70 por ciento de los 24570 millones de habitantes del mundo en desarrollo (en estas cifras no incluyen a China).

Y aunque en el clima económico de los años noventa es difícil aumentar los recursos gubernamentales o de asistencia para el desarrollo en un sector concreto, vemos que es necesario aumentar el uso de desinfectantes para poder tener un abastecimiento de agua potable, en zonas urbanas, rurales y periurbanas, en las que, las enfermedades diarreicas cobran un terrible tributo y suelen escasear el dinero, la capacidad tecnológica y el apoyo institucional. Aunando que tanto en países desarrollados, así como los que se encuentran en desarrollo, se ha comprobado de que el acceso al agua para beber a nivel doméstico no cuenta con una calidad necesaria con características adecuadas que garantice seguridad en el agua de bebida desde un punto virológico.

Prueba de ello lo indican las tabulaciones siguientes, que muestran los resultados obtenidos en distintos ensayos llevados a nivel Internacional. (ver tablas 1 y 2).

De donde se reafirma, de que a pesar del tratamiento convencional en las plantas tratadoras, muchas veces el agua es suministrada sin una calidad propia que garantice un alto nivel de potabilidad, y se encuentre en estricto apego a los parámetros urgentes de la calidad de agua, de los cuales mencionamos a continuación.

TABLA (1)

CONTAMINACION VIRAL EN AGUAS SUPERFICIALES Y EN AGUAS DE BEBIDA. (5)

TIPO DE AGUA	CIUDAD	MUESTRAS POSITIVAS DE ENTEROVIRUS
AGUA DE RIO	FRANCIA	21 %
AGUA DE RIO	FRANCIA	9 %
AGUA DE RIO	FRANCIA	8 %
AGUA DE BEBIDA	FRANCIA	8 %
AGUA DE RIO	SUIZA	38 %
AGUA DE RIO	MOSCU	38 %
AGUA DE RIO	SUIZA	63 %
AGUA DOMESTICA	ISRAEL	2 %
AGUA DOMESTICA	INGLATERRA	56 %
AGUA DE RIO	E.U.	27-52 %
AGUA DE RIO	CHICAGO	27 %

(5) Electrotechnology, Vol.: 1 página 116 "New technologies for water disinfection".

TABLA (2)

ANALISIS DE AGUAS POTABLES EN VARIAS CIUDADES. (6)

CIUDAD	VIRUS AISLADOS	PROPORCION	CARACTERISTICAS DEL H ₂ O
PARIS	POLIOVIRUS ECHOVIRUS COXSACHIEVIRUS	9%	CANTIDAD DE CLORO RESIDUAL EN EL H ₂ O DE 0.5 A 0.6 PPM; OZONO 0.4 PPM TIEMPO DE CONTACTO 10 MIN.
MICHIGAN	ECHOVIRUS	-	-
FLORIDA (GEORGETOWN)	COXSACHIEVIRUS	-	-
GUADALAJARA	ENTEROVIRUS Y ROTAVIRUS	-	-
PUERTO RICO	ENTEROVIRUS Y ROTAVIRUS	-	-
PONT VIAV	CEPAS DE POLIO VIRUS	-	AGUA QUE CONTENGA CLORO RESIDUAL DE 0.1 Y 0.2 PPM.
TORONTO	CEPA DE POLIO VIRUS	-	-
OTAWA	CEPA DE POLIO VIRUS	-	-
NUPEN (AFRICA)	VIRUS	5/100%	-
ISRAEL	ENTEROVIRUS	3/III (MUESTRAS)	LAS MUESTRAS NO TENIAN CLORO RESIDUAL.
GRAN BRETAÑA	POLIOVIRUS COXSACHIE (B) ECHOVIRUS	16%	LAS MUESTRAS TENIAN 0.3 PPM DE CLORO RESIDUAL.
GRAN BRETAÑA	NO HUBO VIRUS	-	MUESTRAS QUE TENIAN 0.5 PPM. DE CLORO EN 1hr. - DE TIEMPO DE CONTACTO.
MOSCU (URSS) KUYBISHER	VIRUS	17%	CONTENIAN LAS MUESTRAS 0.3 PPM. DE Cl ₂ INDEPENDIENTEMENTE DE CLORO RESIDUAL, TIEMPO DE CONTACTO DE 30 MIN.
RUMANIA	COXSACHIEVIRUS	2/65 (MUESTRAS)	-
ALEMANIA OESTE	VIRUS	2/4 (MUESTRAS)	AGUA BIEN CLORADA.
PAISES BAJOS	VIRUS	10/100 (MUESTRAS)	-

CIUDAD	VIRUS AISLADOS	PROPORCION	CARACTERISTICAS DEL H ₂ O
ITALIA	VIRUS	-	PLANTAS CLORINADORAS.
ESPAÑA	REOVIRUS	-	- - -
ISLAS NORFOLK	VARIAS	-	AGUA SIN TRATAMIENTO <u>AL</u> GUNO.
PACIFICO SUR	COLONIAS	-	- - -
WUHAN (CHINA)	ENDENOVIRUS COXSACHIEVIRUS	-	- - -
LA DELHI (INDIA)	VIRUS	7/50 (MUESTRAS)	DE 0.2 A 0.8 PPM DE <u>CLO</u> RO RESIDUAL.
GHANA	VIRUS	-	AGUAS DE ESTANQUES RIOS Y CHARCOS.

(PPM = Partes por millón)

(6) Environmental Science and Technology, Vol.: 20 No. 3, 1986 pág. 216-222).

NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

La disponibilidad y usos de sistemas de abastecimiento de agua potable adecuados constituyen partes integrales de la atención primaria de la salud, esto es reconocido y recomendado por Organizaciones Internacionales como la OMS y la UNICEF.

Las medidas tomadas en el abastecimiento de agua y el saneamiento deben estar integradas con otras actividades a la atención de la salud pública. Los ejemplos parecen ser obvios, pero con frecuencia no se toman en cuenta, estos incluyen la protección sanitaria del almacenamiento doméstico contra la contaminación y el uso del agua potable en la preparación de los alimentos.

Por ello para poder conseguir un total cumplimiento de los objetivos en la atención primaria de la salud es necesario disponer de una serie de normas, - las cuales tengan como objetivos cuidar la calidad del agua potable, proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo -- aquellos componentes microbiológicos del agua que pueden representar un riesgo para la salud y el bienestar de la comunidad. Además, de que estas mismas consideraran, las propiedades físicas del agua, tal como color, turbidez, acidez y alcalinidad; parámetros que aunque no se relacionan directamente con la salud, se han aplicado ampliamente y con éxito durante muchos años para asegurar la inocuidad del agua.

Para poder definir normas, es necesario considerar éstas recomendaciones en el contexto de las condiciones ambientales, socioeconómicas y culturales existentes.

Si bien no se ignora que en algunos países tal vez no sea posible suministrar agua potable que cumpla con todos los requisitos incluidos en las Normas Internacionales, se espera que en un esfuerzo por proteger la salud pública se trate de elaborar normas de calidad que se aproximen tanto como sea posible a los valores internacionales recomendados (Normas Internacionales para el Agua Potable, Normas de Calidad del Agua en México y E.U. y Valores Guía).

Se han elaborado estas normas para asegurar que la calidad del agua reúna las características necesarias de potabilidad en todas las circunstancias. Generalmente se pretende que estas se apliquen, no solo para el abastecimiento de agua distribuida por tubería a la comunidad, sino también por aquellos medios que se distribuye en cisternas o en botellas. Al evaluar la calidad del agua potable, el consumidor depende por completo de sus sentidos, los componentes del agua, pueden afectar su apariencia, olor y sabor; el consumidor evalúa generalmente la calidad y aceptabilidad del agua basándose esencialmente en esos criterios. Se considerará así peligrosa y se rechazará el agua que sea muy turbia, que tenga un color acentuado o un sabor desagradable. No obstante ya que no podemos confiar por completo en nuestros sentidos cuando se trata de juzgar la calidad del agua potable y la ausencia de efectos sensoriales negativos, no se garantiza la inocuidad de ese elemento.

Por ello con la finalidad de remarcar la importancia de los diferentes tipos de biocidas usados a nivel doméstico, se ha hecho necesario recurrir a los parámetros de calidad bacteriológica (de los cuales mencionamos a continuación)

y en base a las exigencias de éstos, hacer una buena selección y aplicación de dichos biocidas.

Es importante considerar que las normas de calidad bacteriológica no se llegan a cumplir en su totalidad única y exclusivamente mediante los diferentes métodos de desinfección (Biocidas), sino que también contribuyen en el cumplimiento los elementos (equipos) utilizados en un proceso de tratamiento de -- aguas tal como sedimentación, clarificación, tratamiento con lodos activados. Que reducen considerablemente la presencia de microorganismos nocivos para la salud.

Así el punto de partida de nuestro estudio será establecer las bases, para obtener el agua potable libre de microorganismos patógenos, es decir que el - agua sea microbiológicamente segura para su consumo doméstico, tales fines se logrará si se consideran los puntos desarrollados a continuación.

ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

El análisis bacteriológico del agua es un desarrollo relativamente reciente. Por regla general, la contaminación por heces se refleja en la presencia de un grupo de microorganismos a los que se designan con el término de coliformes. En el pasado la bibliografía, se ha referido a estos microorganismos de signandoles con los nombres de Bacterias Coliformes o B.Coli, Escheria Coli o E.Coli. En la actualidad, éstos microorganismos se conocen por grupos coliformes lo que implica que se trata de un grupo de bacterias más que de una sola especie.

En 1884 Escherich aisló de los excrementos de un enfermo de cólera, lo que en un principio, se pensó que era la causa de aquella enfermedad. Sin embargo las investigaciones posteriores indicaron que otros microorganismos análogos, se encontraban también en la vía intestinal de las personas sanas. A partir de aquel descubrimiento se reconoce que la existencia de microorganismos coliformes en las heces del hombre es una característica inherente. Es posible que de un tercio a un quinto del peso de las heces de un individuo normal esté -- constituida por microorganismos coliformes activos. La presencia de estos microorganismos en el agua puede interpretarse como que dicha agua se ha contaminado con materias fecales.

Los documentos históricos nos prueban que, (con la única excepción de algunas referencias a las características estéticas), no han existido normas de calidad bacteriológica del agua hasta bien entrado el siglo XIX. Aún hay muchas personas que observan el agua en el vaso para comprobar de que es clara y -- cristalina.

Por esto, se puede deducir que nuestros antepasados concluían por observación que algunas aguas eran saludables, mientras que otras provocaban infecciones, y aunque nada sabían sobre las causas de las enfermedades, al menos en algunos casos fueron lo suficientemente astutos para reconocer, las propiedades -- saludables de las aguas puras. Desgraciadamente esta información se fue reuniendo a costa de la enfermedad y muerte de muchas personas.

DEVENIR DEL DESARROLLO DE ESTANDARES.

En 1914 los estándares del departamento del tesoro de los E.U. especificaban que un agua de bebida aceptable no debería revelar la presencia de Bacterias Coliformes en más de una de las cinco porciones de 10 mililitros de la muestra ensayada. La terminología de Bacteria Coliforme se observó en los estándares de 1925, donde se acentuó la necesidad de examinar serie de muestras, en lugar de muestras únicas. Esta comprensión de la naturaleza estadística de una serie de observaciones fue un progreso significativo. Para 1942, el término de Bacterias Coliformes se transformó en el del grupo (coliforme). El procedimiento del filtro de membrana (MF) se incluyó por primera vez, como alternativa de muestreo en tubos múltiples en los estándares de 1962.

La historia de los brotes de enfermedades transmitidas por el agua o abastecimientos públicos adecuadamente tratados, indican que el examen de bacterias - coliformes, constituye una medida satisfactoria, de la seguridad microbiológica del agua. Aunando a esto las propiedades inmunológicas naturales del ser humano y el hecho de que muchas aguas crudas, especialmente aquellas que registran un mayor grado de polución; se tratan por procesos que permiten obtener una buena clarificación y una cloración intensiva. A tenido como resultado la baja incidencia de las enfermedades transmitidas por el agua en la población.

DESARROLLO DE LOS ESTANDARES DEL AGUA POTABLE EN LOS E.U.

El 21 de Octubre de 1914, de conformidad con la recomendación del director - del Servicio Público de Salud de E.U. Se adoptaron los primeros estandares - para el agua potable suministrada al público, por cualquier empresa dedicada al comercio de los Estados Unidos. Estos estandares especifican los límites máximos permisibles de impurezas biológicas, como a continuación se indica.

- 1) El recuento bacteriano en lámina, sobre agar estandar incubado, durante - 24 horas a 37 grados centígrados no debe exceder de 100 centímetros cúbicos.
- 2) De las 5 porciones examinadas de 10 centímetros cúbicos de cada muestra - no más de un (1/5) de estas muestras debe acusar la presencia de Bacterias Coliformes.
- 3) Los procedimientos recomendados eran los contenidos en los Standard - - Methods of Water Analysis (APHA, 1912).

Estos estandares los elaboró una comisión de quince miembros designados entre los cuales figuraron personas especializadas en tratamientos de agua.

Posteriormente el comité asesor responsable de la preparación de los estandares de 1925 definió una agua segura como aquella que tiene un riesgo de infección muy pequeño.

Los requisitos bacteriológicos eran más restrictivos. No se permitía que más de 10 por ciento de todas las porciones de 10 mililitros acusasen la presencia de microorganismos del grupo Bacterias Coliformes; al mismo tiempo esta exigencia si permitía que tres o más de las cinco porciones de 10 mililitros examinadas revelasen la presencia de Bacterias Coliformes, en no más de 5 por ciento de las porciones de 10 mililitros examinadas. El período de examen y el número de muestras necesarias para determinar el cumplimiento con el estandar no se especificaban.

Los estandares de 1942 fueron preparados por un comité asesor constituido por representantes de varios organismos federales y asociaciones científicas, así como por varios miembros independientes.

Las principales modificaciones introducidas en los estándares de 1925 en la edición de 1942 son:

En la sección bacteriológica el examen de cinco porciones de 10 mililitros o 100 mililitros se dejó a la discreción de los responsables; cada mes se examinará un número mínimo de muestras en función de la población abastecida y los laboratorios. Los procedimientos empleados en estos exámenes deberían estar sujetos, en cualquier momento a la inspección de un representante designado por la autoridad competente.

En los estándares de 1946 fue esencialmente igual a los de 1942.

NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA EN MEXICO

En México mediante el reglamento federal sobre obras de provisión de agua potable, los estándares publicados en el Diario Oficial de la Federación el 2 de Julio de 1953 bajo el gobierno de Adolfo Ruiz C. fueron.

Una agua se encuentra libre de germenos cuando se encuentran:

- A) Menos de 20 microorganismos de los grupos Coli o Coliformes por litro de muestras (bacilos aerobicos o anaerobicos facultativos).
- B) Menos de 200 colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra en la placa de agar, a 37 grados centígrados y durante 24 horas.
- C) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina cromógenas y fétidas, en la siembra de un centímetro cúbico de muestra, en gelatina incubada a 20 grados centígrados y durante 48 horas.

Actualmente de acuerdo a los nuevos reglamentos de las Leyes Mexicanas las concentraciones máximas permisibles de los efluentes son de 10,000 por cada 100 mililitros , de coliformes en promedio diario.

Y en un promedio instantáneo se acepta 20 000 por cada 100 mililitros de --- acuerdo al código NTE-CCA-021/88; Art. 7 (SEDUE).

Y para la calidad del agua de pozo se autoriza una concentración máxima de coliformes de 10/100 mililitros.

NORMAS INTERNACIONALES PARA EL AGUA POTABLE

El número de microorganismos coliformes contenidos en la muestra de agua se expresan estadísticamente como el número más probable de los microorganismos que hay en cada 100 mililitros de la muestra, siendo esta cantidad el índice NMP.

Para el agua tratada:

El 90 por ciento de las muestras examinadas durante el año deben estar libres de bacterias o el índice NMP ha de ser inferior a 10

En ninguna de las muestras este índice debe pasar de 10

No se debe permitir un índice entre 8 y 10 en más de dos muestras consecutivas, si se analizan cinco porciones de 10 mililitros cada muestra, bastará - que en dos muestras consecutivas tres de las cinco porciones den un resultado positivo.

Cada vez que el índice NMP que se encuentre entre bacterias coliformes, sea superior a 8 en dos muestras consecutivas convendrá analizar inmediatamente uno o varias muestras más tomadas en el mismo punto. Esto es lo menos que ca be hacer. Sería también conveniente analizar muestras tomadas en distintos puntos de la red de distribución, así como en la fuente de captación.

La observación de las normas partiendo de los resultados de la técnica del - filtro de membrana requiere que el 90 por ciento de las muestras del agua suministrada a los consumidores contenga menos de una bacteria coliforme por - 100 mililitros y que ninguna de las series de muestras contenga más de 10 -- bacterias coliformes en 100 mililitros.

Actualmente el agua distribuida por tuberías; clorada o desinfectada por cual quier método de desinfección no debe demostrar la presencia de coliformes en ninguna muestra de 100 mililitros. Cuando el agua esta sin desinfectar se toleran hasta 3 germen^{es} coliformes, en algunas muestras de 100 mililitros de agua no desinfectada.

Para el caso de la red de distribución:

- A) En el curso del año, el 95 por ciento de las muestras no debe contener ni ngún germen coliforme en 100 mililitros.
- B) Ninguna muestra ha de contener Escheria Coli en 100 mililitros.
- C) Ninguna muestra ha de contener más de 10 germen^{es} coliformes por 100 mili litros.
- D) En ningún caso han de hallarse germen^{es} coliformes en 100 mililitros de - dos muestras consecutivas.

VALORES GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. (OMS)

Para definir normas, es necesario considerar éstas recomendaciones en el contexto de las condiciones ambientales, socioeconómicas y culturales existentes. Se pretende que estos Valores Guías reemplacen a las Normas Europeas y a las Normas Internacionales para el agua potable que existen desde hace algún tiempo. El principal objetivo de los Valores Guías es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir el mínimo aquellos componentes del agua que puedan representar un riesgo para la salud y el bienestar de la comunidad.

Naturaleza de los valores guías.

- A) Un valor guía representa el nivel máximo (concentración o cantidad) de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará un riesgo importante para la salud del consumidor.

En la siguiente tabla se muestran estos valores guías. (7)

MICROORGANISMOS	UNIDAD	VALOR GUIA	OBSERVACIONES
1) CALIDAD MICROBIOLOGICA			
A) AGUA DISTRIBUIDA POR TUBERIAS			
A.1) AGUA SOMETIDA A TRATAMIENTOS QUE ENTRA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION			
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	Turbiedad UTN: para la desinfección, es preferible a un ph 8.0
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	Con cloro es preferible un ph 8.0; de 0.2 a 0.5 mg/l de cloro residual libre después del contacto durante 30 minutos.
A.2) AGUA NO SOMETIDA A TRATAMIENTO QUE ENTRA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION			
Bacterias Coliformes Fecales	No/100ml	0	-----
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	En el 98% de las muestras examinadas durante el año, cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan

MICROORGANISMOS	UNIDAD	VALOR GUIA	OBSERVACIONES
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	suficientes muestras. Ocasionalmente en alguna muestra, pero no en muestras consecutivas.
A-3) AGUA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCION.			
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	En el 95% de las muestras examinadas durante el año.
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	Cuando se trata de grandes abastecimientos y se examina suficientes muestras.
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	Ocasionalmete en algunas muestras, pero no en muestras consecutivas.
B) AGUA NO DISTRIBUIDA POR TUBERIAS.			
Bacterias Fecales	No/100ml	0	-----
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	No debe ocurrir en forma repetida; cuando el hecho sea frecuente y no se pueda mejorar la protección sanitaria si es posible se debe buscar otra fuente.
C) AGUA EMBOTELLADA			
Bacterias Coliformes Fecales.	No/100ml	0	La fuente debe estar excenta de contaminación fecal.
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	-----
D) ABASTECIMIENTO DE AGUA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA.			
Bacterias Coliformes Fecales.	No/100ml	0	Aconseje al público hervir el agua, cuando ésta, no se ajuste a los valores.
Bacterias Coliformes	No/100ml	0	-----

MICROORGANISMOS	UNIDAD	VALOR GUIA	OBSERVACIONES
Enterovirus	No se ha fijado		
E) CALIDAD BIOLOGICA.			
Protozoarios (patógenos)	No se ha fijado		
Helmitos (patógenos)	No se ha fijado		
Organismos de vida libre (algas, otros)	No se ha fijado		

(7) Guías para la calidad del H₂O potable, vol. 3 OMS 1988).

Idealmente, el agua potable no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno. De igual manera debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal, claro está, que estas situaciones dependerán de la conveniente aplicación del biocida usado. Para tal efecto una buena orientación - la podemos obtener de los valores guías para la calidad del agua potable.

Ya que por medio de ellos, es decir de estos valores, se garantiza que el - - agua será agradable para los sentidos y no causará riesgos significativos, - para la salud del consumidor.

Aunque el cumplimiento de las normas suele considerarse como metas a largo - plazo, se debe procurar de abastecer a la comunidad con el agua más pura, ya que como lo hemos mencionado los resultados pueden ser desastrosos; para re-- saltar esta importancia hacemos a continuación una descripción concisa de los tipos de enfermedades acarreadas a nivel mundial como nacional debido a la - ingestión de agua contaminada.

MICROORGANISMOS	UNIDAD	VALOR GUIA	OBSERVACIONES
Enterovirus	No se ha fijado		
E) CALIDAD BIOLOGICA.			
Protozoarios (patógenos)	No se ha fijado		
Helmitos (patógenos)	No se ha fijado		
Organismos de vida libre (algas, otros)	No se ha fijado		

((7) Guías para la calidad del H₂O potable, vol. 3 OMS 1988).

Idealmente, el agua potable no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno. De igual manera debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal, claro está, que estas situaciones dependerán de la conveniente aplicación del biocida usado. Para tal efecto una buena orientación - la podemos obtener de los valores guías para la calidad del agua potable.

Ya que por medio de ellos, es decir de estos valores, se garantiza que el - - agua será agradable para los sentidos y no causará riesgos significativos, - para la salud del consumidor.

Aunque el cumplimiento de las normas suele considerarse como metas a largo - plazo, se debe procurar de abastecer a la comunidad con el agua más pura, ya que como lo hemos mencionado los resultados pueden ser desastrosos; para re-- saltar esta importancia hacemos a continuación una descripción concisa de los tipos de enfermedades acarreadas a nivel mundial como nacional debido a la - ingestión de agua contaminada.

TRANSMISION DE ENFERMEADES RELACIONADAS CON EL AGUA

Para mayor comodidad, las enfermedades más importantes relacionadas con el agua y las excretas las podemos categorizar en términos del origen de la transmisión, dentro de esta clasificación tenemos.

A) Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua.

Básicamente, estas son enfermedades en las que los microorganismos patógenos se encuentran en el agua y cuando se ingieren en una dosis suficiente infectan al que la bebe. La mayoría de estos microorganismos patógenos llegan al agua mediante la contaminación con excretas humanas y finalmente ingresan al cuerpo através de la boca, de ahí el término de transmisión fecal-oral. Muchas de las enfermedades de este tipo se transmiten fácilmente através de otros medios por ejemplo, de las manos a la boca o mediante alimentos contaminados fecalmente.

Las enfermedades más importantes de este tipo incluyen la disentería amébrica, la shigelosis, el cólera, las diarreas (de etiología no conocidas) las diarreas del tipo Escheria Coliforme, las diarreas virales, el virus A de la hepatitis y la fiebre tifoidea.

B) Enfermedades químicas transmitidas por el agua.

Básicamente, estas son enfermedades asociadas con la ingestión de agua que contiene sustancias tóxicas en concentraciones dañinas. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial y generalmente son de localización específica. Las medidas a tomarse se incluye, su eliminación (generalmente costosa) o la elección de fuentes alternativas.

A nivel global, estas enfermedades no representan grandes problemas en países no industrializados y por lo general tiene menor prioridad que las enfermedades microbiológicas.

C) Enfermedades relacionadas con la higiene.

Estas son enfermedades cuya incidencia, frecuencia o gravedad puede disminuir mediante el mejoramiento de la higiene personal y doméstica durante la utilización del agua. La mayoría de estas enfermedades pueden transmitirse através de los alimentos, de contacto mano a boca y de muchas otras formas. Estas enfermedades incluyen a muchas de las transmitidas por el Agua. Algunas de ellas, por ejemplo las shigelosis se transmiten posiblemente más en dichas formas.

En si se debe de disponer de agua suficiente no sólo para beber sino también para lavarse las manos, bañarse, lavar la ropa y limpiar los utensilios de cocina y los cubiertos. Un argumento falaz propuesto en algunas oportunidades plantea que lo importante es la cantidad de agua y no su calidad. Económicamente puede ser factible contar con un abastecimiento de agua el cual deba suministrar agua tanto para beber como para la higiene. Desde el punto de vista microbiológico, el agua potable puede satisfacer ambos propósitos; sin embargo ni grandes cantidades de agua no potable puede hacerlo.

Aún cuando la transmisión a través del agua no parezca ser endémica, las entidades públicas deben evitar el riesgo de una fuente común de brote epidémico en los sistemas públicos de abastecimientos de agua.

D) Enfermedades transmitidas a través del contacto con el agua.

Estas son las enfermedades transmitidas a través del contacto de la piel con agua infestada de microorganismos patógenos. La más importante de éstas enfermedades es la esquistosomiasis (bilharziasis). Los huevos de esquistosoma contenido en excretas humanas incuban en el agua que los recibe, la larva resultante debe invadir un huésped caracol apropiado o morir. Siguiendo un proceso de multiplicación dentro del caracol la larva esquistosomas (cercaria) libre ya que para nadar, escapa del caracol y una vez que se encuentra al hombre lo invade penetrando en su piel sumergida o húmeda. Esta importante enfermedad trópicamente infecta a más de 200 millones de personas y su frecuencia probablemente este aumentando. Los actuales métodos y el control químico de los caracoles (moluscocidos) han tenido un éxito limitado ambos métodos requieren de una repetición periódica.

Para el control de la esquistosomiasis, se esta limitando la necesidad de contacto humano con el agua, mediante el suministro de sistemas públicos de abastecimientos, esto ha mostrado resultados premisorios en Santa Lucía, Brasil, Puerto Rico, Sudáfrica y esta siendo probado en Swanzilandia por PNUMA/UNICEF/OMS.

E) Enfermedades con vectores de hábitat acuático.

Estas son enfermedades que durante parte de su ciclo vital depende de vectores animales que viven toda o parte de su vida en su hábitat acuático o adyacente a este. Los arquetipos son la esquistosomiasis (asociada a los caracoles), la malaria (asociada a los mosquitos) y la oncocercosis (asociada a las moscas acuáticas). Su reproducción puede ser incentivada por las existencias de aguas grises, aguas residuales y recipientes de almacenamientos de aguas descubiertos.

F) Enfermedades relacionadas con las disposiciones de excretas.

Estas son enfermedades cuya transmisión puede interrumpirse efectivamente mediante la disposición sanitaria de heces humanas. Ellas incluyen la mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua.

Como observamos tanto a nivel nacional, como en todos los países en desarrollo, el problema se encuentra vigente principalmente en asentamientos suburbanos y en zonas rurales donde debido a la carencia de medios económicos, así como de infraestructura, se ha presentado, el problema del acceso al agua potable a estas comunidades. Esto y las distintas fuentes de transmisión trae como consecuencia una gran variedad de brotes de enfermedades, las cuales se resumen en las tablas 3 y 4.

TABLA (3)

CUADRO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR INGESTION DE AGUA POTABLE CONTAMINADA. (A NIVEL INTERNACIONAL). (8)	
FUENTE MICROBIOLÓGICA (ENFERMEDADES)	VIAS DE TIPO FECAL - ORAL
Disentería Amébrica (Amebiasis)	Epidémicamente es transmitida principalmente - através del agua, endémicamente se propaga <u>através</u> del agua, alimentos y contacto mano a boca. Es resistente a la cloración.
Ascariasis (Lombriz gigante)	Generalmente transmitidas por suelo y agua.
Disentería Bacilar (Shigellosis)	También <u>através</u> de agua, comidas, leche, mos- cas y contacto directo.
Disentería Balantidial (Balantidiasis)	Epidémicamente es transmitida principalmente através del agua. Endémicamente, <u>através</u> de agua, comidas, moscas.
Enteritis (Campilobacteriana)	Sólo recientemente se le ha reconocido como una causa importante de la diarrea pedfátrica.
Cólera (Clásico y El tor)	Enfermedad clásica transmitidas por el agua. Actualmente pandémica. Alto índice de mortali- dad en los casos no tratados.
Coccidiosis	Rara, Benigna.
Diarreas (Incluye diarreas Infantiles y Gastroen- teritis).	Enfermedad generalmente no identificada, ataca especialmente en los países, menos desarrolla- dos donde aparece con frecuencia como una de - las principales causas de muerte. Principalmen- te de vía fecal-oral.
Eschiria Coliforme (Enteroinvasiva, Enteropa- tógena y Enterotóxica).	Creciente compresión de su rol en las diarreas de niños y viajeros.
Virus Entéricos	Muchos son patógenos. Su rol no es bien com- prendido. Puede causar enfermedades del siste- ma nervioso central.
Giardiasis	Recibe cada vez mayor atención. Es resistente a la cloración.
Virus A de la Hepatitis	Varias rutas de transmisión. Incluyendo fecal oral.
Anquilostomiasis y Estrongiloidiasis	Normalmente, la larva del suelo penetra en la piel desnuda generalmente de pie. También pue- de transmitirse por agua.
Enfermedad Hidatídica (Echinococcosis).	Se transmite mediante la ingestión de huevos - infectados en agua y alimentos contaminados -- por heces de perros.
Otros vibriones aparte del cólera.	Cada vez más reconocidos como una causa de dia- rreas.

FUENTE MICROBIOLÓGICA
(ENFERMEDADES)

VIAS DE TIPO FECAL - ORAL

Infección Viral Norwalk	Aparentemente, una causa significativa de diarreas.
Fiebre paratifoidea	Contacto directo o indirecto con heces y orina de paciente o portador. Generalmente se propaga indirectamente a través de alimentos, especialmente leche y mariscos y a través del suministro de agua.
Poliomielitis	Se ha observado transmisión via agua, pero es rara.
Infección de Rotavirus	Agente de diarrea infantil recientemente identificado. Probablemente fecal-oral.
Salmonelosis	Enfermedad gastroenterítica aguda, infecciosa; generalmente se propaga a través de alimentos contaminados fecalmente. Se sabe de epidemias transmitidas por agua; por ejemplo 15000 casos en Riverside California, en 1966 debido a la contaminación de un sistema público de agua.
Esquitosomiasis	Puede transmitirse a través del agua, pero la penetración por la piel es la principal puerta de entrada.
Diarrea de Viajeros	Frecuentemente causada por uno de los muchos serotipos de bacterias Escherichia Coliforme.
Tricuriasis (Lombriz Latigiforme).	Generalmente se transmite por el suelo pero ocasionalmente también por el agua.
Fiebre Tifoidea	Se transmite a través de agua y alimentos contaminados.
Yersiniosis	De alcance mundial pero escasamente reconocida.
Antrax	Transmisión por agua potable, dudosa, aunque citada por varios autores.
Brucelosis	Documentada, pero probablemente muy escasa.
Cisticercosis (Lombrices de la Vejiga)	Ingestión de los huevos a través de alimentos o agua. Infección larval con T. Solium. Otras vías de transmisión. Enfermedad grave.
Gongilonomiasis (Lombricilla Filiforme Escutiforme)	Rara. Ingestión de agua que contiene larvas de insectos huéspedes desintegrados.
Filariasis (Dracontiasis)	Ruta de transmisión completa con vector intermedio (ciclópodo). No utilizada vía fecal-oral. Se encuentra sólo en países de vías de desarrollo y se transmite solo por agua.
Enfermedad de tremátodo (Clonorchiasis y otros)	Ocasionalmente por ingestión de agua potable que contiene metacercaria de pescado descompuesto.

FUENTE MICROBIOLÓGICA (ENFERMEDADES)	VIAS DE TIPO FECAL - ORAL
Meloidosis	Rara. Sureste Asiático.
Sparganosis	Ingestión de agua que contiene ciclopodos infectados con ciertas larvas cestodas. Otras rutas de transmisión.
Tularemia	Ingestión de agua no tratada de cuencas donde dicha infección predomina entre los animales silvestres.

((8) Datos proporcionados de agua y salud humana (OMS)).

TABLA (4)

VIRUS ENTERICOS QUE PUEDEN SER LLEVADOS DESDE EL AGUA Y ENFERMEDADES ASOCIADAS. (A NIVEL INTERNACIONAL). (9)			
GRUPO	ENFERMEDADES ASOCIADAS CON ESTOS VIRUS	CAMBIOS PATOLOGICOS EN PACIENTES	ORGANOS POR LOS QUE SE MULTIPLICA
POLIOVIRUS	Parálisis Muscular	Destrucción de <u>Neu</u> <u>ronas Motoras.</u>	Mucosa Intesti- nal, Cerebro, Tronco Espinal.
	Meningitis Aséptica	Inflamación de Men- inges por Virus.	Meninges
	Episodios de Fiebre	Viremia y Multipli- cación Viral.	Mucosa Intesti- nal y Linfa.
ECHOVIRUS	Meningitis Aséptica	Como las ya mencio- nadas.	Ya mencionada.
	Parálisis Muscular	Algunas ya mencio- nadas.	Ya mencionada.
	Exantema	Dilatación y Roptu- ra de Venas.	Piel.
	Enfermedades Respira- torias.	Reacciones de In-- flamación secunda- rias.	Sistema Respira- torio y Pulmo-- nes.
	Diarreas.		
	Epidemia de Mialgia	No es bien conocida	-----
	Pericarditis y Mio- carditis.	Invasión viral de - células con respues- tas secundarias.	Tejidos.
Hepatitis.	Algunas ya mencio- nadas.	Parénquima en -- higado.	
COXSACHIE- VIRUS	Herpangina	Invasión Viral de mucosa con inflama- ciones secundarias.	Boca.
	Meningitis Aséptica	Ya mencionadas.	Ya mencionada.
	Parálisis Muscular	Ya mencionadas.	Ya mencionada.
	Enfermedad de Boca	Invasión Viral de Células de la Boca.	Boca.
	Enfermedades Respi- ratorias.	Ya mencionadas.	Ya mencionadas.
	Diarrea Infantil	Invasión Viral de Células Mucosas.	Mucosa Intesti- nal.

GRUPO	ENFERMEDADES ASOCIADAS CON ESTOS VIRUS	CAMBIOS PATOLOGICOS EN PACIENTES	ORGANOS POR LOS QUE SE MULTIPLICA
COXSACHIE- VIRUS B	Hepatitis	Invasión Viral de Células en Hígado.	Células del Híga do.
	Pericarditis y Miocarditis	Ya mencionadas	Ya mencionadas
	Pleurodinia	Invasión Viral de Células Musculares.	Músculos.
	Meningitis Aséptica	Ya mencionadas.	Ya mencionada.
	Parálisis Muscular	Ya mencionadas.	Ya mencionada.
	Meningoencefalitis	Invasión Viral de Células.	Meninges y Cere- bro.
	Pericarditis, Endo- carditis.	Ya mencionadas.	Ya mencionadas.
REOVIRUS	Enfermedades Respi- ratorias.	Ya mencionadas.	Ya mencionadas.
	Insulina dependiente de Diabetes.	Invasión Viral de Insulina por Célu las producidas.	Células en las - Pancreas.
	Anomalías Congénitas en Corazón.	Invasión Viral de Células Musculares.	Desarrollo en el Corazón.
ADENOVIRUS	No bien conocida.	No bien conocida.	-----
ADENOVIRUS	Enfermedades Respi- ratorias.	Invasión Viral de Células.	A los vasos
	Apendicitis aguda	Invasión Viral de Células de Mucosas.	Apendio y Nodo Linfatico.
	Intususcepción	Invasión Viral de Células y Nodos -- Linfaticos.	Nodos Linfaticos Intestinal.
	Tiroiditis subaguda	Invasión Viral de Células de Paren- químa.	Tiroides.
HEPATITIS	Sarcoma en Hamster	Transformación de Células	Células Muscula- res.
	Hepatitis Infecciosa	Invasión de Célu- las de Parenquima.	Hígado.
	Hepatitis Sérica	Invasión de Célu- las de Parenquima.	Hígado.

CLASIFICACION GENERAL DE LOS METODOS DE DESINFECCION

ORIGEN DE LA DESINFECCION.

Hasta que la teoría de la transmisión de las enfermedades por gérmenes se confirmó en la penúltima década del pasado siglo se creía que los olores eran -- los agentes transmisores de las enfermedades, y se sostenía que por lo tanto, el control de los mismos limitaría la propagación de las infecciones; por consiguiente partiendo de este postulado erróneo se desarrollaron las técnicas -- de desinfección tanto del agua como de los residuos sanitarios.

TEORIA DE LA DESINFECCION.

En la actualidad se considera que los procesos de desinfección del agua implican un tratamiento especializado, dirigido a la destrucción de microorganismos -- perjudiciales o simplemente indeseables. Clásicamente los procesos de desinfección se han empleado con la finalidad de destruir o inactivar los microorganismos patógenos productores de enfermedades y muy especialmente las -- bacterias de origen intestinal.

Dentro del proceso se sabe que los microorganismos, pueden existir en el agua sobreviviendo durante semanas cuando se mantienen a temperaturas ambientales o posiblemente durante meses cuando las temperaturas son bajas. Además del -- factor temperatura, la supervivencia depende también de los factores ambientales, fisiológicos y morfológicos, entre los que figuran el ph, oxígeno y la disolución del suministro de materias nutritivas, la competencia con otros microorganismos, la resistencia a la influencia tóxica y la capacidad para formar esporas. Esto y considerando que la facultad de los microorganismos de -- provocar enfermedades en los hombres dependen de su virulencia, concentración, modo de ingestión por el hombre y resistencia de éste; pone de manifiesto la interrelación de los diversos factores que ejercen influencia en el proceso. En el cual para poder predecir cuán rápidamente ocurrirá la reacción de destrucción o inactivación de los microorganismos, se tendrá que recurrir, para la facilidad del estudio a modelos simplificados de ecuaciones cinéticas -- las cuales concuerden con los datos experimentales encontrados (aunque claro se debe poner especial cuidado en la interpretación del proceso). Por ello -- dentro del estudio de desinfección, la velocidad de destrucción de los microorganismos ha sido comúnmente expresada por la ecuación cinética de primer orden conocida como ley de Chick

$$-dN/dt = K N$$

en donde: $-dN/dt$ es la velocidad de destrucción, K es la constante de velocidad característica del microorganismo, sistema y el tipo de desinfectante y -- N es el número de microorganismos por unidad de volumen que sobreviven en -- cualquier tiempo dado (t).

En la práctica, esta ecuación presenta desviaciones, puesto que no incluyen los términos que engloban el efecto de la concentración de desinfectante. Por ende esta será válida para una concentración constante y un biocida determinado. Generalmente esta relación entre la concentración de desinfectante y el tiempo requerido para destruir un porcentaje de microorganismos viene expresado por la ecuación empírica.

$$C^{n_{tr}} = \text{Constante}$$

Donde C es la concentración del desinfectante, t_r el tiempo determinado para destruir un porcentaje de microorganismos y n es una constante característica de un desinfectante dado. La cual en un sistema cinético, representa el orden de reacción empírico.

Ahora bien es evidente que no existen dos tipos de desinfectantes que tengan la misma capacidad germicida en condiciones determinadas. Ya que como se -- verá más tarde, en algunos casos la reacción del material con el agua puede conducir a la formación de compuestos de una eficacia desinfectante variable; es más a veces dichos compuestos son totalmente ineficaces desde el punto de vista de la desinfección. La destrucción de una especie de microorganismo por un desinfectante determinado (siempre que los demás factores sean constantes) es proporcional a la concentración de dicho desinfectante y al tiempo de reacción; la eficacia del desinfectante disminuye a medida que aumenta su disolución y decrece el tiempo de reacción. Una concentración baja del desinfectante durante tiempos de contactos largos puede ser suficiente, mientras que si dichos tiempos son más cortos la concentración del desinfectante deberá elevarse para lograr un índice de destrucción equivalente.

MEDIOS DE DESINFECCION.

El agua puede desinfectarse recurriendo a diversos medios. Excepción hecha de aquellos procesos de tratamiento que producen la eliminación parcial de microorganismos potencialmente infecciosos o simplemente indeseables (tal como la sedimentación, coagulación y filtración).

Los procesos de desinfección más específicos que hoy se emplean incluyen uno de los siguientes tratamientos o una combinación de varios de ellos:

- 1) Tratamientos físicos, como por ejemplo recurriendo al almacenamiento o a la aplicación de calor u otros agentes físicos.
- 2) De radiación como por ejemplo con luz ultravioleta.
- 3) Los iones metálicos, tales como el cobre y la plata.
- 4) Los álcalis y ácidos.
- 5) Los productos químicos tensoactivos, tales como los compuestos de amonio cuaternario.
- 6) Los oxidantes tales como los halógenos ozono y otros materiales inorgánicos y orgánicos.

METODOS DE DESINFECCION.

El mecanismo de destrucción de los microorganismos en la desinfección depende principalmente de la naturaleza del desinfectante y del tipo de microorganismo. Y aunque los mecanismos de desinfección no están completamente esclarecidos existen evidencias de que la mayor parte de los desinfectantes destruyen la proteína celular, principalmente por inactivación de los sistemas enzimáticos críticos, enzimas esenciales para la vida microbiana. La presencia y generación de enzimas dentro de la célula bacteriana sugiere que el mecanismo de desinfección implica al menos dos pasos.

- I) Penetración del desinfectante a través de la pared celular y,
- II) Reacción con las enzimas dentro de la célula.

Estos postulados están de acuerdo con la observación general de que las moléculas neutras son bactericidas más efectivas que los iones aparentemente debido a que pueden penetrar con más rapidez las paredes celulares cargadas negativamente. Mientras que el paso aniónico o catiónico a través de las paredes celulares pueden contrarrestarse por la repulsión electrostática. Las moléculas neutras se pueden difundir más libremente.

Dentro de todos los medios de desinfección podemos encontrar la aplicación de energía térmica y radiaciones de alta frecuencia, así como los denominados químicos entre los que están el cloro y ozono, por esto para la facilidad de su estudio procederemos a dividirlos en métodos químicos y no químicos.

METODOS QUIMICOS.

La posibilidad de tratar económicamente grandes volúmenes con reactivos químicos hace que estos compuestos se utilicen exclusivamente para desinfectar los suministros de aguas públicas y residuales, en vez de las técnicas de radiación y térmicas.

Ciertos iones metálicos, ácidos minerales y bases, agentes superficiales activos, halógenos, ozono, se utilizan en gran parte en el tratamiento de aguas. Estos son capaces de oxidar a los compuestos orgánicos, ejerciendo efectos venenosos sobre los microorganismos. Los oxidantes fuertes tales como el ozono, iones metálicos, ácidos y bases pueden desinfectar por inactivación enzimática específica o más drásticamente por oxidación degradativa del material celular.

METODOS NO QUIMICOS.

Los principales métodos no químicos de desinfección incluyen la aplicación de energía térmica y radiaciones de alta frecuencia. Generalmente se aplican de manera directa provocando destrucción física de los microorganismos. Estas técnicas tienen escasa importancia para las operaciones de tratamientos del agua en gran escala pero tienen cierto interés para situaciones en que deban tratarse pequeños volúmenes.

C L O R O. (Cl₂)

El cloro se encuentra esparcido en la naturaleza pero nunca en estado líquido, a causa de su gran afinidad, el mineral más abundante es el cloruro de sodio o sal de gema, además de su forma como cloruro de potasio.

PROPIEDADES QUIMICAS.

El cloro (Cl) número atómico 17 es un elemento no metálico que existe en forma de gas, su molécula es diatómica (Cl₂), tóxico, de color amarillo verdoso, tiene dos isotopos cuyos pesos son Cl³⁵ y Cl³⁷ que existen en proporciones de 75.4 por ciento y 24.6 por ciento respectivamente, lo que da un peso atómico medio de 35.457.

El cloro gaseoso es uno de los elementos más activos produciendo muchas veces fenómenos muy intensos, no se combina directamente con el oxígeno, por consiguiente no es combustible, pero puede mantener la combustión de diversas sustancias tóxicas ricas en hidrógeno por la tendencia que tiene a formar HCl; por métodos indirectos forma diversas combinaciones oxigenadas y oxihidrogenadas, cuyas disoluciones contienen diversos iones. Es soluble en agua, un volumen de éstas disuelve a la temperatura ordinaria 3 volúmenes de cloro.

Esta disolución recibe el nombre de agua de cloro y se efectúa a una temperatura entre 9 y 10 grados centígrados.

La disolución expuesta a la luz se descompone ya que el cloro se combina con hidrógeno dando HCl y desprendiendo oxígeno según la siguiente reacción:



Debido a ésta propiedad el cloro en presencia de agua actúa como decolorante y antiséptico ya que al efectuarse la reacción anterior queda oxígeno naciente de gran poder oxidante, transformando las materias colorantes en otras incoloras y destruye los microorganismos que causan las infecciones.

PROPIEDADES FISICAS.

El cloro es un gas de olor sofocante y desagradable que provoca tos, produce asfixia acompañada de espectoraciones sanguinolentas, su acción sobre el organismo, es sobre todo caústica por consiguiente daña principalmente los órganos respiratorios, es un gas extremadamente peligroso.

Es poco soluble en agua alcanzando su máxima solubilidad de 1 aproximadamente a los 10 grados centígrados, es insoluble en agua hirviendo.

Su solubilidad en el agua es limitada a 20 grados centígrados por ejemplo, es de 7.29 gramos por litro.

METODO DE OBTENCION.

- 1) El método de obtención más empleado en el laboratorio para obtener el cloro, consiste en oxidar el HCl mediante el bióxido de manganeso, la reacción es la siguiente:



- 2) También se obtiene haciendo actuar H_2SO_4 sobre una mezcla de cloruro de sodio y bióxido de manganeso.
- 3) Es posible obtenerlo mediante la reacción entre el dicromato de potasio -- ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y el ácido clorhídrico.
- 4) Por el procedimiento de Graebe fundado por la reacción entre el permanganato de potasio y el HCl.

La fabricación industrial de cloro ha sufrido varias evoluciones, primeramente todo el cloro procedía como subproducto de la fabricación de la sosa Leblanc, - pero posteriormente se recurrieron a otros procedimientos de los cuales, el más importante en la actualidad es la electrolisis del cloruro de sodio para la obtención de sosa cáustica.

Los procedimientos industriales para la fabricación de cloro no electrolítico se fundan en la oxidación del ácido clorhídrico, y en la actualidad existen dos procedimientos.

- 1) Procedimiento Welson. Que oxida el HCl mediante el bióxido de manganeso generando posteriormente éste compuesto (que se menciono anteriormente).
- 2) Proceso Dealon. Logra la oxidación mediante sales de cobre. No se hacen men ción a las reacciones que se efectuan en cada uno de los procesos por no -- ser el objetivo.

USOS.

El cloro en la actualidad tiene una gran aplicación y sus principales usos se localizan en: decolorantes, obtención de cloruros y como desinfectante en tratamientos de aguas.

MANEJO DEL CLORO.

El cloro generalmente se embasa en cilindros de 100 a 200 libras, también se transporta en carros tanque de 16, 30 y 50 toneladas de capacidad acondicionados debidamente. Son comunes los tanques cilindricos de 2000 libras.

Estos recipientes así como los medios de transporte deben ser especiales para el manejo del cloro, por seguridad se despacha en cilindros de acero o carros tanque de acero.

PRECAUCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD.

El cloro en virtud de ser muy irritante y tóxico particularmente en exposiciones prolongadas, debe tenerse especiales precauciones durante su manejo. Las medidas de seguridad básicas son las siguientes:

- 1) Debe tener mascarillas de gas.
- 2) Contar con soluciones que neutralicen cualquier irritación que pueda presentarse tanto en los ojos, como en la piel y muchas veces en vías respiratorias.

USOS DEL CLORO COMO DESINFECTANTE.

El cloro es el agente más usado para la desinfección del agua. Debido a la gran capacidad de oxidación residual que destruye microorganismos y materia orgánica. Este letal efecto en bacterias es debido a que destruye las enzimas esenciales, que son necesarias para la supervivencia de los patógenos. Dicha acción germicida es la que es utilizada en la cloración del agua potable.

Aunado también otros efectos secundarios importantes como son, la oxidación del hierro, del manganeso, de los sulfuros de hidrógeno y la destrucción de algunos compuestos que producen olor y sabor.

En algunas instalaciones de tratamiento, es utilizado también para eliminar algas y légameo.

PRINCIPIOS DE APLICACION DE CLORO.

Para el tratamiento se emplea cloro gaseoso o algún compuesto del cloro, pero en cualquier caso el desinfectante activo es el cloro. La cloración eficaz requiere:

- A) La aplicación uniforme de cloro a todas las porciones del agua tratada.
- B) La aplicación continua del cloro.
- C) La determinación de la dosis que corresponda a las cualidades del agua tratada.
- D) La regulación del tratamiento para conseguir una agua que sea inocua y al mismo tiempo agradable.

Antes de la aplicación debemos tener en cuenta que existen sustancias que disminuyen la eficacia del cloro, presentándose reacciones secundarias; dentro de estas sustancias tenemos:

- 1) Los sólidos en suspensión que pueden proteger a las bacterias contra la acción del cloro.
- 2) Las sustancias orgánicas que interfieren con el cloro.

- 3) El amoníaco reacciona con cloro libre para formar cloroaminas o cloro combinado residual, cuya acción desinfectante es mucho menor que la del cloro libre residual.
- 4) El agua con ph's bajos, (ph < 7.2) favorecen la desinfección.
- 5) Se dan interferencias con sustancias tales como nitritos y manganeso que impiden una buena determinación de cloro libre. Así como también concentraciones de hierro superior a una parte por millón.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.

La rapidez de la desinfección con cloro es proporcional a la temperatura del agua. La eficacia de la cloración aumenta con la temperatura; pero como en el agua fría el cloro es más estable y permanece durante más tiempo, se compensa hasta cierto punto la mejor rapidez de la desinfección.

PERIODOS DE CONTACTO.

Uno de los factores más importantes en la práctica de cloración, es el período disponible para las acciones mutuas entre el cloro y los componentes del agua. Su duración mínima ha de ser de 10 a 15 minutos, pero es preferible prolongarlo varias horas para conseguir una desinfección eficaz, sin que el agua suministrada llegue al consumidor con una concentración inconveniente de cloro residual.

PARAMETROS DE CLORACION.

Como lo hemos mencionado durante la cloración se deben tomar en cuenta varios parámetros los cuales son:

- A) El ph del agua
- B) Temperatura del agua
- C) Demanda del cloro
- D) Tiempo de contacto con los microorganismos

Por ejemplo a bajo ph, una temperatura moderada y largo tiempo de contacto, mata a todas las bacterias con una dosis mínima bajo ciertas condiciones de demanda de cloro, dependiendo de las características del agua a tratar. Ya que la demanda de cloro, será la cantidad de cloro que reacciona con impurezas orgánicas e inorgánicas en el agua. Siendo generalmente, la diferencia entre la cantidad de cloro aplicado y la cantidad resultante final, después de un tiempo determinado.

La demanda suele incrementarse con el tiempo y es afectada por la influencia del ph, temperatura y la dosis de cloro aplicada.

Aunque se sabe que a la dosis en que se emplea habitualmente no suele ser eficaz contra ciertos quistes y huevos, ni contra los microorganismos incrustados en partículas sólidas. El cloro se combina químicamente de un modo casi instantáneo con la materia orgánica del agua y en esa forma combinada pierde su --

acción desinfectante. Por consiguiente debe añadirse suficiente cantidad para satisfacer la demanda de cloro del agua, además de la dosis necesaria para obtener una acción bactericida.

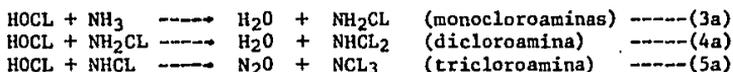
CLORO COMBINADO RESIDUAL, CLORO LIBRE RESIDUAL DISPONIBLE.

Durante las primeras pruebas experimentales sobre el estudio del cloro. Se en contró que cuando se añadía la dosis de cloro necesaria para obtener una concentración de cloro residual de 0.1 a 0.2 partes por millón después de un período de reacción importante y arbitrario fijado en 10 minutos, podía observar se que en muchas aguas los resultados eran satisfactorios pero a la vez se ob servó que las pequeñas dosis provocaban la formación de cloro combinado residual, es decir cloro unido a otras sustancias, como el amoniaco, con el cual tiende a formar cloroaminas cuya acción desinfectante es lenta.

Este cloro combinado residual, era estable y no reaccionaba con algunos com-- puestos que producen olores y sabores, por lo que resultó ser una alternativa más para la desinfección del agua.

No tardo sin embargo en comprobarse que la escasa acción desinfectante de las cloroaminas era un inconveniente serio, cuando se trataba con agua de alta -- acidez durante un período de reacción muy prolongado, y prevaleció la clora-- ción en dosis grandes sin aplicación de amoniaco.

Las reacciones que ocurren durante la formación de cloro residual combinado - son las siguientes:



La formación de dichas especies estará en función del ph del agua, de la cantidad de amoniaco presente y la temperatura.

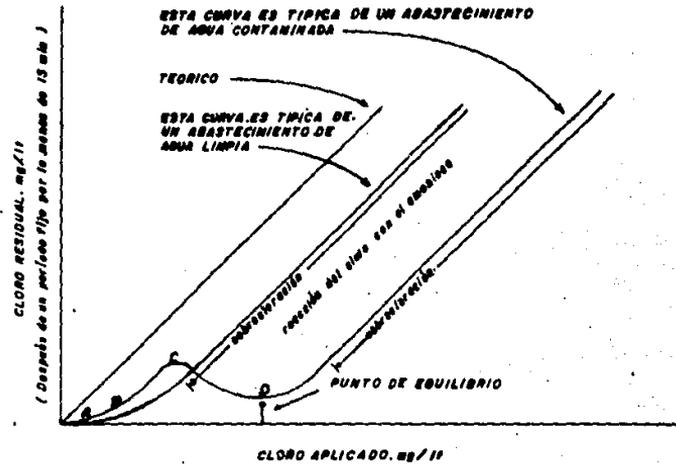
Se ha comprobado que en el rango de ph de 4.5 a 8.5 la monocloroamina y la di cloroamina son formadas. A cierta temperatura las monocloraminas existen, sólo a ph arriba de 8.5 y las dicloroaminas sólo se encuentran a ph de 4.5: y a un ph por debajo de 4.9 la tricloroamina es producida.

Otro aspecto sobre la desinfección del cloro en agua, es el cloro libre residual disponible, el cual se encuentra en el agua como ácido hipocloroso o ión hipoclorito.

Y lo que anteriormente se llamaba supercloración que se usaba entonces para -- indicar la aplicación de dosis mayores de las habituales, en la actualidad se maneja como cloración por el punto crítico o desinfección por cloro sobrante.

Cuando el cloro es adicionado al agua que contenga agentes que lo reducen como el amoniaco, se producen especies residuales que tienen comportamiento similar tal como se muestra en la figura 1.

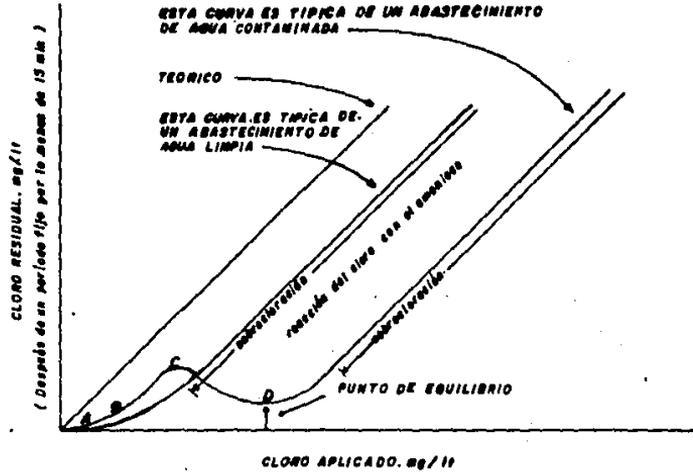
FIG. 1



CURVA DE CLORACION DEL AGUA

(NALCO 22-10)

FIG. 1



CURVA DE CLORACION DEL AGUA

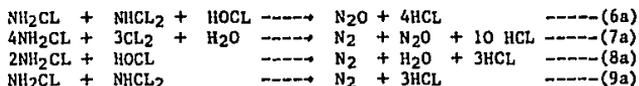
(NALCO 22-10)

En ella se observa, que el cloro reacciona primero con agentes reducibles presentes y no hay presencia de cloro residual de acuerdo a la posición de la -- curva extendida de A a B. La dosis de cloro en B es la cantidad requerida para encontrar la demanda necesaria por la reducción de agentes (comúnmente el agua y agua residual contienen nitritos, iones ferrosos y sulfuro de hidrógeno).

La adición del cloro en exceso de lo que se requiere después del punto B da -- como resultado la formación de cloroaminas. Las monocloraminas y las dicloroaminas son usualmente consideradas juntas porque no requieren un riguroso control en su formación.

Cuando todo el amoníaco ha reaccionado con el cloro, empieza a formarse cloro libre disponible residual (punto C sobre la curva). Como el cloro libre disponible residual se incrementa, las cloroaminas previamente producidas son oxidadas. Dando como resultado la formación de compuestos oxidados de nitrógeno, tal como óxido nítrico, nitrógeno y tricloruro de nitrógeno para tal caso, el cloro residual estará comprendido en los puntos C y D.

Los equilibrios de oxidación de las cloroaminas son los siguientes:

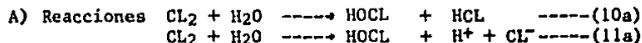


Completando la oxidación de las cloroaminas, el cloro adicional agregado al -- agua permanecera como cloro residual indicando por el punto D sobre la curva. El punto D es generalmente conocido como el (break point) o el punto de quiebre, el cual indica que después de este punto, todo el cloro agregado permanecerá como cloro libre disponible. Algunas cloroaminas se pueden encontrar después de este punto, pero su importancia es relativamente pequeña.

En la siguiente figura (II) se muestra una curva típica con (punto crítico) -- resultante de pruebas hechas en laboratorio mediante la adición de dosis progresivamente mayores de cloro a una serie de muestras de agua con amoníaco y compuestos orgánicos.

QUIMICA DE CLORACION.

El cloro se hidroliza en el agua, formando ácido hipocloroso mediante las siguientes reacciones.



La hidrólisis estara dada de acuerdo al valor del ph y concentración normalmente requerida por el agua o agua residual.

B) El ácido hipocloroso se ioniza de acuerdo con la siguiente ecuación.



con constante de equilibrio.

$$K_i = \frac{[\text{H}^+][\text{OCL}^-]}{[\text{HOCL}]} \quad (13a)$$

Donde K_i es la constante de ionización (1.5×10^{-8} mol por litro a 0 grados centígrados y 2.5×10^{-8} mol por litro a 20 grados centígrados).

La cual sirve para calcular el porcentaje de HOCL parcialmente disociado a 20 grados centígrados y un ph dado (cálculos realizados con este valor dan lugar a la figura (III) (9)).

De la cual podemos ver que, si el ph es por debajo de 2 todo el cloro se induce en forma moléculas, estará enteramente dispersado y volverá como ácido hipocloroso. A un ph de 10 el cloro es combinado en forma de iones hipoclorito (ClO^-). A un ph evaluado entre 5 y 10 aproximadamente, el cual es el caso donde se suele aplicar la cloración, se encuentra una mezcla de ácido hipocloroso y iones hipoclorito en proporciones relativas y la cual varía de acuerdo al ph evaluado.

Cabe mencionar que el efecto bactericida es más marcado cuando esta en forma de ácido hipocloroso (HOCL). La acción se incrementa cuando es mayor el tiempo de contacto entre el agua y el agente.

Un tiempo de contacto corto se compensa con una dosis grande de agente. La siguiente tabla presenta las recomendaciones mínimas de cloro residual para la desinfección basadas en estudios reportados por los U.S. bajo los Servicios Públicos de Salud.

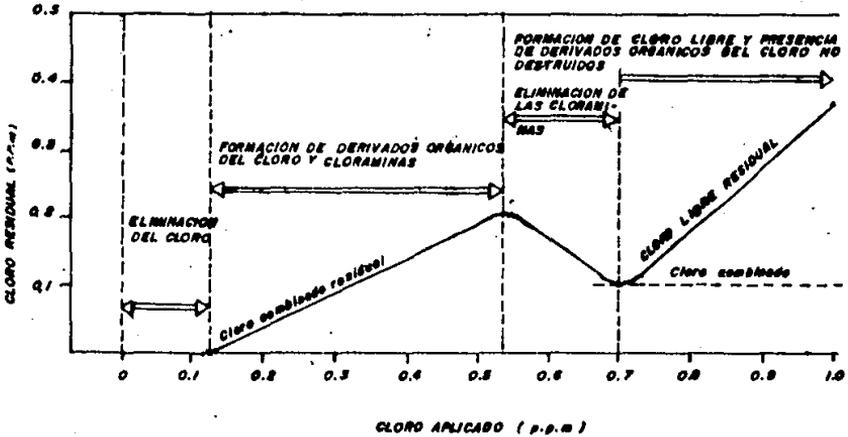
TABLA (5) (10)

Ph	Cloro libre disponible mínimo residual, después de 10 minutos de contacto. (miligramos por litro)	Cloro combinado disponible mínimo residual, después de 60 minutos de contacto. (miligramos por litro)
6	0.2	1.0
7	0.2	1.5
8	0.4	1.8
9	0.8	No aplicable
10	0.8	No aplicable

(10) Guías para la calidad del agua potable volumen 3).

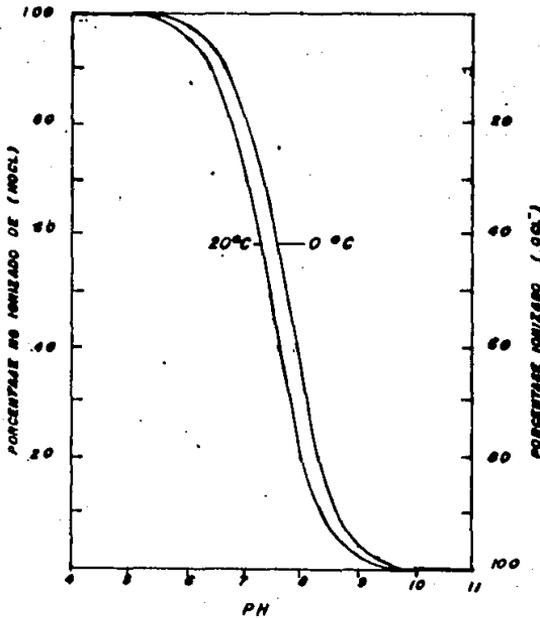
(9) En el apéndice B-1 se ejemplifica esta situación, con la secuencia de cálculo de acuerdo a los siguientes valores de ph; 7, 8 y 9).

FIG. II



REACCIONES DEL CLORO

FIG. III



Además de sus propiedades ya expuestas, el cloro libre residual tiene la ventaja de ser estable, es decir de que permanece en el agua, porque la materia orgánica con la que podría reaccionar y la que consumiría ha sido previamente oxidada por las altas dosis de cloro añadidas con anterioridad. El sabor del cloro residual por otra parte es nulo o escaso en las concentraciones requeridas para la desinfección aunque puede notarse un ligero olor a cloro -- cuando el agua empieza a salir del grifo.

Se recomienda que la desinfección por cloro sea después del proceso de filtración, de otra manera la cloración sin filtración sólo es eficaz y apropiada cuando ocurren las siguientes circunstancias:

- 1) Grado moderado y relativamente uniforme de contaminación bacteriana, en que las bacterias que han de ser destruidas no queden protegidas contra la acción del cloro como ocurre por ejemplo, si las envuelve un sólido -- en suspensión o si están en el cuerpo de un gusano.
- 2) Una turbiedad y un color del agua aceptable (de 5 a 10 unidades nefelométricas).
- 3) Una concentración de hierro o de manganeso no superior a 0.3 partes por millón.
- 4) Una demanda de cloro cuyas fluctuaciones sean bastantes lentas, para permitir la apropiada regulación de la dosis.
- 5) Una ausencia de sustancias que produzcan olor o sabor que impiden fijar la dosis adecuada, sin que se produzcan gusto a cloro.
- 6) Un período de contacto entre 10 y 15 minutos.

APLICACION DEL CLORO A NIVEL DOMESTICO.

A nivel industrial, el equipo de cloración requiere una instrumentación sofisticada para un funcionamiento adecuado (como se observa en la figura (IV), -- mientras que en usos a pequeña escala, la aplicación es más práctica y de fácil manejo.

El procedimiento más sencillo de aplicar el cloro consiste en disolverlo previamente. Una buena solución madre para el tratamiento del agua debe contener aproximadamente el 1 por ciento de cloro libre, que viene a ser la concentración de las soluciones desinfectantes como el agua de Javel, la Zonita y el Antiséptico de Milton.

Las lejías para blanquear la ropa que se encuentran en forma líquida bajo diversos nombres comerciales, suelen contener del 3 al 5 por ciento de cloro libre y puede diluirse fácilmente hasta el 1 por ciento.

Una manera de saber que cantidad de cloro tenemos disponible es mediante el siguiente procedimiento. Las botellas de cloro enchufadas al aparato clorador deben estar sobre una pesadora precisa y de graduación apropiada que registre el peso a intervalos regulares y, por lo menos una vez al día para -- comprobar la cantidad de cloro que efectivamente se consume.

DIAGRAMA DE FLUJO DE UN CLORADOR

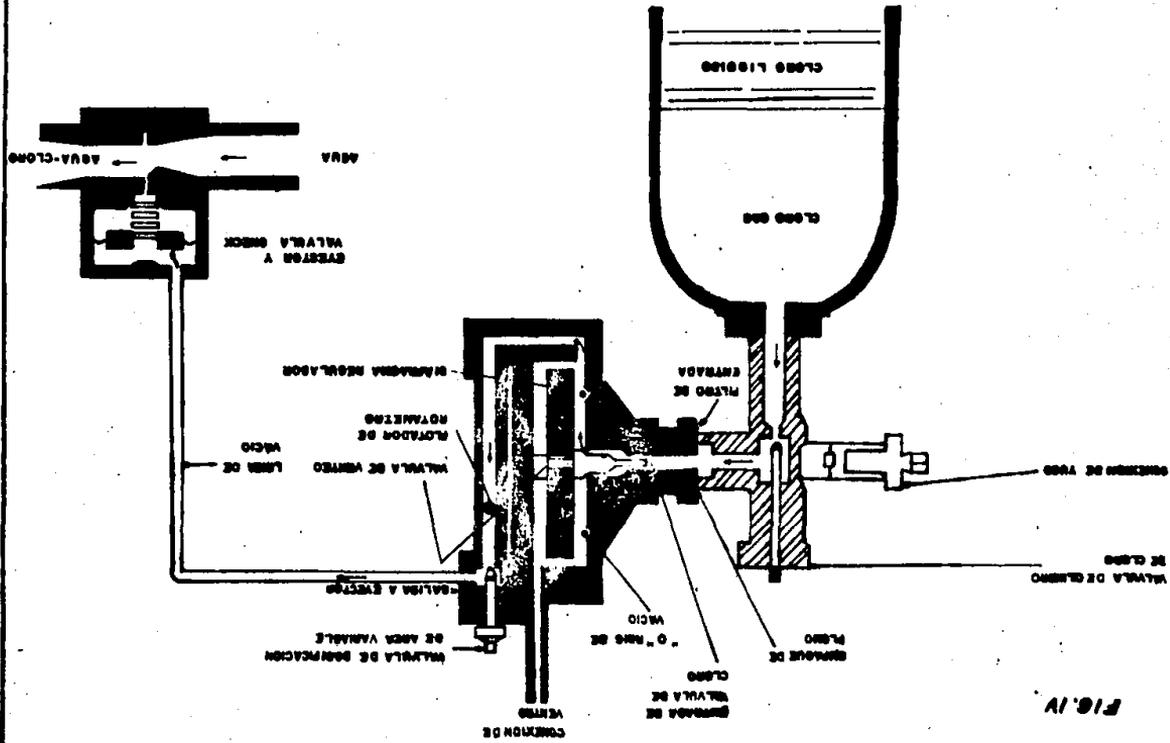


FIG. IV

APLICACION DOMESTICA DE CLORO LIQUIDO.

Como vemos el estudio se ha enfocado para el cloro gaseoso, el cual comúnmente se emplea para grandes volúmenes de agua municipal o industrial. A pequeña escala, como a nivel doméstico y en pequeñas comunidades. Se emplea cloro en forma de tabletas, de las cuales entre las marcas existentes en el comercio figuran la Halazona, el Chlor-dechlor, la cual por ejemplo ésta última - presenta una doble acción; en primer lugar porque desinfecta el agua con un compuesto de cloro especial y luego una vez disuelta la parte exterior de la tableta, el núcleo inferior neutraliza el cloro restante para reducir el sabor. Cuando haga falta más de una tableta, se puede añadir varias ya que las empleadas después de disolverse el núcleo de ellas, son completamente ineficaces y no causan daño en la salud del consumidor.

Por ello, de acuerdo a lo expuesto anteriormente el cloro es un buen desinfectante del agua de bebida, dando excelentes resultados en la eliminación de bacterias. Siendo el método una alternativa viable de la cual se pueden obtener buenos resultados, aunque como veremos más adelante, existen ciertas desventajas que ocasionan que su eficiencia así como su uso se vea disminuido.

DERIVADOS CLORADOS.

A parte de la aplicación como desinfectante, tanto en forma gaseosa o líquida el cloro, puede emplearse junto con otros elementos es decir como compuestos de cloro (ver tabla (6)) que varían en el porcentaje de contenido de cloro así como su eficacia y comportamiento. De ello se da a continuación una explicación.

TABLA (6) (11)

M A T E R I A L	CLORO DISPONIBLE (PORCIENTO)
CL ₂ Cloro	100
Ca(OCL) ₂ (Hipoclorito de calcio)	35 - 37
NaOCL (Hipoclorito de sodio)	95.2
Blanqueador Comercial (Industrial)	12 - 15
Blanqueador Comercial (Doméstico)	3 - 5
Preparaciones Comerciales de (Ca(OCL) ₂)	70 - 74
CLO ₂ (Dióxido de cloro)	26.3
NH ₂ CL (Monocloroamina)	13.79
NHCL ₂ (Dicloroamina)	16.5
NCL ₃ (Tricloroamina)	17.67

(11) Desinfección, Nalcon página 22).

DIOXIDO DE CLORO. (ClO₂)

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

El dióxido de cloro es un gas a temperatura ordinaria, tiene un intenso color amarillo verdoso con una densidad aproximada de 2.4 gramos por mililitro y un picante e irritante olor, siendo más irritante y tóxico que el cloro.

El dióxido de cloro como gas puro se descompone a una velocidad medible a temperaturas cercanas de los 30 grados centígrados y de los 50 grados centígrados a 60 grados centígrados se descompone explosivamente.

La solubilidad del ClO₂ en agua depende de la temperatura del agua, por ejemplo con agua a 5 grados centígrados, la concentración puede ser obtenida en 8 gramos de ClO₂ por litro. En agua a 25 grados centígrados la concentración es solamente 3 gramos por litro.

Independientemente de la influencia de la temperatura del agua, se sabe que el ClO₂ es inestable cuando se somete a rayos de luz. Debido a esto, el ClO₂ debe ser siempre generado en el punto de su uso.

METODO DE GENERACION.

Hay 4 métodos principales de generación de dióxido de cloro, los cuales están ahora en uso en el mundo.

1) El proceso de Mathieson.

Donde se usa clorato de sodio, ácido sulfúrico y aire para difusión mezclado con dióxido de azufre en la reacción.

2) El proceso Solvay.

Es un proceso similar al proceso de Mathieson, se utiliza también en solución clorato de sodio y ácido sulfúrico a 60 grados baumé en el recipiente de reacción, y como agente de reducción en este caso metanol, y aire para disolución de el ClO₂ y agitación del líquido.

3) Proceso Day - Kasing.

Usado en Alemania, Suecia e Inglaterra, en este proceso el clorato de sodio es reducido con ácido clorhídrico. La concentración del clorato es mantenida alta todo el tiempo y la del ácido clorhídrico es mantenida baja.

4) El proceso R - 2

Este proceso es cubierto por la patente 2,863.722 en E.U. El proceso consiste en la alimentación de una solución de clorato y cloruro de sodio en una relación esencialmente equimolar y ácido sulfúrico concentrado (66 grados baumé) dentro de un recipiente de reacción.

EFICACIA DEL DIOXIDO DE CLORO COMO BACTERICIDA.

El cloro y el dióxido de cloro son similares en varios aspectos incluyendo el hecho de que ambos son fuertes oxidantes, sabiéndose de antemano que el dióxido de cloro tiene 2.5 veces más la capacidad de oxidación del cloro Cl_2 .

Desde los primeros estudios realizados sobre las propiedades desinfectantes, se observó que el dióxido de cloro puede ser usado para el control del olor y sabor, así mismo se encontró la gran capacidad germicida en aguas de bajo contenido de materia orgánica y en aguas alcalinas, generalmente a pH arriba de 7.5

En un principio aprovechando que era un agente muy activo se utilizó para destruir los fenoles y otras sustancias que producen sabor en la contaminación por aguas residuales, sin embargo con el paso del tiempo se acreditó a que -- la potente acción bactericida, viricida y esporicida, se debía a que el dióxido de cloro trabaja sobre las enzimas deshidrogenasa, en la síntesis de proteínas y en el ácido deoxirribonucleico.

Al igual que el cloro, el uso del dióxido de cloro como desinfectante dependerá del tipo de agua y de los medios disponibles para su aplicación, así como también de la técnica adecuada para su manejo.

CAL CLORADA. (Ca(OCl)₂)

El cloruro de calcio llamado también polvo de gas, es un polvo blanco que contiene alrededor del 35 por ciento de cloro libre, cuando esta recién hecho. Sin embargo la efectividad de este producto disminuye rápidamente una vez abierto el bidón o cuando ha estado almacenado durante largo tiempo. Cuando se usa cloruro de cal, conviene usar de una vez todo el contenido de un bidón, inmediatamente después de abrirlo, preparando una solución madre. La cal inerte se deposita a las pocas horas dejando una solución clara que contiene cloro activo.

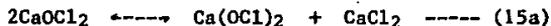
METODO DE OBTENCION.

Se obtiene por reacción de cloro con cal:



Donde el producto técnico contiene hasta un 70 por ciento de Ca(OCl)₂, 20 por ciento de Ca(OH)₂ y algo de carbonato. El contenido de cloro disponible en el producto comercial es aproximadamente el 35 por ciento comparado con un 56 por ciento en compuesto puro.

Hoy se acepta generalmente que el oxiclорuro de calcio CaOCl₂ es el componente esencial del cloruro de cal seco. Cuando se disuelve en agua el oxiclорuro de calcio se descompone en hipoclorito de calcio y cloruro de calcio, mediante la siguiente reacción.



El hipoclorito de calcio Ca(OCl)₂ es el compuesto activo deseado en el tratamiento del agua.

La cal clorada se embasa en tambores de acero distintos tamaños de 50 a 480 - libras aproximadamente de peso neto. También se vende en pequeños envases que contienen de 10 a 12 libras, si la cal clorada se almacena en lugar fresco - la pérdida de cloro no será en general mayor de 1 por ciento al mes.

La cal clorada es similar al hipoclorito de sodio en algunas de sus propiedades y aplicaciones, sin embargo su aplicación es a nivel industrial por ello no profundizamos en su estudio.

HIPOCLORITO DE SODIO. (NaOCl)

Las soluciones de hipoclorito de sodio comúnmente es conocida como agua -- "Javelle" por blanqueadora y por su contenido activo de cloro.

PROPIEDADES QUIMICAS.

Es una sal inestable a menos que se mezcle con hidróxido de sodio; fuerte agente oxidante que generalmente se emplea o se guarda en solución.

PROPIEDADES FISICAS.

De olor desagradable y color verdoso pálido, soluble en agua fría mientras -- que en agua caliente se descompone.

MÉTODOS DE OBTENCIÓN.

El hipoclorito de sodio en solución se puede obtener por reacción del cloro -- con hidróxido de sodio en disolución acuosa siguiendo la reacción.



La segunda forma de obtenerlo en disolución, en un promedio que vaya de un 5 a 16 por ciento en peso de cloro disponible, es por medio de la combinación de cloro anódico, con el NaOH catódico generados en la electrólisis de salmuera. Siendo este segundo método una alternativa más viable económicamente, en comparación con la elaboración por medio del gas cloro.

Actualmente se está utilizando agua de mar que es electrólizada produciendo solución de hipoclorito que va de 1 a 4 gramos por litro de cloro disponible.

En la electrólisis de salmuera, el cloro es generado en el ánodo de acuerdo a la reacción:



Mientras que en el cátodo se genera el hidróxido de sodio mediante la siguiente reacción.

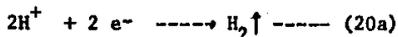


La reacción final obtenida en la celda electrolítica será:



Esto es en la electrólisis, se da la formación de cloro gas y sosa cáustica, - sustancias que reaccionan instantáneamente cada una en otra celda para formar hipoclorito de sodio.

El hidrógeno es producido electroquímicamente en el cátodo, el cual balancea el ph de la solución como sigue.



En la práctica sin embargo reacciones químicas y electroquímicas pueden contribuir a corrientes ineficientes y otras reacciones no deseables, durante la obtención del hipoclorito de sodio.

USOS.

El hipoclorito de sodio se usa como desinfectante y decolorante en el tratamiento de aguas residuales, para purificar el agua de piscina, en las procesadoras de productos lácteos y en muchas aplicaciones del hogar. También se usa como blanqueador en lavanderías comerciales y hogares. Suele ser también fungicida principalmente denotando el efecto en la destrucción del material enzimático de la célula.

MANEJO.

Su uso y aplicación se lleva a cabo en forma de solución, se embasa en tambores y se aplica por medio de dosificadores de hipoclorito. La solución de hipoclorito sódico deberá depositarse en un lugar fresco y oscuro hasta el momento de su empleo en que se diluirá para obtener sus correspondientes concentraciones.

Para soluciones que contienen más del 7 por ciento de cloro útil, se le considera un líquido corrosivo, comúnmente se hace necesario etiquetarlo.

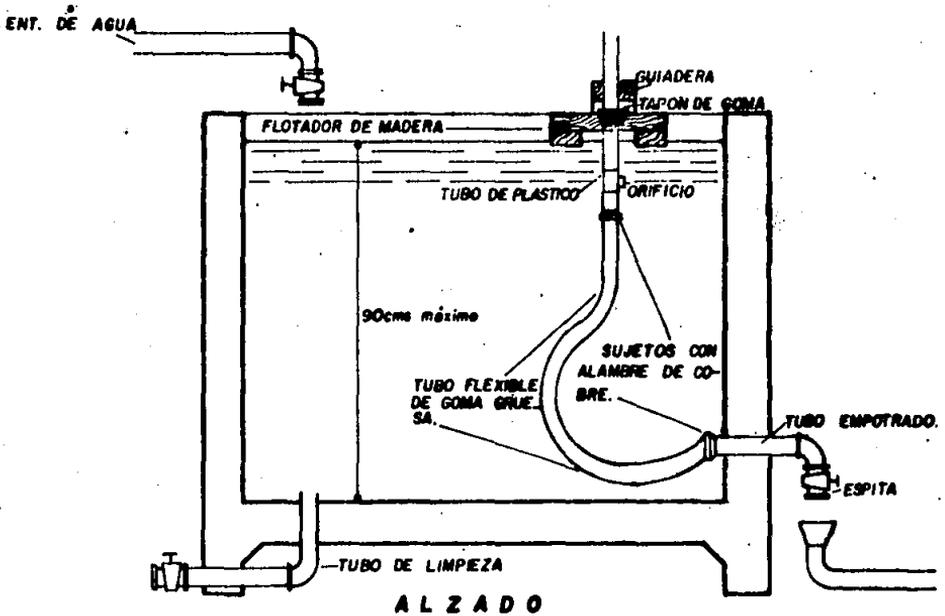
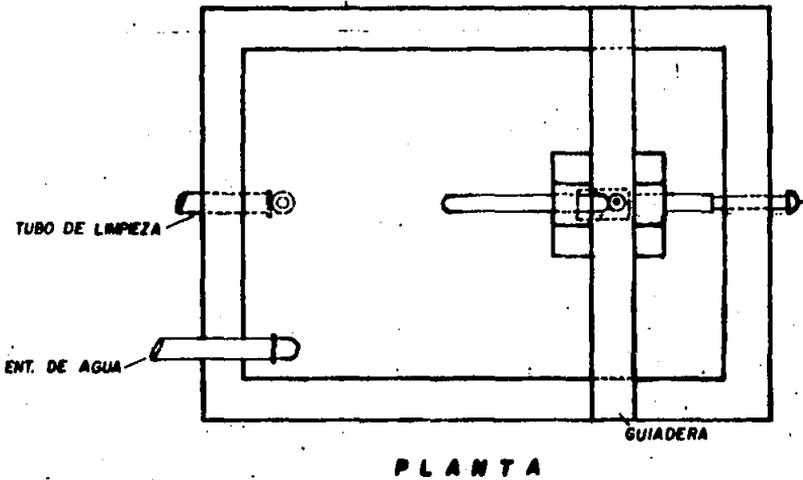
Dado que resulta ser tóxico por ingestión e inhalación y fuerte irritante para el tejido, se toman las siguientes medidas de seguridad a nivel industrial.

- 1) Deben usarse mascarillas de gas.
- 2) Deben usarse guantes para su manejo.

Suele encontrarse hipoclorito compactado en tabletas que se agregan a determinado volumen de agua.

Actualmente se encuentran en estudio, prototipos de hipocloradores (ver figura (V)), que puedan ser aplicables a pequeña escala, tal que ofrezcan ventajas tanto de costo como de operación; a nivel de laboratorio se está experimentando con equipos que producen soluciones de hipoclorito que contienen de 1 a 4 gramos de cloro disponible; cantidad que es suficiente para lograr una buena desinfección.

FIG. V



CLOROAMINAS. (NH₂CL)

Las cloroaminas como ya se mencionó en la sección de cloración del agua, son formadas por la reacción del cloro con amoníaco presente en el agua o mediante la adición de éste al agua.

Esta adición puede ser antes o inmediatamente después de la cloración con el fin de obtener un cloro residual más estable. Según el ph, el amoníaco puede estar presente como NH₃ o como ión amonio NH₄⁺ siendo esta última, la especie predominante en aguas naturales y de suministro.

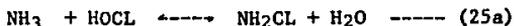
QUIMICA DE LAS CLOROAMINAS.

La formación de las cloroaminas descritas en la ecuación 3a, 4a y 5a muestran las distintas formas del cloro combinado. La velocidad de formación y la proporción de las especies depende principalmente del ph y la proporción de los reactivos empleados. De estas, las monocloroaminas y dicloroaminas son estables antisépticos a excepción del tricloruro de nitrógeno que es el principal compuesto que ocasiona la irritación de ojos en aguas de baño cloradas.

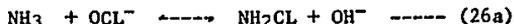
Así mismo se ha encontrado también que los mecanismos de reacción entre el ácido hipocloroso y el amoníaco forman compuestos de cloro combinado, participando en un rápido equilibrio ácido base, por lo tanto la formación de cloroaminas puede resultar de una reacción entre especies iónicas.



Por reacciones de especies neutras.



O por reacciones de especies neutras y iones.



Donde al igual que el cloro con amoníaco, las especies estarán presentes de acuerdo al ph.

La cloración residual combinada se aplica después de la desinfección; el cloro residual que está combinado es menos reactivo que el cloro libre y por lo tanto persiste durante largos períodos de tiempos posteriores a la cloración. Además de que la baja actividad química de éstas ocasiona una menor probabilidad de provocar gusto a cloro, una ventaja que se ve contrarrestada por la lentitud de desinfección.

FORMAS DE APLICACION.

El suministro de amoniaco puede hacerse con gas a presión, con amoniaco líquido o con cloruro o sulfato de amonio. La aplicación del gas se hace en alimentadores idénticos a los cloradores, mientras que las sales amoniacaes pueden aplicarse manualmente.

Los puntos de aplicación del cloro y del amoniaco dependerán de las condiciones locales y de la finalidad del tratamiento. La aplicación, se hará de manera que se prolongue lo más posible el período de desinfección para compensar la menor velocidad con que las cloroaminas desinfectan. Son preferibles los períodos de dos horas o más, estos pueden obtenerse cuando el tratamiento se aplica al llegar el agua a los depósitos de abastecimiento; si se emplea el amoniaco para corregir los sabores desagradables, se añadirá primero y se esperara hasta que se haya mezclado completamente antes de aplicar el cloro, porque de no hacerse así una parte del cloro reaccionara con las sustancias que producen sabor, antes que el amoniaco los hubiera corregido. El punto de aplicación del cloro se escogerá de manera que permita la mezcla --previa de amoniaco, y de tiempo a que el amoniaco quede sometido a oxidación con la consiguiente formación de nitritos.

La proporción de dosis entre amoniaco y el cloro no es un valor fijo sino --que depende de las condiciones locales. Por lo general una dosis de amoniaco que corresponda a la tercera parte de la dosis de cloro da una desinfección satisfactoria, en aguas con ph's bajos y de bajo contenido de sustancias que producen sabor. La dosis de amoniaco deberá ser tan baja tal que permita la prevención del sabor a cloro y el mantenimiento del cloro residual estable --en el sistema. Cuando no puede conseguirse tal resultado habrá una disminución considerable de la eficiencia de desinfección, aunando que otros factores como; que el agua tenga un alto contenido de materia orgánica, un alto ph o un período de reacción corto contribuirán a la disminución.

El tratamiento con cloro y amoniaco ha dejado de aplicarse en gran escala, --desde que se ha extendido la cloración sobrante como medio de desinfección, otro factor que ha favorecido esa tendencia, es el costo de los productos --químicos y los posibles efectos en la salud.

HALOGENOS DISTINTOS DEL CLORO.

Los halógenos libres, flúor, cloro, bromo y iodo, son agentes oxidantes con un poder oxidante decreciente al aumentar el peso atómico.

Elemento	No. Atómico
F	9
Cl	17
Br	35
I	53

Asi el flúor es el oxidante más fuerte y el iodo el mas débil. Sin embargo --debemos poner énfasis, en el hecho de que el potencial no esta directamente correlacionado con la efectividad germicida. El mecanismo de desinfección --de los halógenos puede de hecho no depender siempre de un ataque oxidati-

vo, sino mas bien basarse en mas acciones antimetabólicas selectivas ejercidas por los desinfectantes al atravesar la pared celular; la permeabilidad y las propiedades germicidas aumentan con el peso atómico dentro de la serie de los halógenos. La química de estos elementos es similar a la del cloro, aunque con constantes de ionización complicadas y ph's de acción diferentes. Estos, tanto el ácido hipocloroso, el ácido hipobromoso y el ácido hipiodoso--predominan a diferentes valores de ph.

Sin embargo variaciones en cuanto a su acción desinfectante y sus efectos paralelos sobre el agua, así como toxicidad y el costo limitan su uso en la desinfección del agua.

F L U O R. (F₂)

El flúor no se encuentra libre en la naturaleza a causa de su extremada actividad, por ello se encuentra combinado con otros elementos.

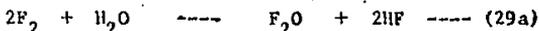
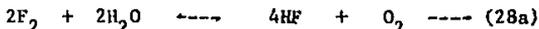
PROPIEDADES FISICAS.

El flúor es un gas amarillo pálido, de olor característico.

PROPIEDADES QUIMICAS.

El flúor es muy reactivo siendo sus reacciones acompañadas de desprendimiento de calor. El flúor reacciona instantaneamente con el agua formando fluoruro de hidrógeno y oxígeno.

A causa de su gran actividad, el flúor es muy difícil de manejar y deben tomarse precauciones, ya que las reacciones de hidrólisis de productos tóxicos.



El ácido fluorhídrico y los fluoruros se han utilizado como preservativos contra los hongos y para la desinfección de ciertos virus, pero se desconoce la efectividad bactericida de estos compuestos, en concentraciones muy bajas - (1.5 partes por millón como Flúor).

B R O M O. (Br₂)

Se encuentra en forma de bromuro sódico, potásico, manganésico y en yacimientos. Aunque su concentración en el agua del mar es muy pequeña, también se extrae comercialmente en cantidades respetables.

PROPIEDADES FISICAS.

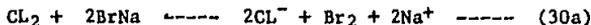
El bromo es un líquido denso de color pardo rojizo que desprende vapores pesados de olor muy irritante, estos vapores irritan los ojos e inflaman las vías respiratorias. Además en contacto con la piel produce quemaduras.

PROPIEDADES QUIMICAS.

Aunque menos áctivo, el bromo se parece mucho al cloro en su comportamiento químico.

METODO DE OBTENCION.

El bromo puede obtenerse por electrolisis de bromuros o por oxidación del ácido bromhídrico. El cloro libera al bromo de los bromuros de sodio.

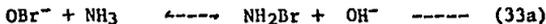


QUIMICA DE DESINFECCION.

La química exhibida del bromo en agua es similar a la del cloro, hidrolizando a HOBr y ionizando a OBr⁻ mediante las siguientes reacciones.



Y reacciona con amoniaco para formar bromoaminas.



La mayor diferencia está en que el grado de ionización para el HOBr ocurre a un ph evaluado cerca de una unidad de ph más grande que para el HOCL. En este valor las bromoaminas son tan buenas germicidas como el HOBr. El tiempo de efectividad como bactericida y víricida del HOBr es similar al del HOCL.

No existe necesidad de efectuar una bromación hasta más allá del punto de ruptura o punto de quiebre debido a que las bromoaminas y la dibromoaminas son fuertes bactericidas y las tribromoaminas no se forman. Este hecho hace que el bromo y el cloro sean competidores para la desinfección, para la cual se utiliza como bromo elemental e hipobromitos (OBr⁻). El bromo tiene una fuerte tendencia a dar productos irreversibles con la materia orgánica con lo cual las demandas de bromo son altas y lo posiblemente más alarmante es la formación de compuestos de substitución de efecto fisiológico desconocido. Esto y los elevados costos asociados, son los factores principales que desechan el uso del bromo para purificar el agua potable y las aguas residuales.

Y O D O (I₂)

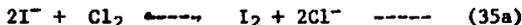
El yodo se encuentra como halogenuros de sodio en el agua del mar y en depósitos salinos, así como en el yodato de sodio (NaIO₃) en las impurezas del nitrato de Chile (NaNO₃).

PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DEL YODO.

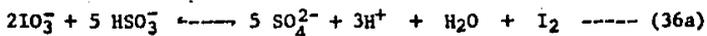
El yodo es un sólido negro azulado con un peso específico de 4.63. Es un sólido cristalino a temperatura ambiente (20 grados centígrados). La densidad del vapor de yodo muestra que sus moléculas son biatómicas. Tiene una masa atómica de 126.92 gramos sobre gramo mol y el peso de su fórmula es de 253.84 gramos sobre gramo mol. Este es el único halógeno que es sólido a determinadas temperaturas y se sublima desprendiendo vapores de color violeta. Es soluble en agua en la proporción de 0.001 moles por litro a la temperatura de 20 grados centígrados. Cuidadosos estudios han demostrado que al igual que el cloro, el yodo reacciona con amoníaco.

METODO DE OBTENCION.

El yodo se obtiene de yoduros existentes en aguas salinas mediante la reacción.



Y el yodato de sodio por reducción con sulfito de sodio e hidrógeno.



Dentro de la serie de los halógenos el yodo tiene el mayor peso atómico, potencial de oxidación más bajo, solubilidad más baja y se hidroliza en menor grado en el agua, dando como producto el ácido hipoyodoso y el ión hipoyodito, especies que en pequeñas proporciones (trazas) presentan propiedades bactericidas.

Estas propiedades constituyen colectivamente una ventaja para la desinfección con yodo ya que el yodo no reacciona indiscriminadamente con la materia orgánica, es decir es relativamente estable en solución acuosa.

Debido a que la conducta del yodo para formar compuestos orgánicos ofensivos es menor que para el cloro, un tratamiento con yodo después de la desinfección, proporciona una protección más duradera contra los microorganismos patógenos y disminuye los gustos y olores ofensivos causados por el cloro.

APLICACION.

El yodo se ha usado a lo largo de la historia como un efectivo bactericida -- con efectos diferentes al bromo y al cloro. Es un excelente desinfectante para el agua de bebida con usos limitados a casos de emergencias, por los posibles efectos fisiológicos en la salud. Sin embargo en comparación con bromo y cloro su toxicidad es casi nula. Su uso generalmente se basa en la elaboración de tabletas cuyo contenido de yodo activo varia, como se muestra en la composición del siguiente comprimido, el cual se utiliza para desinfectar un litro de agua, durante un tiempo de contacto de 10 minutos.

COMPRIMIDO

- Yoduro Potásico ----- 10 gramos
- Yodato Potásico ----- 1.56 gramos
- Azul de Metileno ----- hasta colorear

El yodo activo liberado de las tabletas en el agua, es yodo elemental, del cual se puede obtener hasta 8 partes por millón para un cuarto de litro durante los 10 minutos de contacto.

Cuando se usa en forma de cristales se requieren tiempos mas cortos, éstos no se deterioran como los hipocloritos, aunque algunos se pierden por volatilización. La simplicidad de aplicación del yodo es una de sus características mas importante.

La tintura de yodo también puede emplearse para desinfectar, bastando de ordinario dos gotas al 2 por ciento para tratar un litro de agua. Esta solución -- yodo-yodurada generalmente comprende, 1 gramo de yodo, 2 gramos de yoduro potásico y 200 mililitros de agua destilada y debe usarse en dosis dobles cuando el agua esta contaminada.

Amplios estudios en pequeños sistemas de agua han mostrado según (A.W.W.A). -- que de 0.5 a 1.0 miligramo de I_2 por litro pueden mantenerse en la distribución del sistema, teniendo una agua para beber segura sin efectos perjudiciales al consumidor.

O Z O N O. (O_3)

El ozono O_3 peso molecular 48.9 gramos por gramo mol, es un gas inestable de color azul de olor picante, al que debe su nombre derivado del vocablo griego ozein, oler.

Fue detectado por Van Marum en 1785 y por Cruickshank en 1801. Sin embargo -- hasta 1857, Seimens construyó la primera máquina eléctrica para la formación de ozono, la cual fue perfeccionada y modificada posteriormente por otros investigadores.

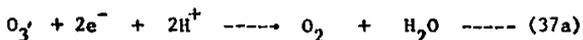
PROPIEDADES FISICAS.

A la temperatura ordinaria el ozono es un gas de color azul, pero en las concentraciones que de él se producen, normalmente su color no es perceptible a no ser que se mire el gas en gran profundidad. Es más soluble en agua que el oxígeno y menos soluble que el cloro (ver tabla 7), pero como de ordinario se haya en pequeñas presiones parciales, la máxima concentración que se obtiene con temperaturas y presiones normales es sólo de unos pocos miligramos por litro.

El ozono se descompone en el agua con una reacción acelerada, por la temperatura y por el aumento de la concentración de hidróxido.

PROPIEDADES QUIMICAS.

El ozono es un poderoso oxidante, su potencial de oxidación es de 2.07 volts, referido al electrodo de hidrógeno a 25 grados centígrados y a la unidad de actividad del ión hidrógeno, la reacción asumida es:



El ozono es inestable y se descompone lentamente en oxígeno ordinario; la descomposición es muy lenta a temperaturas normales y en bajas concentraciones.

El ozono se descompone también por acción fotoquímica; la descarga del ozonizador, que produce el ozono lo disgrega así mismo en sus elementos. La descomposición es más rápida en las soluciones acuosas y es poderosamente catalizada por el ión Hidróxilo. Muchas oxidaciones efectuadas con el ozono son tan rápidas que se realizan sin que se produzca descomposición perceptible del mismo.

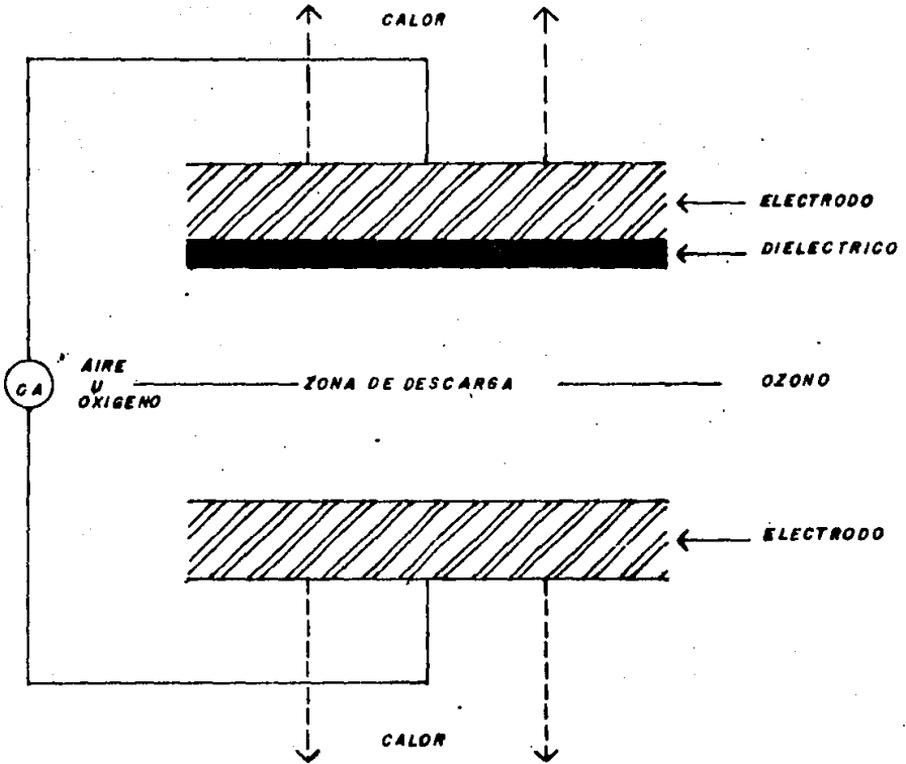
PRINCIPIO DE PRODUCCION DE OZONO.

En todas las utilizaciones industriales y a pequeña escala, el ozono se produce por descargas eléctricas en el aire o en el oxígeno, aunque también se han detectado pequeños volúmenes en el oxígeno liberado por descomposición térmica del ácido persulfúrico y de los persulfatos. Es posible obtenerlo por otros medios que resultan de un procedimiento de mayor complejidad y costo, por lo mismo se hacen poco comunes.

GENERACION POR DESCARGAS ELECTRICAS.

La figura (VI) muestra la configuración básica de un ozonizador. Donde se observa dos electrodos separados por una capa aisladora (que puede ser de vidrio) y un espacio de aire. En él se aplica una corriente alterna de elevado voltaje, la cual provoca que el espacio de aire se llene de un fulgor difuso llamado descarga ozonizadora, si el espacio de aire es demasiado ancho o el

FIG. VI



**CONFIGURACION BASICA DE UN
OZONIZADOR**

aire contiene más que índices de vapor de agua, un número de descargas brillantes y centellantes se entrelazaran en el espacio luminescente. Para obtener una verdadera descarga ozonizadora, la corriente tiene que ser alterna, puesto que no puede pasar corriente através del aislador sencillamente, éste recoge las cargas electrones o de iones de su superficie durante un semiciclo de la corriente alterna y los suelta al invertirse la polaridad, la reacción asumida es la siguiente:



Considerables cantidades de energía son requeridas para romper el enlace covalente oxígeno-oxígeno y formar el ozono. El cual debido a su rápida descomposición se hace conveniente extraerlo a medida que se forma en el ozonizador.

La diferencia de potencial aplicado a los electrodos obviamente depende en el tipo y densidad de el dieléctrico y la anchura de la ozonización; en la práctica la diferencia de potencial está entre 10,000 volts y 20,000 volts. Por otra parte la producción de ozono, dependerá principalmente de la geometría de los componentes del ozonizador, de las propiedades del dieléctrico, del aislador, la frecuencia de corriente, el secado de aire, la presión y la concentración de ozono en el aire u oxígeno. La concentración usual de ozono en aire ozonizado va desde un promedio de 10 a 20 gramos por metro cúbico.

Cantidades considerables de la energía aplicada a los ozonizadores se transforman en calor por lo que se hace necesario el empleo de sistemas auxiliares de enfriamiento o refrigeración; por consiguiente la cantidad de energía dedicada a producir la descarga estará rigurosamente restringida por las disposiciones de refrigeración.

Si el aire es substituido por oxígeno en el mismo ozonizador, la concentración, el rendimiento por día y la eficiencia de la energía aumentan aproximadamente el doble. El rendimiento por unidad de energía eléctrica consumida es la medida más útil de la eficacia de operación del aparato.

La OMS plantea las siguientes energías requeridas para la producción de ozono (12) en plantas que se encuentran en operación en Latinoamérica.

ENERGIA REQUERIDA	MEDIO
10 a 13 $\frac{\text{Kw-h}}{\text{lb}}$	Aire
4 Kw-h/lb	Oxígeno
5.5 Kw-h/lb	Oxígeno reciclado

($\frac{\text{Kw-h}}{\text{lb}}$ = $\frac{\text{Kilowattios - horas}}{\text{libras}}$)

TIPOS DE OZONIZADORES.

Una clasificación general presenta dos tipos de aparatos para producir ozono.

- A) Ozonizadores tipo plato: Los cuales consisten de un plano dieléctrico y - electrodos de metal. La unidad entera es generalmente una cámara cerrada e incorporada a un sistema de agua de enfriamiento.
- B) Ozonizadores tipo tubo: Estos ozonizadores consisten en dos electrodos - concéntricos y un tubo dieléctrico, el tubo ozonizador difiere en la posición vertical u horizontal de los electrodos y en la localización del dieléctrico.

Sin embargo estudios recientes han demostrado tres configuraciones básicas de generadores de ozono como se muestran en la tabla (8). El plato Otto, el tubo y el plato Lowther. Las características de operación y los requerimientos de potencia para cada configuración son dados en la misma tabla.

El menos eficiente de estos generadores es el plato Otto, desarrollado en el siglo pasado. El tipo tubo y el plato Lowther son unidades de innovación moderna en material y diseño. El generador del plato Lowther es el que representa una configuración más eficiente en gran medida con la ventaja de remover calor.

La producción de ozono en estos generadores estará en función de la velocidad de alimentación de flujo de gas y/o voltaje que cruza los electrodos.

SISTEMAS DE CONTACTO.

Dada la importancia del ozono como desinfectante de aguas de bebida, se ha usado continuamente por cercas de 70 años. Comenzó en Francia extendiéndose a Alemania, Holanda, Suiza y otras ciudades Europeas y recientemente en Canadá y Estados Unidos.

La efectividad de desinfección de este método, radica principalmente en los sistemas de contacto utilizados, puesto que de ellos dependerá la máxima eficiencia de transferencia de ozono y la minimización del costo neto para el tratamiento; considerando para la elección de éste, que la solubilidad relativa en el agua es baja (vease tabla 7), la baja concentración de ozono producida en los generadores, y la inestabilidad del ozono.

Actualmente se emplean numerosos dispositivos de contacto; Inyectores de presión positiva, difusores y unidades venturi. Muchos de ellos diseñados en función del tipo de aplicación y aunque se han dado pocos trabajos en el área de contacto líquido - gas, no obstante es muy importante en la aplicación al tratamiento del agua.

- (12) Criterios de desinfección de agua con ozono. Lima (Pe) CEPIS 1977
Página 17. Curso sobre tecnología de tratamiento de agua para países en desarrollo. Dic. 1977).

TABLA (7). Comparación de las solubilidades de Ozono, Cloro y Oxígeno a diferentes temperaturas del agua y concentración del gas.

SOLUBILIDAD EN EL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS (MILIGRAMO POR LITRO)				
GAS	0°C	10°C	20°C	30°C
OXIGENO (100%)	70.5	54.9	44.9	38.2
OZONO (100%)	1374.3	1114.4	789	499.6
CLORO (100%)	14816.5	9963.4	7263.4	5688.8

(°C = grados centígrados).

TABLA (8). Comparación de los ozonizadores comerciales.

CARACTERISTICAS DE OPERACION DE OZONIZADORES TIPO			
	OTTO	TUBO	LOWTHER PLATO
ALIMENTACION	AIRE	AIRE-O ₂	OXIGENO
VOLTAJE (KV MAXIMO)	7.5-20	15-19	8-10
FRECUENCIA (Hz)	50-500	60	2000
ALIMENTACION AIRE	10.2	7.5-10	6.3-8.8
ALIMENTACION DE O ₂		3.75-5.0	2.5-3.5

((Hz) = Hertz).

Para la selección de un contactor apropiado se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- A) La reducción particular de los niveles de demanda bioquímica de oxígeno (BOD), demanda química de oxígeno (DQO).
- B) Trazas de compuestos orgánicos oxidados.
- C) Comparación de las velocidades relativas; oxidación química, destrucción bacterial, descomposición de ozono en solución acuosa.
- D) Velocidad de transferencia de masa dentro de la solución.
- E) Características cualitativas del agua a tratar; sólidos suspendidos totales, cantidad de orgánicos e inorgánicos.
- F) Presión de operación del sistema.
- G) Concentración empleada de ozono.
- H) Otras consideraciones constituyen las características del equipo.

DESCRIPCION DE LOS METODOS DE CONTACTO OZONO-AGUA TÍPICOS.

- A) Contactor por medio de un inyector: Este método no es muy eficiente debido a la mezcla pobre de la concentración de ozono en la porción de agua, la cual está siendo pasada a través del inyector. (ver figura VII).
- B) Contactor por poros difusores: El aire ozonizado es introducido dentro del agua con tubos porosos o discos.
- C) Contactor por un impelador especial: El agua a ser desinfectada es introducida dentro del área de succión de un impelador formando una emulsión (aire ozonizado - agua difusa).

Para lograr la optimización de transferencia gas - líquido, en el uso de ozono se buscara que los contactores escogidos estén de acuerdo al tipo de aplicación, aunque generalmente se ha encontrado que los difusores de tubo poroso (ver figura VII), los cuales son más flexibles, permiten mayor control, y proveen mayor transferencia gas-líquido.

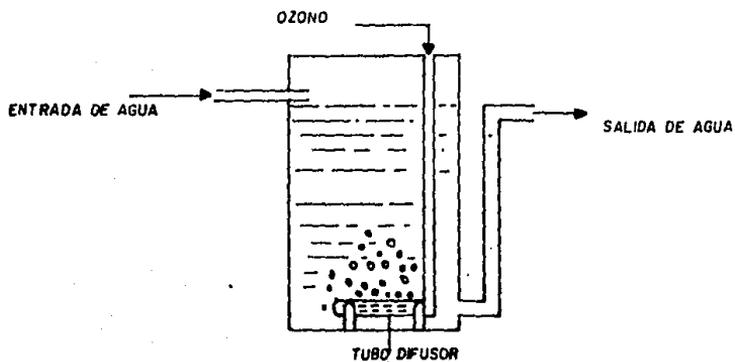
HISTORIA DE LA DESINFECCION POR OZONO.

Durante años se han realizado numerosos trabajos para establecer el poder del ozono en la destrucción de bacterias y virus.

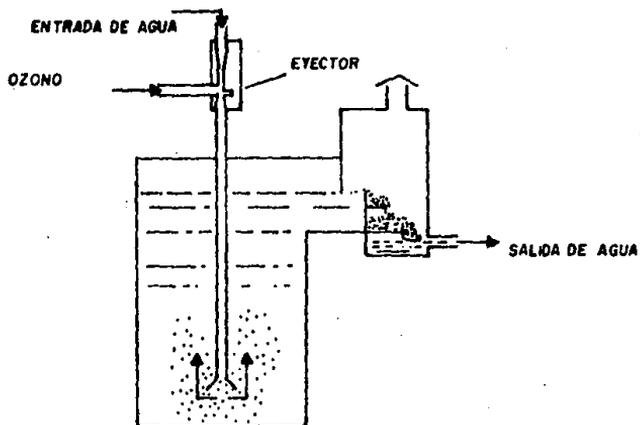
En Europa existen más de una planta municipal de tratamiento que utiliza ozono como parte de su tratamiento químico, estas instalaciones están diseñadas principalmente para control de microorganismos, de sabor y olor; así como remoción de color y otras sustancias orgánicas e inorgánicas.

En la planta Belmont en Filadelfia, una instalación de ozonización operó continuamente desde 1949 hasta 1957 cuando los procesos de ozonización se descontinuaron por el uso de cloración.

FIG.VII



ADICION DE OZONO BAJO PRESION



ADICION DE OZONO MEDIANTE UN
EYECTOR

Sin embargo desde 1965, un número de laboratorios y plantas piloto estudiarán la efectividad del ozono como compuesto oxidante en la desinfección del agua residual y de bebida.

OBJETIVOS DE DESINFECCION POR OZONO.

En términos generales, en la desinfección del agua por ozono, los resultados perseguidos son:

- A) Eliminación de Turbiedad.
- B) Eliminación de Materia Orgánica.
- C) Desinfección total de Germen Patógenos y no Patógenos.
- D) Inhibición de Hongos y Algas.
- E) Ahorro importantísimo de compuestos clorados fungicidas y alguicidas.

MECANISMOS DE DESINFECCION POR OZONO.

Las propiedades de acción contra microorganismos del ozono se atribuyen al alto potencial de oxidación. Las investigaciones realizadas indican que la desinfección por ozono, es el ataque directo a la pared celular desintegramola.

Las nuevas tecnologías de los ozonizadores han hecho que se acrecente su uso - como desinfectante con un poder de desinfección determinado por el ph y tiempo de contacto, regularmente para un volumen definido. Dentro del campo de acción del ozono se ha demostrado que presenta las siguientes características.

- A) Excelente acción bactericida.
- B) Excelente acción viricida (virus de la poliometitis).
- C) Destruye quistes.
- E) Destruye algas y protozoos.

Esta efectividad del ozono sobre los diferentes tipos de microorganismos mencionados anteriormente, radica principalmente en el tiempo de contacto microorganismo-ozono y la dosis requerida para la inactivación, tomando en consideración la influencia de las condiciones en que se encuentra el agua a tratar; tal como temperatura, concentración de iones hidrógeno (ph), turbiedad y color. Por ello se debe tomar en cuenta la demanda de ozono que tenga el agua, es decir - no todo el ozono se consumirá en la acción desinfectante, sino que por ejemplo, el contenido de materia orgánica nos hará necesario aumentar las concentraciones residuales y por lo tanto el aporte.

De idéntica manera la temperatura del agua, la agitación, los sistemas de aportación del ozono, nos hará variar substancialmente los tiempos de contacto necesarios.

Es muy importante distinguir entre; la producción o cantidad de ozono aportado a un agua y la concentración o residual alcanzada en dicha agua.

La cantidad de ozono aportada a un agua, corresponde a los miligramos de Ozono sobre miligramos de agua por minuto que se aportan; y el residual alcanzado en dicha agua es la concentración o residual medido en el momento de alcanzar el equilibrio; en la cinética de difusión, el consumo del ozono en el agua se medirá en: miligramos de Ozono sobre metro cúbico de agua y será función de la cantidad de ozono que aportemos pero también será función de la cantidad de contaminación o flujo contaminante tanto químico como bacteriológico.

Quando se inicia una ozonización tanto en aire como en agua se deberá esperar un tiempo para alcanzar un régimen permanente y medir el residual de equilibrio, este tiempo desde luego es función de la cantidad de ozono aportada, pero no sólo depende de dicho parámetro; sino también del nivel de materia orgánica y contaminación en general.

El residual se mantiene constante haciendo una aportación continua por burbujeo en el seno del agua, de ozono. En una unidad comercial no descienden de 300 miligramos de ozono por metro cúbico de agua. Comúnmente los tiempos de contacto para aguas potables en donde se requiere el método por seguridad -- van desde 5 segundos a 6 minutos aunque también es función del tipo de microorganismo a eliminar; Ahora bien si se prolonga este tiempo de contacto -- los resultados serán más efectivos; siendo necesario realizar las determinaciones de ozono en el agua para evitar posibles efectos tóxicos al consumidor.

DESTRUCCION DEL OZONO RESIDUAL.

Después de estar en contacto con el agua, el aire liberado contiene una cierta cantidad de ozono residual. Dependiendo del método por el cual el ozono es puesto en contacto con el agua, la pérdida de ozono puede variar desde 1 a 15 por ciento de la cantidad total de ozono producido; por lo que se da la posibilidad de recircular el ozono residual al sistema de contacto.

Las concentraciones de ozono necesarias para el tratamiento de diversas -- aguas varían notoriamente por ejemplo: Para grandes tratamientos se están utilizando concentraciones de 2 a 4 gramos de ozono por metro cúbico de agua. Hoy en día se reconoce que concentraciones menores tienen un éxito sorprendente frente al cloro sobre todo:

A continuación se presenta la siguiente tabla (9) que nos enmarca dicho -- efecto.

TABLA (9). Dosis necesarias aplicadas para eliminar:

DESINFECTANTE	BACTERIAS ENTERICAS	CISTIDOS AMEBICOS	VIRUS	ESPORAS DE HONGOS
OZONO (O ₃)	.001	1.0	0.1	0.2
CL ₂ como CLOH	.02	10.00	0.4	10.0
CL ₂ como CLO ⁻	2.0	1000	20.0	1000
CL ₂ como CLNH ₂	5.0	20.0	100	400
CL ₂ (ph = 7.5)	.004	20.0	0.8	20.0
CL ₂ (ph = 8.0)	0.1	50.0	2.0	50.0

Dosis miligramo por litro, requerida para obtener un agua potable.

PRECAUCIONES CUANDO SE USA OZONO.

El ozono es inestable en solución, en el agua es posible detectar trazas después de un tiempo de haber sido aplicado. Por ello para que no llegue cierta concentración a los usuarios más cercanos a la planta tratadora es aconsejable neutralizar el exceso de ozono antes del suministro.

Dado que el ozono no presenta efectos residuales estables. Para evitar la proliferación de microorganismos, el método auxiliar generalmente adoptado, es inyectar después del tratamiento con ozono, una pequeña proporción de desinfectante con un efecto a largo plazo. Cloro o dióxido de cloro pueden ser usados para estos propósitos introduciendo al agua un sabor a cloro.

Cada tratamiento debe ser en particular resuelto en función de sus características peculiares, en aguas muy cargadas es común realizar la ozonización en etapas sucesivas, por el método de cámaras y utilizando el aire excedente para recircularlo con lo cual se gana en la producción de ozono.

Por lo estudiado anteriormente, la ozonización es un método eficaz y eficiente de desinfección, sin duda alguna es una buena alternativa sin embargo la situación económica que lo respalda es sumamente considerable, por lo que su utilización requiere un cuidadoso estudio de la disponibilidad de los medios necesarios para implementar este método.

PERMANGANATO DE POTASIO. (KMnO₄)

Conocido también como sal de ácido permangánico. El permanganato de potasio es el más común en la purificación del agua cuyo peso molecular es 158 gramos por gramo mol, son cristales de color violeta de aplicación comúnmente industrial.

El permanganato potásico se utiliza en el tratamiento de aguas potables para el control del gusto y olor; para eliminar compuestos inorgánicos principalmente hierro, manganeso y ácido sulfhídrico, dado que es un buen agente oxidante.

El permanganato exhibe propiedades desinfectantes, disminuye y a veces elimina la necesidad de una preclorinación o cloración intermedia. En cuanto al precio del permanganato es más caro que el cloro, sin embargo se aplica generalmente en bajas concentraciones. Junto con el ozono tiene la ventaja sobre el cloro de no producir compuestos de gustos y olor ofensivos y/o toxicidad potencial.

Por otra parte según las características expuestas, destruye y previene el crecimiento de una amplia variedad de algas y microorganismos. Es fácil de alimentar y controlar, por lo tanto fácilmente adaptable a las plantas convencionales, conservándose indefinidamente en un medio fresco y oscuro.

Al reducirse pasa a dióxido de manganeso hidratado, el cual presenta ciertas propiedades adsorptivas que a menudo son muy beneficiosas en la coagulación y sedimentación de aguas de baja turbidez. Una desventaja operacional del tratamiento con permanganato es la necesidad de separar el dióxido de manganeso hidratado insoluble. Sin embargo esto no ocasiona ningún problema en los casos que se aplica una coagulación, sedimentación y/o filtración.

Para aguas de bebida la dosis habitual es de una parte de permanganato por 2000 partes de agua ó 0.5 gramos por litro. Es posible que el permanganato potásico sea eficaz contra el vibrón del cólera, pero tiene poca utilidad contra microorganismos patógenos.

El agua tratada con permanganato potásico produce al cabo de algún tiempo un precipitado pardo oscuro, que aparece adherido a las vasijas de vidrio o de porcelana y que es difícil de eliminar sin restregar.

El permanganato potásico no da resultados satisfactorios debido a su pequeño campo de acción, siendo la causa de su poco uso como desinfectante.

IONES METALICOS

Es un hecho conocido desde hace mucho tiempo, que el cobre es un bactericida aunque sólo débilmente y que ejerce gran actividad alguicida. Y en concentraciones muy reducidas, otros metales como el mercurio, cobalto y níquel, pueden ser buenos alguicidas.

El primer estudio concienzudo de estas propiedades fue realizado hasta 1983 por el botánico Suizo Nagch⁽¹³⁾ que llamo al efecto germicida, oligodinámico. Este término viene del griego oligos (pocos) y dynamics (poder) y se refiere

al poder destructivo para los microorganismos en concentraciones pequeñas.

Los mecanismos de desinfección por iones metálicos no están claramente establecidos pero probablemente se debe a la reacción de los iones metálicos con la materia celular ocasionando coagulación de las proteínas⁽¹⁴⁾.

Tomando en cuenta que iones como el mercurio, cobalto y níquel presentan un potencial grande en cuanto a riesgos de la salud se refiere, se ha optado por descartarlos en el uso de desinfección del agua. Por ello se profundiza el estudio sobre el uso de la plata en aplicaciones a nivel comercial, mientras que el cobre regularmente se hace a gran escala principalmente en tratamiento y control de algas en lagos y estanques.

SULFATO COBRE. (CuSO₄.5H₂O).

De los productos químicos útiles en la prevención o el control del crecimiento de algas, el sulfato de cobre es el mas eficaz y el que más se emplea. De fórmula molecular (CuSO₄.5H₂O); es conocido comercialmente como vitriolo azul, tiene cinco moléculas de agua con un peso molecular de 249.7 gramos por gramo mol y es soluble el agua.

METODO DE OBTENCION.

Se obtiene por acción del ácido sulfúrico diluido sobre cobre o óxido de cobre en gran cantidad.

USOS DE SULFATO DE COBRE.

El control de algas en pequeñas represas, se puede hacer tapando estos mismos evitando que se exponga el agua a la luz solar. Sin embargo varios depósitos y represas son tan grandes que esto es impracticable, necesitando el uso de los químicos.

Se ha notado en estudios de tratamiento con sulfato de cobre un gran número de variaciones en la resistencia dentro de un mismo género que dependen de factores ambientales. En las aguas duras, por ejemplo, las dosis de sulfato de cobre son aproximadamente del doble de su uso normal. Asimismo se ha observado que la etapa de crecimiento del microorganismo, la cantidad, la temperatura, la alcalinidad y el contenido de ácido carbónico presentan influencias sobre el monto de dosis letal.

A temperaturas relativamente bajas se requiere dosis de aproximadamente el doble de la temperatura normal (20-25 grados centígrados). Por otra parte en las aguas con alto contenido alcalino o de materias orgánicas o bien de bajo contenido de dióxido de carbono, las dosis pequeñas son prácticamente ineficaces.

La dosis estandar comúnmente establecidas es de 1 miligramo por litro, aunque muchos microorganismos nocivos pueden ser destruidos con dosis de 0.1 a 0.12 partes por millón. La OMS establece 0.005 partes por millón de sulfato de cobre en una agua de bebida con efectos nulos a la salud.

QUIMICA DEL SULFATO DE COBRE.

Unos de los factores mas importantes que influyen en la aplicación fructuosa de los alguicidas, especialmente para aprovechar la dosis mas baja, es la velocidad. Una aplicación lenta es antieconómica, debido a la alta solubilidad de las sales de cobre en el agua en particular a temperatura entre (27-35 grados centígrados). Mientras que un tratamiento rápido significa un gran ahorro de alguicida.

El sulfato de cobre presenta toxicidad para la vida acuática y disminuye el oxígeno disuelto en el agua, siendo éstas las dos principales desventajas de este método.

METODO DE EMPLEO DEL SULFATO DE COBRE.

Generalmente se alimenta como solución o bien en seco, en pequeños cristales.

P L A T A

La plata se conoce en estado libre y comúnmente asociada con cobre, puede encontrarse con cloro como AgCl y en minerales como argentita.

Aunando que una considerable porción de la plata es producida en la fundición y refinación de plomo y minerales de zinc, oro y el cobre.

PROPIEDADES QUIMICAS.

De símbolo Ag. elemento metálico. Número atómico 107.868 gramos por gramomol presenta cierta resistencia contra la oxidación. Es insoluble en agua y álcalis.

PROPIEDADES FISICAS.

La plata es un metal blanco lustroso y blando, dúctil y maleable. Sudensidad es de 10.5 gramos por centímetro cúbico.

((13) Capítulo de desinfección, Weber Página: 467).

FORMAS DE APLICACION.

Existen dos procedimientos de aplicar los iones de plata para la desinfección del agua; el más sencillo y simple consisten en añadir una sal de plata al agua. La solubilidad de la mayor parte de las sales de plata con excepción del nitrato, están en concentraciones de 100 a 1000 miligramos por litro de ión plata, los cuales son suficientes para la mayor parte de las desinfecciones.

El otro procedimiento consiste en aplicar un potencial eléctrico a unos electrodos de plata o recubiertos de plata que están inmersos en el agua. En él los iones plata que se producen por ésta electrólisis, requieren unos pocos voltios y la corriente se controla para obtener la velocidad de producción de iones deseada.

La ionización de la plata por electrólisis constituye la base de algunos sistemas que se emplean en la desinfección del agua. Como en ellos la velocidad de ionización de la plata, está directamente relacionada con la corriente aplicada. La dosificación puede aumentarse o disminuirse variando el flujo de corriente aunque las concentraciones empleadas en el tratamiento del agua de manera general se encuentran comprendidas entre 0.025 y 0.075 partes por millón.

En el agua para beber; las concentraciones de plata aceptables según las normas de Estados Unidos se reportan entre 0 y 2 ug/Lto (microgramos por litro) con un residuo de 0.13 gramos por litro.

HISTORIA DE LA DESINFECCION POR PLATA.

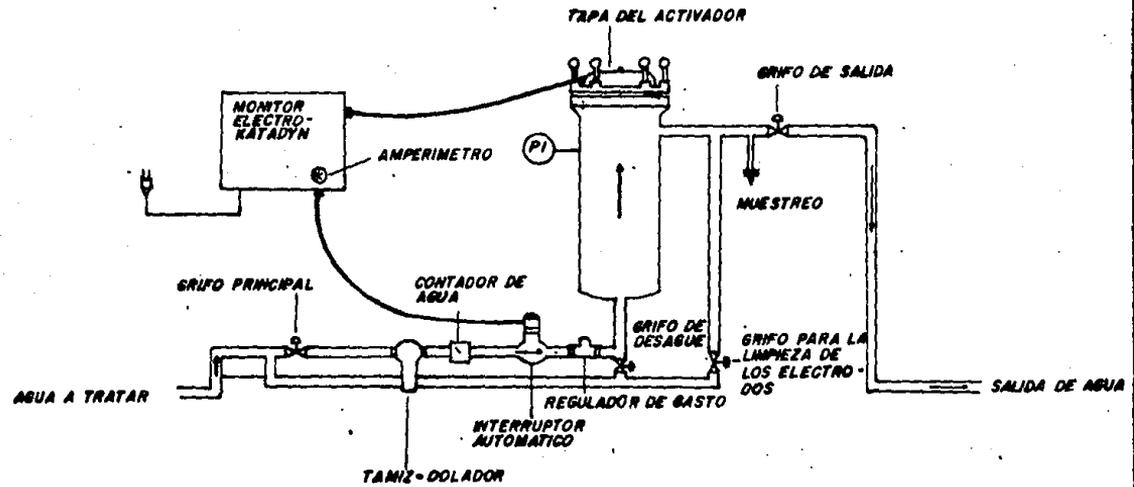
En Alemania se introdujo por primera vez en el año de 1928 una forma esponjosa de plata metálica para la desinfección del agua en un proceso llamado Katadyn. En este proceso un material granular como la arena, se recubre con plata. Siendo ésta, utilizada como filtro, através de la cual se bombea agua en un caudal prefijado de tal forma que se mantenga la concentración deseada de ión plata en la solución, ésta puede ser hasta 50 gramos por litro (Addicks)⁽¹⁵⁾.

Esta técnica se mejoró con el proceso electro-katadyn; que como su nombre lo indica, se necesita el electrodo y la aplicación de un voltaje para la producción de iones. En este proceso una pequeña parte del caudal para através de la cámara electrolítica en donde se le imparte una elevada dosis mezclandose a continuación con el caudal principal en un tanque de almacenamiento. (Ver figura (VIII)).

Así pues, aparte de su aplicación en forma metálica o por descomposición electrolítica, la plata se comenzó a utilizar como solución de sus sales o por de sorción de lechos filtrantes.

La plata presenta excelentes propiedades desinfectantes, principalmente como bactericida, con el tiempo de contacto largo, que logran una desinfección eficaz a pequeña escala. Tiene acción quística, con la desventaja de que requiere altas dosis (150 partes por millón de AgNO_3). Aunque se ha demostrado que los cloruros, el amoníaco y otras materias orgánicas interfieren en la eficacia del tratamiento.

FIG.VIII



APARATO NORMAL ELECTRO-KATADYN

Algunas publicaciones han indicado que debido a su costo relativamente elevado, característica de absorción y bacteriostáticas, tiempos de reacción prolongados y otros factores, la plata no es un desinfectante útil en las aplicaciones a gran escala.

La aplicación de la plata como desinfectante del agua en otros países no se han generalizado. Parece ser que Austria y Bélgica⁽¹⁶⁾ emplean éste metal en casos aislados para el tratamiento de pequeños suministros de aguas. En Francia su empleo se limita casi exclusivamente a las industrias de alimentación y bebidas carbonatadas, en la URSS⁽¹⁷⁾ parece ser que el Laboratorio de Química y Tecnología del Agua de la Academia de Ciencias de la República de Ucrania, ha desarrollado aparatos fijos y portátiles para la producción de plata y sus concentrados en la desinfección.

PRECAUCIONES.

El nitrato de plata AgNO_3 que es una de las formas en que se emplea en el tratamiento del agua, es extremadamente caústico para la piel húmeda y las membranas mucosas. Las soluciones acuosas del compuesto también son muy irritantes y hay que manipularlas con suma prudencia, además de mantener el estándar establecido 0.005 partes por millón en aguas potables.

El mecanismo de acción sobre los microorganismos es desconocido, su uso se limita en aplicaciones de emergencia a pequeña escala.

((14) Water Treatment Handbook página 183).

((15,16,17) Water Treatment Handbook Página: 183, 184)

ACIDOS Y BASES

Los efectos tóxicos de los ácidos y bases inorgánicos llegan a ser notables para la ph's inferiores a 3 y superiores a 11. Estos efectos son más bien - debido a las concentraciones de iones hidrógeno o hidróxilo que al tipo de - ácido o base mineral. Un incremento de la basicidad o de la acidez general-- mente coinciden con un incremento de la fuerza ionica y la presión osmótica, la cual puede ocasionar efectos destructivos en las células de las bacterias.

La desinfección del agua residual y agua, por adición deliberada de un ácido o una base no se usa en la práctica, más bien es inherente a otros procesos de tratamientos como el ablandamiento por cal sosa. Sin embargo la eficacia desinfectante de algunos desinfectantes químicos, depende del ph y constitu-- ye una variable importante en la mayoría de las desinfecciones del agua.

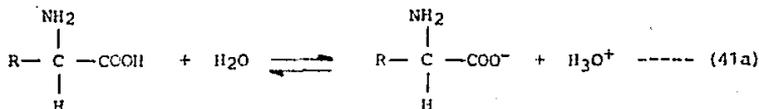
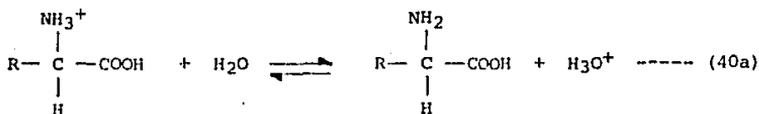
QUIMICA DE DESINFECCION DEL SISTEMA ACIDO BASE.

Como se menciona la mayor parte de microorganismos son destruidos efectiva-- mente por condiciones de ph extremos (ph < 3 ó > 11)(18). Se observa una re-- sistencia relativa en soluciones, moderadamente básicas o ácidas (ph 4-10). Sin embargo, bajo estas condiciones y en presencia de otros desinfectantes, el ph puede ser marcado sobre la reactividad de los microorganismos o el de-- sinfectante o ambos a la vez.

Debido a los grupos funcionales de los compuestos químicos que componen las paredes de las células bacteriales, las bacterias exhiben cargas superficia-- les similares a las de los coloides. Las características de carga de estos - microorganismos pueden derivarse de los aminoácidos anfóteros que forman -- aniones en disoluciones básicas, cationes en disoluciones ácidas y moléculas neutras para un ph intermedio generalmente en una región ligeramente ácida. Así según las condiciones del ambiente, las células biológicas pueden exis-- tir como cantidades cargadas o neutras. Debido a que los aminoácidos son los componentes estructurales básicos de la proteína, se ha teorizado que el ca-- rácter polar de los microorganismos se deriva del carácter iónico de los ami-- noácidos (Salle, 1961). Los cuales dan los radicales amino y carboxílicos -- (vease reacciones (40a) y (41a)).

Las cargas superficiales de las células biológicas pueden influenciar en -- gran parte la atracción de las moléculas del desinfectante o iones, depen-- diendo de sus polaridades relativas.

Además de este efecto electrostático, el ph puede proveer una buena acción - bacterial.



CONCENTRACION DE HIDROGENIONES.

El crecimiento y la actividad microbiana son alterados notablemente por el pH del medio, aunque hay diferencias entre las necesidades de pH de cada especie. Estas necesidades de pH se reflejan en los distintos límites de pH donde estas mueren. Por ejemplo las bacterias intestinales toleran mayor acidez y alcalinidad que otros parásitos animales⁽¹⁹⁾; siendo su pH óptimo - cercas de la neutralidad o algo menor.

La adaptación de los microorganismos a los medios ácidos o alcalinos, estará en función del carácter de estos mismos, los cuales sobrevivirán conforme se aumente o disminuya el pH del medio.

((18) Control y Calidad Weber

((19) Microbiología, Carpenter Página 245).

TENSOACTIVOS

Los agentes tensoactivos catiónicos han resultado ser efectivos para la destrucción bacterial. Este efecto se observó en efluentes de lavados y aguas de restaurantes y operaciones médicas.

Debido a que los microorganismos exhiben cierto tipo de cargas en el agua, puede teorizarse que los tensoactivos catiónicos son adsorbidos selectivamente en las superficies de las células y por lo tanto bloquean o inhiben actividades metabólicas.

Los agentes tensoactivos generalmente usados son las sales de amonio cuaternarias, las cuales son un tipo de compuestos de nitrógeno orgánico cuya estructura molecular contiene un átomo central de nitrógeno unido a cuatro grupos orgánicos y también a un radical ácido.

Ejemplos de este tipo de compuestos son el cloruro de alquil dimetil bencil - amonio y el cloruro de cetil trimetil amonio. Todos son compuestos catiónicos tensoactivos y tienen adsorbancia por las superficies, se utilizan en la desinfección, limpieza, esterilización y control del moho.

SALES DE AMONIO (CARACTERISTICAS).

Las sales cuaternarias de amonio de nombre comercial (Quatarmines), son el resultado del reemplazo de los hidrógenos del NH_4Cl por diferentes grupos orgánicos.

Los quatarmines son sales de una base fuerte o un ácido fuerte. Estas pueden variar en la estructura y composición en sus cadenas alquílicas desde 1 Carbono hasta 22 Carbonos saturados e insaturados.

CARACTERISTICAS QUIMICAS Y FISICAS.

Algunas quatarmines poseen las siguientes estructuras.

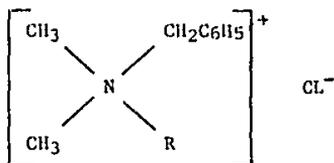


(Cloruro de Trimetil Alquil Amonio) (Cloruro de Dimetil Dialquil Amonio)

Donde cada R(radical) representa una cadena hidrocarbonada que puede variar - desde 8 Carbonos hasta 18 Carbonos.

Los quatarmines son estables en un amplio intervalo de pH, sólo se descomponen a altas temperaturas. Por ejemplo el quatarmin 60(nombre comercial), cloruro de cetil trimetil amonio tiene propiedades germicidas, a varios valores de pH que resaltan la característica antes dicha.

Otro ejemplo son los cloruros de alquil dimetil bencil amonio conocido como sanisol CR, éste producto se utiliza en la desinfección del agua, es un agente de superficie activa catiónica que tiene un fuerte poder bactericida y antiséptico. Este esta hecho a partir de aceite de coco, contando con la siguiente composición química.



Donde R representa un radical alquilo que puede variar de $\text{C}_{10}\text{H}_{21}$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{33}$.

De manera general los compuestos cuaternarios de alquil amonio muestran poder bactericida, pero éste varia según el grupo alquilo que posea. El sanisol CR es uno de los bactericidas más poderosos que se produce gracias a la selección de los grupos alquilo. Este generalmente es un líquido transparente, casi incoloro e inodoro y soluble en agua en cualquier proporción. La solución acuosa puede hacer espuma cuando es agitada.

En si los compuestos catiónicos no cambian su fuerza germicida, si sus tiempos de almacenamiento son muy prolongados, a temperatura ambiente o por refrigeración o ebullición por corto tiempo; sin embargo una ebullición prolongada causará degradación del poder germicida por lo que no es recomendable mantener esa condición por mucho tiempo.

Los tensoactivos son excelentes desinfectantes, pero su uso se restringe debido a su costo y posibles efectos tóxicos por sobredosis, aunque a pequeña escala de 5 a 10 litros de agua potable, en situaciones de emergencia se obtienen resultados satisfactorios en su uso como desinfectante.

MÉTODOS NO QUÍMICOS DE DESINFECCION

Los principales métodos no químicos de desinfección, incluyen la aplicación de energía térmica, radiaciones de altas frecuencias, así como usos de corriente eléctrica. Estos métodos, se encuentran en estudio ya que ofrecen -- buenas alternativas en cuanto eficiencia y campo de acción, sin embargo por lo sofisticado de los aparatos, por el funcionamiento de los mismos y porque no se conoce en su totalidad el comportamiento así como los efectos de ellos, no se han desarrollado en gran escala.

En recientes estudios, se ha buscado la combinación de dos o más de estos métodos con el objetivo de mejorar la eficiencia, aunque varios de ellos por -- si solos presentan una muy buena eficiencia. Dentro de ellos tenemos:

- 1) Método Térmico
- 2) Sonido
- 3) Microondas
- 4) Rayos Gama
- 5) Rayos X
- 6) Radiación Ultravioleta
- 7) Rayos de electrones
- 8) Separación Electromagnética
- 9) Tratamientos Electrolíticos

Estos métodos, principalmente los de radiación tendrán su principio de acuerdo a la magnitud de energía y al igual que los métodos químicos, su eficiencia dependerá de la calidad del agua a tratar.

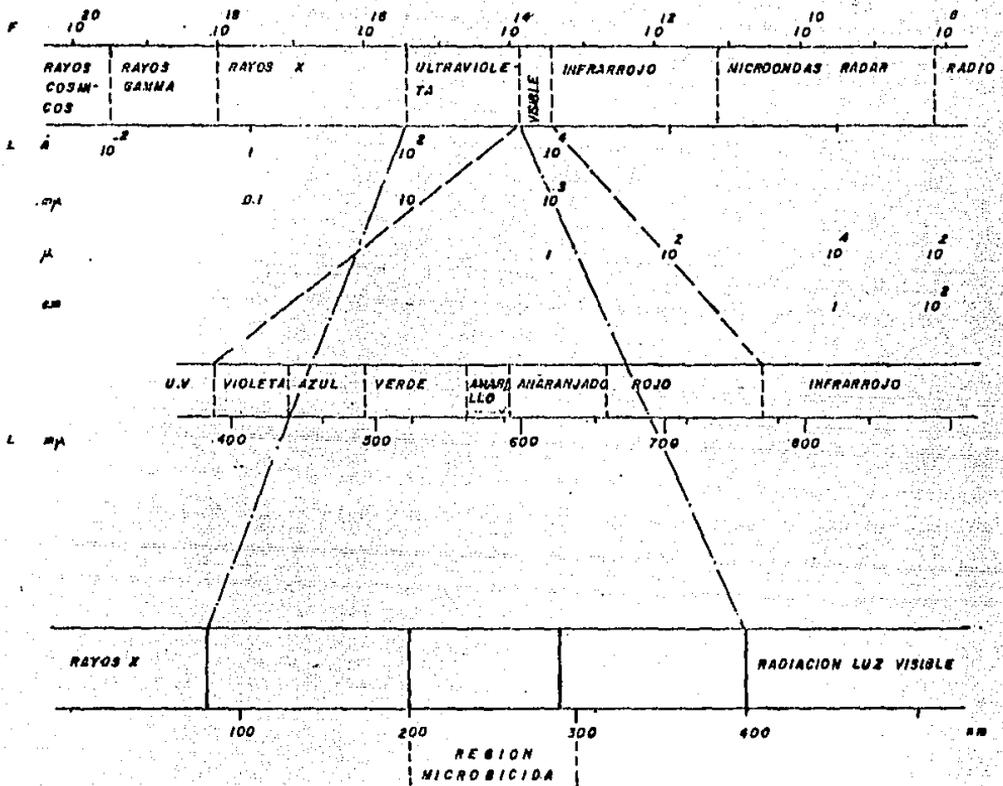
NATURALEZA DE LA ENERGIA RADIANTE.

La energía radiante se define como la energía transmitida en forma de radiación electromagnética. Puede ser emitida por sustancias bajo condiciones de gran excitación, tales como las producidas por altas temperaturas o por descargas eléctricas. Esta energía puede ser absorbida, transmitida, reflejada, refractada por muchas sustancias en diferentes estados de agregación (sólido, líquido, disolución y gas). La radiación electromagnética presenta propiedades de onda aunque no necesita de un medio físico para su propagación.

En la figura (IX) se muestra el espectro electromagnético, en el que también se indican parte de las radiaciones bactericidas. Las radiaciones con longitud de onda mayor de 300 nanómetros (nm) tiene poco poder bactericida, si es que lo tiene. Incluyen las ondas luminosas visibles, la luz infrarroja y -- las ondas más largas que se emplean en radiodifusión. Algunas de estas radiaciones producen calor, pero no son germicidas en sí.

La radiación electromagnética se propaga através del espacio por medio de -- campos magnéticos y eléctricos que varían con el tiempo, y puede ser especificada en términos de frecuencia, vacío, longitud de onda o energía de fotón.

FIG. IX



ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

F = Frecuencia Seg^{-1}
L = Longitud de onda

Dentro de la parte del espectro electromagnético, que es aplicable a la desinfección del agua, se enlistan las siguientes ondas electromagnéticas.

APLICACION	METODO DE GENERACION
U.V.	Lamparas de Luz Ultravioleta
Rayos X	Tubos de Rayos X (Isotopos Radiactivos)
Rayos Gamma	Acceleradores Lineales, Reacciones Nucleares
Calor	Calentamiento directo

De las cuales la luz ultravioleta con longitud de onda de 265 nanometros tiene eficacia notable contra la mayor parte de las bacterias y virus. Se han hecho muchas investigaciones con lámparas de vapor de mercurio, que emiten radiaciones menores que la ultravioleta, éstas son también germicidas especialmente, los Rayos X de menor longitud de onda y los Rayos Gamma. Algunas son incluso más eficaces que las radiaciones ultravioleta pero se emplean difícilmente debido al peligro que presentan.

La purificación de agua por estos métodos es proporcionar energía que provoca el calentamiento del agua. Dicho efecto provoca reacciones fotoquímicas tal como disociación e incrementos de ionización a altas frecuencias lo que trae consigo tener capas tenues de agua debido a que la radiación será absorbida a distancias relativamente cortas.

EFFECTOS DE RADIACION.

Las radiaciones tienen dos efectos en los microorganismos. El primero de ellos es la muerte, esto es un porcentaje constante de las células supervivientes mueren en cada intervalo cronológico sucesivo igual. El otro efecto es la producción de mutantes en la población superviviente.

MECANISMO DE ACCION DE LAS RADIACIONES.

Las radiaciones mortales o mutagénicas son en primer término absorbidas por cierta porción de células radiada, actuando directamente en una zona sensible que provoca la mutación mortal. Los Rayos X parecen producir sus efectos por "bombardeo" general, y la absorción selectiva por estructuras moleculares específicas parece participar poco o no hacerlo. En vez de ellos se producen sucesiones o vías de ionización y los iones OH^- o de otro tipo -- causan reacciones químicas o cambios genéticos mortales.

La muerte por radiación depende de la longitud de onda y de la dosis total - de las radiaciones, esto es, la cantidad total de energía incidente, pero la dosis necesaria para matar una especie varía con la longitud de onda.

VIBRACIONES SONORAS

Se han empleado notablemente las ondas de gran frecuencia generadas por las barreras de níquel o cristales de cuarzo estimuladas eléctricamente, para fines de purificación del agua. Estas ondas sonoras requieren de un medio de transmisión, ya que muchas veces no se transmiten en el vacío.

EFFECTOS DE LAS VIBRACIONES SONORAS.

Las vibraciones supersónicas alteran notablemente las células de los microorganismos superiores y causan trastornos importantes en el contenido celular y con frecuencia rotura de las paredes y su desintegración total. Las bacterias son mucho menores y los efectos de la vibración supersónica no se observan con la misma facilidad. No obstante pueden destruirse cultivos bacterianos y causarles lisis con sonido de alta frecuencia. La sensibilidad de las distintas especies a la energía sonora varía notablemente como cabría esperar.

FACTORES QUE MODIFICAN LA VELOCIDAD O INDICE DE MUERTE POR VIBRACIONES SONORAS.

La eficacia de las ondas sonoras dependen más de su amplitud que de su frecuencia; esto es, las ondas de baja frecuencia pero de gran intensidad. El tiempo necesario para la esterilización es importante con las intensidades estudiadas hasta la fecha. Por ejemplo, 99 por 100 de *Escheria Coli* de un cultivo joven fue destruido en 20 minutos por ondas de gran intensidad de 89000 ciclos por segundo.

Según la hipótesis más común, la muerte y la lisis de las bacterias por vibraciones sonoras se atribuyen a cavitación. Se supone que los límites celulares son "bombardeados" por minúsculas burbujas de gas, que se forman en el medio de suspensión como resultado de trastornos por las ondas ultrasónicas.

Generalmente éste se combina con otro método aprovechando que se puede proveer la mezcla necesaria así como la agitación, para una efectiva purificación.

MICROONDAS

Este método se encuentra también bajo estudio su principal aplicación es en la industria alimenticia, aunque es una tentativa, su uso para limpiar materia orgánica del agua. El método de microondas, está siendo usado en la aplicación de esterilización de sólidos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

A nivel de una planta tratadora, el tratar sólidos con microondas elimina la necesidad para estanques de asentamiento, digestores y camas de lodo activado, ahorrando con esto considerablemente tiempo y espacio. Con 60 minutos de residencia una demanda de diseño puede causar un rendimiento bueno, eliminando sólidos y microorganismos causantes de enfermedades y olores.

RAYOS GAMMA

La radiación gamma es una radiación electromagnética de longitud de onda muy corta. Se produce por cambios dentro de la estructura atómica siendo uno de los productos de descomposición radioactiva. Esta radiación gamma es muy efectiva para su poder penetrante y capacidad para destruir orgánica celular.

Los rayos gamma comparados con los rayos ultravioleta de longitud de onda de 2537 Angstrom, son un millón de veces más potentes⁽²⁰⁾ lo cual explica su capacidad penetrante más elevada. Existen dos mecanismos que operan en la acción de la radiación gamma sobre los microorganismos, el primero de ellos es la irradiación directa de las células que produce reacciones de ionización, dentro de las moléculas celulares con posterior destrucción y como segundo efecto secundario importante, es la interacción de los rayos gamma con el agua produciendo átomos inestables, radicales libres y otras especies que pueden reaccionar con las moléculas orgánicas o causar efectos secundarios en las células vivas. Una ventaja considerable de la radiación gamma es su elevada eficacia para esporas y virus, aunque para lograr una buena desinfección total se necesita varios millones de Rads.⁽²¹⁾

Su uso correcto depende de un buen número de pruebas experimentales, una dosis de 100 000 a 150 000 Rads⁽²²⁾ es suficiente para destruir el 99 por ciento de los microorganismos presentes en una agua o agua residual.

Por ejemplo un análisis detallado muestra que 300 000 rads de radiación es equivalente a un tratamiento con calor a 80 grados centígrados durante 30 minutos. Este tratamiento trae consigo una reducción, por un factor de 10^6 a 10^7 de la población de microorganismos intestinales.

La radiación gamma tiene la capacidad de destruir los microorganismos sin embargo debido a que este método es caro, y debe ejercerse un cuidado especial al aplicarlo, su uso es poco común.

RAYOS X

Los rayos X pueden también destruir a las bacterias ya que poseen propiedades similares a los rayos gamma. Este es producido por bombardeo electrónico, contra un obstáculo de metal pesado colocado en un tubo de rayos x conectado a una bomba de vacío, y se distingue de los rayos gamma solamente por su origen.

Se ha sugerido que los residuos de un reactor nuclear se utilicen para la -- desinfección en vez de isotopos puros tales como cobalto 60, con el fin de -- reducir el costo en forma importante.

LUZ ULTRAVIOLETA

Es una energía transmitida en forma de radiación electromagnética. Es una radiación de longitud de onda muy corta, en donde la acción destructiva ocurre más allá del espectro visible, de acuerdo a resultados ya investigados, para longitudes de ondas comprendidas entre 2500 - 2650 Angstrom.

El método conocido para lograr dicha longitud de onda ha sido por medio de -- un arco eléctrico junto con vapor de mercurio comunmente conocido como lámparas de vapor de mercurio, que a baja presión emite energía radiante a 2537 - Angstrom que se usa para desinfectar generalmente a pequeña escala.

HISTORIA DE DESINFECCION POR RADIACION ULTRAVIOLETA.

La tecnología de la radiación ultravioleta, como método de desinfección del agua, ha sido desarrollada recientemente en Europa y Norte America principalmente.

La radiación Ultravioleta se aplicó por primera vez como método de desinfección en una planta tratadora que suministraba agua a la ciudad de Marseills, Francia extendiendose posteriormente su uso. Actualmente importantes avances en el tratamiento de agua por Ultravioleta, se han llevado a cabo en -- Inglaterra, los cuales han hecho posible el desarrollo de una nueva generación, de automatización altamente confiable. Sin embargo este método aunque es muy efectivo en la eliminación de germenos presentan algunas desventajas que hacen a veces inapropiado su uso.

FACTORES DE RADIACION.

Aunque ha avanzado mucho el conocimiento de los efectos esenciales de la radiación aun no ha sido bien entendido la forma de su acción. Sin embargo se sabe que la dosis letal varia con la naturaleza de la población biológica, -- la historia del cultivo y las condiciones del medio ambiente. Y que las sustancias químicas, tanto orgánicas como inorgánicas disminuyen la eficiencia del método.

(20) (Página 442 "desinfección" Weber).

(21) Rads, unidad con que expresa la dosis de radiación absorbida.
Un rad representa 160 Ergs de energía absorbida por gramo).

FINALIDAD DE LA RADIACION U.V.

Muchos microorganismos son notablemente debilitados o destruidos por radiación. Se han diseñado lámparas de radiación ultravioleta con el objeto de obtener longitudes de onda entre 200 y 290 nanómetros, su diseño esta basado en obtener la longitud de onda apropiado que sea efectiva para la desinfección, así como para flujo y tipo de agua a tratar. Comúnmente se conocen dos tipos de lámparas; las de baja presión y las de presión media en donde la principal diferencia consiste en el tipo de dosis obtenida, esto es en una lámpara de presión media se obtienen dosis mayores.

Ambos modelos funcionan por la formación de un arco de mercurio. La lámpara es llenada normalmente con argón. Este gas provoca la descarga inicial y el inicio de la excitación de la pequeña cantidad de vapor de mercurio presente.

Aunque la energía de la luz ultravioleta obra muy rápidamente contra las esporas y contra las células vegetativas, dos factores la restringen considerablemente. En primer lugar dicha radiación posee penetración muy baja y por ello su aplicación es más importante en aguas de baja turbiedad y como segundo la aplicación a las soluciones se tratan preferentemente en forma de películas muy delgadas.

La desinfección de la luz ultravioleta en bacterias es causada principalmente por la facilidad de penetración a células, absorbiendo energía, la cual causa daños e inhabilita la reproducción de éstas. Esto puede destruir una célula retrasar su crecimiento, o cambiar su herencia por medio de una mutación genética.

La dosis recibida por los microorganismos es dependiente de:

- A) La energía producida de la lámpara U.V.
- B) Velocidad de flujo del fluido y su tiempo de residencia.
- C) Habilidad de fluidez para transmitir la longitud de onda germicida.
- D) Geometría de la cámara de radiación.

Aunando a estos factores es importante considerar un riguroso mejoramiento económico, así como también los factores operacionales.

CONDICIONES DE APLICACION.

La condición primaria en la aplicación de la radiación ultravioleta para la desinfección es asegurar que la energía se entregue al volumen total de agua que deba desinfectarse.

La radiación ultravioleta produce agua oxigenada en solución acuosa la cual puede actuar en la destrucción celular. Esta energía se ve atenuada por sustancias disueltas tal como NaCl y Na₂CO₃ así como la turbidez, algas y color, las cuales constituyen barreras naturales a la penetración de los rayos ultravioleta.

SISTEMAS DE OPERACION.

La figura (X) muestra un esquema simple de los sistemas de operación usados para la desinfección del agua por radiación ultravioleta.

La geometría ideal de un sistema, por simplicidad de diseño y efectividad de uso de la energía de la luz ultravioleta, es la simple lámpara colocada como eje a lo largo de la cámara de radiación y éstas se encuentran en el mercado bajo ciertas características.

Un ejemplo son las producidas por Ger - mex S.A. (23) las cuales son las que - se muestran en la figura (XI).

El uso de la luz ultravioleta para la desinfección tiene algunas ventajas de finidas. Realmente no se añaden al agua ninguna sustancia pero el costo de - operación, y sus efectos todavía no identificados en cuanto a los excesos no han permitido su uso generalizado.

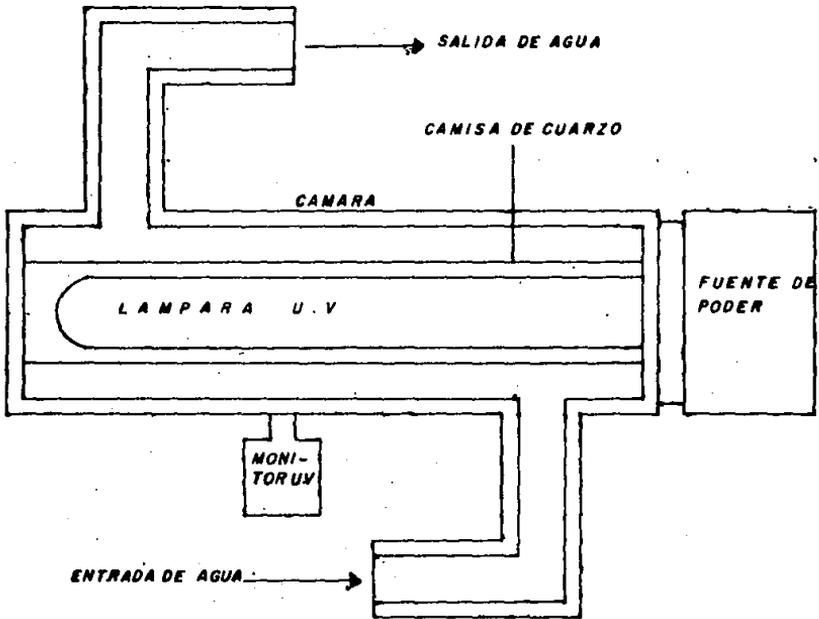
La creciente disponibilidad de materias radiactivas ha estimulado el interés por las técnicas de desinfección mediante radiaciones ionizantes, aunque por el momento se encuentran bajo estudio.

Aun disponiendo de una fuente de radiación relativamente barata, parece ser que el empleo de dosificaciones de desinfectante de radiación gamma y rayos X sean de ámbito restringido.

No obstante el desarrollo acelerado de la industria de energía nuclear y de los residuos de los mismos, sugiere la posibilidad potencial de estos métodos de desinfección para el tratamiento del agua.

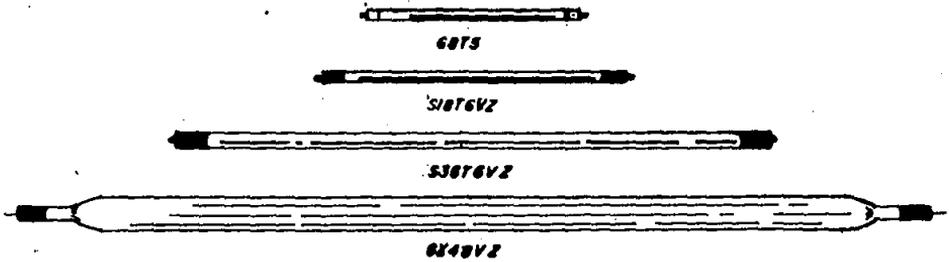
(23) Aquionics Technology Garmex S.A.)

FIG. X



**CONFIGURACION DE UN SISTEMA
ULTRAVIOLETA**

FIG. XI



NUMERO DE LAMPARA	LONGITUD	CONSUMO DE POTENCIA	PRODUCCION U.V	DURACION
6BT5	12"	8 WATTS	1.3 WATTS	7500 HRS
S18T6VZ	18"	18 "	5.8 "	7500 "
S36T6VZ	36"	39 "	14 "	7500 "
GX48VZ	48"	110 "	45 "	7500 "

DATOS DE LAMPARAS GERMICIDAS COMERCIALES

(PURIFICADORES SANITRON)

RAYOS DE ELECTRONES

La idea de ionizar por medio de radiación para desinfectar al agua no es nueva. Las radiaciones pueden ser producidas por varias fuentes radiactivas -- (radioisotopos) por rayos X y emisión de partículas desde aceleradores y -- electrones de alta energía. Los dispositivos para producir electrones de alta energía son confiables, y el costo es relativamente bajo.

A diferencia de los rayos X y los rayos Gamma, los electrones son rápidamente atenuados.

En tránsito de materia, los electrones pierden energía a través de colisiones, ionizando átomos y moléculas a lo largo de su paso, estos productos de ionización secundarios producidos son los que destruyen a bacterias y virus.

Los electrones energizados disocian dentro del agua radicales libre H^+ y OH^- estos muchas veces se combinan para formar moléculas activas de hidrógeno, - peróxidos y ozono. Estos son fragmentos altamente activos y atacan la estructura viviente de las moléculas, promoviendo oxidaciones, reducciones, di sociaciones y degradaciones.

Previos estudios han indicado que 400 000 rads⁽²⁴⁾ sería adecuado para una buena desinfección. Los cuales podrían incrementar la temperatura del agua en un grado centígrado. A esta dosis, cada electrón produce aproximadamente 30000 ionizaciones secundarias⁽¹²⁾.

La dosis total de 400 000 rads mata todas las bacterias y organismos vivientes, incluso a estas cantidades se ha encontrado que disocia a las complicadas moléculas de los pesticidas. Reduciendo a la vez el olor del lodo orgánico.

Para bacterias y virus el proceso de desinfección es considerado próspero - al presente.

SEPARACION ELECTROMAGNETICA

En esta típica operación una partícula fina magnetizada (comúnmente óxido de hierro) y un floculante (comúnmente sulfato de aluminio) son adicionados al agua a tratar con el propósito de formar microfloculos magnéticos.

Cuando el flujo atraviesa a través de una canasta con alambres de acero en la cual se aplica un campo magnético se capturan los floculos por la acción de la fuerza magnética. Pruebas hechas han mostrado una efectiva remoción - de coliformes del 98 por ciento a 99 por ciento.

TRATAMIENTOS ELECTROLITICOS

Actualmente se esta poniendo énfasis sobre el uso de corriente directa y alterna, en la desinfección del agua principalmente por la inactivación de tres bacterias; Escheria Coli, Pseudomona Aeruginosa y Klebsiella Pneumoniae⁽²⁵⁾; dos virus, polio I y coxsachie B, y la flora normal de microorganismos encontrados en aguas residuales domésticas. Dentro de los mecanismos que funcionan para destrucción de microorganismos en los sistemas electrolíticos podemos mencionar:

- A) Reducción de microorganismos por adsorción dentro de los electrodos.
- B) Oxidación electroquímica de los microorganismos en la superficie del electrodo.
- C) Destrucción de los microorganismos por producción de especies biocidas tales como Cl^- , OH^- , O_2^- , ClO^- y $HOCl$, que ocurren dentro de la electrólisis aunque presentan bajo coeficiente de difusión.

Sin embargo, a pesar de que sucede este fenómeno la probabilidad de que los microorganismos sean destruidos en la superficie del electrodo antes que en la solución madre, es mayor.

DESTRUCCION POR EFECTOS DE CAMPO ELECTRICO

Se ha observado que algunos microorganismos son muertos al acercarse en plena corriente a la fase influenciada por el campo eléctrico cerca del electrodo, atribuyendose esto, a cambios de fuerza electromotrices por virtud de los cambios en la corriente alterna.

Este método se encuentra bajo estudio tratando de optimizarlo en cuanto a tamaño de equipo, así como en el costo de energía.

METODO TERMICO

La aplicación directa de calor es uno de los métodos más antiguos para la de sinfección del agua. Como se sabe los puntos óptimos de temperatura de creci miento de varias especies bacterianas difieren ampliamente. Dichas diferen- cias son consecuencia de la adaptación y selección natural. Los microorganismos notablemente parásitos se han adaptado a la temperatura de sus huéspedes naturales y con la asociación duradera, han perdido la capacidad de resistir a temperaturas diferentes a las de sus huéspedes. Estos microorganismos, en consecuencia tienen límites de temperatura de crecimiento de muy pocos grados y por ende mueren en un pequeño rango. Muchas bacterias por otra parte, muestran límites de temperatura de crecimiento amplios. En su hábitat natural suelen estar expuestos a extremos térmicos, éstas sobreviven a la congelación del invierno y calor del verano. Otras bacterias crecen a temperaturas menores de 0 grados centígrados en salmueras de enfriamiento, y otras se encuentran en fuentes termales.

El metabolismo y la reproducción dependen de la integridad y el funcionamiento adecuado de todos los componentes esenciales de la célula (enzimas, pro- teínas y las diversas membranas). Las temperaturas en las cuales se desnatu- ralizan las proteínas o sufren ataques las enzimas y membranas, son varia- bles por ello la resistividad de los organismos hacia la temperatura difiere en amplios rangos (vease tabla (10)).

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA.

El efecto de la temperatura en el crecimiento microbiano, es complicado; podría expresarse, en sus términos más sencillos como la resultante de dos actividades opuestas. Las velocidades de las reacciones enzimáticas, a seme- janza de las de cualquier acción química varía directamente con la temperatu- ra. Son lentas a temperaturas bajas y se aceleran a medida que se eleva la temperatura. Los fenómenos de degradación; por ejemplo: desnaturalización de las proteínas, incluyendo las enzimas, son pocos a temperaturas bajas y se hacen notables cuando se llega a temperaturas moderadas, y ya en ellas aumentan rápidamente; la diferencia entre la actividad beneficiosa enzimática y la desnaturalización nociva es mayor en la temperatura óptima para el crecimiento, ya que a la temperatura máxima de crecimiento, la actividad de- stru ctiva es tan rápida que equilibra los fenómenos de anabolismo y se inte- rumpe el crecimiento.

Numerosos factores modifican al punto de temperatura mortal y es difícil obtener una relación para precisar este punto; entre estos factores se encuentran el número y el carácter de los microorganismos, así como el ph del me- dio.

TABLA (10).

RESISTENCIAS RELATIVAS DE LOS MICROORGANISMOS Y VIRUS A LA ESTERILIZACION POR TEMPERATURA (CON RESPECTO A E. COLI) (26)	
FORMA	RESISTENCIA RELATIVA
E. Coli	1
Esporas Bacteriales	3 000 000
Esporas de Hongos	2 - 10.
Virus y Bacteriofagos	1 - 5

La temperatura de un cultivo, rige los índices o velocidades de crecimiento, multiplicación y muerte de los microorganismos. Cada microorganismo crece en límites de temperatura de crecimiento característico de la especie y a veces del cultivo en particular, por ende existe un punto en el cual el microorganismo muere, temperatura donde la función de las especies se modifican para algunos microorganismos los índices de respiración y la formación de esporas, entre otros fenómenos, que traeran como consecuencia que las resistencias relativas de las especies y subespecies varien significativamente como se muestra en la tabla (10), donde por ejemplo se observa que las esporas bacteriales son 3000 000 veces mas resistentes que la Eschiria Coli y las esporas de hongos esta entre 2 y 10 veces más resistentes a la ebullición que la Eschiria Coli respectivamente.

NUMERO DE MICROORGANISMOS.

Se necesita mayor exposición al calor para matar un número mayor de microorganismos, células o esporas de una suspensión dada tienen resistencia irregular; algunas son más resistentes y pueden sobrevivir más que el resto. Esta resistividad de las células es importante dado que de ellas depende la duración del procedimiento calórico total necesario.

MEDIO: COMPOSICION Y VISCOSIDAD.

El carácter del medio de suspensión, afecta los resultados de los estudios del tiempo de muerte térmica, al igual que los métodos de esterilización - práctica. La presencia de grasas y otras sustancias brindan cierta protección a las bacterias. Un medio con gran viscosidad retrasa la distribución de calor por convección, y limita el paso de calor por conducción.

pH

En términos generales, la resistencia de un microorganismo al calor es mayor en pH favorable para el crecimiento (por lo regular cerca de la neutralidad) y el microorganismo muere con más rapidez a medida que aumenta la acidez o alcalinidad del medio.

MECANISMO DE DESINFECCION POR TEMPERATURA.

La acción mortal del calor indudablemente, se manifiesta en varias formas incluídas, la desnaturalización de las proteínas, y la inactivación de las enzimas esenciales. Se cuenta también con pruebas que indican que puede alterar la barrera osmótica. Donde el aumento de la permeabilidad, permitiría que entraran las sustancias tóxicas o que se perdieran componentes vitales, la disminución de la permeabilidad retardaría la entrada de los nutrimentos o la excreción de productos tóxicos de desecho.

EFECTO DE TEMPERATURAS BAJAS.

La creencia de que la congelación y el secado por enfriamiento son métodos que consiguen un grado práctico de desinfección es falsa. Las temperaturas bajas no necesariamente matan a las bacterias. La multiplicación se interrumpe a cifras menores de la temperatura mínima de crecimiento, pero pueden conservarse vivos los microorganismos en estado de inactividad, a menudo durante periodos duraderos. El crecimiento y la multiplicación pueden reanudarse cuando se eleva la temperatura a los límites normales.

La capacidad de las bacterias para soportar las temperaturas de congelación o de subcongelación varía con la especie, aunque el mecanismo de muerte por congelación se desconoce, pero se ha atribuido a desnaturalización de las proteínas celulares.

Esta técnica tiene poca aplicación práctica para el tratamiento de agua y --
agua residual.

Algunos otros experimentos se han encaminado a tratar de mezclar el uso de la temperatura con algún otro proceso u operación. Por ejemplo después de estudiar el efecto importante sobre los microorganismos causantes de enfermedades de origen hídrico, Houston⁽²⁵⁾ pudo demostrar que una esterilidad práctica, -- es decir una reducción de 100,000 báculos de la tifoidea por mililitro, hasta 3 por mililitro, podían lograrse en cinco semanas de almacenamiento a 0 grados centígrados, 4 semanas de almacenamiento a 5 grados centígrados, 3 semanas a 10 grados centígrados y 2 semanas a 18 grados centígrados.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla (11) donde se observa una --
disminución considerable de microorganismos conforme se aumenta la temperatura, aunque como es lógico con un gasto considerable de energía.

TABLA (11).

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO(27)
EN LA VITALIDAD DEL BACILO TIFOIDICO

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO °C	*Nº DE BACIOS POR ml. DESPUES DE ALMACENAMIENTO			
	1 Semana	2 Semanas	3 Semanas	4 Semanas
0	47 766	480	65	34
5	14 894	26	6	3
10	69	14	3	0.3
18	39	3	0.4	0
27	14	1	0	--
36	5	0	--	--

* Cantidad media añadida, 103 328 por ml.
(ml = mililitro)

((27) Agua y su calidad, American Waters Página 99).

EFFECTOS POR SOBREDOSIS EN LA SALUD

El mecanismo de destrucción de los microorganismos en la desinfección depende principalmente del desinfectante y del tipo de microorganismos. Aunando -- que para poder determinar la dosis estandar del biocida a usar, se tendrá que realizar un cuidadoso estudio, en el que se análicen la interrelación de varios factores como son ph, temperatura, tiempo de contacto, tipo de microorganismos y turbiedad del agua⁽²⁸⁾. Puesto que un exceso o una sobredosis podra reflejar concernientes daños irreversibles en la salud del usuario. Ya que muchas sustancias antibacterianas lesionan o matan las células del ser humano en intensidad parecida a un microorganismo.

Aunque es importante mencionar que una sustancia química con índice bajo de toxicidad es menos tóxica a los tejidos que a las bacterias y se prefiere para empleo personal si su actividad germicida es satisfactoria.

Por esto a manera de ilustración se muestra en el siguiente sumario, los daños que en la salud se producen por sobredosis del biocida en cuestión.

BIOCIDA	DAÑOS EN LA SALUD POR SOBREDOSIS DE BIOCIDA
Térmico	No afecta una sobredosis.
Radiación Gamma	Se encuentra en estudio, los posibles efectos del exceso de energía en el agua, y la toxicidad, en el consumidor.
Rayos X	Al igual que el método anterior, se estudia sus posibles efectos tóxicos.
Radiación U.V.	No se le conoce efectos nocivos, aunque hay factibilidad de mutaciones en microorganismos que pueden causar enfermedades
Ozono	Suelen ser tóxicos a altas concentraciones, a la vez -- que se pueden crear productos carcinógenos.
Electromagnetismo	La sobredosis no afecta, aunque es selectivo, quedando microorganismos en el agua.
Plata	Es extremadamente cáustico para la piel húmeda y las membranas mucosas. Las soluciones acuosas son muy irritantes. Cuando se bebe agua con exceso se produce la condición conocida como Argiria. Esto es una permanente decoloración azul, gris de la piel, ojos y membranas mucosas.

BIOCIDA	DAÑOS EN LA SALUD POR SOBREDOSIS DE BIOCIDA
Cobre	En grandes dosis es tóxico, ya que causa irritación en el intestino, con náuseas y vómitos, atacando las células humanas.
Componentes de Amonio (Tensoactivos).	Es sumamente tóxico, irrita la piel creando también productos olorosos carcinógenos.
Acido, Base	Es irritante y tóxico, a la piel y membrana mucosa.
Hipoclorito (Sodio y Calcio).	Un exceso causa irritación en la piel, ojos y tejidos - del cuerpo.
Dióxido de cloro	Tiene un olor irritante y altamente tóxico.
Cloroaminas	Causa irritación de ojos. Aunando que se forman productos tóxicos potencialmente carcinógenos.
Iodo	El exceso puede causar alteraciones, a posibles efectos fisiológicos en la actividad de la tiróides.
Bromo	Un exceso ocasiona la formación de productos tóxicos, potencialmente venenosos.
Cloro	Existe la formación de productos tóxicos y carcinogenos, además que ataca las membranas mucosas del aparato respiratorio, los ojos y la piel; dañando pulmones, y en -- exposiciones prolongadas causa llagas en la piel. Aunando que exponerse a una posible fuga puede causar varios daños como se muestra en la siguiente tabla.(12)

TABLA (12).

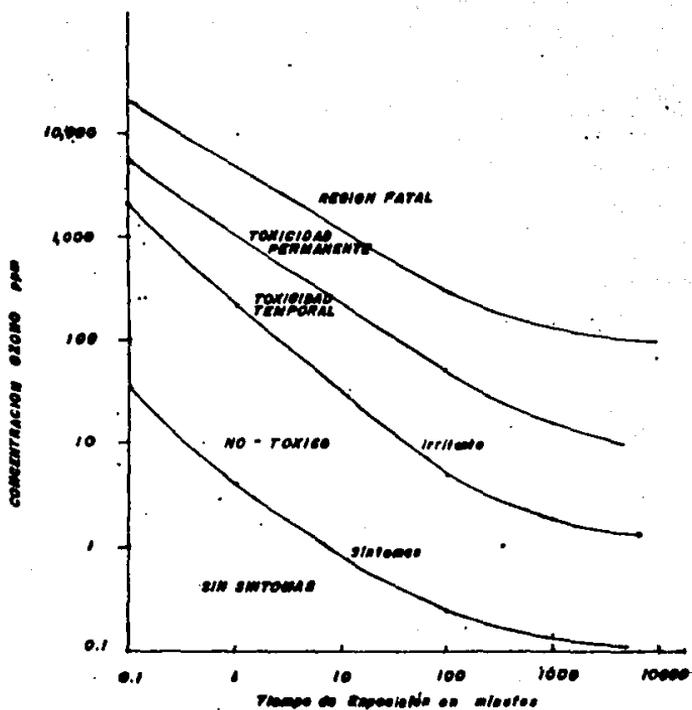
TOXIDAD DEL CLORO EN(29)
EL AIRE

PPM EN AIRE	SINTOMAS
3.5	No ocasiona daños perceptibles
15.1	Produce alguna irritación
30.2	Produce tos
40 - 60	Veneno por 30 minutos de exposición
1000	Rápidamente fatal para corta exposición

(28) En el Apéndice A se da una serie de cálculos para determinar dosis bajo condiciones determinadas, así como Gráficas obtenidas de Bibliografías.

(29) Manual de información técnica Bufete Industrial Pat. F - 11

FIG. XII



EFFECTO DEL OZONO SOBRE EL SER HUMANO

FIGURA (XII).

Por las propiedades físicas presentadas, la operación del ozono debe hacerse con cuidado, ya que cuando se está expuesto a altas concentraciones y en tiempos prolongados, los daños en la salud del usuario suelen ser irreversibles.

En la figura (XII) se muestra esta relación donde por ejemplo en un tiempo de exposición de 100 minutos, a una concentración de 100 partes por millón encontramos una situación de toxicidad permanente.

EFFECTIVIDAD DE LOS DIFERENTES BIOCIDAS

Entre los parametros principales que ejercen influencia en la eficiencia de la desinfección y por consiguiente en el tipo de proceso empleado en el tratamiento del agua pueden citarse los siguientes:

- 1.) Tipo y concentración de los microorganismos que deben destruirse.
- 2.) Tipo y concentración del desinfectante.
- 3.) Tiempo de contacto establecido.
- 4.) Características químicas y temperatura del agua que se va a tratar.

Asi como la resistividad de los diferentes tipos de microorganismos a un producto químico o desinfectante específico, la cual varia considerablemente. Por ejemplo las bacterias que no forman esporas son menos resistentes que -- las que lo hacen. Asi mismo los quistes y virus son en ocasiones bastantes resistentes, aunque se registran grandes variaciones entre los mismos y sus distintas especies y subespecies, lo que determina que se requieran tratamientos de tipos o grados distintos de los que hay que aplicar.

Esto y considerando que la concentración de los microorganismos es significativa, (si tan sólo se observa que cuando existen números elevados de éstos - en un volumen dado (densidad)), puede dar lugar a una demanda insatisfecha o en algunos casos, la reacción del material con el agua puede conducir a la - formación de compuestos de una eficacia desinfectante variable; se desprende como consecuencia que para poder generalizar desde un punto de vista conceptual un porcentaje de eficiencia para cada biocida y que sea aplicable para todas las especies y subespecies, se tendrá cierta dificultad puesto que este valor estará en función de los parametros mencionados y en última instancia, se tendrá que recurrir a una previa experimentación en la cual se utilice la aplicación de un determinado biocida a un solo tipo de microorganismo, y con ciertas condiciones del agua a tratar.

CAMPO DE ACCION DE LOS BIOCIDAS MAS UTILIZADOS.

Las actividades vitales de microorganismos o células ayudan a conservar un estado dinámico o de equilibrio. La conservación del equilibrio intracelular es función de varias enzimas, que son esenciales y están asociadas con las membranas, las cuales necesitan estar intactas para que las actividades enzimáticas faciliten la actividad de la célula. La alteración de este equilibrio celular, al cambiar los factores reguladores conducen a la muerte de la célula, lo cual en el caso de la destrucción de bacterias patógenas y otros microorganismos que pueden causar infecciones o enfermedades como son virus, quistes y esporas es necesario para tener las características y la inocuidad del agua.

Sin embargo para poder lograr este objetivo varios son los factores que influyen en la muerte de estos microorganismos durante el proceso de desinfección; por ejemplo el carácter de los microorganismos por eliminar, el cual conviene tomarlo en cuenta. Las bacterias encapsuladas suelen presentar más dificultad a la destrucción que las no encapsuladas, incluso algunas de ellas resisten la acción de muchos agentes de desinfección. La historia natural, edad y condiciones de cultivo de los microorganismos son factores importantes para precisar su susceptibilidad a los agentes de desinfección; por ello el desinfectante elegido, deberá tener baja afinidad hacia materia extraña y presentar un amplio espectro de acción puesto que la calidad y contenido de especies variara de un lugar a otro.

Para ejemplificar esto en la tabla (13), se muestra mediante datos extraídos de la bibliografía, el campo de acción para los biocidas más utilizados y que actualmente son aplicados para distintas especies y subespecies. En ella podemos ver que tanto los métodos de radiación, así como los compuestos derivados de cloro y el cloro son los que ofrecen un mayor campo de acción y pueden ser una alternativa posible de elección.

TABLA (13)

BIOCIDA	ALGUCIDA	BACTERICIDA	ESPORICIDA	QUISTICIDA	VIRICIDA
TERMICO		■			■
RADIACION GAMMA		■	■	■	■
RAYOS X		■	■	■	■
LUZ ULTRAVIOLETA		■	■	■	■
RAYOS DE ELECTRONES					■
ELECTROMAGNETISMO		■			■
MICROONDAS		■			■
ONDAS SONORAS		■			
OZONO		■		■	■
PLATA	■	■			
COBRE	■	■	■	■	
CLORO	■	■		■	■
HIPOCLORITO	■	■		■	■
CLORAMINAS	■	■			
DIOXIDO DE CLORO	■	■	■		■
YODO		■		■	
BROMO	■	■	■		■
ACIDO BASE		■			
TENSIOACTIVOS		■			

CAMPO DE ACCION DE DIFERENTES BIOCIDAS

TABLA GENERAL TECNICO - ECONOMICA

En la tabla general técnico - económica (14), se reportan datos y estimaciones de factores, técnicos y económicos con el objetivo de dar un panorama general de los aspectos fundamentales que se consideran dentro de una posible elección y aplicación de un biocida.

En ella se presentan datos de mercado (nombre, apariencia física y tipo de envase) de los principales productos que actualmente se están vendiendo, -- haciéndose alusión principalmente a los que son aplicables a nivel doméstico y que pueden encontrarse a nivel Nacional como Internacional.

Así mismo se menciona, en base a datos extraídos de la bibliografía, que tan alto o bajo está el costo global del desinfectante a nivel doméstico como -- industrial, con el objeto de ver la factibilidad de su posible implementación y aplicación en una zona.

Dentro de los aspectos técnicos, se presentan valores reportados de bibliografía, los cuales dan una idea de las condiciones de operación requeridas y aunque son valores aplicables a determinada especie de microorganismo y no al total de las familias y subespecies que puedan encontrarse de acuerdo a la calidad del agua, son datos relativos que pueden darnos una idea de que tanto podría resultarnos un prototipo de biocida. Puesto que son factores -- que conviene conocerlos y comprender su mecanismo de acción, pues su interés no se limita solamente al conocedor del tema sino al público en general.

NOTA

Los datos referidos a dosis y tiempos de contacto, así como los rangos de pH reportados en la tabulación técnica y económica, y la información de la tabla de campo de acción de los diferentes biocidas, fueron encontrados en los siguientes libros.

- A) Water Treatment Handbook
H. Halsted.
Prees Book.
- B) Germex Aquionics.
Information File XIII
- C) Agua su Calidad y Tratamientos.
American Waters Works Association
Unión Tipográfica Hispanoamericana.
- D) Guía para la Calidad del Agua Potable.
Vol: 3 (OMS) Año: 1988
"Control de calidad del agua potable en sistemas para abastecimiento pequeño".
- E) Práctica y Vigilancia de las Operaciones de Tratamientos del Agua.
(OMS) Ginebra 1966
Charles R. Cox.
- F) New Technologies for Water Disinfection.
Vol: 1 Año: 1988
- G) New Concepts in Water Purification.
Gordon L. Culp
Engineering Series.

Aunando que dicha información fue complementada con los libros mencionados - en la bibliografía.

PROPUESTA PARA DIFUNDIR EL CONOCIMIENTO Y USOS DE LOS METODOS
DE DESINFECCION DEL AGUA POTABLE

Para que un servicio proyectado de saneamiento de agua sea factible, aceptable y eficaz, las pautas adoptadas deben responder a las necesidades y limitaciones que imponen las circunstancias existentes. La tecnología elegida y su aplicación han de corresponder a las actitudes socioeconómicas y culturales de la población interesada y han de dar lugar a una transición gradual - hacia el mejoramiento de la desinfección del agua.

No se debe imponer una tecnología a sociedades que se resisten a ella o que sean incapaces de adaptarse debidamente a esas novedades, en el respecto de - su ética sociocultural. Las pautas culturales, las actitudes y percepciones que de ella se derivan y las creencias religiosas, ejercen considerable influencia en el plano local. Esta situación es muy compleja, ya que se observan, en el mismo país pautas de comportamiento muy distintas y por lo tanto no es posible aplicar de uniforme una tecnología, en apariencia apropiada, sin proceder antes a intervenciones cuidadosamente planificadas en las que - se promuevan la participación efectiva de la comunidad.

Durante esas intervenciones habrá que facilitar datos comprensibles, sobre los aspectos sanitarios de los servicios propuestos y su utilización óptima para obtener así la mejor protección de la salud. Por ello toda tecnología pertinente debe:

- A) Ser lo menos costosa posible, dentro de la eficacia de las mejoras apetecidas.
- B) Ser fácil de operar y conservar, ya se trate de aldeas, comunidades o municipios, sin exigir complejos conocimientos técnicos o una intervención en gran escala de Ingenieros.
- C) Estar basada siempre que sea posible, en materias de producción local más bien que en equipos y repuestos importados.
- D) Emplearse al máximo los recursos humanos locales, sobre todo en zonas don de estos abundan.
- E) Facilitarse la fabricación local de equipos y repuestos bajo la dirección de profesionales.
- F) Facilitarse la participación de las comunidades rurales en su funcionamiento y su conservación.
- G) Ser compatible con los valores y preferencias sociales pertinentes.

Ahora bien en algunas zonas los factores socioculturales limitan la introducción de programas de abastecimiento de agua y saneamiento. Cabe resolver algunas de esas dificultades por medio de intervenciones educativas, informativas y de promoción cuidadosamente preparadas.

CONCLUSIONES

En base a la investigación realizada para encontrar un prototipo de biocida - doméstico se llegó a las siguientes conclusiones.

Inicialmente se estableció la hipótesis, acerca de la reducción de la incidencia de enfermedades, si se llegará a perfeccionar un desinfectante ideal aplicable a nivel doméstico. De la cual, mediante datos y estimaciones obtenidas se reconoce implícitamente que las personas pueden contraer de varias maneras las enfermedades relacionadas con el agua, además de bebiendo la existente en el poblado donde residen, se debe tomar en cuenta las condiciones de salud, - accidentes geográficos, climas, economía y cultura correspondiente a la población del proyecto en el momento.

Por ello el poder proponer el uso de un determinado biocida en especial, es - difícil puesto que éste estará en función de los parametros mencionados y de acuerdo de luego de la cantidad y calidad del abastecimiento de agua con que se cuente. Por lo tanto para que se pueda definir un desinfectante a nivel doméstico se tendrá que considerar que en la práctica se tienen recursos técnicos - domésticos limitados para mejorar la calidad del agua, el saneamiento y además afrontar por lo menos 4 problemas:

- A) Existen muchas fuentes de enfermedades.
- B) Al tratar de controlar las enfermedades hay que tener en cuenta una serie de factores físicos y culturales de la población.
- C) Un plan de mejoras en el abastecimiento de agua y el saneamiento, que eliminará todos los problemas sanitarios asociados con el agua.
- D) Que se trate de establecer compensaciones entre costo y beneficios commensurables para los diversos niveles de salud.

Así mismo basandonos en hechos y problemas reales que ha ocasionado la mala - potabilización del agua, así como mediante datos estadísticos referidos, se - logró crear un panorama de esta problemática que establece la necesidad de la búsqueda de un desinfectante, que pueda ser de acceso tanto a zonas urbanas - como rurales.

Desinfectante que por su comportamiento químico afecté lo menos posible la salud del consumidor y a la vez se optimize en su mayor grado.

También en este estudio se pudieron recopilar varios criterios, los cuales podemos valorar para el buen aprovechamiento de un desinfectante, en su acción con el agua; dentro de estos parametros se puede esperar que:

- A) Tenga un alto poder germicida.
- B) Baja toxicidad.
- C) Baja afinidad para materia extraña.
- D) Alto poder de penetración.

- E) Rápida velocidad de acción.
- F) Alta solubilidad en agua.
- G) Alta estabilidad.
- H) No corrosivo.
- I) Efectivas propiedades detergentes.
- J) Poder deodorizante.
- K) Bajo costo.

Esto es, se debe buscar un desinfectante que reúna estas características o - el mayor número de ellas, para que se tenga la seguridad de que destruya, - las clases y el número de los microorganismos presentes en el agua, conside- rando a la vez el tiempo de contacto requerido, el intervalo de temperaturas del agua existentes y las fluctuaciones previstas en la composición, concen- tración y condición del agua tratada, para tener así una aplicación conve- niente, segura y exacta.

Ahora bien aunque en general los resultados de nuestro estudio no nos han - permitido poder establecer un prototipo de biocida doméstico aceptable para todo tipo de localidad y de enfermedades. No obstante hemos podido identifi- car variables conexas que dan la pauta a nuevas investigaciones en que se -- puedan derivar estimaciones de equipo, para aplicación doméstica que sean - simples y tal vez rudimentarios pero indudablemente útiles, empezando su es- tudio por métodos empíricos y perfeccionandolos posteriormente en laborato- rio.

Estimaciones donde el Ingeniero puede suministrar diseños técnicos y cálcu- los de costos de un sistema determinado, de saneamiento y abastecimiento de agua, o de un programa con varias posibilidades distintas de costo, calidad y cantidad de servicio. Además si se conoce el lugar donde se aplicará el - biocida estará en condiciones de juzgar los posibles problemas sociales y -- culturales que traería el uso de éste, y que pudieran influir en la eficien- cia y uso. Y desde luego se da la pauta para que el Ingeniero, tome en cuen- ta los factores que influyen en los beneficios y que se reflejan en el costo global del proyecto, incluyendo los gastos de diseño técnico, construcción, administración, mantenimiento y cualquier otro que origine la asistencia téc- nica y se preste cierta atención a la mezcla en el programa de instalacio- nes, usos del agua, educación sobre salud y capacidad para el mantenimiento del sistema.

En si la cuestión de la calidad del agua no tiene una solución de aplicación general. La mejor forma de atacar el problema es enfocarlo según las caracte- rísticas de cada uno de los proyectos, teniendo presente las dos metas de tener un agua razonablemente segura y de mantener los costos del biocida lo más reducido posible.

Así pues ningún método común de desinfección basta por si solo para resolver un número aceptable de los problemas mencionados. Aún con un gran número de ventajas, la simple combinación de tecnología produce problemas de operación más complejos que pueden anular las ventajas obtenidas.

Ahora bien, durante el control microbiológico diversos problemas se desprenden, los cuales son tan importantes y sin embargo muchas veces se prescinden de ellos; Diversas bacterias hongos y protozoos pueden reaparecer en la red de distribución, incluso si el agua ha sido tratada apropiadamente, esto -- viene favorecido por el contenido de materias orgánicas en el agua y por las características y temperaturas cálidas del lugar.

Por ello donde prevalescan estas situaciones, los métodos de desinfección de berán ser eficaces y eficientes cubriendo un sinúmero de microorganismos y - presentando a la vez una gran capacidad residual.

Por todas estas razones se propone a los estudiantes de áreas afines al -- tema explorar la factibilidad de una tecnología, capaz de eliminar un -- número suficiente, las causas de deficiencia de la desinfección para así mejorar las probabilidades de que en pequeños sistemas comunitarios, ésta sea - constante y satisfactoria. Dentro de éstas alternativas mencionamos las siguientes, las cuales se pueden profundizar en su estudio:

- A) Implementación de una mezcla de sustancias oxidantes tomando en consideración sus propiedades oxidativas de cada componente y su acción desinfectante.
- B) Mejoramiento, y basandonos en los principios de producción de la luz Ultra violeta y Ozonización, se puede buscar en laboratorio un equipo de menos complejidad comercial pero de igual efectividad y que pueda estar al alcance de los recursos técnicos económicos.
- C) Combinación de dos o más métodos de desinfección usándolos en; etapas alternativamente, o en forma combinada con algún otro método de purificación del agua (Osmosis, Ultrafiltración, por ejemplo).
- D) Buscar prototipos que superen la fase experimental de laboratorio incluso con objetivos comerciales, por ejemplo, hipocloradores que tengan una -- tecnología básica adoptada con sencillez operativa, durabilidad y compatibilidad con las circunstancias prevaletentes.
- E) Crear dispositivos por ejemplo de tipo electrólisis que sean para generar mezcla de gases oxidantes y/o una solución que contenga dicha mezcla. -- Mediante la cual se pueda ensanchar el espectro de acción y se tengan el mínimo de subproductos no deseados que se producen.

MEMORIA DE CALCULO

Creando una situación práctica, en el siguiente problema se realiza un cálculo en el cual se puede observar, de una manera sencilla como disponer de una cantidad de biocida que se tenga al alcance, tomando una base prefijada de alimentación.

Calculos del Sistema de Potabilización del Agua.

Datos

Campamento para 300 personas.

Agua de pozo fréatica.

Base 300 Litros por día.

La capacidad del tanque de almacén 45000 Litros en 12 horas.

Biocida a utilizar cloro con una dosis de 10 miligramos por litro, dosifican dose en 8 horas.

La capacidad de la bomba 23 750 Galones por día.

Solución

Debido a que suponemos que se destinarán 300 litros de agua por persona al día tenemos.

Cantidad de agua necesaria = 300 litros por día X 300 personas = 90 000 litros por día.

90 000 litros por día = 23 750 Galones por día.

Capacidad del tanque en 12 horas por día = 45 000 litros.

Dosificación del cloro (Suponiendo que es de uso común aunque puede tratarse de algún otro de este tipo).

Se consideran 10 miligramos por litro = 10 (mg/lto)

10 miligramos por litro X 90 000 litros por día = 90 0000 miligramos por día = 900 gramos por día.

Como la dosificación será en 8 horas y la cantidad de agua bombeada es --- 23750 Galones por día.

Capacidad de la bomba = 23 750 Galones por día.

La capacidad de la bomba = 23 750 Galones por día X 1 día por 8 horas X 1 -- hora por 60 minutos = 50 galones por minuto = 50 (gpm) = 190 litros por minuto.

Cantidad de cloro dosificada: 10 miligramos por litro por lo tanto.

190 litros por minuto X 10 miligramos por litro = 1 900 miligramos por minuto = 1.9 gramos por minuto = 114 gramos por hora = 2.74 Kilogramos por 24 -- horas.

APENDICE A

FACTORES DE CONVERSION

1ppm (una parte por millón) = 1 miligramo por litro = 1 gramo por metro cúbico =

1ppm = 1 mg/lto = 1 g/m³

1 microgramo = 0.001 miligramo =

1 μ g = 0.001 mg

1 galón = 3.785 litros =

1 gal = 3.785 Ltos.

1 galón por minuto = 0.063 litros por segundo =

1 GPM = 0.063 Ltos/seg.

1 kilogramo = 1000 gramos =

1 kg = 1000g

1 kilogramo = 10⁶ miligramo =

1 kg = 10⁶ mg

1 Angstrom = 10⁻⁸ centímetros = 10⁻¹⁰ metros = 10⁻⁴ micras = 10⁻¹ milimicras =

10⁻¹ nanómetros

1 A° = 10⁻⁸cm = 10⁻¹⁰m = 10⁻⁴ μ = 10⁻¹m μ = 10⁻¹n

APENDICE A

Mediante los siguientes calculos podemos obtener la figura (III) incluida en el texto, en la cual podemos saber el porcentaje de HOCL y OCL⁻, bajo determinados valores de ph y temperatura.

Para una temperatura de 20 grados centígrados y con valores de ph de 7, 8, - 9, y con el valor de la constante de equilibrio $K_i = 2.5 \times 10^{-8}$ obtenemos -- los siguientes porcentajes.

El porcentaje de distribución del HOCL se obtiene por la ecuación:

$$\frac{\text{HOCL}}{\text{HOCL} + \text{OCL}^-} \times 100 \quad \text{--- (a)}$$

Retomando la ecuación (13a) del texto:

$$\frac{K_i}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{OCL}^-]}{[\text{HOCL}]} \quad \text{--- (b)}$$

Dividiendo la ecuación a entre el factor concentración del ácido hipocloroso $[\text{HOCL}]$ y sustituyendo la expresión en la ecuación b

$$\frac{1}{1 + \frac{[\text{OCL}^-]}{[\text{HOCL}]}} = \frac{100}{1 + \frac{K_i}{[\text{H}^+]}} = \frac{100}{1 + \frac{2.5 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-7}}} = \frac{100}{1.25} = 80\%$$

Que es el valor que se da en la gráfica para un ph = 7

Similarmente para un ph de 8 obtenemos:

$$\frac{1}{1 + \frac{[\text{OCL}^-]}{[\text{HOCL}]}} = \frac{100}{1 + \frac{K_i}{[\text{H}^+]}} = \frac{100}{1 + \frac{2.5 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-8}}} = \frac{100}{3.5} = 28.57\%$$

Para un ph de 9 se obtiene un porcentaje de 3.84 por ciento respectivamente, con lo cual, si se proceden a dar valores sucesivos de ph, se obtiene la curva indicada, a una temperatura de 20° grados centígrados.

APENDICE B

Técnica de utilidad comercial para obtener una solución desinfectante.
Para obtener un litro de solución primaria al 1 por ciento aproximadamente --
basta añadir agua hasta completar dicho volumen a:

- 250 mililitros (una taza) de lejía de lavar.
- 40 gramos (dos cucharadas y media) de cloruro de cal.
- 15 gramos (una cucharada) de hipoclorito de calcio.

Se pueden emplear y obtener menores cantidades de solución primaria disol--
viendo los ingredientes en la proporción conveniente. La zonita y el agua de
Javel pueden emplearse sin disolución.

Para clorar el agua se añaden 3 gotas de solución al 1 por ciento por cada li--
tro de agua o una parte de solución, por cada 5000 partes de agua. Si el --
agua es transparente, pero si está intensamente coloreada o desprende un --
apreciable olor azufre, debe duplicarse la dosis. Una vez añadido el cloro,
al agua, debe mezclarse cuidadosamente y dejarse en reposo durante 20 minu--
tos o más antes de utilizarse.

Para obtener una buena mezcla, basta pasar el agua de la vasija de cloración,
al recipiente que vaya a servir para su almacenamiento.

RECOMENDACIONES COMERCIALES.

Elibac (Clorito de sodio)

Utilizar 5 gotas para un litro de agua, dejando reposar 20 minutos.

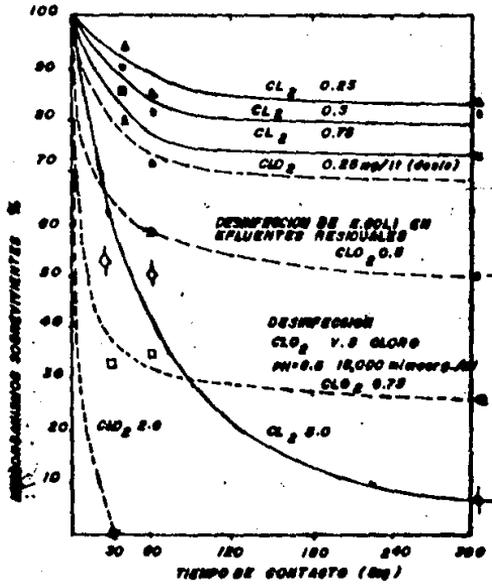
Microdin (solución de plata coloidal).

Utilizar 1 gota por litro, dejando reposar 20 minutos.

Hidroclorazone (Hipoclorito cálcico).

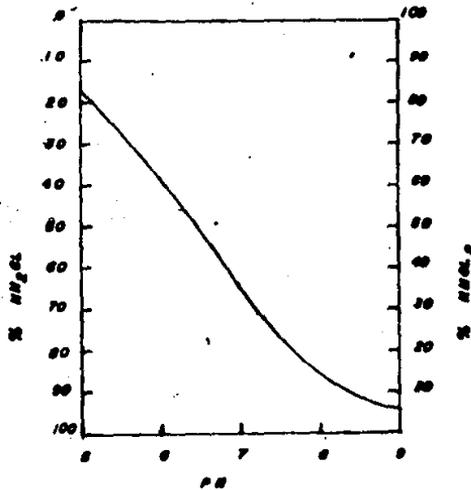
1 comprimido para un litro de agua, dejando reposar 60 minutos de contacto.

FIG. XIII



EFECTO DEL TIEMPO DE CONTACTO

FIG. XIV



FORMACION DE CLORAMINAS: PORCIEN TO

FIGURA (XIII).

En la figura (XIII) se muestran los resultados obtenidos durante la experimentación para un cultivo de Escheria Coli (15 000 células por mililitro) a un ph de 8.5 y una temperatura de 24 grados centígrados, bajo la acción de cloro y bióxido de cloro, a distintas dosis.

La figura, da la relación entre el efecto del tiempo de contacto y el porcentaje de supervivencia de los microorganismos; la línea discontinua indica los resultados y comportamientos del bióxido de cloro, siendo la línea continua el comportamiento del cloro. En ella observamos que para una dosis de 2 miligramos por mililitro de bioxido de cloro, en 30 segundos se puede acabar con la Escheria Coli, mientras que de cloro necesitamos 5 partes por millón y 300 segundos para dejar aproximadamente el 10 por ciento de microorganismos vivientes, es decir es más efectivo el bioxido de cloro que el cloro a estas condiciones.

FIGURA (XIV).

Durante la formación de cloro combinado residual (cloro unido a nitrógeno), las especies que se presentan estarán en función del ph, de la cantidad de amoníaco, y la temperatura; siendo de especial atención la formación de las monocloroaminas y dicloroaminas, las cuales presentan propiedades germicidas. Estas son formadas a distintos niveles de ph como se observa en la figura (XIV) en la cual, se encuentra que para el rango de ph entre (5 y 9), la proporción existente de ambas especies. Es decir por ejemplo a un ph de 7 tendremos aproximadamente una cantidad relativa de 35 por ciento de monocloroaminas y un 65 por ciento de dicloroaminas.

G L O S A R I O

- Adenovirus:** (del griego: adenos, glándula). Virus que tiene tamaño intermedio son resistentes al éter, su estructura es de icosaedro uniforme, guarda relación inmunológica (esto es, química) y se encuentra en el mono, hombre y otras especies de animal.
- Cercaria:** Formas larvarias de los parásitos.
- Coliformes:** Bacterias que se parecen a la Escherichia Coli en su morfología y algunos otros caracteres. (por ejemplo: fermentación de lactosa).
- Echovirus:** (Iniciales Inglesas de Enteric, Cytopathogenic, Human, Orphan - esto es, virus humanos huérfanos entéricos citopatogénicos) y se les conocio por sus efectos destructores (citopatogenicidad) en cultivos que producian enfermedad.
- Enfermedad Aguda:** Se domina aguda la enfermedad caracterizada por la rapidez de acción de su causa morbígena, la vivacidad (a veces violencia y tumultuosidad) de los fenómenos patológicos por los que se manifiesta y la relativa brevedad de su curso.
- Enfermedad Pandémica:** Es cualquier enfermedad, infecto - contagiosa que por haber -- afectado a la totalidad de la población de una determinada región ha adquirido los caracteres de pandemia, es decir infección ampliamente generalizada.
- Esquistosomiasis:** Afección parasitaria producida por las schistosomas vermes - que por tener el cuerpo extremadamente aplanado, a guisa de hoja, pertenece a la clase trematodo.
- Picornavirus:** (del vocablo español pico, cantidad pequeña + RNA) son los virus de animales más pequeños que se conocen. Presentan simetría cúbica. Hay más de 140 virus en este grupo que incluyen los -- enterovirus del hombre y animales inferiores (Coxsachie y Echovirus).
- Reovirus:** Se encuentran en los aparatos respiratorios e intestinal de animales y del hombre. Son virus los cuales no se habían demostrado que produjeran enfermedad.
- Indice NMP:** El número más probable de microorganismos coliformes que hay en 100 mililitros de muestra.

B I B L I O G R A F I A

- 1.) A WAY TO HEALTH, DRINKING WATER QUALITY AND SANITATION (1981 - 1990)
Organización mundial de la salud (O.M.S.)
Ginebra 1981
- 2.) AMERICAN SOCIETY FOR MICROBIOLOGY
Applied microbiology
Vol: 13 No: 1 Año: 1965
- 3.) AMERICAN SOCIETY FOR MICROBIOLOGY
Efficiency of chlorine dioxide as bactericide
Melvin A. Benarde, Bernard M.
Vo: 13 No: 3 Año: 1965
- 4.) AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS
Pretreatment of industrial wastes with ozone
Vol: 74 No:178 Año: 1978
- 5.) AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS
New technology, ozone/U.V. Chemical oxidation wastewater process for
metal complexes organic species and disinfection.
H. William Prengle Jr.
Vol: 74 No: 178 Año: 1977
- 6.) AICHE SYMPOSIUM SERIES
On site generation fo hypochlorite solutions by electrolysis of - -
seawater.
Johh E. Bennett
Vol: 74 No: 178 Año: 1978
- 7.) ENVIRONMENTAL SCIENCIE AND TECHNOLOGY
Alteration of chemical and disinfectant properties of hypochlorite.
Vol: 20 No: 8 Año: 1986
- 8.) ENVIRONMENTAL SCIENCIE AND TECHNOLOGY
Viruses in drinking water
Gabriel Bitton
Vol: 20 No: 3 Año: 1986
- 9.) ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES
Disinfectans in water distribution systems.
Vincent P. Olivieri
Vol: 69 No:27 Año: 1986

- 10.) GUIDELINES FOR DRINKING WATER QUALITY
Organización Mundial de la salud (O.M.S.)
Vol: 1,2,3
Ginebra: 1984
- 11.) HANDBOOK OF WATER RESOURCES AND POLLUTION CONTROL
Gehm. W. Harry
Van Nostrand Reinhold Enviromental
Año: 1976
- 12.) INFORMATION BULLETIN
Water purification with the new crustex
Germex S.A.
Año: 1985
- 13.) NEW CONCEPTS IN WATER PURIFICATION
Gordon L. Culp, Rusell L. Culp
Van Westrand Reinhold Environmental
Engineering Series
Año: 1984
- 14.) NEW TECHNOLOGY FOR WATER DISINFECTION
Electrotechnology
Vol: 1 Año: 1977
- 15.) OZONE EFFLUENT TREATMENT
John Ulahakis
Año: 1978
- 16.) WASTERWATER ENGINEERING
Collection treatment disposal
Etcalf and eddy
Mc Graw Hill
Año: 1980
- 17.) WATER RESEARCH
The reaction of nucleotides with aqueous hypochlorous - acid.
W. H. Dennis Jr.
Vol: 13 No: 3 Año: 1979
- 18.) WASTERWATER TREATMENT
Desinfection
Albert. D. Venosa
Vol: 60 No: 6 Año: 1988
- 19.) WATER TREATMENT HANDBOOK
John Wiley Sons
Degremont
Año: 1976

- 20.) THE NALCO WATER HANDBOOK
Nalcon Chemical Company
Mc Graw Hill Book Company
Año: 1979
- 21.) WATER TREATMENT PRINCIPLES AND DESING
James M. Montgomery
Consulting Engineers Inc.
Año: 1978
- 22.) WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (W.P.C.F.)
The influence of photo reactivation and water quality on ultraviolet
disinfection of secondary municipal wasterwater.
George D. Harris
Vol: 20 No: 8 Año: 1987
- 23.) WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (W.P.C.F.)
Development of a rationally based desing protocol for the ultraviolet
light disinfection process.
O. Karl Scherble
Vol: 22 No: 13 Año: 1987
- 24.) WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (W.P.C.F.)
Desinfection of low quality wasterwater by ultraviolet light irradiation
G. Zukous, J. Kollar
Vol: 73 No: 3 Año: 1986
- 25.) ABASTECIMIENTO DE AGUA
A.D. Flinn, R.S. Weston
Limusa
Año: 1988
- 26.) AGUA SU CALIDAD Y TRATAMIENTOS
American Waters Works Association (A.W.W.A.)
Union Tipográfica Hispanoamericana
Año: 1978
- 27.) AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO AMBIENTAL (1981 - 1990)
Organización Panamericana de la Salud (.O.P.S.)
Publicación Científica No. 431
Año: 1982
- 28.) AGUA POTABLE
Desinfección usando una mezcla de gases oxidantes generados en
situación.
Fredd M. Reiff
Vol: 3 No: 28 Año: 1987
- 29.) AGUA Y SALUD HUMANA
F. Eugene Mc Junkin
Limusa
Año: 1988

- 30.) ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
Hareld E. Baumann Robert
C.E.C.S.A.
Año: 1980
- 31.) ANALISIS DE SUMARIO DE ESTUDIOS DE CAMPO SELECCIONADOS
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra: 1982
- 32.) APROVECHAMIENTO DE EFLUENTES, METODOS, MEDIDAS DE PROTECCION SANITA
RIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS
Informe de reunión de expertos de la Organización Mundial de la --
Salud.
Año: 1988
- 33.) CONTROL DE CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA
American Water Works Association
Instituto de Estudios de Administración local
Año: 1988
- 34.) CONTROL Y CALIDAD DEL AGUA, PROCESOS FISICOQUIMICOS.
Walter J. Weber Jr.
Reverte
Año: 1978
- 35.) CONTROL DE ENFERMEDADES TRANSMISIBLES
Secretaría de Salubridad y Asistencia
Comisión Editorial
Año: 1980
- 36.) CRITERIOS RELATIVOS A LA SALUD Y OTRA INFORMACION
Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.)
Año: 1987
- 37.) CUADERNOS DE SALUD PUBLICA
Aspectos de la lucha contra la contaminación
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra: 1968
- 38.) DECENIO INTERNACIONAL DEL AGUA POTABLE Y DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL
Planes Nacionales para el decenio respuestas a ocho preguntas
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra: 1982
- 39.) FOLLETO: AQUANIONICS
Germex, S.A.
Año: 1988
- 40.) GACETA (14-15) AGUA VIDA
Tecnología Apropriada para la Salud
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Primaria - Verano 1984

- 41.) **GUIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE**
Control de calidad del agua potable en sistemas para abastecimientos pequeños.
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Vol: 3 Año: 1988
- 42.) **GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE**
Publicación Científica No. 506
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Año: 1988
- 43.) **MANUAL DE SANEAMIENTO DE POBLACIONES**
Karl Imhoff
Limusa
Año: 1986
- 44.) **MANUAL AGUA TREAT**
Industria Agua Treat
Año: 1977
- 45.) **MANUAL "AQUANIONICS**
Ultraviolet Desinfection and the wastewater treatment plant
información file XIII
Germex, S.A.
Año: 1988
- 46.) **MANUAL GERMEX**
Sautron "Ultraviolet Water Purifiers"
Año: 1988
- 47.) **MANUAL AQUIONICS**
Luz ultravioleta para el control de gérmenes en el aire y en el --
agua.
Germex, S.A.
Enero / Febrero 1985
- 48.) **MANUAL TECNICO DE DIOXIDO DE CARBONO**
Krebs
Bufete Industrial
Año: 1971
- 49.) **NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA**
Publicación Científica
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Vol: 1 No: 981
- 50.) **PRACTICA Y VIGILANCIA DE LAS OPERACIONES DE TRATAMIENTO DEL AGUA.**
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Charles R. Cox
Año: 1976

- 51.) QUIMICA GENERAL MODERNA
Joseph A. Babor
Marin, S.A.
Año: 1982
- 52.) SERIE DE INFORMES TECNICOS
Lucha contra la contaminación del agua en los países en desarrollo -
informe del Comité de Expertos de la Organización Mundial de la - -
Salud.
Ginebra: 1968
- 53.) SALUD MUNDIAL
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra Año: 1986
- 54.) TECNOLOGIA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y DEL SANEAMIENTO EN LOS - -
PAISES EN DESARROLLO
Grupos de Estudios de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra: 1987
- 55.) TRATADO DE MICROBIOLOGIA
B.D. Davis
R. Dulbecco
Año: 1980
- 56.) VIGILANCIA Y CALIDAD DEL AGUA POTABLE
Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)
Ginebra: 1977