

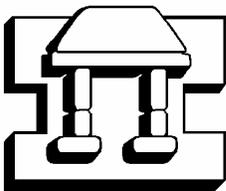


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
BACTERIOLÓGICA DEL AGUA PROVENIENTE DE
FILTROS PURIFICADORES EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
I D A N I A C R U Z S A U Z A



IZTACALA

Directora de tesis:

Q.F.B. Esperanza del Socorro Robles Valderrama

Los Reyes Iztacala., Tlalnepantla, Estado de México

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS, por haberme dado salud, inteligencia y paciencia para llegar al final de esta etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme abierto sus puertas y permitido ser orgullosamente "PUMA" y por todos los conocimientos que adquirí siendo parte de esta maravillosa y GRAN Casa de Estudios.

A la Facultad de Estudios Superiores IZTACALA, de forma especial a todos los profesores de la H. Carrera de Biología, gracias por haber sido excelentes y transmitirme sus sabios conocimientos.

A la Q.F.B. Esperanza Robles Valderrama, por haberme dado la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y brindarme el apoyo para la realización de éste trabajo en el laboratorio de Calidad del Agua, por transmitirme sus conocimientos y experiencias en el área teórica como en la práctica. Pero sobre todo y lo más importante por brindarme su Amistad apoyándome en los momentos difíciles con sus sabios y acertados consejos. Y por haber sido la mejor Directora de Tesis que pude haber tenido. GRACIAS MAESTRA!!

A la Biól. Guadalupe Sainz, por todos los conocimientos que adquirí a su lado, por aquellos días de muestreos "maratónicos", pero sobre todo por su gran Amistad. GRACIAS MAESTRA!!

A la Biól. Blanca Martínez, por todos los conocimientos que adquirí a su lado en el laboratorio de Bacteriología y por su gran Amistad. GRACIAS BLANCA!!

A cada uno de mis sinodales Dra. Patricia Bonilla, M en C. Elizabeth Ramírez, Biól. Blanca Martínez y Dr. Víctor Rivera, por haberme brindado el tiempo necesario y las sugerencias pertinentes para mejorar el escrito final.

A todas aquellas personas que en su momento contribuyeron con su granito de arena para la realización de éste trabajo. MIL GRACIAS!!

DEDICATORIA.

Me gustaría que supieran que éste trabajo es una parte de mí muy importante porque en él se encuentra un sueño realizado (lo que siempre quise ser de niña, una gran Bióloga) y también hay muchos días con una cantidad enorme de sentimientos encontrados.

A mis Padres, Sra. María Elena Sauza Espejel (eres la más Maravillosa, Única y mejor amiga Mami) y Sr. Edgardo Cruz Pensado (†), por haberme dado el maravilloso don de la vida y el privilegio de ser su hija, por su incomparable e infinito amor, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, por su paciencia en mis momentos de “altas y bajas”, por todos los sabios consejos que sólo un padre y una madre pueden dar, por todas las noches en vela que les hice pasar, por el sacrificio que en su momento hicieron para que yo lograré llegar hasta aquí, por todos aquellos “tragos amargos” y los momentos de gran felicidad que vivimos juntos y por haberme regalado la dicha de tener a la Familia mas maravillosa y llena de amor que sólo ustedes me supieron dar. Por todo eso, espero de todo corazón que éste trabajo compense todo lo que en su momento sufrieron y gozaron por mí y conmigo, por que está hecho Gracias a ustedes y para ustedes por que siempre serán para mí lo más Importante y lo que más Amo en esta vida. LOS AMO MUCHÍSIMO Y GRACIAS POR CONFIAR EN MÍ!!

En donde quiera que te encuentres a tí Edgardito (Papi) por haber sido el padre más maravilloso del mundo y haberme amado como lo hiciste. Yo sé que estás orgulloso de mí, aunque ya no estés aquí para decírmelo. No importa que Dios haya decidido llevarte lejos, porque mi amor y recuerdos siempre permanecerán aquí tan grandes y presentes como siempre. TE AMO, NUNCA TE OLVIDARÉ!!

A mis hermanas Elena, Analine y Alejandra, por todo su amor incondicional que siempre me han brindado, por que siempre creyeron en mí, por su paciencia y apoyo en días difíciles, por todos esos momentos de tristeza y felicidad que hemos compartido juntas. Esperando que éste trabajo las motive a seguir como lo han hecho hasta ahora –siempre hacia delante- recordándoles que nada en esta vida es imposible, y que todos sus sueños y metas los pueden realizar y alcanzar. LAS AMO MUCHÍSIMO (MIS NIÑAS)!!

A mis tíos Julián y Gabriel Ramírez Espejel, Alaina Cruz Pensado, Ma. De Jesús Nuñez, por que de alguna u otra forma siempre estuvieron pendientes durante toda mi etapa escolar y por el apoyo recibido en momentos difíciles, y porque en su momento cada uno me aconsejó lo importante que es el estudio y que siguiera “echándole ganas”. GRACIAS, LOS QUIERO MUCHO!!

A mis primos Alejandro y Yola; Bety y Jaime, porque siempre me “echaron porras” para llegar al final del camino y por el cariño y apoyo recibido en momentos difíciles. Por

supuesto a mi primo Aldo Julián (alduchis) esperando que éste trabajo te sirva para que siempre sigas tus sueños y logres las metas que te traces, recuerda que todo se puede lograr en esta vida, nada es imposible. LOS QUIERO MUCHO!!

Para Luis Enrique Florencio Martínez una persona muy especial en mi vida. Gracias Amor por dejarme compartir contigo ésta etapa de mi vida tan importante y especial, todos mis sueños, mis tristezas, mis decepciones, mis alegrías, mis enfados, en fin aquellas miles de situaciones buenas y algunas no tanto por las que hemos pasado juntos. Todos los recuerdos de lo que hemos vivido juntos al llegar a mi cabeza me hacen decirte gracias una vez más por ser mi mejor amigo apoyándome y “jalándome las orejas” cuando más lo necesito, por tenerme paciencia, por ser una parte importante para la realización de muchos sueños, pero sobre todo por el gran amor que me tienes y que sabes es correspondido. TE AMO MI AMOR!!

A Luis Cárdenas Martínez, por ser mi amigo favorito y al que quiero mucho. Gracias por estar siempre a mi lado apoyándome y sacándome de mi tontera (por no decir otra palabrota), por todos aquellos momentos de locura, tristeza, enojo, alegría, y muchos más que vivimos juntos. Eres el mejor amigo que pude haber tenido (y espero sea para siempre). Y recuerda siempre que todos tus sueños se pueden realizar, nada es imposible sólo es cuestión de paciencia. TE QUIERO MUCHOTOTE!!

A los mejores amigos que he tenido, con los que he compartido momentos de tristeza, alegría, enfado, locura, etc., los que en su momento me han hecho ver mis errores y aciertos escolares y personales, de los que he recibido comprensión, aliento para seguir adelante en los momentos difíciles, cariño y apoyo incondicional. Gracias por su amistad incomparable MIL GRACIAS: Paloma (manita), Zoraya (Zoris), José Natividad, Luis C. y Luis Enrique. LOS QUIERO MUCHISISISISISIMO!!

Por supuesto y de forma especial a mis amigos de toda la vida Emanuel (Ema), Mauricio (Mauri), Oscar (Carin). Y a mis súper amigas de la H. Prepa # 3, Mabel, Selene y Zoraida, gracias por compartir conmigo todos esos días de locura y por estar conmigo en “las buenas y en las malas”. LOS (AS) QUIERO MUCHOTOTE!!

A todos aquellos compañeros que fui conociendo en el transcurso de la carrera, porque aunque fueron cortos y pocos los momentos que compartimos, de alguna manera el compartirlos con ustedes fue agradable.

ÍNDICE GENERAL.

Página		
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	6
1.	Antecedentes	6
2.	Microorganismos presentes en el agua	12
2.1.	Microorganismos Patógenos	12
2.2.	Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal	15
3.	Procesos de desinfección y Filtros purificadores de agua	19
3.1.	Cloración	20
3.2.	Técnicas Híbridas	20
3.3.	Ozonificación	22
3.4.	Luz Ultravioleta (UV)	22
3.5.	Filtración	24
3.6.	Diferentes tipos de filtros purificadores de agua	26
3.6.1.	Filtros de Carbón Activado	27
3.6.2.	Filtros de Arenas, Multimedia, Multicapa, Lecho profundo	28
3.6.3.	Otros tipos de Filtros	29
3.7.	Microfiltración	31
4.	Criterios de la Calidad Bacteriológica del Agua	31
III.	JUSTIFICACIÓN	34
IV.	OBJETIVOS	36
V.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	37
VI.	MATERIAL Y MÉTODOS	38
1.	Elaboración de cuestionario	38

2.	...	Trabajo de Campo	38
3.	...	Trabajo de Laboratorio	39
3.1.	..	Preparación del equipo, material y medios de cultivo	39
3.2.	..	Procedimiento	39
VII.	...	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
1.	..	Información recabada de los cuestionarios	42
1.1.	..	Marca de filtro	42
1.2.	...	Tiempo de uso del filtro	43
1.3.	...	Frecuencia de limpieza	43
1.4.	..	Problemas con el filtro	44
1.5.	..	Frecuencia de enfermedades	44
1.6.	..	Ubicación de suministro del agua para el filtro	44
1.7.	..	Ubicación de la casa habitación y/u oficina	45
2.	...	Resultados de los análisis bacteriológicos	46
	..	A) Suministro de agua contaminado y filtros sin contaminar	47
	.	B) Suministro de agua contaminado y filtros contaminados	51
	.	C) Suministro de agua sin contaminar y filtros contaminados	55
	.	D) Suministro de agua sin contaminar y filtros sin contaminar ..	59
VIII.	.	CONCLUSIONES	63
IX.	..	RECOMENDACIONES	65
X.	.	REFERENCIAS	66
	..		

ÍNDICE DE TABLAS.

Página

Tabla 1.	Dosis infectiva de los microorganismos patógenos más comunes transmitidos por el agua potable	13
	..	
Tabla 2.	Enfermedades hidrottransmisibles por organismos patógenos	14
Tabla 3.	Límites bacteriológicos para el agua de uso y consumo humano	33
Tabla 4.	Límites bacteriológicos de Agua y hielo, envasados y a granel para consumo humano	33
	...	
Tabla 5.	Unión de variables utilizadas para relación A	50
	..	
Tabla 6.	Unión de variables utilizadas para relación B	54
	..	
Tabla 7.	Unión de variables utilizadas para relación C	58
	..	

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página	
Figura 1.	Espectro electromagnético	23
	..	
Figura 2.	Métodos separativos adecuados	26
	..	
Figura 3.	Adsorción en grano de Carbón Activado	27
	..	
Figura 4.	Estructura de Carbón Activado	27
	..	
Figura 5.	Carbón Activado	27
	..	
Figura 6.	Filtroplas paso 2	28
	...	
Figura 7.	Filtro de Arenas	28
	...	
Figura 8.	Filtroplas paso 1	29
	...	
Figura 9.	Filtro Turmix	30
	...	
Figura 10.	Mapa del área de estudio	37
	...	
Figura 11.	Recolección de muestra	38
	...	
Figura 12.	Equipo Filtro de Membrana	39
	..	
Figura 13.	Procedimiento de filtración	40
	...	
Figura 14.	Incubación de cajas petri	40
	...	

Figura 15.	Crecimiento de colonias de Coliformes Totales y Fecales	41
Figura 16.	Diferentes marcas de filtros	42
Figura 17.	Diferentes tiempos de uso para los filtros	43
Figura 18.	Frecuencia de limpieza a los filtros	44
Figura 19.	Diferentes suministros del agua para los filtros	45
Figura 20.	Zona de ubicación de los filtros	45
Figura 21.	Porcentaje total de contaminación por CT y CF	46
Figura 22.	Clasificación A: Diferentes marcas de filtros/ Contaminación.	47
Figura 23.	Clasificación A: Diferentes tiempos de uso de filtros/ Contaminación	48
Figura 24.	Clasificación A: Periodicidad de mantenimiento/ Contaminación . . .	49
Figura 25.	Clasificación A: Diferentes delegaciones y/o municipios/ Contaminación.	49
Figura 26.	Clasificación B: Diferentes marcas de filtros/ Contaminación.	51
Figura 27.	Clasificación B: Diferentes tiempos de uso de filtros/ Contaminación	52
Figura 28.	Clasificación B: Periodicidad de mantenimiento/ Contaminación . . .	53
Figura 29.	Clasificación B: Diferentes delegaciones y/o municipios/ Contaminación	53
Figura 30.	Clasificación C: Diferentes marcas de filtros/ Contaminación.	55
Figura 31.	Clasificación C: Diferentes tiempos de uso de filtros/ Contaminación	56
Figura 32.	Clasificación C: Periodicidad de mantenimiento/ Contaminación . . .	57
Figura 33.	Clasificación C: Diferentes delegaciones y/o municipios/ Contaminación	57
Figura 34.	Clasificación D: Diferentes marcas de filtros libres de contaminación	59
Figura 35.	Clasificación D: Diferentes tiempos de uso de filtros libres de contaminación	60
Figura 36.	Clasificación D: Periodicidad de mantenimiento libres de contaminación	60
Figura 37.	Clasificación D: Diferentes delegaciones y/o municipios libres de contaminación	61
Figura 38.	Número total y número de muestras con presencia de CT y CF para	62

marcas de filtros contaminados
...

RESUMEN

En la zona metropolitana de la Ciudad de México al igual que el resto del país, uno de los principales problemas de salud son las enfermedades infecciosas gastrointestinales provocadas por la contaminación bacteriana que presenta el agua de beber. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000 se considera agua bacteriológicamente potable aquella en que los coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF) están ausentes. Existen varias formas para la desinfección del agua, sin embargo, una alternativa para obtener agua de buena calidad para beber es la utilización de filtros. Por lo que, este estudio se encaminó a evaluar la eficiencia de remoción de bacterias en filtros purificadores, en casas y/u oficinas, mediante la determinación de CT y CF, de igual forma se obtuvo información (marca, tiempo de uso, etc.) de los filtros mediante la aplicación de un cuestionario, relacionándola con los resultados analíticos. Los muestreos se realizaron en 100 casas habitación de la zona metropolitana, recolectando en bolsas estériles de 500 ml, una muestra de agua proveniente del suministro y otra muestra después de pasar por el filtro, dichas muestras fueron analizadas por la técnica Filtro de Membrana. Se analizaron un total de 16 marcas de filtros de las cuales, las que presentaron contaminación por CT y/o CF, antes y después de pasar por el filtro fueron Turmix con 19 equipos contaminados de un total de 40 analizados, Universal (1 de 1), Ultrafiel (2 de 9), Sin marca (3 de 4), Piedra natural (1 de 1) y Filtroplas con (4 de 26). Las marcas en donde se observó una remoción eficiente de organismos CT y/o CF fueron: Turmix con 7 filtros de un total de 40 equipos analizados, Filtroplas con 1 de 26 y Sin Marca con 1 de 3. Para el resto de los equipos de éstas y de las otras marcas estudiadas no hubo contaminación ni antes ni después de pasar por los filtros. De igual forma se observaron los tiempos de uso (de 20 días a 28 años) y la frecuencia con la que se les daba mantenimiento (de semanalmente a 1 ½ año) a los equipos, evidenciándose que en aquellos equipos en donde hay una frecuencia mas seguida de limpieza la remoción de bacterias es buena, mientras que si esta se realiza mas esporádicamente se produce una saturación de microorganismos en el filtro, que con el tiempo en vez de purificar contaminan el agua. Por otro lado los filtros que no presentaron contaminación no pueden considerarse del todo eficientes, ya que el agua de suministro era de buena calidad y no se puede evaluar si removían la contaminación bacteriana. Concluyendo que la utilización de filtros purificadores de agua, puede ser una alternativa adecuada, siempre y cuando se le de el mantenimiento que especifica el proveedor, así como considerar el tiempo de vida del equipo, para alcanzar un óptimo y mejor funcionamiento del mismo.

I.- INTRODUCCIÓN

Una característica fundamental de nuestro planeta es la abundancia del agua (1.4 millones de kilómetros cúbicos), que cubre un 71% de su superficie, con una profundidad media de 38,000 metros; 2.15% se encuentra en los casquetes polares (Wetzel, 1981), así tenemos que el agua dulce disponible se reduce al 0.001% del total, siendo ésta un recurso finito e indispensable para mantener la vida, así mismo para realizar actividades productivas desde el punto de vista económico y para el propio medio ambiente (Internet ¹).

La cantidad de agua continental es muy pequeña en relación a la oceánica, teniendo en la primera períodos de renovación muy rápidos. Atendiendo al volumen, la mayor parte de ésta se halla en las cuencas de algunos lagos de grandes dimensiones. Sin embargo, la cantidad de depresiones pertenecientes a lagos más pequeños y embalses es muy grande y la mayoría de ellos están concentrados en las regiones templadas y subárticas del Hemisferio Norte. La actividad glacial, volcánica y tectónica influyen en la formación de lagos, provocando la acumulación de muchas masas de agua dulce en distintos lacustres (Wetzel, 1981).

Sin embargo, muchos ríos y cuencas hidrográficas están contaminados por productos de desecho industrial, de la agricultura y de origen humano, en tanto que otras se están secando porque la población utiliza más agua de la que puede reponer la naturaleza; de igual forma, la deforestación de las cuencas, la erosión, la contaminación y el agotamiento de aguas subterráneas se encuentran entre las principales amenazas del abastecimiento de agua dulce para una población mundial que crece aceleradamente, como es el caso de la Ciudad de México que presenta problemas de contaminación y de abasto de agua potable (Gaytán *et al.*, 1997; Maher, 2000; Internet ¹).

Dentro del agua dulce de gran importancia para el humano encontramos el agua potable, que es el agua de superficie tratada y el agua no tratada pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos sanitarios y otras fuentes. Sin embargo, a través del suelo frecuentemente penetran bacterias y contaminantes químicos los cuales

eventualmente terminan depositándose en los mantos acuíferos, de donde obtenemos el agua para nuestro consumo (Montes, 2002).

Otra causa importante de la contaminación del agua potable es el vertido de aguas residuales. En los países en vías de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable. Las personas que consumen este tipo de agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo. Además, la contaminación producida por las aguas residuales destruye los peces de agua dulce, una importante fuente de alimento (Internet ²).

En la mayoría de los países los principales riesgos para la salud humana asociados al consumo de agua contaminada son de índole microbiológico. Aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y, en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se sacrifica debido al ausentismo por las enfermedades relacionadas con el agua. El riesgo de contraer una infección transmitida por el agua aumenta con el nivel de contaminación con microorganismos patógenos. Sin embargo, la relación no es necesariamente simple y depende muchísimo de factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped. El agua de beber es tan sólo uno de los vehículos de transmisión de enfermedades (O.M.S., 1998).

En muchos países asiáticos, el control del cólera sigue siendo un importante problema sanitario. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) calcula que el 78% de la población de los países en vías de desarrollo carece de agua con suficientes garantías de potabilidad, y el 85% no dispone de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las epidemias más recientes tuvieron lugar en Calcuta (India) en 1953; en Vietnam del sur entre 1964 y 1967; entre los refugiados de Bangladesh que emigraron a India en la guerra civil de 1971; en Perú en 1991; y en Sudáfrica en 2000. Según datos de la O.M.S. del año 1999, 8,400 personas murieron a causa de la enfermedad, cuya mayor incidencia se registró en América Latina, Asia y África (Internet ²).

Los estudios realizados con el fin de resolver este problema han popularizado el término "calidad del agua". Esta expresión se emplea principalmente en el lenguaje técnico y se refiere a las características químicas, físicas y biológicas de un cuerpo de agua; así tenemos que un criterio importante para determinar la calidad del agua va a ser “esa concentración o medida de dichas características que, si logró mantenerse dentro del límite permitido, hará posible el uso específico del agua” (Turk *et al.*, 1973; Maidment, 1993). Hay tres componentes para las normas de calidad: (1) designación de usos, (2) el criterio necesario para proteger o mantener esos usos designados, y (3) evitar un deterioro del suministro (Maher, 2000).

El conocer la Calidad del Agua (CA) de un cuerpo acuático determinado permite establecer su uso. Así tenemos que las principales formas en que los humanos usamos el agua son: en la industria, el riego agrícola, en agua potable para el consumo de las personas, en la producción de diversas especies acuícolas de valor comercial y en actividades de placer y recreativas. Por lo tanto la CA requerida para cada uno de estos usos es diferente (Lugo y Rodríguez, 1998).

La CA puede evaluarse por medio de la determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos. Entre los biológicos se encuentran las bacterias representadas a través de los indicadores bacteriológicos de contaminación: Coliformes totales (CT) y Coliformes fecales (CF).

El número de bacterias patógenas para el hombre y para los animales presentes en el agua es muy reducido y difícil de determinar. Por ello, y dado que la mayoría de dichos gérmenes patógenos viven en el intestino de los animales de sangre caliente, la detección de una contaminación fecal constituye una excelente señal de alarma (Seoanez, 1999). Es por eso que la investigación de los organismos CF brinda una mayor especificidad al estudio de la contaminación fecal en el agua. Sin embargo, para fines de evaluación de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa (Isaac-Márquez *et al.* 1994).

En un plano ideal y desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable no debe presentar organismos CT, ni tampoco organismos CF en 100 ml de muestra de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000 (D.O.F., 2000). Para cerciorarse de que un abastecimiento de agua potable satisface estas directrices es necesario examinar periódicamente muestras de agua (O.M.S., 1972); de igual forma el agua potable, no debe tener sabor ni olores extraños, debe ser inodora (Internet ³).

Por desgracia, las epidemias de enfermedades transmitidas a través del agua como el cólera, la disentería y la fiebre tifoidea todavía se presentan en algunas partes del mundo y en un momento determinado se pueden convertir en enfermedades epidémicas en cualquier país si no hay un control gubernamental del agua potable y de la disposición de las agua residuales (Volk, 1992).

Un ejemplo muy claro es el caso de México que registra las tasas de mortalidad más elevadas por infecciones gastrointestinales a nivel mundial. La O.M.S. ha señalado en múltiples ocasiones la relación entre las grandes epidemias o endemias y la contaminación de los suministros de agua. Cuando se utiliza como medio de eliminación de excretas y otros desechos orgánicos, el agua se convierte en un vehículo de transmisión para numerosos microorganismos, principalmente bacterias de origen intestinal (Isaac-Márquez *et al.*, 1994). Así, para poder lograr una mejor prevención de enfermedades, hoy en día la purificación del agua para consumo humano, es una práctica casi universal en el mundo, y por tanto es difícil que las personas se percaten de que tan seria puede ser la contaminación de este vital líquido (Volk, 1992).

Existen dos métodos generales para desinfectar de manera eficaz, pequeñas cantidades de agua. Uno de ellos es la ebullición; y el otro es el tratamiento con productos químicos, los dos que se utilizan más comúnmente son el cloro y el yodo. En cada caso, pueden existir condiciones y precauciones específicas para asegurar una desinfección eficaz (Reynolds, 2003; Internet ⁴), otras tecnologías avanzadas relacionadas con la desinfección que han ganado popularidad recientemente incluyen la radiación por luz ultravioleta (UV), dióxido de cloro, el ozono o la ozonificación. Otro método importante y probablemente más

práctico, es el uso de filtros (domésticos) con abertura de poros muy pequeños ($<0.1\mu\text{m}$) para retener ciertos patógenos y más recientemente el uso de membranas como la microfiltración, la ultrafiltración, nanofiltración, electrodiálisis, ósmosis inversa, además de la electrodesionización y la destilación para la separación de patógenos y sales minerales. La finalidad más importante del uso de métodos de desinfección es obtener agua libre de agentes patógenos (Figueroa y Marino, 2001; Reynolds, 2003).

II.- MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes.

Un valor orientativo de la calidad del agua de beber representa la concentración de un constituyente que no genera ningún riesgo significativo para la salud del consumidor. El agua de beber debe ser adecuada para el consumo humano y para todos los usos domésticos diarios. Cuando se rebasa dicho valor, hay que averiguar la causa y adoptar una medida correctiva. La concentración en la que se puede exceder ese valor, así como su tiempo de exposición, sin poner en peligro la salud humana, depende de la sustancia de que se trate (O.M.S., 1998).

López (1988), evaluó la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua potable de la Delegación Miguel Hidalgo realizando muestreos mensuales, haciendo un total de 390 muestras domiciliarias, concluyendo que en dicha Delegación tienen en la mayoría de los meses agua de buena calidad (potable), sin embargo en los meses de noviembre y diciembre, reciben agua de mala calidad (no potable), considerando su consumo como peligroso.

Isaac-Márquez *et al.* (1994), llevaron a cabo un estudio para conocer la calidad sanitaria de 35 suministros de agua (pozos) que abastecen a la población de la Ciudad de Campeche, México, consistente en la detección de bacterias mesófilas aerobias, organismos coliformes totales y fecales, obteniendo como resultado que el 80 y 60% de los suministros examinados presentaron niveles inaceptables de bacterias mesofílicas aerobias y de organismos coliformes respectivamente, concluyendo que hay necesidad de instrumentar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua para consumo humano en la Ciudad de Campeche que asegure una buena calidad del agua en las fuentes de abastecimiento y distribución.

Flores-Abuxapqui *et al.* (1995), realizaron un estudio en 383 viviendas (selección aleatoria y diferente ubicación) para determinar la calidad microbiológica del agua en las tomas externas de las mismas que corresponden a la red de distribución del agua potable y del

agua almacenada en el interior de las viviendas en la Ciudad de Mérida, Yucatán (México), en donde el 95 y 73.89% de las muestras exteriores e interiores respectivamente, cumplieron con las normas microbiológicas. Concluyendo que es importante que se vigilen constantemente los niveles de cloro del agua a todo lo largo de las redes de distribución, con especial énfasis en las zonas donde se detecten roturas de las mismas. Así mismo, también se recomienda a las autoridades sanitarias que insistan en la campaña de limpieza de cisternas, tinacos y tuberías intradomiciliarias al menos una vez al año.

Castro y Gaytán (1992), determinaron la potabilidad del agua en la Ciudad de México y Zona Metropolitana. Analizando el agua directa de las llaves, cisternas, tinacos y filtros de cada delegación y determinando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, encontraron una mayor concentración de sales en la zona norte y una alta y riesgosa contaminación bacteriológica de origen fecal en la zona oriente y sur poniente de la Ciudad de México; concluyendo que en promedio solo el 35% de las muestras presentó buena calidad y que por lo mismo, hay un porcentaje alto de agua de mala calidad en las viviendas.

De igual forma Gaytán *et al.* (1997), realizaron un estudio a cerca de la calidad del agua potable en la Ciudad de México y Zona Metropolitana, realizando muestreos en 62 localidades, durante los meses de abril a diciembre de 1989 (209 muestras en total). Cuando fue posible se tomaron muestras de la red municipal, cisternas, tanques y llaves de cocina. Los parámetros fisicoquímicos fueron: temperatura (°C), pH, alcalinidad, dureza, cloruros, sulfatos, sílice, sólidos suspendidos y totales, y conductividad. Los análisis biológicos fueron: coliformes totales, fecales y estreptococos fecales. Concluyendo que en el 53% de las muestras analizadas la CA para beber en las tomas de la red municipal fue buena, aunque se detectó contaminación cuando el agua fue distribuida por carros-pipa, cuando provino de pozos locales o cuando presentó un alto contenido de sólidos suspendidos. De igual forma presentaron mayor contaminación las muestras tomadas dentro de las viviendas debido al manejo incorrecto de la misma. Así mismo, se encontró una mayor concentración de sales en la zona norte y una alta y riesgosa contaminación bacteriológica de origen fecal en la zona oriente y sur poniente de la ciudad de México. Por otro lado se observó un escaso o nulo mantenimiento de las instalaciones (tinaco, cisterna u otros).

Castro (2000), realizó un análisis fisicoquímico y bacteriológico de la CA en los pozos del Ramal Tláhuac, durante el periodo de 1991-1992, concluyendo que presentan características particulares de contaminación con origen antropogénico, esto se debe a los lixiviados de tiraderos de basura cercana. Con respecto a los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos, dado que las concentraciones son bajas, se concluye que el agua es de buena calidad para el suministro y consumo humano.

Por otro lado Sánchez-Pérez *et al.* (2000), determinaron la calidad bacteriológica del agua para consumo humano y su relación con diarreas y enteroparasitosis en niños de 1 a 14 años en 99 viviendas de la Región Fronteriza de Chiapas (México), en donde solo el 31% de las muestras de agua fueron aptas para consumo humano, sin presentar diarreas en los niños, contrariamente a aquellas que su calidad bacteriológica del agua fue mala, ya que presentaron prevalencia de parasitosis. Por eso se recomienda desarrollar medidas que mejoren la calidad del agua y campañas de educación que incrementen el uso de agua hervida, su manejo adecuado y el cuidado de las fuentes de abastecimiento comunitarias.

Aguiar-Prieto *et al.* (2000), llevaron a cabo un estudio durante 1996 y 1997 en 31 ciudades cubanas, con el objetivo de determinar si había una relación entre la calidad del agua de consumo y la frecuencia de las enfermedades diarreicas agudas (EDA). Como indicadores de la CA se estableció el grado de desinfección (expresado en términos de la concentración de cloro) y su potabilidad (expresada en términos de contaminación con coliformes), para evaluar la frecuencia de EDA se examinó el número de consultas médicas en los hospitales donde se reportaron estas enfermedades. Las mediciones semanales de las concentraciones de cloro y las determinaciones mensuales de la cantidad de coliformes se hicieron mediante la toma diaria de muestras de agua en 2045 puntos clave de las redes de distribución de agua en las ciudades estudiadas. Los resultados permitieron a los autores estratificar en tres grupos el riesgo de sufrir EDA en cada ciudad según la CA: riesgo alto (23 ciudades), moderado (8 ciudades) y bajo (0 ciudades).

López-Ríos y Lechuga-Anaya (2001), utilizando la información recolectada sobre la producción de las principales actividades agroindustriales, del procesamiento de productos

del mar y de los análisis químicos de CA provenientes de los distintos puntos de monitoreo que reporta la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) para la región Sur de Sonora, (México), se aplicó el paquete informático “Decision Support System for Industrial Pollution Control DSS (IPC)”, dando como resultado un alto contenido de coliformes, generado por el desecho de aguas negras y la total ausencia de plantas de tratamiento, concluyendo que es necesario profundizar sobre la situación real de los cuerpos de agua, del suelo y del aire. Se requieren estadísticas y monitoreos regulares en la calidad del aire y del agua.

Miettinen *et al.* (2001), en Finlandia, llevaron a cabo un estudio durante el periodo de 1998-1999, en lugares donde se registraron 14 brotes epidémicos causando 7, 300 casos de enfermedad. De los 14, 13 ocurrieron en comunidades que usan agua sin desinfectar y uno fue relacionado con el agua proveniente de los servicios de suministro. De los 14 brotes registrados, el 50% fue asociado con el servicio público del agua y solo 290 casos fueron relacionados con sistemas privados de agua para beber.

De igual forma en 1998 las inundaciones en Bangladesh cubrieron aproximadamente el 60% del suelo afectando a 30 millones de personas; por lo que Kunii *et al.* (2002), realizaron un estudio para examinar el impacto de las inundaciones en la salud de las comunidades afectadas e investigar factores asociados con epidemias de diarrea. Realizaron entrevistas a 517 personas en dos distritos que habían sido afectados por las inundaciones cuando éstas llegaron al máximo, encontrando que de 517 personas el 98.3% desarrolló problemas de salud. Las condiciones que más prevalecieron fueron la fiebre (63.3%), seguido por problemas respiratorios (46.8%), diarrea (44.3%), y problemas de la piel (41.0%). Observando que solo el 1.0% y el 6.7% de las personas trataban el agua antes de beberla, hirviéndola y clorándola, se percibió que el 75.0% de las muestras era agua contaminada. En conclusión Bangladesh tuvo un impacto substancial en la salud de las comunidades. La diarrea fue asociada con el estatus económico, la manipulación y el saneamiento del agua.

Shrivastava *et al.* (2003), estudió las bacterias presentes en el agua del Río Gomti (India), con el propósito de usar esta agua para beber. Las muestras se tomaron antes y después de la cloración, en siete puntos diferentes. Obteniendo una estimación por el número más probable (NMP) que en el agua cruda del río hubo 4600/100 ml, mientras que para el agua ya tratada sólo hubo 4/100 ml de diversos tipos de bacterias, sin embargo *Pseudomonas aeruginosa* estuvo presente en tres de los puntos muestreados del río, después de un tratamiento de 1L de agua con 500 g/L de cloro por 30 minutos y también fue resistente a varios antibióticos.

Ashbolt (2004a), menciona que tanto la contaminación microbiana, como los agentes químicos utilizados para la desinfección del agua para beber son un riesgo para la salud humana ya que en la primera, se encuentran diversos organismos causantes de enfermedades gastrointestinales y los segundos, no menos graves son causantes de diabetes, miocarditis y cáncer. Concluyendo que los productos químicos están “justificados” por las industrias por todos los beneficios que brindan para proporcionar barreras contra los peligros que puedan dañar la salud humana, por otro lado la contaminación microbiana es un riesgo muy claro de salud pública cuando el tratamiento del agua es inadecuado.

Los trihalometanos (THMs) son sub-productos de la cloración del agua para beber además cancerígenos, formados al reaccionar el cloro con sustancias orgánicas comunes del agua. De tal manera Gibbons y Laha (1999), encaminan su estudio a analizar la presencia y niveles de los THMs en el agua de beber por medio de cromatografía de gases, en donde incluye cuatro tipos de agua: 1) agua municipal de uso humano en dos poblados del sur de Florida; 2) dos marcas de agua embotellada; 3) agua de pozo residencial no tratada y 4) agua de la llave pasada a través de sistemas de purificación. La conclusión de este estudio fue que todas las aguas estudiadas cumplieron con los niveles de THMs de regulación federal, las funciones de filtración en el hogar reducen las concentraciones de sub-productos de desinfección, suponiendo que, al no clorar ni el agua embotellada ni el agua de pozos los niveles de THMs serán muy bajos.

Sánchez (1995), realizó un estudio del agua en Nogales, Sonora (México) y la frontera de Arizona-Sonora. Determinó la contaminación por compuestos volátiles organoclorados (VOCs). Los resultados muestran problemas en la CA en Nogales y por lo tanto consecuencias importantes de riesgos en la salud. También observa que el rápido crecimiento urbano ha sobrepasado la capacidad de los sistemas municipales de aguas residuales ocasionando su ruptura.

En Québec (Canadá), Coulibaly y Rodríguez (2003), realizaron un estudio comparativo de cumplimiento a 10 compañías privadas encargadas de suministrar agua para beber en donde, utilizan agua superficial y subterránea dándole un tratamiento de cloración antes de su distribución. Las compañías fueron divididas en dos grupos principales: las no problemáticas, aquellas que muy raramente violan los estándares microbiológicos para el agua de beber (4) y las problemáticas siendo las que si los rebasan (6). Concluyendo que las del grupo de las no problemáticas son sistemáticamente las que están en cumplimiento adecuado, es decir, que en la mayoría de los análisis del agua no hubo presencia de coliformes, no así para las problemáticas.

El agua de los poblados de Arta, Preveza y Lefkada ubicados al Noreste de Grecia fue analizada por Giannoulis *et al.* (2004), utilizando como indicador de contaminación la cuantificación de CF. Obteniendo como resultado que de las 38 muestras analizadas, el 36.8% se encuentran dentro de la normatividad, 42.1% de bajo riesgo y 21.1% de riesgo intermedio, mientras que no se encontraron muestras de alto riesgo. Observó que la temporada de más alta contaminación se presentó durante el invierno, mientras que en la primavera y otoño descendió un poco y para el verano la contaminación fue la más baja.

Algunos estudios han encontrado cierta relación entre las enfermedades gastrointestinales y la turbiedad del agua, considerando a ésta como indicador de CA. Un ejemplo de estos estudios fueron los realizados en Philadelphia por Schwartz *et al.* (1999), donde el aumento de la turbiedad estuvo en relación directa con el incremento de los casos presentes en el hospital. Casos similares observaron Gaffield *et al.* (2003), que ocurrieron en varias ciudades de los Estados Unidos como Milwaukee y Wisconsin.

2. Microorganismos presentes en el agua.

2.1. Microorganismos Patógenos.

Las aguas naturales poseen una población bacteriana autóctona que incluye una amplia variedad de familias, grupos y géneros. En muchas ocasiones esta flora nativa se ve aumentada con la adición de nuevos grupos que provienen del suelo, aire y de las excretas humanas y animales de sangre caliente; en estas excretas la variedad de bacterias es también muy amplia y puede dividirse en dos grandes grupos: las no patógenas (flora intestinal normal) y las patógenas (flora intestinal que produce estados patológicos). Dentro de la flora intestinal normal, la familia Enterobacteriaceae es la más numerosa ya que incluye 15 géneros, cuatro de ellos patógenos, le siguen los grupos bacteroides y bifidobacterium (que le imparten a las heces su típico olor); las formas esféricas representadas por el grupo de los enterococos; los lactobacilos, y algunas especies de *Clostridium*. Entre la flora patógena se incluyen los cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae: *Salmonella spp*, *Shigella spp*, *Klebsiella spp*, (algunas especies) *Yersenia*, *Vibrio cholerae* y en muy raras ocasiones algunas micobacterias y corinobacterias (Manual de Microbiología, 1985).

Cuando se presentan las enfermedades gastrointestinales bacterianas (fiebre tifoidea, disentería, gastroenteritis, cólera) los agentes etiológicos son expulsados en las heces en grandes cantidades -cada ser humano excreta un promedio de 100 millones de bacterias por día-. En las heces se encuentran más de 75 tipos diferentes de bacterias (Internet ²). Las heces usualmente se mezclan con las aguas residuales domésticas, que pueden ser descargadas en cuerpos de agua (lagos, presas, ríos, etc.) y que posteriormente son utilizados como fuente de agua de abastecimiento. Si la defecación es al aire libre, las heces pueden ser arrastradas por la lluvia hasta algún cauce o penetrar por infiltración a las aguas subterráneas que alimentan pozos de abastecimiento. En cualquier caso, el hecho importante es que las enfermedades gastrointestinales pueden diseminarse a través de las aguas de abastecimiento público, sobre todo si no se les da un tratamiento antes de llegar al consumidor (Cortés, 2004). Así tenemos que este tipo de enfermedades las propiciarán los agentes patógenos (siempre de origen fecal) existentes en el agua para beber (Ashbolt, 2004b).

El riesgo de contraer una infección transmitida por el agua aumenta con el nivel de contaminación con microorganismos patógenos. Sin embargo, la relación no es necesariamente simple y depende muchísimo de factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped (Tabla 1). El agua de beber es tan sólo uno de los vehículos de transmisión de enfermedades (O.M.S., 1998). A pesar de ello, sigue siendo la fuente principal de bacterias patógenas en los países en vías de desarrollo debido a la falta de higiene y por fuentes de comida expuestas a patógenos entéricos (Ashbolt, 2004b). Esto conduce a que el 4% de todas las muertes mundiales al año son principalmente por diarreas infecciosas y las infecciones gastrointestinales matan a 2.2 millones de personas cada año en el mundo afectando principalmente a los niños de los países en vías de desarrollo, por lo que el agua contaminada es una importante causa de diarreas, cólera y disentería (Internet ⁴).

Tabla 1. Dosis infectiva de los microorganismos patógenos más comunes transmitidos por el agua.

Categoría	Patógeno	Dosis
Bacteria	<i>Vibrio cholerae</i>	10 ⁸
	<i>Salmonella spp.</i>	10 ⁶⁻⁷
	<i>Shigella spp.</i>	10 ²
	<i>Escherichia coli</i>	10 ²⁻⁹
	<i>Campylobacter spp.</i>	10 ⁶
	<i>Leptospira spp.</i>	3
	<i>Francisella tularensis</i>	10
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	10 ⁹
	<i>Aeromonas spp.</i>	10 ⁸
	<i>Helicobacter pylori</i>	?
	<i>Legionella pneumophila</i>	>10
	<i>Mycobacterium avium</i>	?
Protozoos	<i>Giardia lamblia</i>	1-10
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	1-30
	<i>Naegleria fowleri</i>	?
	<i>Acanthamoeba spp.</i>	?
	<i>Entamoeba histolytica</i>	10-1000
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	?
	<i>Isospora belli</i>	?
	<i>Microsporidium</i>	?
	<i>Balantidium coli</i>	25-100
	<i>Toxoplasma gondii</i>	?
Virus	<i>Poliovirus</i>	1-10
	<i>Coxsackievirus</i>	1-10
	<i>Echovirus</i>	1-10
	<i>Reovirus</i>	1-10
	<i>Adenovirus</i>	1-10
	<i>Rotavirus</i>	1-10
	<i>Coronavirus</i>	1-10
	<i>Astrovirus</i>	1-10

Fuente: Reynolds, 2001b.

Es por eso, que las bacterias patógenas han representado un gran peligro a la humanidad. Así, tenemos el caso del cólera, la fiebre tifoidea y otras infecciones entéricas, cuyo origen no se había descubierto y que no fue sino hasta fines del siglo XIX cuando se descubrió científicamente que estas enfermedades podían ser transmitidas a través del agua. Eventualmente las ciencias físicas y naturales en desarrollo sugirieron formas para prevenir la transmisión de enfermedades hídricas comunes (Tabla 2), estableciendo por otra parte la seguridad, sabor agradable y utilidad económica del agua (Fair, *et al.*, 1997).

Los patógenos tales como el Rotavirus, *Escherichia coli* enterotoxigénica, *Shigella spp*, *Campylobacter jejuni* y *Cryptosporidium parvum* son agentes etiológicos importantes de enfermedades diarreicas en Latinoamérica (Reynolds, 2001a). Otros microorganismos no tan comunes, como las algas azul-verde (Cianobacterias) que causaron estragos durante la primavera del 2000 en Argentina no son utilizados como indicadores de contaminación en la normatividad mundial a pesar de su resistencia a los procesos comunes de desinfección y que como en el caso de virus y protozoos las técnicas para su identificación son muy costosas (Gortáez y Naranjo, 2001).

Tabla 2. Enfermedades hidrotansmisibles por microorganismos patógenos (reporte de algunos patógenos que han aparecido en los últimos 30 años).

Agente bacteriano	Enfermedad
<i>Salmonella Typhi</i>	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella paratyphi</i>	Fiebre paratifoidea
<i>Shigella</i>	Disenteria bacilar
<i>Legionella</i>	Enfermedad del Legionario
<i>Escherichia coli</i>	Fiebre enterohemorrágica, trastorno renal
<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiosis / diarrea
<i>Helicobacter pylori</i>	Úlceras estomacales
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiosis / diarrea
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmosis / Un síndrome glandular parecido a la fiebre; puede causar daño al feto, ocasionando el aborto.
<i>Vibrio cholerae</i>	Diarrea, cólera
<i>Campylobacter jejuni</i>	Diarrea
Rotavirus	Diarrea
Virus Hepatitis E	Hepatitis
Calicivirus	Diarrea
<i>Cyclospora</i>	Ciclosporiasis / diarrea

Fuente: Bitton, 1994 y Reynolds, 2001b.

2.2. Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal.

Las investigaciones epidemiológicas indican que la calidad de los servicios de abastecimiento de agua influyen en la salud, lo mismo que el comportamiento higiénico y el saneamiento (O.M.S., 1998). Esto nos da idea de la importancia que tiene la detección e identificación de las bacterias patógenas que pueden estar presentes en el agua. Por estas razones se han buscado bacterias o grupos de bacterias que pudieran utilizarse como indicadores de la presencia de las patógenas, esto es, indicadores de contaminación fecal (Cortés, 2004). Así, los grupos indicadores de la calidad bacteriológica del agua que más se asemejan a un indicador de contaminación ideal y que se usan en pruebas de rutina son los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales (S.A.R.H., 1981).

La determinación de las bacterias indicadoras de contaminación fecal en el agua de beber constituye un método muy sensible para la evaluación de la calidad de la misma. De igual manera se usan para determinar la calidad del agua “natural” pudiendo evaluar el grado de contaminación en el que se encuentra y también para saber si las formas de desinfección son las adecuadas. La utilización de organismos normalmente presentes en el intestino como indicadores de contaminación fecal han sido universalmente aceptados para el control y la evaluación de la calidad microbiológica del agua (P.I.S.Ch., 2002).

Las características que debe reunir un grupo de organismos para ser considerados como indicadores de contaminación son las siguientes:

- ❖ Debe de estar presente siempre que estén los patógenos.
- ❖ Su densidad debe de estar asociada con la contaminación fecal.
- ❖ Debe sobrevivir en el agua más tiempo que los patógenos, pero su desaparición debe de ser inmediatamente posterior a la de aquellos.
- ❖ No debe multiplicarse en el agua.
- ❖ Debe estar ausente en aguas bacteriológicamente potables.
- ❖ No debe ser patógeno para el hombre ni animales domésticos.

Puesto que *E. coli* está presente en grandes cantidades en las heces fecales del hombre y de algunos animales de sangre caliente, es considerado un indicador fiable de contaminación fecal reciente en el agua (P.I.S.Ch., 2002).

Las técnicas para su análisis deben de ser sencillas, rápidas, aplicables en cualquier tipo de aguas y no deben presentar interferencias por otras bacterias (Cortés, 2004). Los análisis bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la aptitud de un agua para un determinado uso. Estas modificaciones complejas pueden ser favorables o desfavorables según la finalidad de uso prevista (Seoanez, 1999). Por lo tanto el examen bacteriológico del agua representa el método mas sensible y específico para detectar contaminación fecal reciente potencialmente peligrosa, cosa que un simple examen químico no lograría identificar (P.I.S.Ch., 2002).

Edberg (2004), menciona la utilización de la técnica por conteo de placas de bacterias heterotróficas o Heterotrophic Plate Count (HPC), para saber la concentración de éstas en comida, agua y sistemas de filtración de agua, concluyendo que la concentración de HPC ingeridas por medio del agua de beber es relativamente inversa a la concentración de los productos de desinfección en el agua final.

La detección de bacterias patógenas es difícil y costosa, por lo que se ha utilizado un grupo de bacterias como indicadoras de contaminación fecal. Es por eso que desde hace largo tiempo los microorganismos coliformes han sido considerados como un indicador microbiano apropiado de la calidad del agua potable, en gran parte porque son fáciles de detectar y de enumerar en el agua (O.M.S., 1998). El grupo coliforme comprende a todos los bacilos Gram-negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa a 35°C, por 24-48 horas con producción de ácido, gas y aldehídos (Seoanez, 1999; P.I.S.Ch., 2002).

Dentro de las bacterias coliformes, se han considerado a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, y otras especies que raramente o nunca se encuentran en las heces y pueden multiplicarse en aguas potables de una calidad relativamente buena, por ejemplo: *Serratia fonticola*, *Rabnella aguatilis* y *Buttiauxela*

agrestis (O.M.S., 1998). El grupo coliforme de origen fecal comprende a la bacteria *Escherichia coli* siendo el más sensible a las condiciones ambientales, por lo que su presencia indicará una contaminación reciente (Pelczar *et al.*, 1988).

Como en el caso de las costas del Mar Negro en donde Yukselen *et al.* (2003), utilizaron a los organismos coliformes totales como indicadores de contaminación, realizando experimentos que consistían en la exposición del agua de dicho mar a radiación solar y temperatura constantes (de 9-26°C y de 20-60 cal/cm² respectivamente) posteriormente, el agua fue analizada por medio de la técnica de Filtro de Membrana. Concluyendo que el factor de la temperatura no determina la muerte de los organismos, sin embargo la radiación solar es el factor más significativo para la inactivación de los coliformes.

Así pues, la prueba de coliformes se puede utilizar como indicador tanto de la eficacia del tratamiento como de la integridad del sistema de distribución. Aunque es posible que los microorganismos coliformes no siempre estén directamente relacionados con la presencia de contaminación fecal o de agentes patógenos en el agua de beber, la prueba de coliformes sigue siendo útil para vigilar la calidad microbiana de los abastecimientos de agua canalizada sujetos a tratamiento (O.M.S., 1998).

Debido a la gran importancia que tiene para la salud pública el contar con agua de buena calidad para consumo humano, se recomiendan algunos valores enfocados hacia la calidad bacteriológica del agua:

- ❖ Si se detectan *E. coli* o bacterias coliformes totales es necesario emprender una acción de investigación inmediata. Como mínimo, en el caso de las bacterias coliformes totales, hay que repetir el muestreo; si en la muestra repetida se detectan estas bacterias, hay que determinar inmediatamente la causa mediante una nueva investigación.
- ❖ Para el caso de toda el agua destinada a la bebida; aunque *E. coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal, el recuento de las bacterias coliformes termotolerantes es una solución alternativa aceptable. Si es necesario, deben realizarse las pruebas confirmatorias adecuadas. Las bacterias coliformes totales

no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria de los abastecimientos de agua rurales, en particular en las zonas tropicales, donde se encuentran muchas bacterias que carecen de importancia sanitaria en casi todos los suministros no tratados.

- ❖ Y finalmente, se ha comprobado que en la gran mayoría de los abastecimientos de agua rurales de los países en desarrollo la contaminación fecal es muy común. En estas condiciones, el organismo nacional de vigilancia debe establecer metas a plazo medio par el mejoramiento gradual de los abastecimientos de agua (O.M.S., 1998).

Sin embargo no sólo en el agua proveniente de los abastecimientos se pueden encontrar organismos patógenos, también los podemos encontrar en el agua embotellada como en el caso de la Isla de Trinidad y Tobago, en donde Bharath *et al.*, 2002, analizaron 262 (76.2%) y 82 (23.8%) muestras de agua embotellada del país y de marcas importadas respectivamente. Los resultados mostraron que 18 (5.2%) de 344 muestras presentaron una media de 0.88 ± 6.38 de coliformes/100 ml, mientras que 5 (1.5%) contenían *E.coli*. La presencia de coliformes en el agua del país fue de 6.9% (18 de 262) en comparación con las marcas importadas que fue de 0.0% (0 de 82) y por otro lado 26 (7.6%) del total de las muestras de agua presentaron especies de *Pseudomonas*, pero todas fueron negativas a coliformes termotolerantes y *Salmonella* spp.

De igual forma en México las aguas embotelladas presentan problemas de contaminación como lo indica Robles *et al.* (1999), en un estudio que realizaron en la Ciudad de México y Área Metropolitana efectuando 265 muestreos en garrafones de plástico y vidrio, así como en botellas de plástico (2-5 L), de 39 marcas de agua que se distribuyen y son compradas en la Ciudad de México. Los parámetros que se analizaron fueron: conteo de coliformes totales y fecales, alcalinidad, conductividad, concentraciones de calcio y magnesio, pH, entre otros. Concluyendo que para las pruebas fisicoquímicas todas las muestras se encontraron dentro del límite permisible establecida por la Norma Oficial Mexicana, y en cuanto a los coliformes los garrafones excedieron los límites, presentando una calidad bacteriológica extremadamente variable, recomendando que se tomen medidas sanitarias.

3. Procesos de desinfección y Filtros Purificadores de Agua.

El agua limpia, por naturaleza proviene exclusivamente de una fuente o cuenca con la misma característica. Por consiguiente, los responsables de las obras hidráulicas deben conocer profundamente el área de captación del abastecimiento, así como si existen corrientes y lagos extensos u obras subterráneas de suministro hasta distancias considerables de la fuente. Es una gran responsabilidad la protección de la fuente de abastecimiento durante la construcción y reparaciones. Las plantas modernas de purificación pueden construirse en gran variedad para satisfacer las necesidades de la comunidad. Independientemente de la calidad del agua natural, pueden producirse efluentes con la seguridad, claridad y composición química deseadas mediante métodos adecuados de tratamiento.

Todas las aguas superficiales y muchas de las subterráneas deberán desinfectarse, aún cuando parezcan estar limpias y presumiblemente seguras, ya sea en su estado natural o después de su tratamiento. Sin embargo, esta obligación no implica el suministro de una solución diluida de desinfectante al consumidor, hasta en la última llave del sistema de distribución.

Las obras hidráulicas captan el agua de las fuentes naturales de suministro, la purifican, si es necesario y la entregan al consumidor. El control de la calidad del agua interviene en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas. Se inicia con la preparación, supervisión y mantenimiento de las áreas de captación de las fuentes abastecedoras; continúa a través de los ductos, plantas de purificación y sistemas de distribución y alcanza hasta los accesorios domésticos y equipos de manufactura a los que se suministra el agua (Fair *et al.*, 1997).

Existen diferentes métodos para desinfectar el agua, sin embargo determinar cual debe utilizarse puede ser una tarea bastante extensa, según la calidad del agua cruda y cambios en condiciones ambientales las tres opciones básicas son: tratamiento por calor (pasteurización, ultrapasteurización, destilación, etc.), por irradiación (luz U.V.) o mediante el uso de productos químicos (clorados y no clorados). Otros son los métodos físicos

basados en la exclusión por tamaño, como en el caso de filtros y membranas (microfiltración, nanofiltración, electrodiálisis, ósmosis inversa y electrodesionización) (Juárez, 2004).

3.1. Cloración.

El objetivo principal del tratamiento del agua es proteger a los consumidores de organismos patógenos y de las impurezas desagradables o peligrosas para la salud (P.I.S.Ch., 2002). La desinfección es de importancia incuestionable en el abastecimiento de agua para beber. La destrucción de los patógenos microbianos es indispensable y generalmente exige el empleo de agentes químicos reactivos como el cloro. El uso de desinfectantes químicos suele dar lugar a la formación de subproductos químicos, algunos de los cuales pueden ser peligrosos (O.M.S., 1998), como el cloroformo (CHCl_3) y los trihalometanos (THMs), la mayoría formados cuando el cloro reacciona con sustancias orgánicas derivadas de la descomposición de plantas y animales, ambos sub-productos presentan altos riesgos de contraer cáncer en las personas que consumen agua con niveles altos de cloración (Gibbons y Laha, 1999).

El propósito principal de añadir el cloro al agua es destruir las bacterias y otros microorganismos, la eficacia bactericida del cloro y de sus compuestos depende de los mismos factores que rigen su acción química como: periodo de reacción, temperatura, concentración de iones hidrógeno y concentración de compuestos que consumen cloro, por lo tanto, un aumento del tiempo de reacción o de la concentración de cloro aumentará las propiedades bactericidas. La capacidad bactericida del cloro disminuye considerablemente con el aumento de los valores de pH y temperatura (Andrew, 2003). Las concentraciones residuales de cloro o amonio-cloro en el agua de los suministros de distribución mantienen bajos los crecimientos bacterianos en los sistemas de distribución (Fair *et al.*, 1997).

3.2. Técnicas Híbridas.

Una variedad de técnicas físicas y químicas han sido utilizadas rutinariamente para la desinfección del agua potable incluyendo la cloración (Hass *et al.*, 1990), ozonificación

(Labatiuk *et al.*, 1992) y la luz ultravioleta (Meyer y Reed, 2001; Qualls *et al.*, 1989). Las técnicas híbridas empleadas en combinación con varias técnicas de oxidación pueden dar como resultado la generación de suficiente potencial oxidante para lograr la purificación del agua (Jyoti y Pandit, 2003). Se han reportado en la literatura técnicas de éste tipo que incluyen la combinación de radiación UV y ozonificación para el tratamiento de ácidos húmicos y compuestos orgánicos de peso molecular bajo, combinación de ultrasonicación y ozonificación para la degradación de compuestos aromáticos (Simpson y Hayes, 1998), inactivación de microorganismos y desinfección de agua. Los procesos de oxidación avanzados que son una combinación de ozono y peróxido de hidrógeno han sido utilizados para la desinfección del agua (Save *et al.*, 1994).

Ha *et al.* (2004), realizaron un trabajo conjunto del efecto del cloro en adsorción/ultrafiltración para remover materia orgánica del agua para beber. Se compararon dos adsorbentes, el carbón activado (polvo) y partículas de óxido de hierro, para comprender el comportamiento de adsorción de la materia orgánica del agua clorada y no clorada. Concluyendo que el cloro modifica las propiedades de disolver la materia orgánica en agua cruda, durante la ultrafiltración con partículas de óxido de hierro; de igual forma mencionan que si éstas se encuentran en suspensión o formando una capa afectan la remoción de la materia orgánica y por último mencionan que el cloro juega un papel importante para reducir el tamaño de las partículas de materia orgánica en agua cruda.

De igual forma Jyoti *et al.* (2003), menciona que la desinfección del agua potable se puede llevar a cabo por medio de técnicas híbridas, utilizando la cavitación hidrodinámica, cavitación acústica y el tratamiento con químicos tales como el ozono y el peróxido de hidrógeno. Mencionando que el fenómeno de la cavitación va a actuar con la formación de burbujas de vapor en el agua, generando una presión alta que va a afectar a las células de los microorganismos presentes en el agua. Concluyendo que, las técnicas híbridas no sólo reducen la placa de bacterias heterotróficas (UFC/ml), sino que también reduce los coliformes totales y fecales y de igual forma a los estreptococos fecales, siendo éstos considerados como indicadores de contaminación en el agua de beber. Así como también una reducción considerable de la formación de sub-productos tóxicos.

3.3. Ozonificación.

No menos efectivo se encuentra el ozono, que es otro oxidante generado mediante descargas de alto voltaje, dicho gas es un reactivo químico no convencional en el sentido de que se ha de generar “*in situ*” durante el proceso de tratamiento. La ozonificación es un método de tratamiento de aguas que está siendo cada vez más utilizado debido al gran poder oxidante del ozono frente a sustancias inorgánicas presentes en el agua y que no son eliminadas convenientemente con cloro, además de su elevado poder germicida de la flora microbiana del agua. En lo referente a la acción del ozono frente a los virus y microorganismos que tienen la capacidad de formar esporas, podemos decir que su acción es superior a la del cloro (Figueruelo y Marino, 2001; Bollyky, 2001; Jyoti *et al.*, 2004), ya que al tener la propiedad de ser un radical libre que destruye prácticamente cualquier molécula o compuesto existente en el agua. Sin embargo tiene una rápida destrucción (vida media de 2 a 12 hrs) dependiendo de la temperatura, pH, compuestos orgánicos y luz entre otros (Bollyky, 2001; Agolini *et al.*, 2001; Ashbolt, 2004a). Es por eso que su tiempo de persistencia en el agua es mínimo, lo que puede permitir la infiltración de microorganismos en el trayecto que transcurre desde su aplicación al consumo a través de los poros de las tuberías (Figueruelo y Marino, 2001). Por su alta capacidad oxidante debe manejarse con precaución y observar su factor de concentración, que es la cantidad por litro (mg/L) por tiempo (min.) adecuada para una desinfección efectiva, de igual forma se debe observar el agua que se está tratando para evitar la creación de subproductos como la creación de bromuros que son altamente tóxicos (Agolini *et al.*, 2001; Albicker, 2002).

3.4. Luz Ultravioleta (UV).

El término ultravioleta o luz “UV”, como usualmente se conoce, es uno de los medios probados para tratar aguas contaminadas biológicamente. Esta simple y segura tecnología es conveniente para pequeños flujos residenciales, así como también grandes flujos en proyectos comerciales e industriales (Lupal, 2001).

La radiación ultravioleta (UV) es una región de energía del espectro electromagnético que yace entre la región de los rayos X y la región visible, está dividida en 4 regiones: UV vacío es en las gamas de 200 a 390nm; UV-A u onda larga ultravioleta de los 315- 400nm,

es representado por la luz solar. Este rango tiene poco valor germicida; UV-B u onda media ultravioleta de los 280- 315nm, es mejor conocida para su uso en lámparas. Proveen de algún poder germicida si la exposición es suficiente, y, UV-C u onda corta ultravioleta de los 200- 300nm que es donde mejor ocurre el efecto germicida (Figura 1). Así, el mayor efecto germicida se obtiene en los 265nm, (Lupal, 2001; Juárez, 2004). El efecto germicida ocurre cuando la luz UV hace contacto con los microorganismos que contiene el agua y penetra su membrana exterior destruyendo el DNA, impidiendo su reproducción (Pérez de Caso, 2002).

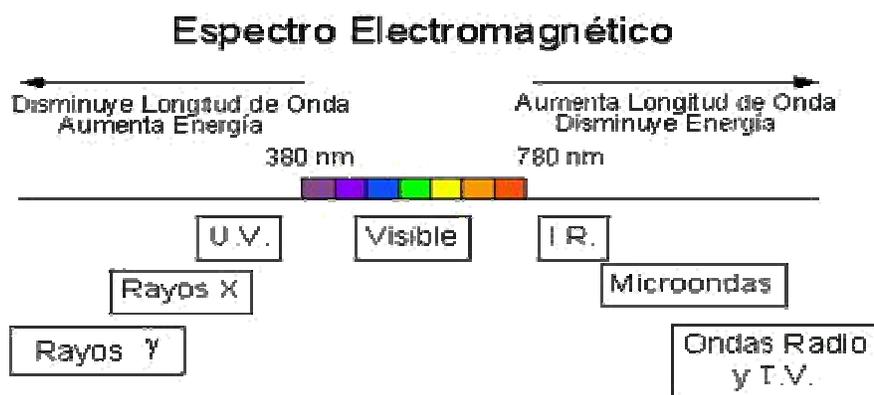


Fig. 1 Ubicación de las diferentes longitudes de onda en el espectro electromagnético.

La luz UV es generada por lámparas de cuarzo por las que atraviesa una carga eléctrica a través de gas mercurio, dividiéndose en tres tipos: de baja presión (254 nm), presión media (180 nm) y las de alta presión emitiendo otras longitudes de onda. La exposición de la dosificación se mide en intensidad por tiempo por área, que es igual que ($\text{mW}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ ó mJ/cm^2). Hoy en día se usa una lámpara de gas Xenón a base de pulsaciones teniendo una irradiación muy alta ($75\text{mW}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$), la cual ha demostrado ser muy eficaz contra protozoos, debido al daño fotoquímico al DNA o al RNA del organismo (Zanardi *et al.*, 2003). Se ha encontrado que una dosis adecuada de luz UV para poder dañar a los quistes de *G. lamblia* y a los oocitos de *Cryptosporidium* es de $40 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ para aguas residuales y no menor de $16 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ para agua superficial o potable (Volkov *et al.*, 2003).

De tal forma que el empleo de luz solar (radiación UV) es otra alternativa para eliminar los agentes patógenos del agua de consumo humano como lo mencionan Meyer y Reed (2001), que realizaron un estudio en Pretoria un poblado de Sur-África utilizando la luz solar

(radiación UV-A y UV-B) y el oxígeno (del aire atmosférico) para inactivar y/o matar las bacterias coliformes presentes en el agua contaminada. Este proceso natural no representa ningún riesgo químico o uso de sofisticado y costoso equipo. Este estudio fue aplicado a agua de uso doméstico obteniendo como resultado que las muestras con control UV-A presentaron una reducción de coliformes totales (CT) de 43% y de fecales (CF) del 30%, mientras que las de control UV-B fue de 31% para CT y de 32% para CF, ambos en un período de 7 horas, para el experimento “radiación UV y oxígeno” el resultado de inactivación/destrucción resultó del 100% para ambos microorganismos (CT y CF) a una exposición de 6 y 4 horas respectivamente. Concluyendo que el proceso “solar” puede resultar ser un método eficiente y económicamente factible y que puede utilizarse para la desinfección del agua para consumo humano.

Así mismo, en el Municipio de Guachochin en la Sierra Tarahumara del estado de Chihuahua (México), Martín-Domínguez *et al.* (2003), realizaron un estudio para ver la eficiencia de la radiación solar en la inactivación de los coliformes totales y *Escherichia coli* en el agua de beber de la comunidad, ya que carecen de sistemas de suministro de agua, obligando a la población a consumirla directamente de los lagos, ríos y/o los pozos poco profundos. El estudio se realizó durante varios meses en las estaciones húmedas y secas del año, utilizando botellas comerciales de agua embotellada dividiéndolas en tres; 1) botellas completamente transparentes, 2) botellas pintadas de negro a la mitad en su eje longitudinal y 3) botellas completamente pintadas de negro, siendo las tres expuestas a la luz directa del sol durante el día. Los resultados demostraron que las botellas parcialmente pintadas de negro requieren únicamente 2 horas para una inactivación eficiente de CT y *Escherichia coli*, ya que alcanzan temperaturas de 65°C, mientras que las botellas transparentes sólo alcanzan los 50°C.

3.5. Filtración.

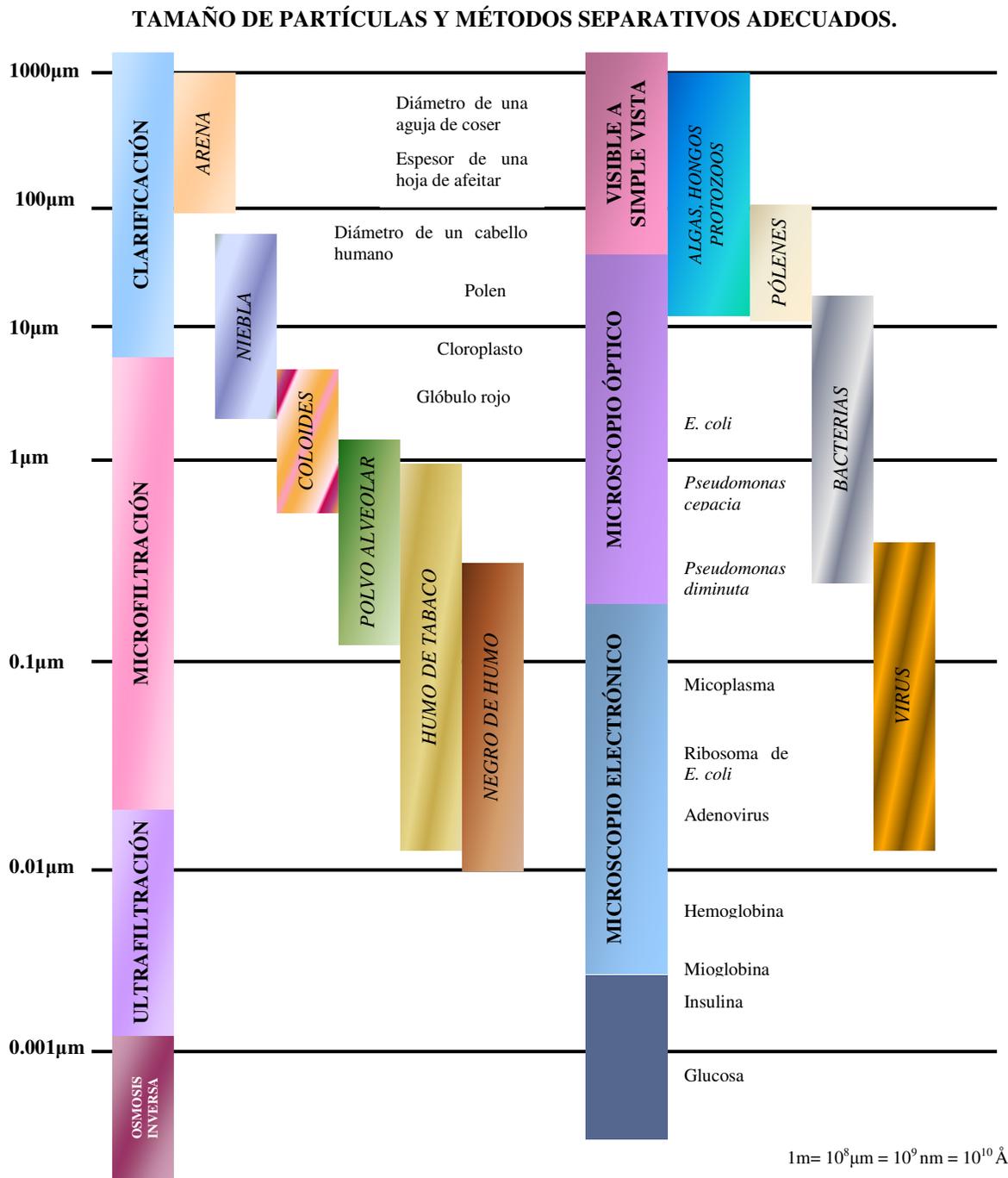
Otra alternativa que se encontró para solucionar el problema de contar con agua de buena calidad es la filtración, que no es más que la acción mecánica en la que se lleva a cabo la remoción de sólidos suspendidos al pasar el agua a través de un medio poroso. Dependiendo del tamaño del poro muchas partículas no pasan por los intersticios del filtro.

La filtración es una operación importante en el pre-tratamiento de agua que se emplea para consumo humano, sobre todo cuando le siguen tratamientos más finos de purificación en los cuales la eficiencia del tratamiento depende de las características del agua de alimentación. En la filtración se elimina toda la materia suspendida presente en el agua para así disminuir la turbidez (Figura 2). Los filtros convencionales para remover los sólidos suspendidos del agua pueden ser a presión o por gravedad (Guime, 2002).

El primer filtro de agua fue construido en 1804 por John Gibb en Paisley, Escocia; años más tarde el Ingeniero James Simpson, en 1829, construyó filtros de considerable tamaño para la Chelsea Water Company, con objeto de mejorar su suministro del río Támesis (Fair *et al.*, 1997).

Al paso del tiempo y de acuerdo con las necesidades del hombre, se empezaron a construir filtros de dimensiones más pequeñas para ser utilizados en los hogares e inclusive en oficinas, para obtener mejor calidad de agua para beber. Los utilizados en los hogares son ideales para ser colocados en la cocina (dimensiones: altura: 14 cm, ancho: 10 cm, largo: 30 cm), van a eliminar bacterias, hongos, virus, sedimentos, quistes, cloro, metales y sustancias químicas y orgánicas; sin embargo requieren de un mantenimiento continuo, en donde el cartucho de sedimento debe ser cambiado de 3-6 meses (dependiendo de la calidad del agua). Tanto el cartucho de carbón activado como la lámpara de luz UV se deben cambiar cada año, teniendo esta última un rendimiento de 9,000 horas de uso (Internet ⁵).

Peregrina (2003), señala que cierto tipo de agua esta relacionada con las infecciones y desarrollo de enfermedades, por eso es indispensable saber distinguir el agua potable. Investigadores del Instituto Mexicano Tecnológico de Agua (I.M.T.A.) en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.) han producido un filtro solar de paredes planas que probaron en comunidades rurales. Este dispositivo fue diseñado con el fin de mejorar la eficiencia de la desinfección solar del agua para consumo humano. Entre las principales ventajas de este método destaca su alta efectividad en la inactivación de coliformes totales y fecales.



Fuente: Millipore, 2001.

Fig. 2 Tamaños de partículas suspendidas, microorganismos en el agua y los métodos separativos adecuados.

3.6 Diferentes tipos de Filtros Purificadores de agua.

Los filtros que se encuentran en el mercado son construidos con diferentes materiales para llevar a cabo la filtración, los más comunes son los siguientes:

3.6.1. Filtros de Carbón Activado.

El objetivo de los filtros de carbón activado es eliminar olores, sabores y colores presentes en el agua o que se producen durante la oxidación, así como otros tipos de moléculas orgánicas. El fenómeno de eliminación en el carbón activado es exclusión del tamaño y adsorción (Figura 3). Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un filtro con carbón activado, ya sea en bloque o granular, sumamente eficiente para remover el cloro y sólidos pesados; el carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes, Figuras 4 y 5 (Hall, *et al.*, 2001; Kocher *et al.*, 2004; Internet ^{6,7}).



Fig. 3 Adsorción en la superficie de un grano de carbón activado.

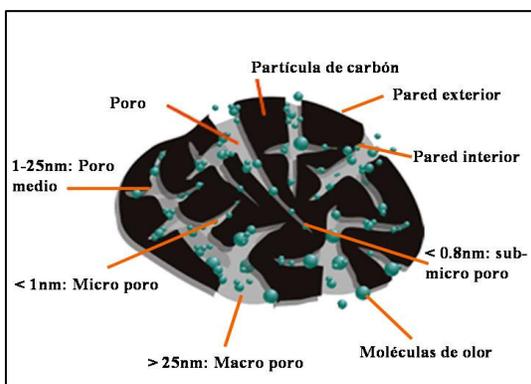


Fig. 4 Estructura de carbón activado.

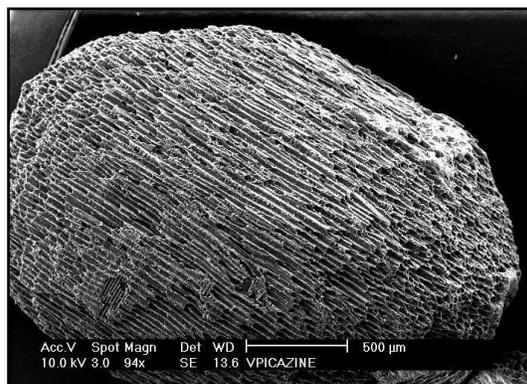


Fig.5 Carbón activado.

Un ejemplo de éste tipo de filtros es “Filtroplás paso 2” (Figura 6) que incluye un cartucho filtrante de carbón activado impregnado con plata intercambiable cada 3 meses. Elimina olor, sabor y color al agua, de igual forma retiene prácticamente todos los sedimentos y

residuos de las tuberías: óxido ó asbesto sin arrastrar residuos de carbón. Quita más del 98% de bacterias y hasta el 95% de otros contaminantes como el cloro, detergentes, pesticidas, herbicidas y metales. La eficiencia en retención de bacterias mesófilas ha sido verificada por el Laboratorio Nacional de Salud Pública dependiente de la Secretaría de Salud Pública. El uso de filtroplas da como resultado obtener agua limpia, libre de sedimentos, bacterias y sustancias químicas eliminando el sabor, olor o color que pudiera tener el agua, antes de ser filtrada (Rotoplas, 2004).



Fig. 6 “Filtroplas paso 2”; cartucho de carbón activado.

3.6.2. Filtros de Arenas, Multimedia, Multicapa, Lecho Profundo.

Los filtros comunes a presión constan de tanques cilíndricos (verticales u horizontales) conteniendo una cama de dimensiones adecuadas, del material filtrante, éste puede ser arena, grava o bien antracita. El agua entra por la parte superior, pasa a través del lecho filtrante y se recoge por drenes al fondo del tanque, Figura 7 (Guime, 2002).



Fig. 7 Filtro de Arena.

Un lecho de medios filtrantes apilados o de dos capas (medio dual) es una respuesta para proporcionar una filtración de gruesa a fina en un patrón de flujo descendente. Es un trabajo mecánico para remover todas las partículas suspendidas en el agua. Para la producción de agua potable, eliminación de hierro, tratamiento de agua coagulada y eliminación de color, un flujo de 2 gpm/pie² normal a 3 máximo (Perry *et al.*, 1994; Internet ⁸).

Dentro de este tipo de filtros se encuentra “Filtroplas paso 1” (Figura 8), ya que es un filtro de sedimentos (sólidos en suspensión) que retiene partículas de tamaño superior a 50μ (0.0005cm), el agua filtrada es totalmente cristalina y puede usarse en todos los servicios de la casa; cocina, baño, lavadero y sanitario (Rotoplas, 2004).



Fig. 8 “Filtroplas paso 1” cartucho de sedimentos.

3.6.3. Otros tipos de filtros.

Los filtros de purificación de ozono emplean básicamente este agente oxidante, que además es clarificador y desinfectante. Eliminan las bacterias y los hongos más rápido que el cloro, (factor que se presenta comúnmente en el sistema de agua embotellada, debido a sus procesos de transporte, almacenaje y manipulación). Sin embargo el precio de este tipo de filtros es elevado, requieren mantenimiento constante, instalación especial y energía eléctrica (Revista del Consumidor, 2000).

Los filtros purificadores de cerámica tienen un costo muy bajo y su mantenimiento es sencillo, pero retienen únicamente materia en suspensión como sedimentos o basura dejando pasar en algunas ocasiones gérmenes y bacterias, además de que no contienen

ningún tipo de esterilizante (Revista del Consumidor, 2000). Dentro de éste tipo de filtros podemos encontrar los de la marca Turmix, teniendo una gran eficiencia en la remoción de *Giardia*, coliformes y otro tipo de bacterias, de igual forma en virus y minerales químicos con un 99.9% de eficacia. Normalmente su agua producto, es considerada adecuada para la preparación de comida en los hogares, Figura 9 (Katadyn, 2004).



Fig. 9 Funcionalidad del filtro de la Marca Turmix.

Los filtros de luz ultravioleta purifican el agua en varias etapas: primero pasa por un filtro que retiene partículas en suspensión, posteriormente por uno de carbón activado que elimina olor, sabor y color de agua, también retiene el cloro existente. Por último purifica el agua con luz ultravioleta, la cual calcina las bacterias. El mantenimiento de estos aparatos es costoso debido a que es indispensable cambiar los filtros y una lámpara de luz ultravioleta, lo cual constituye un consumo adicional de electricidad (Revista del Consumidor, 2000).

Los filtros purificadores de cápsula retienen bacterias, sedimentos y químicos diluidos, así como materia orgánica, olores y sabores. Tienen un precio económico, requieren un mínimo de mantenimiento, necesitan retrolavarse cada tres meses, son desechables y deben sustituirse al término de su vida útil o capacidad de purificación (Revista del Consumidor, 2000).

3.7. Microfiltración.

La microfiltración se lleva a cabo generalmente mediante elementos filtrantes llamados cartuchos. Existen dos tipos: los de contacto o superficie, donde el lecho filtrante es una capa delgada de celulosa, nitrocelulosa o alguna fibra sintética y los de profundidad que como indica, el lecho es una gruesa capa donde el filtrado no se lleva a cabo solo en la superficie sino también en la profundidad del mismo (Hall *et al.*, 2001).

Los filtros con cartuchos de microfibra de polipropileno, son compactos y altamente densos, lo que mejora la calidad de filtración comparada con los de contacto. Existen con capacidad de retención nominal (promedio de la abertura de poro) de hasta 0.5 μ , aunque hoy en día se pueden encontrar filtros con capacidades de retención absoluta (abertura total del poro) de hasta 0.1 μ , lo cual incrementa la calidad del agua filtrada, pero aumenta la caída de presión y disminuye el tiempo de vida de cada cartucho.

4. Criterios de la Calidad Bacteriológica del Agua (CBA).

La calidad del agua se define en relación con el uso o actividad a la que se quiera dedicar y por ello no podemos hablar de buena o mala calidad en abstracto, sino que cada actividad exige una calidad adecuada. Para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua puedan originar en su calidad, se emplean parámetros físicos, químicos y biológicos. Con el fin de poder establecer los límites dentro de los cuales una modificación de los compuestos del agua pueda ser aceptada de manera que no resulte impropia para los distintos usos o para el medio mismo, se establecen distintas limitaciones en las reglamentaciones internacionales.

Los criterios ecológicos de calidad del agua permiten precisar los niveles máximos permisibles de las sustancias que se encuentran en ésta, para poder calificar a los cuerpos de agua, como aptos de acuerdo con su uso. Estos criterios, establecidos con base en los niveles de los parámetros y de las sustancias que se encuentran en el agua, varían ampliamente en calidad y cantidad de acuerdo a las condiciones naturales de los cuerpos de agua, al avanzado deterioro que presentan algunos de estos cuerpos, a las condiciones

ambientales necesarias para la existencia y el desarrollo normal de los organismos en un ecosistema y a los diversos efectos que ocasiona la variación de las características físicas, químicas y biológicas del agua, entre especies y aún entre individuos de la misma especie, así como a los principales usos del agua.

Los criterios ecológicos de la calidad del agua en la fuente de abastecimiento para agua potable y con fines recreativos, se enfocan a la protección de la salud humana, basándose en las propiedades carcinogénicas, tóxicas u organolépticas (color, olor o sabor) de las sustancias, así como en los efectos que éstas puedan causar a los organismos que se encuentran presentes en el agua. En este caso, los criterios no se refieren a la calidad que debe tener el agua para ser ingerida, sino a los niveles permisibles en el cuerpo de agua que se pretenda utilizar para proveer agua para consumo humano (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1989).

De acuerdo a los criterios ecológicos se define la calidad del agua como: ***Calidad para uso como fuente de abastecimiento de agua potable***: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizado como abastecimiento de agua para consumo humano, debiendo ser sometida a tratamiento cuando no se ajusta a las disposiciones sanitarias sobre agua potable (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1989).

La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Menciona que el abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas. Por tal motivo, para considerar que el agua tenga la calidad bacteriológica adecuada para consumo humano, ésta debe cumplir con los valores máximos permisibles establecidos en salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización (D.O.F., 2000).

Tabla 3. Límites bacteriológicos que debe presentar el agua para uso y consumo humano.

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales.	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes.	Ausencia o no detectables

Sin embargo cuando el agua potable es sometida a procesos de purificación para su comercialización se deben aplicar los criterios de calidad bacteriológica que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002. Productos y servicios, Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias (D.O.F., 2002).

Tabla 4. Límites bacteriológicos que deben presentar los Productos y servicios. Agua y hielo para consumo Humano, envasados y a granel.

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE
Coliformes totales	< 1.1 NMP/100ml

III.- JUSTIFICACIÓN

El problema de la contaminación creciente de las aguas continentales contribuye de manera muy significativa a la disminución de la disponibilidad del vital líquido para una población mundial que crece aceleradamente.

Masari (2003), menciona que la cantidad de agua con la que contamos en la tierra no aumenta ni disminuye pero la población humana sí ha crecido y con ella la necesidad que se tiene de este recurso, concluye que el agua utilizable por el ser humano se ha reducido en gran medida lo que en pleno siglo XXI nos lleva a enfrentar una importante crisis mundial en torno al agua.

A un mayor crecimiento de la población el agua dulce es susceptible de contaminarse con desperdicios industriales, pesticidas y toda una gama de impurezas indeseables, por lo que actualmente el agua como material único e insustituible para la vida humana requiere de tratamientos a nivel de grandes plantas potabilizadoras (Mundet, 1994). Sin embargo el riesgo para la salud aún persiste ya que en los ductos de abastecimiento, tratamiento y distribución, existen puntos donde el producto se puede contaminar, así como en los tinacos y otras instalaciones de los usuarios. Si a esto añadimos que en algunos países en vías de desarrollo el agua potable de la red municipal no es de buena calidad y en muchas partes del mundo no se cuenta con ella, por lo tanto, los riesgos de contraer alguna infección por consumo de agua contaminada son muy altos (Gemex, 1984; Ibáñez, 2000).

En un estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud en 1984, se determinó que aproximadamente el 75% de los sistemas de aguas locales y municipales en América Latina y el Caribe estaban mal desinfectados o carecían de sistemas de desinfección (Aguilar-Prieto, 2000). De igual forma cabe destacar que en la zona Metropolitana de la Ciudad de México, las enfermedades infecciosas gastrointestinales son el principal problema de salud siendo la población infantil especialmente la más vulnerable a este tipo de padecimientos que a menudo provocan diarrea aguda y en ocasiones, la muerte por deshidratación (Montes, 2002).

En México las enfermedades gastrointestinales asociadas al beber agua contaminada por bacterias siguen ocasionando un mayor número de mortalidad, como el caso del cólera, en donde la Pan American Health Organization reportando para México durante el periodo de 1991- 2002 un total de 45,582 personas que presentan ésta enfermedad y 542 que mueren por la misma. Algunas personas consideran que una solución para contar con agua de buena calidad para su consumo es la instalación de filtros purificadores, sin embargo, muchas veces la falta de mantenimiento puede convertir a éstos en un foco importante de contaminación, por tal motivo se hace necesario y de gran importancia conocer la calidad bacteriológica del agua que proviene de los filtros “caseros” y así primero, verificar si realmente los filtros cumplen con la función purificadora y en caso de hacerlo conocer cuales son las marcas más confiables para la salud, ya que los usuarios pueden creer que están tomando agua de buena calidad sin sospechar que tal vez sus equipos puedan estar contaminados por agentes patógenos que pueden afectar su salud.

IV.- OBJETIVOS

Objetivo general.

- Evaluar la eficiencia de remoción de bacterias de filtros purificadores, en casas y/u oficinas en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Objetivos particulares.

- Determinar la presencia y cuantificación de coliformes totales y fecales en filtros purificadores de agua.

- Elaborar y aplicar un cuestionario para obtener información de los filtros como: marca, tipo de mantenimiento, entre otras preguntas.

- Relacionar los resultados analíticos con la información recabada en los cuestionarios.

V.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Ciudad de México está situada en la parte sur de la Cuenca de México (extenso valle de montañas con una altura aproximada de 2,200 m.s.n.m.), y rodeada por montañas de origen volcánico con altitudes de 5,000 m.s.n.m. Es el centro cultural, económico e industrial de la nación. Con una población aproximada de 22 millones para el año 2000 (INEGI, 1991), con el crecimiento de la urbe al paso de las décadas, el Área Metropolitana está conformada por el Distrito Federal (con 16 Delegaciones Políticas) y 17 Municipios de su vecino el Estado de México, Figura 10 (N.A.C., 1995).



Fig. 10 Mapa del área de estudio.

VI.- MATERIAL Y MÉTODOS

1. Elaboración del cuestionario.

Se elaboró un cuestionario de preguntas abiertas de acuerdo a Hernández *et al.*(2000), con el objetivo de recabar información acerca del filtro como: marca, tiempo de uso, tipo de mantenimiento, etc.; de igual forma datos referentes al sistema de agua con el que se suministra el filtro. (Anexo 1).

2. Trabajo de Campo.

El estudio se realizó en 100 casas habitación ubicadas en diferentes zonas del área metropolitana, las casas se seleccionaron en forma aleatoria y que contaran con filtros purificadores de agua. Después de tener ubicadas las casas, se prosiguió a la visita de éstas para obtener la muestra y recabar la información por medio del cuestionario.

Para la recolección de las muestras de agua se utilizaron bolsas estériles de 500 ml, obteniéndose muestras de aproximadamente 200 ml (Figura 11). Una vez en las viviendas, se tomaron dos muestras en diferentes sitios: 1) muestra antes de pasar por el filtro purificador, directa de una llave del interior de la casa y, 2) muestra después de pasar por el equipo, tomada de la llave del mismo. En ambos casos antes de realizar la toma de muestra se dejaron las llaves abiertas al máximo de presión durante un minuto, pasado éste tiempo se bajó al mínimo para así poder tomar la muestra, de igual forma se tuvo mucho cuidado de no tocar los grifos con las bolsas, para no contaminarlas. Las muestras se transportaron utilizando hieleras a una temperatura de aproximadamente 4°C.



Fig. 11 Recolección de la muestra en bolsa estéril.

3. Trabajo de Laboratorio.

3.1. Preparación del equipo, material y medios de cultivo.

La preparación del material se llevó a cabo de la siguiente manera: se esterilizó el equipo de Filtro de Membrana Millipore (Figura 12) en olla de presión a 121°C durante 15 minutos, secándolo en el horno a 150 °C, aparte se esterilizaron pipetas de 10ml en horno a la misma temperatura. Enseguida se realizó la preparación de los medios de cultivo para los coliformes totales y coliformes fecales, para los primeros se utilizó el medio de cultivo agar M-Endo y para los fecales el medio agar M-FC, ambos preparados siguiendo las indicaciones del proveedor, posteriormente fueron vaciados en cajas petri (desechables) de 65mm, en condiciones estériles. Por último se preparó agua de dilución, tomando 1.25ml de una solución de fosfato de potasio dihidrogenado (KH_2PO_4) y 5ml de una solución de cloruro de magnesio (MgCl_2) aforando a 1000ml, para después esterilizarse por 15 minutos a 121°C en olla de presión.



Fig. 12 Equipo completo Filtro de Membrana Millipore.

3.2. Procedimiento.

En condiciones estériles se filtraron cada una de las muestras utilizando membranas de celulosa con una abertura de poro de 0.45μ . El rango de volúmenes filtrados para ambos análisis de la CBA varió de los 50-100ml en función de la densidad bacteriana esperada para cada tipo de muestra analizada. De esta manera se facilitó la cuantificación del crecimiento de colonias y se evitó la inhibición del crecimiento por superpoblación (APHA, 1998); una vez filtrado el volumen se colocaron las membranas en las cajas petri

correspondientes (para CT y CF) Figura 13, realizando entre cada muestra un enjuague con agua de dilución. Cabe señalar que al final de las filtraciones de cada muestra se corrió un control utilizando únicamente agua de dilución.



Fig. 13 a) Filtración de la muestra con el equipo; b) Se retira la membrana del filtro y c) Colocación de la membrana en la caja petri con medio de cultivo.

Las cajas se incubaron a 35°C para CT (Figura 14) y a 45 ± 5°C a Baño María para CF, durante 24-48 horas. Para la lectura de los resultados las cajas consideradas como positivas para los CT fueron aquellas que presentaron colonias de color verde brillante o metalizado y para los CF las cajas en las que se observaron colonias de color azul fuerte o claro (Figura 15). Todos los resultados fueron reportados como Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100ml de muestra).

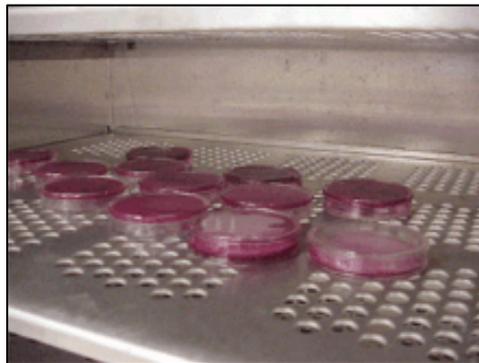


Fig. 14 Incubación de las cajas petri.

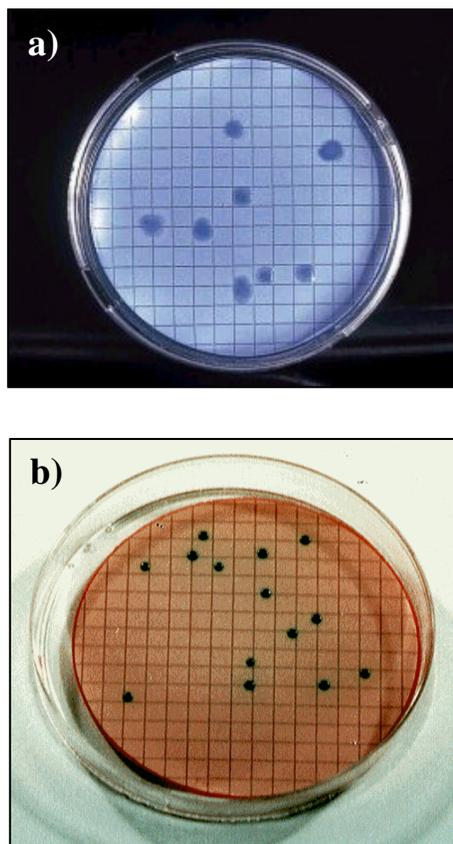


Fig. 15 a) Crecimiento de colonias de CF y b) Crecimiento de colonias de CT.

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En total se analizaron muestras de agua de 100 filtros de casas habitación y/u oficinas en diferentes zonas del área metropolitana. En cada muestreo se tomaron dos muestras (llave y filtro) y a cada una se les determinó coliformes totales y coliformes fecales, efectuándose un total de 400 análisis.

1. Información recabada de los cuestionarios.

1.1. Marca de Filtro.

En total se analizaron 16 marcas de filtros (Figura 16). De éstas las que presentaron mayor índice de uso fueron: Turmix con 40 equipos, seguida por Filtroplas con 26 y por último Ultrafiel con 9 equipos (Ver anexo 2).

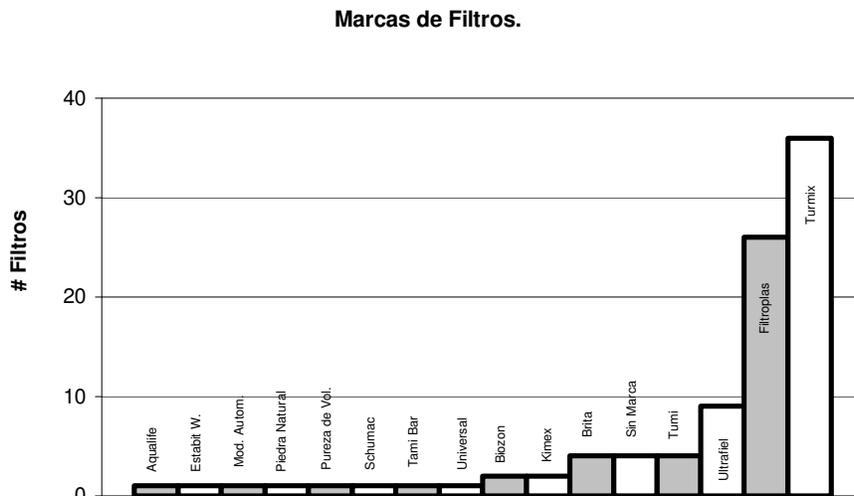


Fig. 16 Distribución de los filtro de acuerdo a la marca comercial.

La marca Turmix ocupó el primer lugar en cuanto a la abundancia en los filtros estudiados, pudiéndose deber a que es de los más “antiguos” en el mercado y por lo mismo es uno de los más conocidos. El segundo fue Filtroplas y aunque su uso en las casas no es tan antiguo, el alto número de equipos encontrados pudo deberse al bajo costo y a la publicidad que se ha manejado para este producto.

1.2 Tiempo de uso del filtro.

Los resultados a esta variable se presentan en la Figura 17, en donde se puede apreciar que los filtros con 10 años de uso son los que más predominaron (13 filtros), enseguida se observan los de 8 años (8) y al final los de 6 y 3 años (7), y mencionando sólo algunos de menor tiempo de uso encontramos a los de 1 y 20 años con 5 filtros para cada uno, 25 años (3) y 28 años (1).

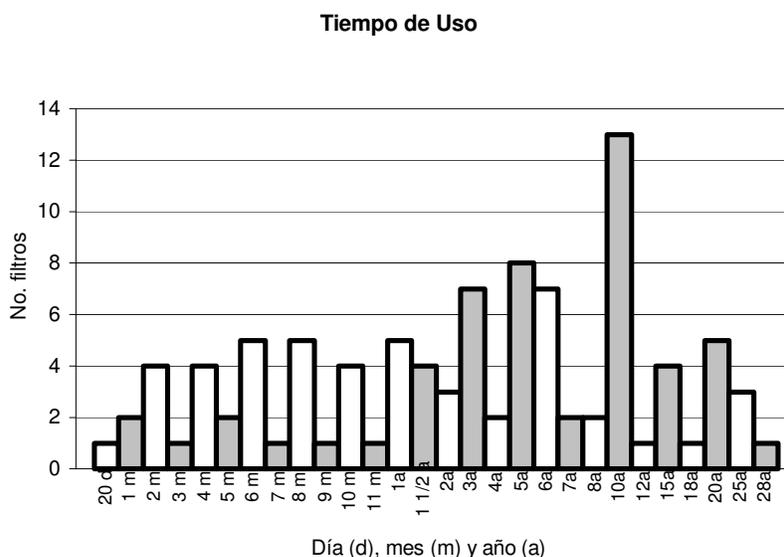


Fig. 17 Frecuencia de filtros de acuerdo al tiempo de uso.

1.3. Frecuencia de limpieza.

Los resultados relacionados con esta variable se presentan en la Figura 18, en donde se observa que los porcentajes que ocupan las mayor frecuencia de limpieza son dos: 1) mensualmente, en donde se encontraron el 21% de los filtros y 2) cada seis meses, con el 17% de los filtros y en cuanto a los índices menores encontramos a los que hacen la limpieza cada dos meses (6%), seguido de los que la hacen semanalmente (3%) y por último con 1% para cada cinco meses.

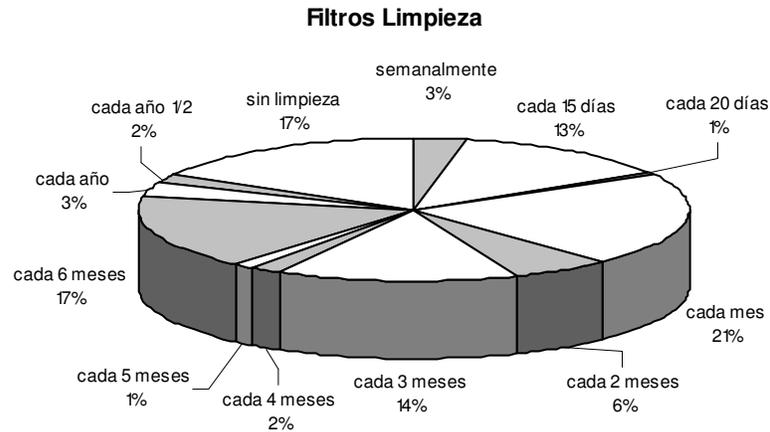


Fig. 18 Frecuencia de limpieza de los filtros.

1.4. Problemas con el filtro.

Los resultados que arrojaron los cuestionarios, para esta variable fueron que el 100 por ciento de los usuarios no presentaron ningún tipo de problema con su filtro.

1.5. Frecuencia de enfermedades.

En cuanto a la presencia de alguna enfermedad gastrointestinal causada por el agua proveniente del filtro, pudimos observar que los resultados fueron favorables ya que aparentemente en ninguna de las 100 casas muestreadas se presentaron casos de enfermedades de éste tipo. Sin embargo algunas personas encuestadas mencionaron que cuando han padecido alguna enfermedad gastrointestinal no se les ha ocurrido relacionarla con el agua del filtro, por lo que esta pregunta no pudo correlacionarse directamente con la contaminación bacteriana de los equipos.

1.6. Ubicación de suministro del agua para el filtro.

Los resultados que arrojaron los cuestionarios relacionados a esta variable se presentan en la Figura 19, en donde el mayor porcentaje (76%) lo ocupan aquellos filtros cuyo suministro de agua proviene del tinaco, el 15% de cisterna y el 9% para aquellos en donde el agua viene directamente del suministro de la calle. Considerando a este punto de

de gran importancia ya que comúnmente la limpieza de cisterna y tinaco no se realiza con la frecuencia debida y puede convertirse en un foco de infección importante.

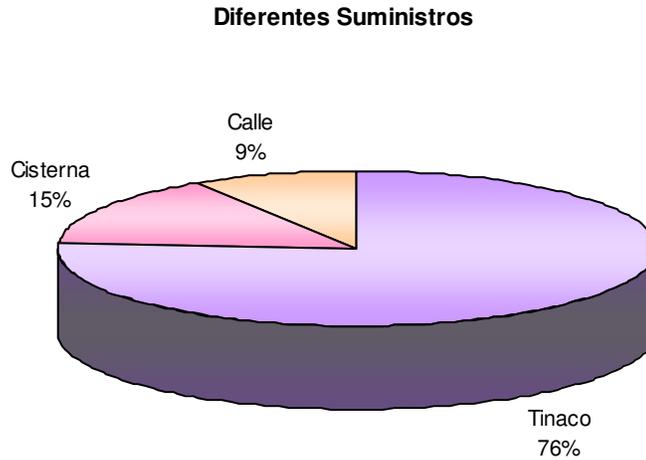


Fig. 19 Distribución porcentual de los filtros de acuerdo al suministro de agua.

1.7. Ubicación de la casa habitación y/u oficina.

Los resultados obtenidos para esta variable se presentan en la Figura 20, en donde las muestras provinieron de 7 municipios y 9 delegaciones.

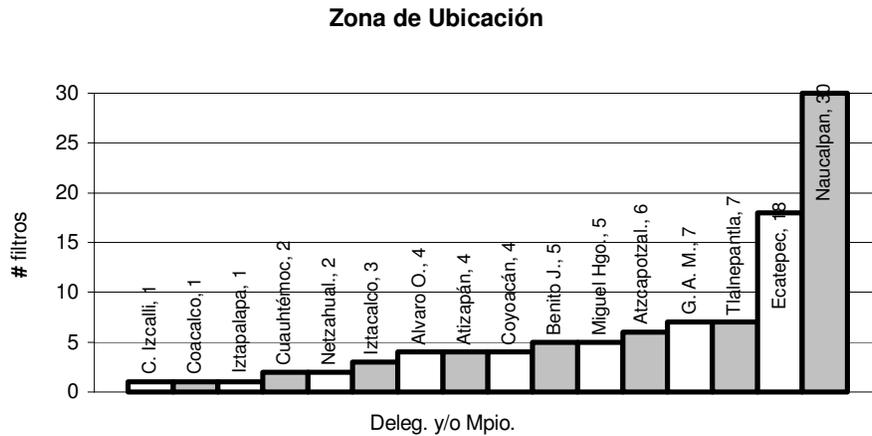


Fig. 20 Distribución de los filtros de acuerdo a su procedencia municipal o delegacional.

En relación a la ubicación geográfica, en cuanto a los municipios el que presentó mayor número de filtros analizados fue Naucalpan (30) y los de menor número fueron Cuautitlán

Izcalli y Coacalco (uno para cada uno), en cuanto a las delegaciones la de mayor índice fue Gustavo A. Madero (G.A.M.) con 7 equipos y la de menor Iztapalapa con un filtro.

2. Resultados de los análisis bacteriológicos.

Después de haber realizado el análisis bacteriológico de cada una de las muestras de agua (antes y después de haber pasado por el filtro), para determinar la presencia de los indicadores bacteriológicos de contaminación, sólo el 23% de las muestras resultaron contaminadas por CT y/o CF (Figura 21).

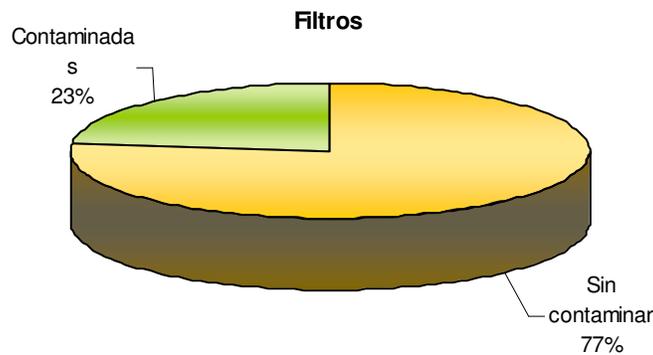


Fig.21 Resultados de las muestras contaminadas.

Las muestras se agruparon en la siguiente matriz de 4 x 4:

- A) Suministro de agua contaminado y filtros sin contaminar.
- B) Suministro de agua contaminado y filtros contaminados.
- C) Suministro de agua sin contaminar y filtros contaminados.
- D) Suministro de agua sin contaminar y filtros sin contaminar.

Para resolver esta matriz a cada grupo se le relacionó con la información proveniente del cuestionario: marca, tiempo de uso, frecuencia de limpieza y ubicación. El índice de contaminación bacteriológica se valoró sumando la incidencia de Coliformes totales con la de Coliformes fecales. Cabe señalar que en las figuras se presenta para cada marca y/o categoría el número total de filtros contaminados (numerador) y el número total de filtros correspondientes a esa marca (denominador).

A) Suministro contaminado y filtros sin contaminar.

Aquí se agruparon las muestras que presentaron contaminación antes de pasar por el filtro y en las que no hubo contaminación después de pasar por éste. Los resultados con respecto a la marca/contaminación se presentan en la Figura 22, en donde sólo nueve de los cien suministros se encontraron contaminados con un intervalo de 1 hasta 305 UFC/100ml y en cuanto a los resultados de los filtros fueron negativos (0 UFC/100ml), indicando con ello que están cumpliendo con su función. Cabe señalar que en las figuras se presenta para cada marca y/o categoría el número de filtros contaminados (numerador) y el número total de filtros correspondientes a esa marca (denominador).

Los 9 filtros pertenecieron a las marcas de Turmix con 7 filtros, Filtroplas con uno y Sin Marca con uno, observando que para un equipo de los primeros siete se obtuvo la remoción bacteriana mas alta considerando una contaminación del suministro alta (305 ufc/100ml de CT y/o CF). Los 8 restantes en general la remoción fue de suministros con bajas concentraciones.

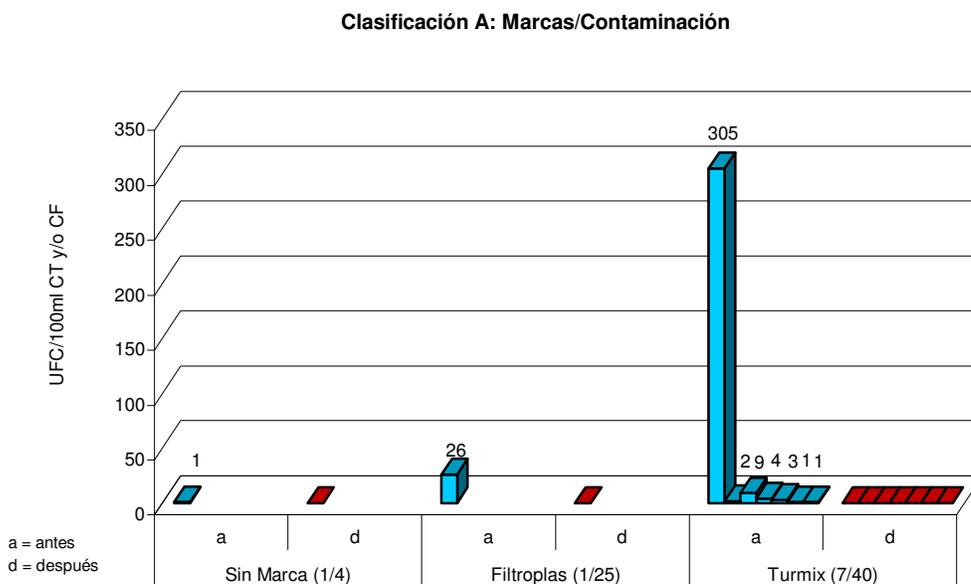


Fig. 22 Suministros contaminados – filtros por marca no contaminados.

Los resultados que se obtuvieron para la relación tiempo de uso/contaminación se presentan en la Figura 23, observando que los 9 equipos que removieron contaminación bacteriana se distribuyeron en 7 categorías de tiempo de uso. Así tenemos que el filtro que removió la

concentración mas alta (305 UFC/100ml CT y/o CF) de bacterias tiene un tiempo de uso de 10 años y el que siguió con una concentración mucho menor (26 UFC/100ml CT y/o CF) tiene un año de uso. Los equipos de 1 y 9 meses, uno de 20 años presentaron únicamente 1 UFC/100ml CT y/o CF).

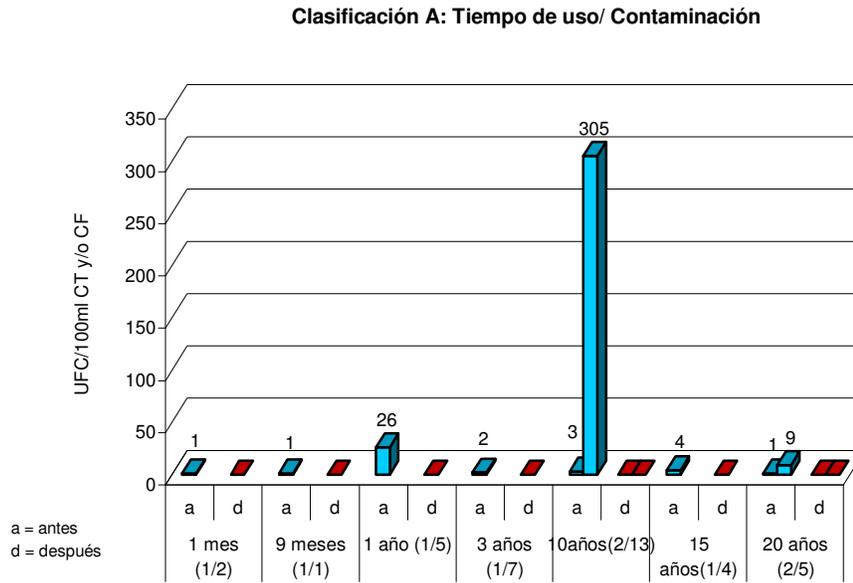


Fig. 23 Diferentes categorías para el tiempo de uso de los filtros que removieron bacterias de los suministros de agua.

En lo que concierne a la relación frecuencia de mantenimiento/contaminación, los resultados se observan en la Figura 24, encontrando lo siguiente: el filtro que eliminó la mayor contaminación bacteriana fue el que presentó una limpieza semanal, otro eliminó una contaminación mas baja teniendo la misma frecuencia de mantenimiento que el anterior. Mientras que los otros 7 que presentaron variación en cuanto a su limpieza (mensualmente a seis meses) removieron concentraciones bacterianas muy bajas.

De igual forma se relacionaron las diferentes delegaciones y/o municipios en las (os) que se encontraron el agua de suministro contaminada (Figura 25), mostrando claramente que el municipio con mayor número de muestras contaminadas fue Naucalpan (5), alcanzando en una muestra el mayor índice de contaminación (305 UFC/100ml), mientras que Iztapalapa, Benito Juárez, Cuautitlán Izcalli y G.A.M. tuvieron una muestra de suministro contaminada con sólo 1 UFC/100ml. Cabe aclarar que a excepción de dos casos en los otros siete el

suministro de agua al filtro provenía de un tinaco o cisterna y que solo en una muestra de Naucalpan el suministro era directo de la calle, lo mismo que la muestra de la delegación G.A.M.

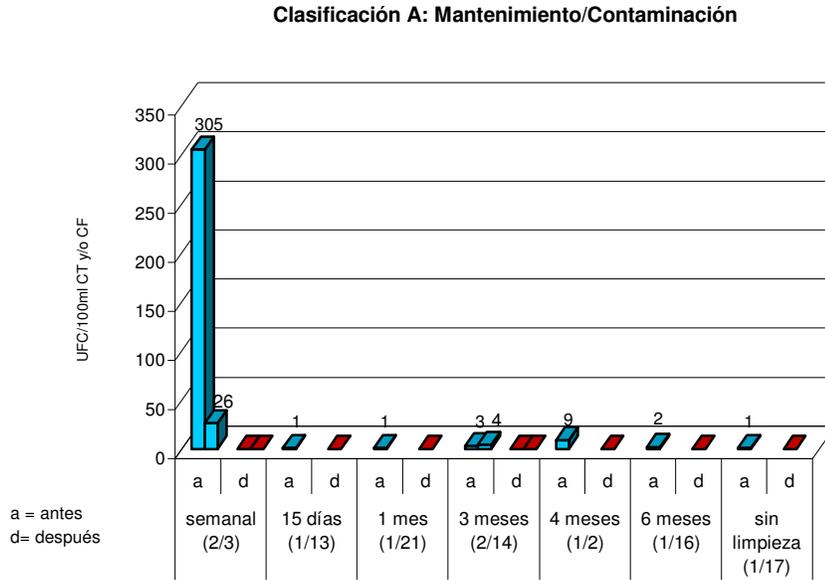


Fig. 24 Distribución de los filtros de acuerdo al tiempo de limpieza.

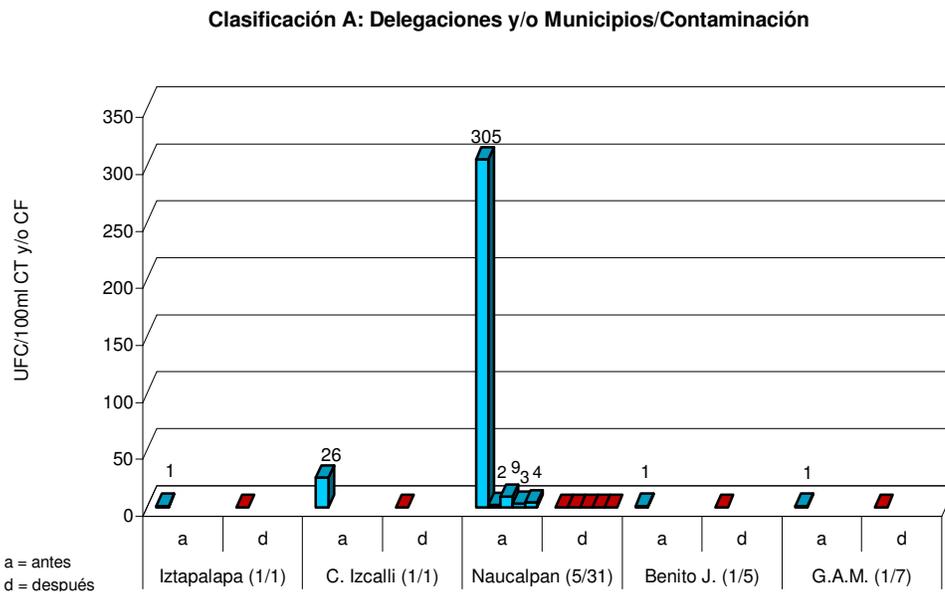


Fig. 25 Municipios y/o delegaciones en donde el agua de suministro al filtro salió contaminada.

Las muestras de agua de suministro contaminadas, que provinieron de cisternas o tinacos nos indican que éstos no reciben una limpieza adecuada y/o constante o inclusive que no se le hace. Mientras que las 2 muestras que si vinieron directamente de la red de suministro y que estuvieron ligeramente contaminadas nos indican que probablemente en esas fechas de muestreo hubo alguna deficiencia en el proceso de desinfección que permitió la aparición de esas colonias bacterianas.

Para evitar la contaminación de los tinacos, cisternas y tuberías Flores-Abuxapqui *et al.* (1995), recomiendan que por lo menos una vez al año se les haga la limpieza

En la tabla 5 se conjuntan todas las variables para la primera clasificación “Suministro de agua contaminado y filtros sin contaminar” observando lo siguiente:

Tabla 5. Variables utilizadas en la relación Suministro de agua contaminado y filtros sin contaminar.

Marca	Tiempo de uso	Tiempo de mantenimiento	Delegación y/o Municipio	Suministro	Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
					Antes	Después	Antes	Después
Sin Marca	1 mes	Cada 15 días	Iztapalapa	Cisterna	1	0	0	0
Filtroplas	1 año	Semanalmente	C. Izcalli	Tinaco	23	0	3	0
Turmix	10 años	Semanalmente	Naucalpan	Cisterna	300	0	5	0
Turmix	3 años	6 meses	Naucalpan	Tinaco	2	0	0	0
Turmix	20 años	4 meses	Naucalpan	Tinaco	7	0	2	0
Turmix	15 años	3 meses	Naucalpan	Red	3	0	1	0
Turmix	10 años	3 meses	Naucalpan	Tinaco	3	0	0	0
Turmix	20 años	X	Benito J.	Tinaco	1	0	0	0
Turmix	9 meses	Cada mes	G. A. M.	Red	1	0	0	0

Los filtros que se ubicaron en ésta relación, sí cumplieron eficazmente con la remoción de bacterias ya que para los nueve casos el agua de todos se encontró libre de organismos CT y CF después de haber pasado por los equipos esto se le puede adjudicar a que, a pesar de que hubo algunos con 10 años o más (20 años) de tiempo de uso, la periodicidad con la que se les da algún tipo de mantenimiento es bastante constante y en un tiempo no muy prolongado. Cabe destacar el caso del filtro que removi6 la concentración mas alta de bacterias con un tiempo de uso de 10 años pero con limpiezas semanales lo cual nos indica la importancia en cuanto a la frecuencia de la limpieza, por otro lado para la muestra de

Benito Juárez a pesar de que el filtro lo usan muy poco, el mantenimiento de igual forma lo hacen únicamente cuando lo llegan a usar (pudiendo ser cada año) por tal motivo se tomó como si no se le hiciera ningún tipo de limpieza. Y recordando que de acuerdo a la NOM-127-SSA1-2000. Salud ambiental. Agua para uso y consumo Humano; los límites bacteriológicos que debe presentar el agua potable y/o para beber son de ausencia para CT y CF (D.O.F., 2000), así el agua que sale de éstos filtros si se considera potable por lo tanto apta para beber.

B) Suministro de agua contaminado y filtros contaminados.

En este punto se agruparon 10 equipos que presentaron contaminación antes y después de pasar por el filtro tanto para CT como para CF. En la Figura 26 se muestran los resultados obtenidos para la relación marcas/contaminación en donde se observa que de los 10 equipos contaminados 5 pertenecen a la marca Turmix, 2 a Ultrafiel y uno para Filtroplas, “Sin marca” y Universal. Las concentraciones más altas de contaminación se presentaron en el equipo de Universal con 600 UFC/100ml CT y/o CF, seguido de dos equipos de Turmix con 108 y 80 UFC/100ml CT y/o CF. De los 10 equipos contaminados 7 mostraron contaminación más alta después de pasar por el filtro en relación a la contaminación que presentaron en el agua de suministro.

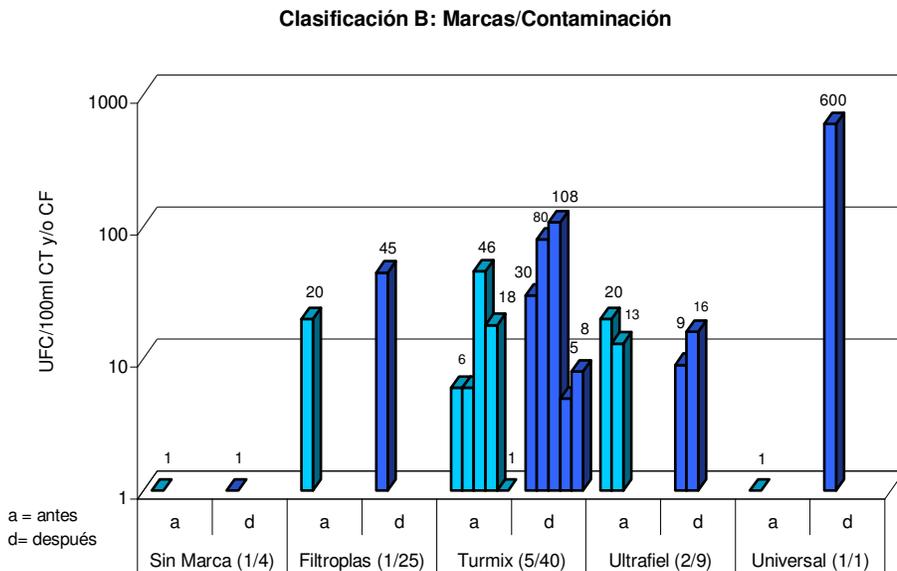


Fig. 26 Suministros de agua contaminados – filtros contaminados.

Los resultados para la relación tiempo de uso/ contaminación se muestran en la Figura 27, observando que el equipo más contaminado (1 antes y después 600 UFC/100ml CT y/o CF) tiene 8 meses de tiempo de uso, y los otros dos que le siguieron en contaminación fueron: un equipo con 6 años de uso (46 antes y 108 UFC/100ml CT y/o CF) y otro de 7 años (6 antes y después 80 UFC/100ml CT y/o CF) en donde, en los tres equipos la contaminación se incrementó después de pasar por los filtros.

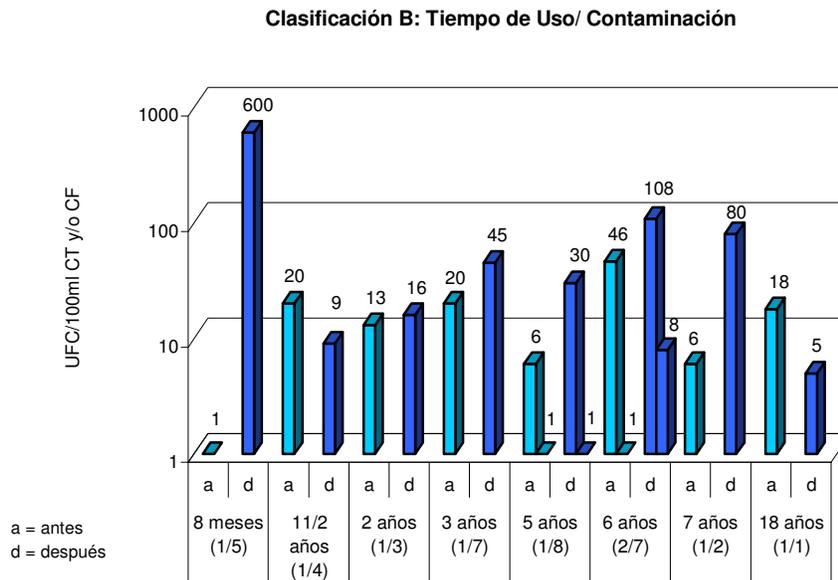


Fig. 27 Diferentes categorías para el tiempo de uso de los filtros que no removieron bacterias o lo hicieron escasamente.

Con respecto a los resultados de la relación mantenimiento/contaminación se encontró lo siguiente (Figura 28): el equipo más contaminado (1 antes y después 600 UFC/100ml CT y/o CF) con un tiempo de uso de 8 meses no se le había hecho la limpieza y los dos siguientes (46 antes y 108 UFC/100ml CT y/o CF y, 6 antes y después 80 UFC/100ml CT y/o CF) tenían una frecuencia de limpieza de cada seis meses.

En cuanto a los municipios y/o delegaciones los resultados que se observaron fueron los siguientes (Figura 29): una vez mas el municipio de Naucalpan fue el que presentó mayor número de filtros contaminados (5 de los 10 contaminados) y de los que presentaron la contaminación más alta (46 antes y 108 UFC/100ml CT y/o CF; 6 antes y después 80 UFC/100ml CT y/o CF y, 1 antes y después 600 UFC/100ml CT y/o CF), también los tres

equipos pertenecen al Municipio de Naucalpan. Cabe mencionar que también en este caso los dos mas contaminados procedían de tinacos lo cual sugiere una falta de limpieza de los mismos. El agua del otro filtro sí venía del suministro de la red.

Clasificación B: Mantenimiento/ Contaminación

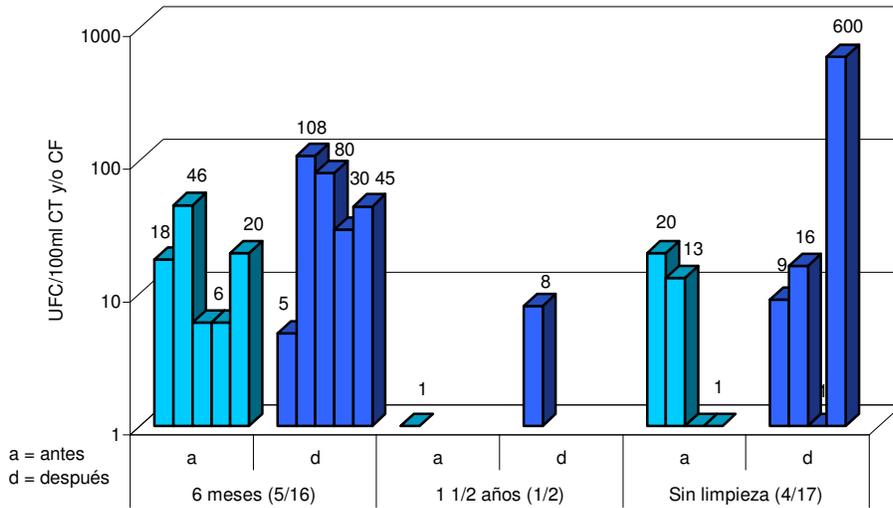


Fig. 28 Distribución de los filtros de acuerdo al tiempo de limpieza.

Clasificación B: Delegaciones y/o Municipios/Contaminación

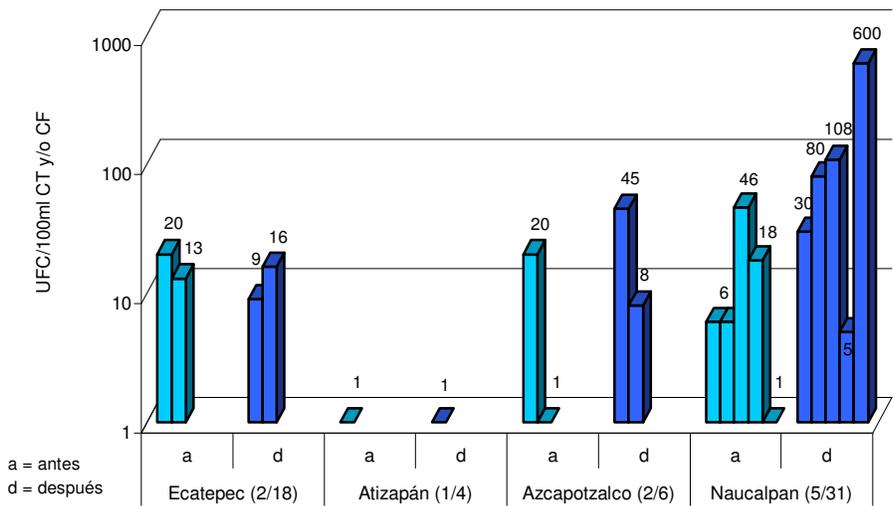


Fig. 29 Municipios y/o delegaciones en donde tanto el agua de suministro al filtro y el agua después del filtro salio contaminada.

En la tabla 6 se conjuntan las diferentes relaciones para la variable “Suministro de agua contaminados y filtros contaminados”.

Tabla 6. Variables utilizadas en la relación Suministro de agua contaminado y filtros contaminados.

Marca	Tiempo de uso	Tiempo de mantenimiento	Delegación y/o Municipio	Suministro	Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
					Antes	Después	Antes	Después
Ultrafiel	11/2 años	No se ha hecho	Ecatepec	Tinaco	9	1	11	8
Ultrafiel	2 año	No se ha hecho	Ecatepec	Tinaco	2	1	11	15
Sin marca	5 años	No se ha hecho	Atizapan	Tinaco	1	1	0	0
Filtroplas	3 años	6 meses	Atzacapotzal.	Tinaco	20	45	0	0
Turmix	5 años	6 meses	Naucalpan	Tinaco	6	30	0	0
Turmix	7 años	6 meses	Naucalpan	Red	6	30	0	50
Turmix	6 años	6 meses	Naucalpan	Tinaco	46	108	0	0
Turmix	18 años	6 meses	Naucalpan	Tinaco	15	4	3	1
Turmix	6 años	1/12 años	Atzacapotzal.	Tinaco	1	8	0	0
Universal	8 meses	No se ha hecho	Naucalpan	Tinaco	1	300	0	300

De acuerdo con los límites bacteriológicos que exige la NOM- 127- SSA1- 2000 (CT y CF ausentes/100ml) para el agua de uso y consumo humano (D.O.F., 2000), todas las muestras anteriores se encuentran por arriba del límite permisible, presentando organismos CT y CF en mayor y/o menor grado tanto en el agua tomada antes de que pasaran por los filtros como en las muestras después de pasar por éstos, e inclusive se pudo observar que en la mayoría de los casos (6) para CT la contaminación aumentó después de pasar por los equipos, sin embargo para CF sólo hubo tres casos en los que aumentó y en el resto hubo remoción (pero no totalmente) de CT y CF (Tabla 6). Así, el municipio que presentó el mayor índice de contaminación una vez más fue Naucalpan, observando que de los 10 casos todos a excepción de uno que se suministra directamente de la red, los demás proceden de tinacos lo cual nos indica que no se les hace la limpieza debida y constante.

Se sabe que para algunos tipos de filtros el cambio de cartucho va desde 3 meses hasta el año, sin embargo también se les debe dar otro tipo de mantenimiento como: lavarlo por lo menos cada mes (Internet⁵; Rotoplas, 2004). Podemos decir que los filtros no cumplieron eficazmente su función ya que hubo algunos que sí lo hicieron pero no en su totalidad y por otro lado los otros, en lugar de “quitar” la contaminación bacteriana la aumentaron al doble o más debido a que la periodicidad de mantenimiento que presentaron es muy prolongada e

inclusive a algunos no se les hace. Sin embargo para el caso del filtro que presentó un tiempo de uso de 8 meses pero que no se le había hecho la limpieza correspondiente en vez de purificar contaminó más el agua de salida. Esto es muy importante ya que el usuario cree que está tomando agua potable y no se da cuenta de que el filtro se ha convertido en una fuente de contaminación siendo el agua no apta para su consumo, por lo que el riesgo de contraer una infección transmitida por dicha agua aumenta con el nivel de contaminación por microorganismos patógenos (O.M.S., 1998).

C) Suministro de agua sin contaminar y filtros contaminados.

Los resultados que se presentan en esta parte son aquellos en los que la muestra tomada antes de pasar por el filtro resultó libre de coliformes (CT y CF) y después de pasar por éste presentaron contaminación.

La figura 30 muestra los resultados obtenidos para la relación marcas/índice de contaminación, observando que 10 filtros estuvieron en este caso. La marca Turmix fue la que tuvo mas filtros contaminados (6), de los cuales sólo uno de éstos presentó un índice alto de contaminación (37 UFC/100ml CT y/o CF) seguida por Filtroplas con 2 y 50 UFC/100ml CT y/o CF para uno de ellos y el otro con 1 UFC/100ml CT y/o CF y Sin marca y Piedra natural con sólo 1 equipo cada uno.

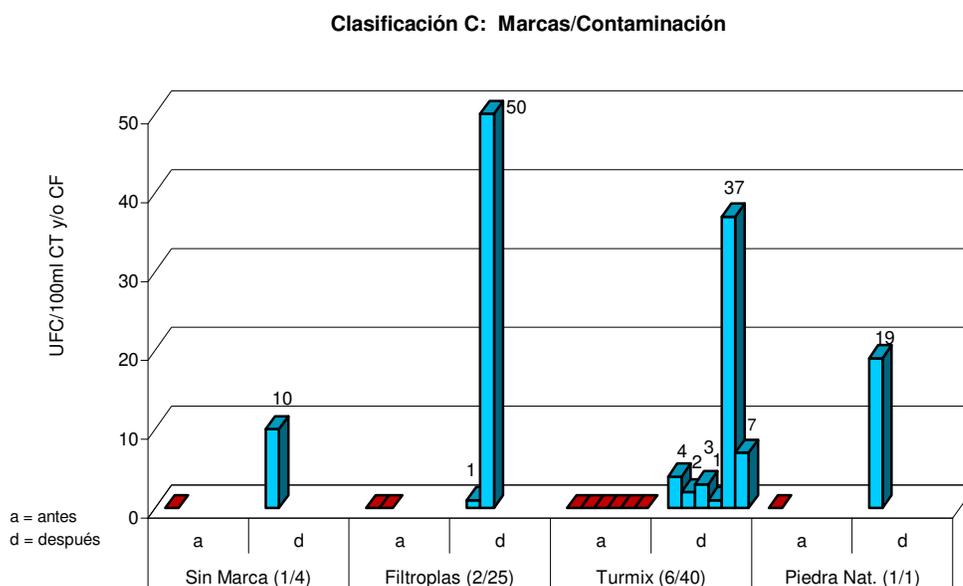


Fig. 30 Suministros de agua limpios – filtros contaminados

Para los resultados de la relación tiempo de uso/contaminación (Figura 31) se observó que el filtro más contaminado (50 UFC/100ml) tenía un tiempo de uso de 3 años, seguido del de 25 años y después de un filtro con 5 años. Los que presentaron menor número de equipos y de contaminación fueron los de 4 meses (1) con 1 UFC/100ml.

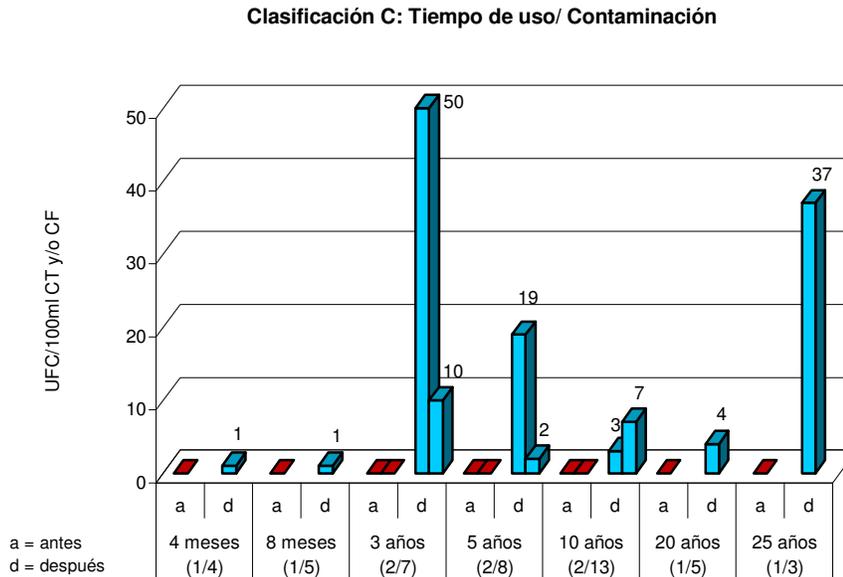


Fig. 31 Diferentes categorías para el tiempo de uso de los filtros que se contaminaron con bacterias CT y CF.

Para la siguiente relación que fue la periodicidad con la que se les hace algún tipo de limpieza a los equipos (Figura 32). Se obtuvo que el filtro más contaminado (50 UFC/100ml CT y/o CF) recibe una limpieza cada seis meses. Los dos filtros siguientes en contaminación tuvieron una limpieza mensual.

En lo que respecta a los resultados para los diferentes municipios y/o delegaciones en los (as) que se encontraron muestras contaminadas de los filtros se pueden observar en la Figura 33, en donde una vez más el municipio de Naucalpan fue el que presentó mayor número de filtros contaminados (3), de los cuales uno tuvo también la mayor contaminación (50 UFC/100ml CT y/o CF). Le siguió el de la Delegación Álvaro Obregón y después Tlalnepantla con dos equipos.

Clasificación C: Mantenimiento/ Contaminación

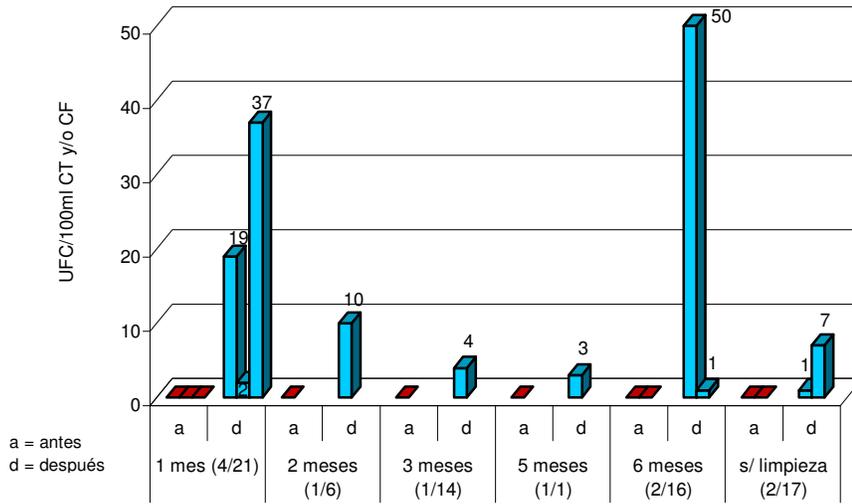


Fig. 32 Distribución de los filtros de acuerdo al tiempo de limpieza.

Clasificación C: Delegaciones y/o Municipios/Contaminación

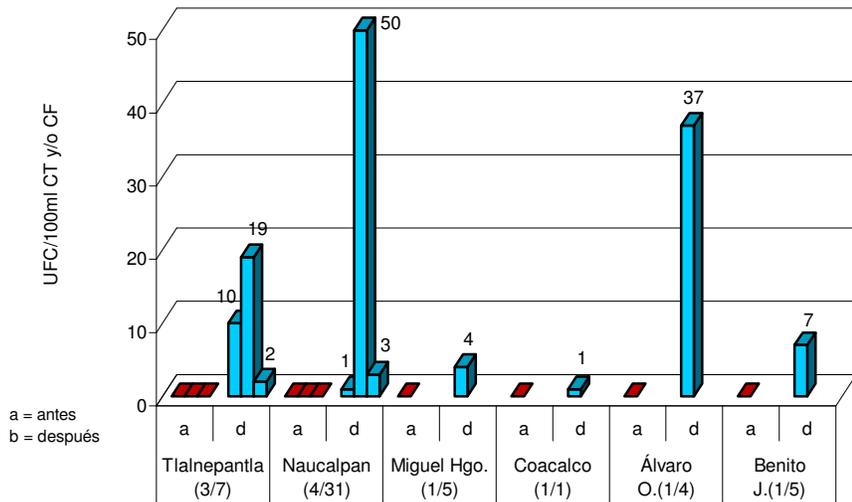


Fig. 33 Municipios y/o Delegaciones en donde solo el agua que paso por el filtro estuvo contaminada.

En la tabla 7 se conjuntan las diferentes relaciones para la variable “agua de suministro limpia y agua contaminada después del filtro”.

Para éstas 10 casas podemos decir que el agua de suministro ya sea directa de la red o que proceda de tinaco o cisterna, se considera potable o apta para uso y consumo humano según

la NOM-127-SSA1-2000 (D.O.F., 2000), pudiendo decir que la ausencia de organismos coliformes en los suministros se pueda deber a que sí hay un buen hábito de limpieza para tinacos y cisternas y que de igual forma el agua que proviene de la red llega limpia. Sin embargo, el agua proveniente de los filtros purificadores sí presentó contaminación bacteriana tanto para organismos coliformes totales como fecales en donde algunos casos únicamente registraron a los primeros y en otros sólo a los segundos (Tabla 7). Debiéndose lo contaminado una vez mas a que la periodicidad con la que se les hace limpieza a los equipos es muy prolongada o inclusive no se le hace sin embargo, para el caso del filtro que tuvo 25 años de uso, el mantenimiento no es tan prolongado pero probablemente el cartucho ya rebasó su tiempo de vida útil y debe ser cambiado. El tiempo adecuado es considerado por algunos de 3 meses a 1 año, (Internet ⁵; Rotoplas, 2004). El caso del filtro con 3 años de uso y mantenimiento cada 6 meses presentó 31 UFC/100 ml para coliformes totales y 19 UFC/100 ml para coliformes fecales, lo cual indica que la frecuencia de limpieza es muy baja debiendo realizarse mas seguido.

Tabla 7. Variables utilizadas en la relación Suministro de agua sin contaminar y filtros contaminados.

Marca	Tiempo de uso	Tiempo de mantenimiento	Delegación y/o Municipio	Suministro	Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
					Antes	Después	Antes	Después
Sin Marca	3 años	2 meses	Tlalnepantla	Cisterna	0	0	0	10
Piedra Natural	5 años	Cada mes	Tlalnepantla	Cisterna	0	19	0	0
Filtroplas	4 meses	No se ha hecho	Naucalpan	Tinaco	0	1	0	0
Filtroplas	3 años	6 meses	Naucalpan	Cisterna	0	31	0	19
Turmix	20 años	3 meses	Miguel Hgo.	Tinaco	0	0	0	4
Turmix	5 años	Cada mes	Tlalnepantla	Tinaco	0	2	0	0
Turmix	8 meses	6 meses	Coacalco	Tinaco	0	1	0	0
Turmix	10 años	5 meses	Naucalpan	Tinaco	0	3	0	0
Turmix	25 años	Cada mes	Álvaro Obregón	Tinaco	0	37	0	0
Turmix	10 años	No se ha hecho	Benito Juárez	Tinaco	0	5	0	2

En esta relación podemos decir que los filtros están proporcionando agua contaminada a los usuarios corriendo el riesgo de contraer alguna infección gastrointestinal (O.M.S., 1998). Para estos casos es recomendable que los usuarios consuman el agua directamente de sus suministros ya que estos no presentaron contaminación bacteriana

D) Suministro de agua sin contaminar y filtros sin contaminar.

En este punto se tomaron en cuenta todas las muestras en las que no hubo contaminación, es decir, en donde se observó ausencia de CT y CF tanto para las muestras de suministro como las muestras obtenidas después de pasar por los equipos. De los 100 filtros analizados, 71 no presentaron contaminación ni antes ni después del filtro.

En la Figura 34 se agruparon las 16 marcas de filtros analizadas. Se graficaron por marca el total de filtros analizados que no presentaron contaminación. Teniendo a Turmix (total 40) y Filtroplas (total 25) con 22 equipos (cada uno) libres de contaminación bacteriana tanto en suministro como después de pasar por los filtros. Para Ultrafiel 7 total y limpios, el resto de las marcas que estuvieron sin contaminación no pueden compararse con las tres marcas anteriores ya que su distribución estuvo en un intervalo muy bajo de equipos muestreados (entre 1 y 4).

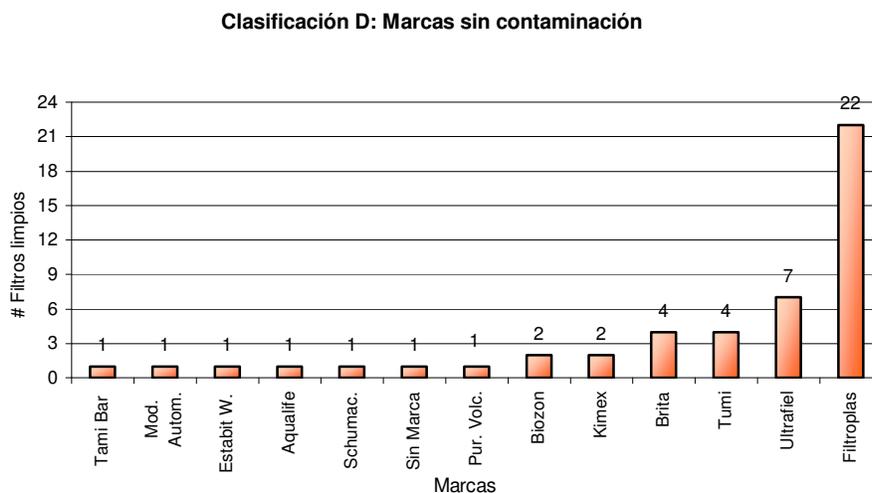


Fig. 34 Total de filtros por marca y número de filtros libres de contaminación (antes y después del filtro).

De igual forma se relacionó la variable tiempo de uso con los filtros limpios (Figura 35), en donde se pudo observar que aquellos que tenían 10 años de uso fueron lo que presentaron un mayor número de filtros limpios (9), así mismo otro filtro que tuvo 28 años también resultó libre de contaminación.

Clasificación D: Tiempo de uso sin contaminación

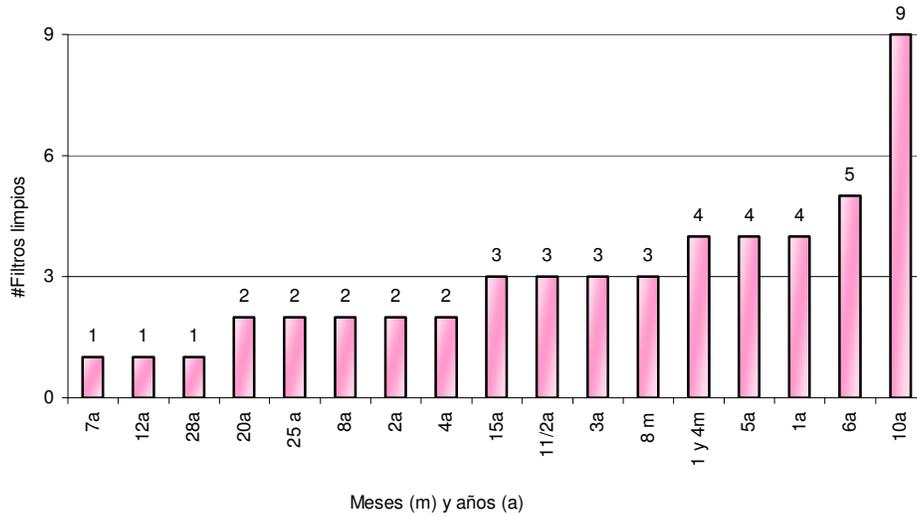


Fig. 35 Distribución de los filtros de acuerdo con el tiempo de uso

La Figura 36 muestra los resultados obtenidos comparando la frecuencia con la que le hacen algún tipo de limpieza y los filtros que resultaron sin contaminación de origen bacteriano. Teniendo en primer lugar a aquellos a los que se les da mantenimiento cada 15 días con 12 equipos limpios (antes y después) y en último lugar a los de cada 6 meses con 9 equipos no contaminados.

Clasificación D: Mantenimiento sin contaminación

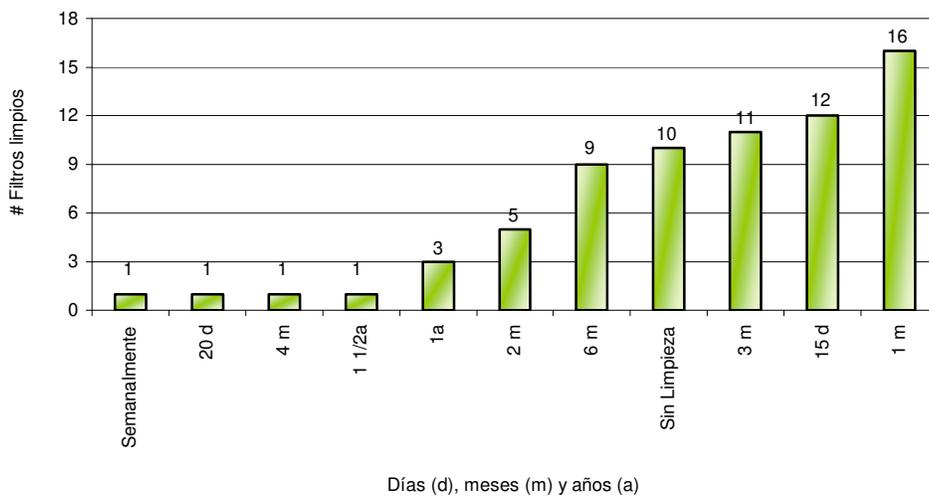


Fig. 36 Distribución de los filtros no contaminados (ni antes ni después del filtro), de acuerdo a la frecuencia de limpieza.

Los resultados para las diferentes delegaciones y/o municipios se pueden observar en la Figura 37, en donde del municipio de Naucalpan provenían 31 equipos de los cuales 16 no presentaron contaminación alguna de origen bacteriano, ni del suministro ni del filtro. En Ecatepec se analizaron 18 filtros y 16 resultaron limpias. Sin embargo para Iztacalco, Coyoacán, Netzahualcóyotl y Cuauhtémoc el número total de equipos fue el mismo que se encontró limpio (3, 4, 2 y 2 respectivamente).

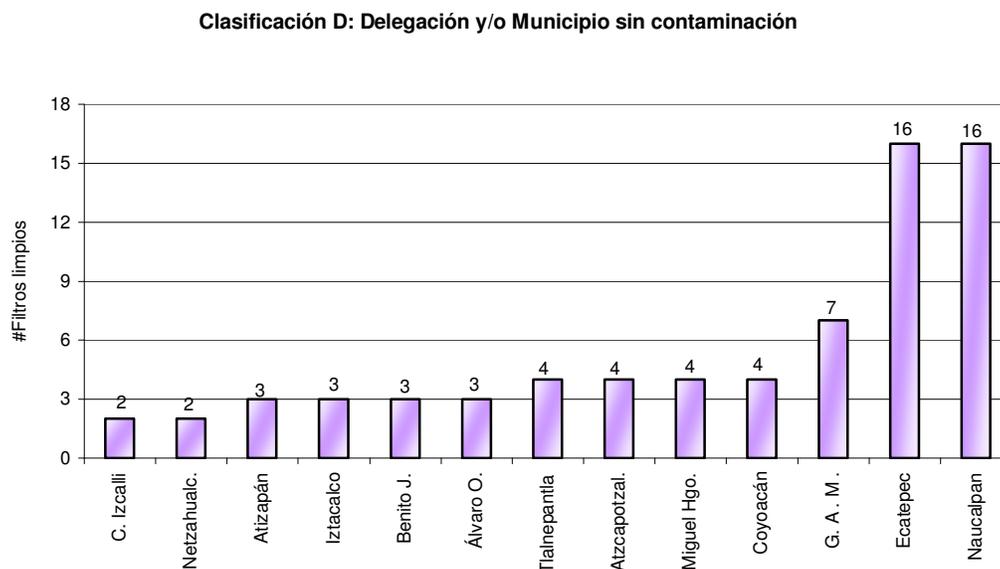


Fig. 37 Distribución de filtros libres de contaminación bacteriana tanto en suministro como en el filtro.

Podemos decir que de las 16 marcas de filtros analizadas, las únicas que presentaron contaminación bacteriana fueron las que se muestran en la figura 38, observando que la marca con más cantidad de filtros contaminados la ocupó Turmix (19) y, las que presentaron menor cantidad (1 c/u) fueron Piedra Natural y Universal. Sin embargo esta comparación no es la más adecuada ya que estas últimas marcas tuvieron muy pocos filtros muestreados en comparación con Turmix que fue el que tuvo el porcentaje más alto de filtros muestreados.

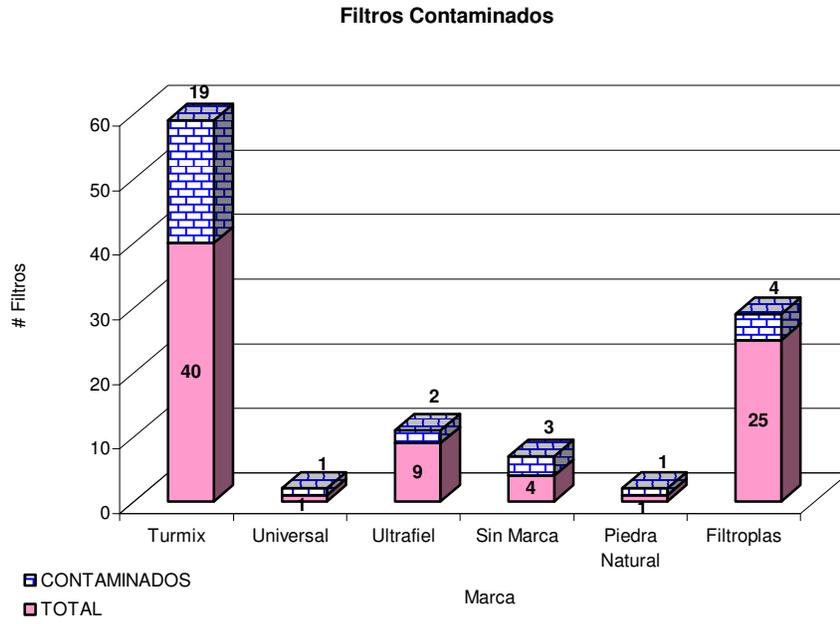


Fig. 38 Número total y número de muestras con presencia de organismos CT y CF para las marcas que presentaron contaminación, antes y después de pasar por el filtro.

VII.- CONCLUSIONES

- La filtración es una buena alternativa para lograr la obtención de agua libre de contaminantes bacteriológicos.
- El tiempo de uso del filtro no está relacionado con el número de UFC/100ml, ya que hubo filtros de muchos años de uso que estuvieron limpios y otros de uso muy reciente con un alto índice de contaminación. Por lo que no se aplica el enunciado que dice “entre más viejo más sucio y viceversa”.
- La periodicidad y el tipo de limpieza y/o mantenimiento del filtro sí está en relación con la contaminación bacteriana, ya que se pudo observar que entre mas largo sea el periodo de tiempo que pase para realizar la limpieza o inclusive el no hacerla, mas alto va a ser el índice de contaminación y entre mas frecuente se realice esta limpieza menor va a ser la probabilidad de que el filtro se contamine, como sucedió con el filtro que tenía 10 años y removió una contaminación alta del suministro, dicho filtro se limpia semanalmente dando excelentes resultados.
- En la mayoría de los casos, los suministros de agua que salieron contaminados no provenían de la red de distribución sino que pasaban de ésta a tinacos o cisternas y de ahí se suministraban los filtros. El resultado de esta contaminación es debida a la falta de limpieza y/o a que las personas no le dan la importancia necesaria que tiene este tipo de mantenimiento sin percatarse del grave problema que puede surgir al convertirse sus tinacos o cisternas en focos de infección que más tarde repercutan en su salud. Los casos que presentaron esta contaminación y que sus filtros la removieron son los que nos dan idea de los equipos que realmente son buenos y cumplen con su función de remover la contaminación del suministro pero se debe tener cuidado ya que si no se realiza una limpieza frecuente el equipo puede empezar a saturarse y después convertirse en una fuente más grave de contaminación como también fue el caso de algunos equipos que no solo no removían la contaminación sino que la proporcionaban.

- Las muestras de suministro contaminadas que procedían directamente de la red de distribución indican un problema en la planta potabilizadora que no está clorando adecuadamente el agua de la red que surte al municipio o delegación, o que el sistema de distribución se encuentre roto.

- En relación a los filtros que salieron limpios y cuyos suministros también estuvieron limpios no podemos afirmar que sean buenos ya que no probaron su función de remover bacterias, pues contaron con agua de entrada sin contaminación. Lo que si mostraron fue que la limpieza que les dan es adecuada y constante ya que el filtro no se ha convertido en un foco de contaminación.

- Tomando en cuenta las cuatro relaciones para los resultados bacteriológicos y las interrelaciones que se llevaron a cabo en cada una de ellas, no podemos decir concretamente que marca de filtro es la más eficaz ya que esto está relacionado con el tipo y frecuencia con la que se le haga limpieza y/o mantenimiento.

- La utilización de filtros purificadores de agua en hogares y/u oficinas puede ser buena siempre y cuando se le de el mantenimiento que especifica el proveedor, así como también no olvidar el tiempo de vida del equipo, para así lograr un óptimo y mejor funcionamiento del equipo ya que, no todo es “eterno”.

ANEXO 1:

**CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD
BACTERIOLÓGICA DE LOS FILTROS PURIFICADORES DE AGUA.**

- 1) Dirección de la casa u oficina donde se encuentra ubicado el filtro:

- 2) Nombre del dueño o responsable del filtro:

- 3) Teléfono del domicilio:

- 4) ¿Qué marca de filtro usa?

- 5) ¿Cuánto tiempo tiene el filtro en uso?

- 6) ¿Cada cuando le hace limpieza?

- 7) ¿En que consiste la limpieza?

- 8) ¿Ha tenido algún problema con su filtro?

- 9) ¿Han tenido problemas gastrointestinales desde que usan el filtro?

- 10) El agua que suministra al filtro, la toma directamente del suministro de la calle o viene de un tinaco o cisterna?

- 11) Fecha de la encuesta:

- 12) Fecha del muestreo:

- 13) Nombre del encuestador

ANEXO 2.

Recopilación de todos los datos obtenidos del cuestionario, para cada uno de los filtros analizados.

MARCA	DELEGACIÓN Y/O MUNICIPIO	COLONIA	TIEMPO DE USO	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	COLIFORMES TOTALES		COLIFORMES FECALES	
					ANTES	DESPUÉS	ANTES	DESPUÉS
Ultrafiel	Ecatepec	Centr. Mich.	1 ^{1/2} años	no se ha hecho	9	1	11	8
Ultrafiel	Ecatepec	Centr. Mich.	2 ^{1/2} años	no se ha hecho	2	1	11	15
Ultrafiel	Ecatepec	Jard. Aragón	6 años	cada año	0	0	0	0
Ultrafiel	Ecatepec	Fuent. Arag.	5 años	cada 2 meses	0	0	0	0
Ultrafiel	Ecatepec	Fuent. Arag.	6 años	c/ mes y año	0	0	0	0
Ultrafiel	Ecatepec	Granj. Pop.	4 meses	cada mes	0	0	0	0
Ultrafiel	Ecatepec	Valle Aragón	1 ^{1/2} años	cada 15 días	0	0	0	0
Ultrafiel	Atizapán	Méx. Nuevo	5 años	cada año	0	0	0	0
Ultrafiel	Gustavo A. M.	Sn.J. Aragón	11 meses	cada mes	0	0	0	0
Sin Marca	Atizapán	Méx. Nuevo	5 años	no se puede	1	1	0	0
Sin Marca	Tlalnepantla	Tlalnepantla	3 años	de 2 a 4 meses	0	0	0	10
Sin Marca	Iztapalapa	Barrio Sn.M.	1 mes	cada 15 días	1	0	0	0
Sin Marca	Cuauhtémoc	Morelos	10 años	cada 15 días	0	0	0	0
Piedra Natural	Tlalnepantla	Tlalnepantla	5 años	cada mes	0	19	0	0
Filtroplas	Ecatepec	Jard. Aragón	2 meses	no se ha hecho	0	0	0	0
Filtroplas	Gustavo A. M.	U.H.N. Bass.	2 ^{1/2} meses	no se ha hecho	0	0	0	0
Filtroplas	Ecatepec	16 de Sept.	8 meses	cada mes	0	0	0	0
Filtroplas	Ecatepec	Granj. Pop.	6 meses	cada 15 días	0	0	0	0
Filtroplas	Ecatepec	Valle Aragón	5 meses	no se ha hecho	0	0	0	0

Calidad Bacteriológica de Filtros

Filtroplas	Miguel Hidalgo	Anahuac	2 meses	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Benito Juárez	Del Valle	4 meses	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Coyoacán	Sn.P.Tepe.	x	x	0	0	0	0
Filtroplas	Coyoacán	C.Churubusc.	1 mes	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Cuauhtémoc	Peralvillo	10 meses	15 días	0	0	0	0
Filtroplas	Netzahualcóyotl	B. de Aragón	6 meses	cada mes	0	0	0	0
Filtroplas	Ecatepec	E. Zapata	2 meses	15 días	0	0	0	0
Filtroplas	Naucalpan	Loma Linda	4 meses	c/que se acuerda	0	1	0	0
Filtroplas	Naucalpan	Loma Linda	7 meses	cada 15 días	0	0	0	0
Filtroplas	Tlalnepantla	Lomas Hda.	5 meses	c/que se acuerda	0	0	0	0
Filtroplas	Tlalnepantla	Lomas Hda.	8 meses	cada mes	0	0	0	0
Filtroplas	Netzahualcóyotl	B. de Aragón	3 meses	cada 15 días	0	0	0	0
Filtroplas	Atzacapotzalco		3 años	6 meses	20	45	0	0
Filtroplas	Naucalpan	Satélite	3 años	6 meses	0	31	0	19
Filtroplas	Naucalpan	Izcalli Cham.	1 año	3 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Naucalpan	El Temazcal	10 meses	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Naucalpan		2 años	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Atzacapotzalco	Reforma Pen	4 años	6 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Atzacapotzalco	Recreo	6 años	3 meses	0	0	0	0
Filtroplas	Atzacapotzalco	Argentina	4 meses	ninguno	0	0	0	0
Filtroplas	Cuautitlán Izcalli	La Quebrada	1 año	semanalmente	23	0	3	0
Kimex	Gustavo A. M.	U.H. Lindav.	10 años	cada 1 ^{1/2} año	0	0	0	0
Kimex	Gustavo A. M.	U.H. Lindav.	7 años	c/ mes y año	0	0	0	0
Pureza de los volcanes	Atizapán	Villa de Torr.	20 días	cada 15 días	0	0	0	0
Turmix	Miguel Hidalgo	Polanco	15 años	de 3 a 4 meses	0	0	0	0
Turmix	Miguel Hidalgo	Polanco	20 años	2-3 veces/ año	0	0	0	0
Turmix	Miguel Hidalgo	Polanco	20 años	de 3 a 5 meses	0	0	0	4
Turmix	Tlalnepantla	Lomas Hda.	5 años	cada mes	0	2	0	0
Turmix	Iztacalco	Barrio de S.	1 año	cada 6 meses	0	0	0	0
Turmix	Atizapán	Real de Atiz.	8 meses	cada 20 días	0	0	0	0

Turmix	Coacalco	Villa de Flor.	8 meses	cada 6 meses	0	1	0	0
Turmix	Iztacalco	Barrio de S.	6 meses	1 mes	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	12 años	3 meses	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Izcalli Cham.	10 años	5 meses	0	3	0	0
Turmix	Naucalpan	Izcalli Cham.	28 años	4 meses	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	10 años	semanalmente	300	0	5	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	6 meses	1 mes	0	0	0	2
Turmix	Naucalpan		6 meses	semanalmente	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	5 años	6 meses	6	30	0	0
Turmix	Naucalpan	Zomeyucan	7 años	6 meses	6	30	0	50
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	6 años	6 meses	46	108	0	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	3 años	6 meses	2	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Zomeyucan	2 años	3 meses	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	U. Cuauht.	10 años	2 meses	0	0	0	0
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	20 años	4 meses	7	0	2	0
Turmix	Naucalpan	Izcalli Cham.	15 años	3 meses	3	0	1	0
Turmix	Naucalpan	Izcalli Cham.	18 años	6 meses	15	4	3	1
Turmix	Naucalpan	Jard. Molinito	10 años	3 meses	3	0	0	0
Turmix	Álvaro Obregón	Tizapan	10 meses	2 meses	0	0	0	0
Turmix	Álvaro Obregón	Tizapan	1 1/2 años	6 meses	0	0	0	0
Turmix	Álvaro Obregón	Tizapan	10 meses	aun no se hace	0	0	0	0
Turmix	Álvaro Obregón	Tizapan	25 años	cada mes	0	37	0	0
Turmix	Coyoacán	FMVZ-C.U.	5 años	3 meses	0	0	0	0
Turmix	Coyoacán	FMVZ-C.U.	25 años	no se le hace	0	0	0	0
Turmix	Benito Juárez	Alamos	3 años	cada mes	0	0	0	0
Turmix	Benito Juárez	Alamos	1 1/2 años	cada mes	0	0	0	0
Turmix	Benito Juárez	Letrán Valle	10 años	x	0	5	0	2
Turmix	Benito Juárez	Letrán Valle	20 años	x	1	0	0	0
Turmix	Ecatepec	E. Zapata	10 años	cada año	0	0	0	0
Turmix	Ecatepec	Jard. Aragón	8 años	cada 2 meses	0	0	0	0
Turmix	Ecatepec	E. Zapata	15 años	cada mes	0	0	0	0
Turmix	Tlalnepantla	Tlalnepantla	10- 12 años	cada 2 meses	0	0	0	0

Turmix	Gustavo A. M.	Prado Vallejo	9 meses	cada mes	1	0	0	0
Turmix	Gustavo A. M.		10 años	cada 15 días	0	0	0	0
Turmix	Xxxxxxxxxxxxxxxx		6 años	cada año	1	8	0	0
Tumi	Ecatepec	Jard. Aragón	10 años	c/15 días y año	0	0	0	0
Tumi	Ecatepec	Jard. Aragón	5 años	cada mes	0	0	0	0
Tumi	Gustavo A. M.	U.H. Lindav.	15 años	c/15 días y año	0	0	0	0
Tumi	Ecatepec	16 de Sept.	8 años	c/15 días y año	0	0	0	0
Tami Bar	Atzacapotzalco	Azcapotz.	3 años	cada mes	0	0	0	0
Modelo Automático	Miguel Hidalgo	Tacubaya	6 años	cada mes	0	0	0	0
Biozon	Iztacalco	Alamos	4 años	x	0	0	0	0
Biozon	Tlalnepantla	Alamos	10 años	x	0	0	0	0
Estabit W.	Naucalpan	Letrán Valle	20 años	1 mes	0	0	0	0
Aqualife	Naucalpan	Letrán Valle	6 años	1 mes	0	0	0	0
Universal	Naucalpan	E. Zapata	8 meses	ninguno	1	300	0	300
Schumacher	Naucalpan	Jard. Aragón	25 años	3 meses	0	0	0	0
Brita	Naucalpan	E. Zapata	3 años	3 meses	0	0	0	0
Brita	Naucalpan	Tlalnepantla	10 años	3 meses	0	0	0	0
Brita	Naucalpan	Prado Vallejo	1 año	3 meses	0	0	0	0
Brita	Naucalpan	Barrio de S.	1 año	3 meses	0	0	0	0

REFERENCIAS.

- Aguiar Prieto, P., Cepero Martín, J. A. y Coutin Marie, G. 2000. La calidad del agua de consumo y las enfermedades diarreicas en Cuba, 1996-1997. *Panam Salud Pública/ Pan Am J Public Health*. **5**. 7: 313-318.
- Agolini, G., Melissari, G., Elice, I., Raitano, A. and Gemitì, F. 2001. The use ozone in water and air disinfections. *Ingiene Moderna*. **115**. 4: 213-281.
- Albicker, C. A. 2002. El Ozono y la formación de bromatos. Nivel Avanzado. *Agua Latinoamérica*. 30-36.
- Andrew, R. 2003. Perchlorate- New contaminant reduction claims for DWTU standards. *Water Conditioning & Purification*. **45**. 7.
- APHA-AWWA-WEF. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th. U.S.A.
- Ashbolt, N. J. 2004a. Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by- products (DBPs). *Toxicology*. **198**. 1-3: 255-262.
- Ashbolt, N. J. 2004b. Microbial Contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*. **198**. 1-3: 229-238.
- Bharath, J., Mosodeen, M., Motilal, S., Sandy, S., Sharma, S., Tessaro, T., Thomas, K., Umamaheswaran, M., Simeon, D. and Adesiyun, A. A. 2002. Microbial quality of domestic and imported brands of bottled water in Trinidad. *International Journal of Food Microbiology*. **81**. 1:53-62.
- Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*. Ed. Wiley-Liss. New York.
- Bollyky, J. 2001. A brief history of the role of ozone in water botting. *Water Conditioning & Purification*. 62-65.
- Castro, J. M. 2000. *Análisis bacteriológico y fisicoquímico de la calidad de agua Ramal Tláhuac*. Tesis Licenciatura Biólogo. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Castro, T. y Gaytán, M. 1992. *Medidas de calidad de agua potable en la Ciudad de México en un período de nueve meses*. Tesis Licenciatura Biólogo. FES- Iztacala. UNAM.
- Cortés, M. R. S. 2004. Evaluación de la calidad bacteriológica y fisicoquímica de la Presa Valle de Bravo. Tesis Licenciatura Biólogo. FES Iztacala UNAM.
- Coulibaly, H. D and Rodríguez, M. J. 2003. Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. *Journal of Environmental Management*. 20 pp.

D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000, Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. Norma publicada en el Diario oficial de la federación el 22 de noviembre del 2000.

D.O.F. (Diario Oficial de la Federación). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2002, Productos y servicios, Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. Norma publicada en el Diario oficial de la federación el 18 de Octubre del 2002.

Edberg, S. C. and Allen, M. J. 2004. Virulence and risk from drinking water of heterotrophic plate count bacteria in human population groups. *International Journal of Food Microbiology*. **92**. 3: 255-263.

Fair, G. M., Séller, J. Ch. and Okun, D. A. 1997. *Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas residuales*. Vol.I. ed. Limusa. México. p. 11-13; 18-21; 29-31.

Figueroa, J. E. y Marino, D. M. 2001. Química Física del Medio Ambiente. Ed. Reverté S.A. de C.V. México. 297-299 p.

Flores-Abuxapqui, J. J., Suarez-Hoil, G., Puc-Franco, M. A., Heredia-Navarrete, M. R., Vivas-Rosel, M. L. y Franco-Monsreal, J. 1995. Calidad Bacteriológica del Agua Potable de la Ciudad de Mérida, México. *Salud Pública*. **37**:236-239. México.

Gaffield, S. J., Goo, R. L., Richards, L. A. and Jackson, R. J. 2003. Public health effects of inadequately management storwater runoff. *American Journal of Health*. **93**. 9:1527-1533.

Gaytán, M., Castro, T., Bonilla, P., Lugo, A. and Vilaclara, G. 1997. Preliminary study of selected drinking water samples in Mexico City. *Contaminación Ambiental*. **13**. 2:73-78.

Gemex. 1984. Grupo embotellador de México. Electropura, Planta Tlalnepantla. Manual de control de calidad. Tomo 1.

Giannoulis, N., Maipa, V., Konstantinou, I., Albanis, T. and Dimoliatis, I. 2004. Microbiological risk assessment of Agios Georgios source supplies in Northwestern Greece based on faecal coliforms determination and sanitary inspection survey. *Chemosphere*.

Gibbons, J. and Laha, S. 1999. Water purification systems: a comparative nalysis based on the occurrence of disinfection by-products. *Environmental Pollution*. **106**. 3:425-428.

Gortáez, P. M. y Naranjo, J. E. 2001 (Septiembre-Octubre). Enfermedades propagadas por el agua, patógenos emergentes y reglamentos Mundiales del agua potable. De la llave. *Agua Latinoamérica*. 30-32.

Guime, F. 2002. Filtración de sólidos suspendidos. Nivel básico. *Agua Latinoamérica*. 20-25.

-
-
- Ha, T-Wook., Choo, K-Ho. and Choi, S-June. 2004. Effect of chlorine on adsorption/ultrafiltration treatment for removing natural organic matter in drinking water. *Journal of Colloid and Interface Science*. **274**. 2: 587-593.
- Haas, C. N. and Heller, B. 1990. Kinetics of inactivation of *Giardia lamblia* by free chlorine. *Water Research*. **27**. 2: 233-238.
- Hall, W. E. Sr. CWS-VI y Mogollón, C. D. 2001. Presentación fundamental sobre tratamiento de agua. *Agua Latinoamérica*. 17-21.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. P. 2000. Metodología de la Investigación. Segunda Edición Editorial Mc Graw-Hill. México. 501 pp.
- Ibáñez, M. G. 2000. Ecología del agua. www.monografias.com
- I.N.E.G.I. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1991. Área Metropolitana de la Ciudad de México – Síntesis de Resultados – X Censo General de Población y Vivienda 1990. México, D.F.: INEGI.
- Isaac-Márquez, A. P., Lezama-Dávila, C. M. y Ku-Pech, P. P. 1994. Calidad Sanitaria de los Suministros de Agua para Consumo Humano en Campeche. *Salud Pública* **36**: 655-661. México
- Juárez, R. J. M. 2004. *Procesos de desinfección del agua en Plantas Purificadoras*. Tesis Licenciatura Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. U.N.A.M.
- Jyoti, K. K. and Pandit, A. B. 2003. Hybrid cavitation methods for water disinfection: simultaneous use of chemicals with cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*. Selected papers from the Eighth Conference of the European Society of Sonochemistry. **10**. 4-5: 255-264.
- Katadyn, 2004. Catálogo de productos. <http://www.Turmix.com>
- Kocher, J., Dvorak, B. and Skipton, Sh. 2004. Drinking water treatment: Activated Carbon Filtration. *Water conditioning & Purification*. 10-13.
- Kunii, O., Nakamura, S., Abdur, R and Kaki, S. 2002. The impact on health and risk factors of the diarrhoea epidemics in the 1998 Bangladesh floods. *Public Health*. **116**. 2:68-74.
- Labatiuk, C.W., Belosevic, M. and Gordon, F. R. 1992. Factors influencing the infectivity of *Giardia muris* cysts following ozone inactivation in laboratory and natural waters. *Water Research*. **26**. 6: 733-743.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 1989, Diario Oficial de la Federación. Tomo CDXXXV, num. 9, pp 7-23. 13 de diciembre de 1989.

Lopez, J. J. 1988. *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua potable en la delegación Miguel Hidalgo*. Tesis Licenciatura Químico Farmacobiólogo. Facultad de Química. UNAM.

López-Ríos, O. y Lechuga-Anaya, M. 2001. Contaminantes en los cuerpos de Agua del Sur de Sonora. *Salud Pública*. **43**: 298-305. México.

Lugo, V. A. y Rodríguez S. R. 1998. Los protozoos como indicadores de la calidad del agua. Hacia una renovación ambiental en México. *Memorias*. México. 86-90 p.

Lupal, M. 2001. *Luz Ultravioleta ofrece desinfección confiable*. Tecnología Delta, S.A. de C.V. ACS Medio Ambiente. 4 pp.

Maher, J. 2000. Water Quality & The St. Johns River. *Department of Enviromental Protection Northeast District Office*. U.S.A. 9 pp.

Maidment, D.R. 1993. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Companies, Inc. New York, NY.

Manual de Microbiología del Agua. 1985. 3ª. Dirección General de Desarrollo Tecnológico. México, D.F. p. 71-150; 283-286.

Martin-Domínguez, A., Alarcón-Herrera, M. T., Martín-Domínguez, I.R. y González-Herrera, A. 2003. Efficiency in the disinfection of water for human consumption in rural communities using solar radiation. *Solar Energy*. p.p.15.

Masari. H. M. 2003. El agua como recurso. *Revista Como Ves*. **54**:10-12. UNAM.

Meyer, V. and Reed, R.H. 2001. Solair disinfection of coliform bacteria in hand-drawn drinking water. *Water SA*. **27**. 1: 49-52.

Miettinen, IT., Zacheus, O., von Bonsdorff, CH. and Vartiainen, T. 2001. *Water Microbiology & Technology*. **43**. 12: 67-71.

Millipore 2001. Catálogo de productos. <http://www.millipore.com>

Montes, R. T. 2002. *Estudio de los procesos avanzados de ozonación y adsorción con carbón activado para la potabilización de agua*. Tesis Licenciatura (Ingeniería Química). Facultad de Química. UNAM. 157 p.

MUNDET. S.A. de C.V. 1994 (Diciembre). Curso de tratamiento de agua. Departamento técnico de Mundet.

N.A.C. (National Academy of Sciences). 1995. *Mexico City's water supply*. The Mexico City Metropolitan Area. Washington, D.C. 84 pp.

-
-
- O.M.S. (Organización Mundial de la Salud). 1972. Normas internacionales para el agua potable OMS. Ginebra. 7 pp.
- O.M.S. (Organización Mundial de la Salud). 1998. Normas internacionales para el agua potable OMS. Ginebra. 7 pp.
- Pelczar, M. J., Reid, R. D., y Chan, E. C. S. 1988. *Microbiología*. Ed. McGraw-Hill. México.
- Peregrina, K. 2003. El agua potable. *Revista Como Ves*. **54**: 17-19. UNAM.
- Pérez de Caso, E. L. 2002. Las preguntas mas frecuentes sobre equipos purificadores de agua por medio de Luz Ultravioleta. *Agua Latinoamérica*. 40-41.
- Peter, S., Maitland, B. 1990. *Biology of Fresh Waters*. Ed. Chapman and Hall. New York. 201-231 p.
- P.I.S.Ch. (Programme International Sur la Sécurité Chimique). *Directives de Qualité pour l'eau de boisson*. V. 2. 12ª. Organisation Mondiale de la Santé. Genève. 11-17, 24-29,87-95, 100-103, 110-127 p.
- Qualls, R. G., Dorfman, M. H. and Johnson, J. D. 1989. Evaluation of the efficiency of UV disinfection systems. *Water Research*. **23**. 3: 317-325.
- Revista del consumidor. 2000. Calidad de filtros purificadores de agua. *Revista del consumidor* (281):10
- Reynolds, K. A. 2001a (Mayo-Junio). La pandemia del cólera en Latinoamérica. De la llave. *Agua Latinoamérica*. 32-33.
- Reynolds, K. A. 2001b (Julio-Agosto). Introducción a las enfermedades microbianas propagadas a través del agua. De la llave. *Agua Latinoamérica*. 38-39.
- Reynolds, K. A. 2003 (Marzo-Abril). Opciones de dispositivos de PDU/PDE para tratamiento y purificación de agua doméstica. Un repaso. De la llave. *Agua Latinoamérica*. 46-48.
- Robles, E., Ramírez, P., Gonzáles, M. E., Sáinz, M. G., Martínez, B., Durán, A and Martínez, M. E. 1999. Bottled-water quality in Metropolitan Mexico City. *Water, Air, and Soil Pollution*. **113**: 217-226.
- Rotoplas, 2004. Catálogo de productos. <http://www.rotoplas.com>
- Sánchez-Pérez, H. J., Vargas-Morales, M. G. y Méndez-Sánchez, J. D.2000. Calidad Bacteriológica del Agua para Consumo Humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública*. México. **42**: 397-406.

S.A.R.H 1979. Índice de calidad del agua. Dirección General de Protección y Ordenamiento Ecológico. México.D.F. 40 pp.

S.A.R.H (1981). Manual del curso de Microbiología del agua. Dirección General de Protección y Ordenamiento Ecológico. México,D.F.

Save, S. S., Pandit, A. B. and Joshi, J. B. 1994. Use of hydrodynamic cavitation for large scale microbial cell disruption. *Chemistry Engineering Journal*. **55**: p.B67.

Schwartz, J., Levin, R. and Goldstein, R. 1999. Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. *Public Health policy and practice*.

Seoanez, C. M. 1999. Ingeniería del Medio Ambiente: Aplicada al Medio Natural Continental. Ed. Mundi-Prensa. 2ª. España. 338-339 p.

Shrivastava, R., Upreti, R. K., Jain, S. R., Prasad, K. N., Seth, P. K. and Chaturvedi, U. C. 2003. Suboptimal chlorine treatment of drinking water leads to selection of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. **58**. 2: 227-283.

Simpson, K. L. and Hayes, K. P. 1998. Drinking water disinfection by-products: an Australian perspective. *Water Research*. **32**. 5:1522–1528.

The Pan American Health Organization. Promoting Health in the Americas. 25 June 2003. *Cholera: Number of Cases and Deaths in the Americas (1991-20002, by country and year)*. 3 p.

Turk, A. and Wittes, T. J. 1973. Ecología y contaminación del medio ambiente. Ed. Nueva editorial interamericana. México D.F, 115-139 p.

Volk, A. W.1992. Microbiología básica. Ed. Cophyright por Harper Collins Publishers Inc. México D.F. 713-727 p.

Volkov, S. V., Krasnochub, A. V., Yakimenko, A. V. and Zaitseva, S. G. 2003. World Spotlight: Russian-. Battling Waterbone Contaminants with UV. *Water Conditioning & Purification*. **45**. 2.

Wetzel, R., 1981. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. 679 pp.

Yukselen, M. A., Calli, B., Gokyay, O. and Saatci, A. 2003. Inactivation of coliform bacteria in Black Sea waters due to solar radiation. *Environmental International*. **29**. 1:45-50.

Zanardi, Ch. y Lantis, R. M. 2003. La nueva Luz UV pulsada avanza la tecnología ultravioleta. Nivel Avanzado. *Agua Latinoamérica*. 35-39 p.

VIII.- RECOMENDACIONES

- Realizar campañas que promuevan la limpieza de cisternas y tinacos intradomiciliarios de al menos cuatro veces al año.

- Realizar campañas que eduquen a los usuarios de los filtros de la importancia de darles el mantenimiento sugerido por el proveedor.