



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

400282



61060

“EVALUACION DE LA CALIDAD BACTERIOLOGICA
Y FISICOQUIMICA DE LAS AGUAS EMBOTELLADAS
EN LA CIUDAD DE MEXICO Y AREA
METROPOLITANA”

F 104
100

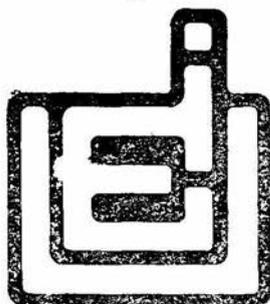
TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARIA ELENA MARTINEZ PEREZ



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEX.

1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

DEDICADA AFECTUOSAMENTE A:

Mis padres: LUIS y MA. del CARMEN

En reconocimiento al apoyo que siempre me han brindado cuando lo he necesitado durante toda mi vida. Con un agradecimiento sincero y eterno.

A G R A D E C I M I E N T O S

Un profundo y sincero agradecimiento por su valiosa dirección e inapreciable ayuda para la realización del presente trabajo a la Q.F.B. Esperanza Robles Valderrama.

A los sinodales por su revisión y corrección de este trabajo:

M. en C. Elizabeth Ramírez Flores
Biol. Ma. Guadalupe Sáinz Morales
Biol. Agustín Vargas Vera

Especial agradecimiento por su asesoría en el análisis estadístico y a sus sugerencias a:

M. en C. Angel Duran Díaz

A los laboratorios de Bacteriología y Fisicoquímicos del Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CYMA) de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud y Educación (U.I.I.C.S.E.) en la ENEP campus Iztacala, lugar donde se realizó el presente trabajo.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	6
1. Revisión de las normas de la calidad del agua para consumo humano.....	11
2. Aspectos microbiológicos en la calidad del agua.....	12
3. Aspectos fisicoquímicos en la calidad del agua.....	13
4. Características organolépticas del agua.....	16
JUSTIFICACION.....	19
OBJETIVOS.....	20
METODOLOGIA.....	21
1. Muestreo.....	21
2. Análisis fisicoquímicos.....	22
3. Análisis bacteriológicos.....	24
4. Análisis organolépticos.....	24
5. Análisis estadísticos.....	25
ANALISIS DE RESULTADOS.....	28
1. Análisis de correlación.....	29
2. Análisis de conglomerados.....	30
3. Análisis de conglomerados de los cinco grupos formados.....	30
4. Formación de grupos de marcas de acuerdo a sus características afines en los parámetros analizados.....	32
5. Análisis de Varianza.....	33
6. Análisis de resultados bacteriológicos.....	35
7. Valores fisicoquímicos obtenidos de las aguas analizadas contra los valores norma.....	37
8. Relación Calcio/Magnesio.....	41
9. Análisis de resultados organolépticos.....	42
DISCUSION DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES.....	71
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	79
ANEXO.....	89

INTRODUCCION

El agua es el recurso natural más abundante. En la actualidad el disponer de agua en la cantidad necesaria y calidad suficiente se ha convertido en uno de los principales problemas de la población. La disponibilidad de agua apta para el consumo humano está influenciada por la reducción del número de fuentes acuíferas idóneas (D.D.F., 1990). Por otro lado el aumento de la población así como sus necesidades de agua y la proliferación de lo vertidos que se realizan en el medio, de origen industrial, municipal y domésticos (el-Albagy, M., et al 1990; Warburton, 1993), constituyen una fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Todos estos factores van a determinar que frecuentemente se tengan aguas que no cumplan con las normas de calidad establecidas y por consiguiente sean consideradas no aptas para beber (Burgos, et al., 1992).

El consumo de agua en la Ciudad de México es sumamente alto, el doble de lo que consumen las ciudades industrializadas (Castro y Gaytán, 1992). En la Ciudad de México el gobierno capitalino ha realizado importantes obras destinadas a suministrar el agua potable a la población, sin embargo, algunas empresas particulares la han comercializado con el fin de proporcionar aguas tratadas de buena calidad para el consumo familiar, este tipo de agua se ha convertido en uno de los productos de más elevado consumo en todo el mundo.

Los requerimientos de la calidad del agua para su consumo tienen una larga historia y se remota a tiempos muy lejanos, hoy en día los aspectos microbiológicos y su aceptabilidad higiénica, son los requerimientos más importantes. El agua para consumo humano debe tener una composición fisicoquímica y bacteriológica que no afecte la salud humana, así como también debe

de contar con requerimientos organolépticos (ACODAL, 1991; Ballentin y Herson, 1983), manteniéndose de esta forma un nivel fisicoquímico y microbiológico tal, que con las normas vigentes garantice la salud de quien la consume (D.D.F, 1990).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los microorganismos estén ausentes en todos los tipos de abastecimiento de agua, tanto del agua potable que recibimos en nuestras casas, como en las aguas embotelladas (Larena, 1990).

El agua puede ser un vehículo de transmisión de enfermedades al igual que un reservorio para el desarrollo de organismos que la contengan (Mitchell, 1972; Payment, et al., 1991; Blake, et al, 1977, citado por Mavridou, 1992). En el pasado las enfermedades infecciosas eran transmitidas frecuentemente a través del agua ingerida, pero en la actualidad el agua recibe tratamientos con el fin de evitar muchas enfermedades (Gunther, 1986).

Muchos consumidores acostumbran hervir el agua con el fin de eliminar cualquier microorganismo presente en ella para poderla ingerir, sin embargo, por un lado no todas las personas cuentan con el tiempo que requiere estar hirviéndola continuamente y por otro lado en algunas zonas de la Ciudad de México las características fisicoquímicas del agua, como son el alto contenido de sales influyen en su sabor y olor, que son debido al fluor, cloro y otros aditivos para potabilizarla (Anónimo, 1985, citado por Warburton y Dodds, 1992), por lo que en la actualidad el consumidor prefiere las aguas embotelladas.

Debido a la falta de higiene en las aguas potables de suministro municipal (Clark, et al., 1982), es cada vez mayor el número de personas que consumen las aguas embotelladas (Burlingame, et al., 1986; Warburton, et al., 1994; Hernández, D., y Rosenberg, 1987) y como consecuencia, también ha aumentado el número de marcas comerciales, tanto nacionales como

extranjeras (Zapata, et al, 1994). Por lo que se hace una necesidad obligada su control rutinario, el cual tiene gran importancia pues resulta fácil que el agua embotellada se contamine sin que el producto presente variación existente en sus características organolépticas (Falcon, et al., 1986).

Los consumidores no dudan en gastar cantidades bastante superiores a las que cuesta el agua de grifo, con el fin de saciar su sed y deleitar su paladar. Existe también la idea de que el agua de fuentes naturales tiene propiedades terapéuticas, de beneficio medicinal (González, et al., 1987). El agua purificada envasada, es el agua sometida a un proceso físico o químico que se encuentra libre de gérmenes patógenos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud. Para su comercialización se presenta en botellones u otros envases ya sean de vidrio, de plástico o cualquier otro material (NOM-042-SSA1-1993). Las fuentes de éstas aguas pueden ser manantiales, glaciales, pozos etc. (INCO, 1989).

En nuestro país se pueden encontrar entre las aguas embotelladas, las de manantial y las aguas potables purificadas (Mérida, R., 1987), las aguas de manantial son la que emergen de la superficie de la tierra y cuentan en su composición con aniones y cationes tales como los cloruros, nitratos, calcio, magnesio, hierro, y otros compuestos químicos. Las aguas potables tratadas son aquellas que para su comercialización se han sometido a un determinado tratamiento (Larena, 1990), estas aguas pueden ser; destiladas, carbonatadas, ozonificadas, filtradas, etc., (Tobin, et al., 1981; Camper, et al., 1986), o pueden llevar cualquier otro proceso de desinfección (Warburton, y Dodds, 1992), con el objeto de eliminar de ella todo tipo de bacterias y sustancias extrañas (Figeroa, 1993; Warburton y Dodds, 1992), para mejorar la calidad estética del agua, incluyendo la reducción de contaminantes que causan olor, sabor, turbiedad, etc., y otros efectos indeseables

(Geldreich, et al., 1985). El contenido fisicoquímico y microbiológico puede variar de acuerdo a la fuente municipal (Hernández, D., y Rosenberg, 1987).

A pesar de su inocua apariencia, el agua alberga una flora bacteriana específica. La salud del hombre por lo tanto se ve afectada por la exposición constante de ciertas sustancias y microorganismos presentes en bajas concentraciones en el agua que consume (Walker, 1992). Es normal encontrar en ella un pequeño número de bacterias inofensivas (Schmidt-Lorenz, 1976, citado por Warburton, 1993). En las aguas embotelladas estos gérmenes tienden a multiplicarse, dichas bacterias no son tan dañinas ya que el hombre consume estos microorganismos que polulan en los alimentos crudos que consume diariamente. Sin embargo, algunas bacterias como los coliformes fecales son sumamente peligrosos e indeseables pues su sola presencia indica contaminación fecal y por consiguiente la posibilidad de encontrar bacterias patógenas al hombre (Grant y Long, 1989; Isaac, M., et al, 1994). Cualquier organismo transmitido por ruta oral-fecal tiene el potencial de causar infección (Walker, 1992).

Es importante que el agua destinada al abasto público sea fresca, transparente e inodora y carezca de sabores y olores desagradables (OMS, 1972). Debe contener iones disueltos como carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, etc., en cantidades que no afecten su sabor (Ballentin y Herson, 1983), y no amenazen la salud del hombre.

Las aguas embotelladas deben de ser claras y transparentes y conservar intactas las características que le confieren sus propiedades específicas de manera que sean apreciables desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico. Cuando el agua es embotellada el proceso puede agregar una variedad en composición y sabor (Ballentin y Herdon, 1983).

En México existen registradas un número importante de aguas envasadas y en la actualidad su consumo es cada vez mayor, de allí que se ha exigido una mayor garantía sanitaria en la comercialización de este producto (Falcon, et al., 1987). En la mayoría de los países se han establecido los límites máximos admisibles para el agua embotellada (Rheinheimer, 1987), de esta manera representa una alternativa más segura (Hunter, 1993). En México este problema ha cobrado tal importancia que en mayo de 1994 se publicó en el Diario Oficial, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana para agua purificada envasada (NOM-041-SSA1-1993). En esta norma se menciona que el agua envasada no debe de causar efectos nocivos a la salud, que se encuentre libre de gérmenes causantes de enfermedades, así como de sustancias tóxicas y cumpla con las características físico-químicas adecuadas. En marzo de 1995 se publicó la Norma Oficial para aguas purificadas con algunas modificaciones al proyecto de norma anterior.

ANTECEDENTES

En los países de América Latina los problemas de contaminación por bacterias patógenas de origen fecal son los más agudos. Los agravantes son la falta de tecnología para el control del problema y en muchos casos la falta de medios económicos para adquirirla (ACODAL, 1991).

Los parásitos intestinales y las enfermedades gastrointestinales de origen bacteriano ocupan uno de los primeros lugares como causantes de mortalidad en la población de nuestro país (Galván, 1988). Las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua como la tifoidea y el cólera han sido asociadas con la contaminación de la misma por las heces fecales (Pipe, 1982; Warburton, 1993)

Aunque se ha determinado que el principal contagio son los hábitos deficientes de higiene, no deja de ser importante el papel que desempeña el vital líquido como vehículo de transmisión, (Warburton, y Dodds, 1992), sobre todo si no recibe el tratamiento adecuado para el consumo humano (Galván, 1988; Falcon et al., 1986). Si un individuo consume agua contaminada sufre efectos en su salud, dependiendo de la especie de bacteria que se encuentre, el número de bacterias ingeridas y la salud y resistencia general al organismo particular involucrado (Geldreich, et al., 1985).

En países en desarrollo el agua tiene un rol crucial en la transmisión de enfermedades humanas y una gran mayoría sufre y muere de enfermedades relacionadas con el agua (ACODAL, 1991). Las enfermedades diarreicas representan uno de los problemas de salud más importantes. En un estudio realizado en Santiago de Chile se encontró un alto índice de enfermedades diarreicas especialmente en niños, por ingerir agua supuestamente potable (Levine, 1993). La

República Mexicana es una de las naciones que registran las tasas de mortalidad más elevada de estos padecimientos a nivel mundial (Isaac, M., et al, 1994). En el tercer mundo la disposición inadecuada de excretas y cuerpos de agua infestada de microorganismos son responsables por la muerte de muchas personas (ACODAL , 1991).

Debido a la escasez del agua y a su dudosa calidad la población de la Ciudad de México así como la de otros países consumen el agua embotellada. Poca gente hoy en día, toma agua directamente de la llave (Walker, 1992).

Las empresas embotelladoras argumentan que el agua envasada, ofrece mayores garantías sanitarias. Sin embargo, en recientes estudios realizados en Francia demuestran que ciertas aguas utilizadas para embotellar presentan determinadas sustancias, que aunque estos índices se describen en cantidades mínimas en la etiqueta, no se mencionan contraindicaciones (Larena, 1990).

Las empresas embotelladoras aseguran que el agua servida a los usuarios es potable, esto es que no transporta ninguna sustancia que sea potencialmente dañina para la salud, sin embargo, esto no es siempre cierto (Galván, 1987).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea que más de la mitad de la población mundial consume agua que contiene organismos patógenos (Larena, 1990).

En Los Estados Unidos el consumo del agua embotellada ha aumentado en un 500% entre 1980 y 1983. Uno, de cada 17 personas consume este tipo de agua (Falcon, et al , 1986). En este país se venden más de 600 marcas diferentes de agua embotellada y 75 son importadas (Wilson, 1991, citado por Warburton y Dodds, 1992).

Según la guías de calidad del agua, el agua que se va a embotellar debe estar libre de cualquier microorganismo patógeno, así como de bacterias indicadoras de contaminación fecal, el proceso de embotellamiento, su transporte y almacenamiento no deben contaminar el agua (Ballentín y Herdon, 1983). La fuente de agua debe de estar protegida, y el embotellamiento debe de estar hecho higiénicamente (OPS, 1987; 1988) . Las aguas minerales no están incluidas en estas guías, aunque los procesos de embotellamiento y los estándares de higiene recomendadas para tales plantas les son también aplicables (OMS, 1984).

Para la purificación del agua se emplean en la actualidad una gran variedad de métodos, con el fin de remover impurezas, sabores, olores y microorganismos (Geldreich, et al., 1985; Fiore y Babineau, 1977, Camper, et al., 1986). En primer lugar se tiene el cloro que es el desinfectante más común (Walker, 1992), después de la cloración se usa filtración mecánica y la de carbón activado (Brewer y Carmichame, 1979), para eliminar el cloro residual y materia orgánica, la destilación, desmineralización u ósmosis pueden usarse para producir agua libre de minerales (Ballentín y Herdon, 1983), la ósmosis reversible o la exposición a la luz ultravioleta están siendo más populares, ajustandose también el pH y la dureza (Walker, 1992).

En recientes estudios sobre la efectividad del uso de los filtros de Carbón Activado Granular (CAG), como método para purificar el agua, se ha encontrado que en ocasiones debido a la falta de mantenimiento de dichos filtros, el producto final (agua) se encuentra contaminado por microorganismos (Tobin, et al., 1981; Payment, 1989, citado por Warburton, y Dodds, 1992; Lechevallier et al., 1988), esto indica que la población bacteriana se adhiere y acumula en los filtros de (CAG), por consiguiente, la preozonización y precloración del agua antes de la filtración no tienen efectos en las bacterias (Burlingame, et al., 1986; Warburton, 1993). Numerosos

estudios han reportado que organismos unidos a partículas de CAG muestran un aumento en la resistencia a la desinfección (Camper, et al, 1987 mencionado por Pernitsky, et al, 1995; Lechevallier, et al, 1988).

Aunque no está relacionado con las aguas embotelladas, estudios en filtros domésticos han mostrado asociación con contaminación por bacterias y enfermedades gastrointestinales (Payment, et al, 1991).

La Dirección de la Comunidad Europea recomienda guías para el conteo de bacterias en la fuente e inmediatamente después del embotellamiento, pero no hay recomendaciones para después del almacenamiento de las botellas. Sin embargo, se tienen antecedentes de que las bacterias aumentan en 1-2 días después del embotellamiento (Schmidt-Lorenz, 1976, citado por Warburton, y Dodds, 1992). Ferreira et al., 1994, menciona que este aumento se ve después de 3-7 días de haber embotellado el agua.

No se sabe con certeza si el material del envase en que se almacena el agua influye en las características microbiológicas de esta, pues previos estudios al respecto muestran variaciones en el número de bacterias después del almacenamiento, dependiendo del tipo de botella usada. Morais y Da'costa, 1990, encuentran mayor contaminación en recipientes de vidrio que de plástico, resultados similares son a los obtenidos por Yurdusen y Ducluzeas, 1985, citado por Hunter, 1993. Sin embargo, González, et al. 1987, reporta resultados opuestos. Bischofbleger, et al., 1990, citado por Hunter, 1993, encontró más contaminación en recipientes PVC comparadas con las de plástico. Mavridou, 1992 realizó un estudio sobre la flora bacteriana en aguas minerales no-carbonatadas, esta agua fue examinada en varios estados: de la fuente de agua, durante el embotellamiento, justo después del embotellamiento y durante su vida de anaquel antes de ser

consumida, encontró que la flora bacteriana era baja en el preembotellamiento, durante el almacenamiento un gran número de bacterias creció más en la botella de vidrio que en las botellas de PVC, un considerable número de bacterias creció en botellas PVC llenadas a mano.

Calvosa, et al, 1994 en un estudio realizado para ver el desarrollo del olor y sabor en el agua en recipientes de polietileno expuestas a la luz solar directa por dos semanas, encontró que estas características se alteraban por el mecanismo de fotooxidación, el cual puede ser controlado por la adición de antioxidantes compatibles.

Una gran cantidad de investigadores concluyen según sus resultados obtenidos sobre análisis microbiológicos y fisicoquímicos, que existe un elevado porcentaje de aguas embotelladas que no se puede considerar como apta para el consumo humano principalmente por contaminación fecal y el aumento en la cantidad de cloruros (Falcon, et al., 1987).

Varios autores han investigado la flora microbiana del agua embotellada y se han identificado varias bacterias, siendo las más comunes algunas especies de *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, etc. (Morais y Da'costa, 1990; Hernández, D. y Rosenberg, 1987; González et al., 1987; Falcon et al., 1986). *Aeromona hydrophyla* es un patógeno frecuentemente asociado con el agua, se ha citado como organismo indicador de contaminación porque se ha encontrado en agua embotellada en Canada (Warburton, et al., 1994), Arabia Saudita (Slade, et al., 1986), España (González, et al., 1987) y en otros países.

La fuente de agua es a menudo desconocida y desde su origen puede contener una variedad de microorganismos (Hernández, D. y Rosenberg, 1987) *Yersenia enterocolitica* ha sido asociada con enfermedades transmitidas por el agua no clorada y puede representar un peligro para la salud (Highsmith, et al., 1977).

1. Revisión de las normas de la calidad del agua para consumo humano.

Entre 1984 y 1986 la OMS publicó los estándares en 3 volúmenes que fueron titulados "Guías para la calidad del agua potable " y presentaron los valores guía más, que los límites, estos fueron puestos para asegurar el valor estético y evitar un riesgo significativo en la salud, asegurando por lo tanto su calidad microbiológica. Las guías cubren un total de 43 parámetros, en estas se incluyen parámetros físico-químicos, microbiológicos y estéticos. Para 1993 los estándares de la OMS continuaron aumentando el número de parámetros químicos-orgánicos, cerca de 80 compuestos orgánicos de significancia para la salud incluyendo pesticidas, desinfección por productos y otros compuestos orgánicos. También publicó estándares por más de 40 parámetros orgánicos e inorgánicos.

En adición a los estándares de la OMS los otros dos estándares para evaluar la calidad del agua son los de la Comunidad Europea y los estándares de Los Estados Unidos. La directiva de la Comunidad Europea cubre 62 parámetros divididos en aspectos microbiológicos, sustancias tóxicas indeseables y cantidades excesivas, parámetros fisicoquímicos y organolépticos (Newton, M., 1994). Hoy en día las concentraciones admisibles para los parámetros químicos, estas basados en datos científicos a través de investigaciones con animales, estudios epidemiológicos controlados, estudios clínicos o reportes de casos de seres expuestos (ACODAL, 1991).

En nuestro país el agua embotellada es ahora suministrada por una gran variedad de empresas; de las dos mil embotelladoras del país, 33 funcionan en la Ciudad de México y más del 50% carecen de las especificaciones de pureza, por lo que muchas empresas que se han inspeccionado han tenido que ser clausuradas (Olivares, 1993).

La presión del gobierno sobre las plantas embotelladoras ha aumentado desde su privatización. Actualmente existe una legislación para regular las concentraciones de ciertas impurezas en el agua, todas las compañías embotelladoras tienen que someterse a un reglamento obligatorio para proveer de agua saludable al consumidor. En mayo de 1994, se publicó en el diario oficial de la federación, el proyecto de Norma Mexicana NOM-041-SSA-1993 para agua purificada y envasada, en el cual se mencionan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el fin de mejorar la calidad del agua embotellada. Por último en marzo 24 de 1995 se publicó la Norma Oficial para aguas embotelladas, con algunas modificaciones a la Norma anterior. Esta norma tiene como propósito, establecer las especificaciones sanitarias del agua purificada envasada con el fin de reducir riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales y las derivadas de su consumo. Estas especificaciones se establecen con base en legislaciones internacionales.

2. Aspectos Microbiológicos en la calidad del agua.

La determinación de microorganismos para valorar la calidad higiénica del agua fue primeramente propuesta en 1981, treinta años después de la fiebre tifoidea y cólera por el agua (Rivilla y González, 1988).

Desde el punto de vista microbiológico el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objeto determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias que revelan una contaminación por materia fecal o por materia orgánica.

En la actualidad se cuenta con información relacionada a estudios realizados en aguas para la identificación y cuantificación de bacterias patógenas y ya se tienen establecidos a los coliformes totales, coliformes fecales, etc., como indicadores de calidad bacteriológica del agua (Galván, 1988; Falcon et al., 1987; Hernández, D., y Roseberg, 1987; Rheinheimer, 1987; Grant y Long, 1989; Mitchell, 1972; SAHOP, 1980; Allen, M., et al, 1995).

Debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua, los Coliformes Totales en general se caracterizan por su capacidad por fermentar lactosa en cultivos de 35-37 °C entre ellos se encuentra especialmente a *E. coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (OPS, 1987).

Los Coliformes Fecales son bacterias termorresistentes, capaces de fermentar lactosa a 44.0-44.5 °C, (OMS, 1984), entre ellos se encuentran los del género *Escherichia* y en menor grado algunas bacterias de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*.(OPS, 1987).

Los indicadores de la calidad del agua proporcionan indicios en cuanto a la limpieza general del sistema de distribución y así mismo sirven para evaluar la calidad del agua embotellada.

3. Aspectos Físicoquímicos en la calidad del agua.

En cuanto a los parámetros físicoquímicos también estos están relacionados con aspectos de salud y sus valores máximos permitidos están citados en el proyecto de la Norma Oficial Mexicana de marzo 24 de 1995 (NOM-041-SSA1-1993).

Los productos químicos encontrados en el agua de bebida pueden ser clasificados en 3 categorías (Hickman;1982, citado por Castro y Gaytán , 1992).

- 1.- Los que se encuentran en aguas crudas, sustancias naturales como minerales del suelo y rocas ejemplo; hierro,sulfato, etc.
- 2.- Los compuestos que se introducen o forman durante el tratamiento.
- 3.- Materiales que se obtienen en la red de distribución como materiales disueltos en las tuberías o envases de almacenamiento.

Las características fisicoquímicas que debe tener el agua para consumo humano son :

Alcalinidad. La alcalinidad en el agua no debe ser tan alta que cause daño fisiológico en los humanos; debe ser propia para aguas químicamente balanceadas (que no cause corrosión ni incrustaciones). Un criterio para mencionar una alcalinidad máxima y mínima en el agua está relacionada con las relativas cantidades de bicarbonatos, carbonatos e iones hidróxido y también el pH, sólidos disueltos y contenido de calcio.que causen la alcalinidad. Valores superiores de los 300 mg./lt. como CaCO_3 indican un exceso de sales disueltas y esto puede alterar las características físicas del agua (WQC, 1968; INCO, 1992).

Dureza. La dureza se debe principalmente a la presencia de Calcio y Magnesio aunque también contribuyen a ella el estroncio, bario, y otros iones polivalentes, por lo general la Dureza se expresa como mg./lt. de CaCO_3 (WQC, 1968 ; OPS, 1987). La Norma Oficial vigente indica

como valor máximo permisible una Dureza Total de 200 mg. /lt. como CaCO_3 , La dureza que por lo general predomina es la ocasionada por el Calcio y en menor proporción el Magnesio.

La capacidad amortiguadora del agua normalmente descrita como Alcalinidad, está estrechamente relacionada con la Dureza, así aniones como el hidroxilo, el bicarbonato y el carbonato tienen una influencia significativa(OPS, 1987).

En el Japón en 1957 se demostró que existía una estrecha relación entre los índices de mortalidad por ataques cardiacos y la acidez del agua potable de origen fluvial. Otros estudios efectuados en diversas partes del mundo han demostrado que hay relación negativa de alto significado estadístico entre la dureza del agua y enfermedades cardiovasculares. Por lo general las aguas que son excesivamente duras no origina problemas de corrosión, pero son propensas a formar incrustaciones excesivas (OPS, 1987).

Cloruros. Los cloruros se hallan distribuidos ampliamente en la naturaleza por lo general en forma de sales de sodio (NaCl), potasio (KCl) y de Calcio (CaCl_2) (OPS, 1985). Los cloruros sirven para determinar la cantidad de sales antes mencionadas que contiene el agua (WQC, 1968). El sabor del agua se ve afectada por la concentración de los cloruros. La concentración elevada de los cloruros dan un sabor desagradable al agua. También ocasionan corrosión en los metales del sistema de distribución especialmente en el agua de baja alcalinidad.(OPS, 1985). Teniendo en cuenta el sabor se ha establecido un valor Norma como máximo de 250 mg/lt. como cloruros.

pH. Es la medida de acidez o alcalinidad, valores fuera del límite (6.5 - 8.5) indican variación en el contenido de minerales que pueden afectar las características organolépticas

(WQC, 1968). Los factores que influyen en los valores del pH son la cloración que tiende a disminuir el pH, mientras que cuando el agua se suaviza utilizando el método de cal en exceso, se eleva su nivel. El pH también tiene un efecto significativo en el sabor del agua, se ha afirmado que el agua potable adquiere un sabor amargo cuando el pH es alto. La intensidad del color también aumenta cuando se eleva el pH. En general la mayor parte de los microorganismos toleran la gama de pH que, por lo común, se encuentra en las fuentes del agua. Es imposible determinar una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable, debido a que este tiene una estrecha relación con otros aspectos de la calidad del agua. (OPS, 1985).

4. Características organolépticas del agua.

Tanto las características microbiológicas como las fisicoquímicas presentes en el agua van a influir en su aspecto organoléptico y se pueden apreciar en el color, olor y sabor. La prueba de estos aspectos proporciona resultados que son necesarios para evaluar la efectividad de diversos tipos de tratamiento del agua (DSENY, 1974; WQC, 1968; Ballentin y Herdon, 1993).

Los aspectos organolépticos que se pueden apreciar en el agua son: color, olor, sabor y aspecto.

Olor. El olor en el agua se debe principalmente a la presencia de sustancias, algunos olores indican un aumento de actividad microbiológica (OPS, 1985, 1988), otros pueden ser originados por contaminación industrial (Hopkins, E., 1979). El olor en el agua potable, es casi un indicador invariable de alguna forma de contaminación de la fuente de agua o del mal

funcionamiento durante el tratamiento del agua (OMS, 1984; DSENY, 1974). Es deseable que el olor este virtualmente ausente (WQC, 1968).

El agua embotellada no debe tener olor, cualquier olor presente debe ser eliminado por un tratamiento definido (Geldreich, et al, 1985). La efectividad del método de tratamiento en eliminar materiales olorosos del agua es variable dependiendo de la naturaleza causante del olor (WQC, 1968; Ballentin y Hernon 1983).

La prueba del olor proporciona resultados que son necesarios para evaluar la efectividad de diversos tipos de tratamiento del agua (DSENY, 1974).

Sabor. El sabor es la sensación que resulta de la interacción entre la saliva y las sustancias disueltas en el agua. Por lo general el sabor en el agua está íntimamente relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones. El sabor es una medida de aceptación del agua por el consumidor. Por lo general las papilas gustativas de la boca detectan específicamente elementos inorgánicos como el magnesio, calcio, sodio, hierro y zinc y ciertas sales como el bicarbonato de sodio y cloruro de calcio. La cloración tal vez origine residuos de cloro perceptible para el consumidor (OPS, 1985). Un sabor metálico o salino puede indicar contaminación en el abastecimiento del agua o bien de una mala higiene en el embotellamiento (DSENY, 1974; OPS, 1988).

Prácticamente todos los olores y sabores del agua son de origen orgánico, rara vez se deben al exceso de cloro, sino más bien a los compuestos formados por la acción del cloro sobre la materia orgánica, (SAHOP, 1980). En general el sentido del gusto es más útil para detectar

compuestos inorgánicos, mientras que el sentido de olfato es más útil para detectar los orgánicos(OPS, 1987).

JUSTIFICACION

Debido a que la necesidad de agua potable es cada día mayor en la Ciudad de México y su Area Metropolitana, el consumidor ha optado por nuevas opciones para obtener el preciado liquido, ya que han aparecido en el mercado numerosas marcas de agua embotellada en diferentes presentaciones, de anaquel (0.5-2.5 lt.) y las de garrafón que varían de 18 - 20 lt. este tipo de agua tiene un costo mayor que el agua de grifo, por lo tanto debe de cubrir los requisitos básicos del agua potable.

El consumidor piensa que el agua purificada reúne todas las características necesarias de potabilidad y que su consumo directo (sin hervir) no representa riesgos para la salud. Sin embargo ya existen antecedentes de que las aguas embotelladas también pueden encontrarse contaminadas.

Debido a la alta incidencia de enfermedades diarreicas y gastrointestinales en nuestro país y por lo expuesto anteriormente se hace imperioso la necesidad de realizar un estudio que determine la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua, y establezca el papel que desempeña el agua embotellada como un vehículo potencial de transmisión de enfermedades.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad del agua embotellada de anaquel (2.5 Lt.) y de garrafón de vidrio y de plástico (18 - 20 Lt.) de diferentes marcas nacionales en la Ciudad de México y Area Metropolitana.

OBJETIVOS PARTICULARES

- I. Evaluar la calidad microbiológica del agua embotellada, determinando los índices de contaminación bacteriológica: los coliformes fecales y los coliformes totales.
- II. Realizar un estudio sobre las características fisicoquímicas del agua a través de parámetros como: la alcalinidad total, alcalinidad a la fenoftaleína, dureza total, dureza al calcio, pH, conductividad y cloruros.
- III. Evaluar las características organolépticas del agua embotellada.
- IV. Comparar los resultados bacteriológicos y fisico-químicos de las aguas de anaquel con las de garrafón.
- V. Comparar los resultados bacteriológicos y fisico-químicos de las aguas de garrafón de vidrio con las de plástico.

METODOLOGIA

1. MUESTREO

Se analizaron 39 diferentes marcas nacionales de agua embotellada para beber de consumo habitual y distribuidas en la Ciudad de México y Area Metropolitana. Estas aguas purificadas se envasan en garrafones con una capacidad que varía de 18-20 litros (INCO, 1989), según la marca del producto, el tipo de envase en que se almacena es de vidrio o plástico. Se estudió también, aguas embotelladas en envases de plástico no retornables de 1.5 lt. de capacidad, a este tipo de aguas embotelladas se les denominó como agua de "Anaquel" para diferenciarlas de las aguas de garrafón.

Por cada marca y por cada presentación de envase (vidrio y plástico), se tomaron 5 muestras de diferentes lotes, de tal forma que en las marcas que presentaron los dos tipos de envases se tomaron un total de 10 muestras por marca y 5 en aquellas que presentaron solo un tipo de envase. Todos los análisis tanto fisicoquímicos como bacteriológicos se efectuaron por duplicado.

Las aguas embotelladas fueron obtenidas en diferentes lugares de la Ciudad de México y del area Metropolitana, dejando un intervalo de tiempo a fin der adquirir lotes diferentes.

Se entiende por lote a la cantidad de unidades de producto elaborado en un solo proceso con el equipo y sustancias requeridas en un mismo lapso para garantizar su homogeneidad (NOM-041-SSA1-1993).

Como se encontró que una marca de garrafón procedía de 4 plantas de purificación diferentes, se consideró a cada planta como una marca independiente para ver si había diferencias entre ellas.

De esta manera se analizaron un total de 23 marcas de agua de garrafón de las cuales 14 marcas se adquirieron en las 2 presentaciones de envase : vidrio y plástico ; 3 fueron solo de plástico y 6 solo de vidrio. Por último también se analizaron un total de 16 marcas de agua de anaquel. Todas estas dieron como resultado 53 casos que se tomaron para realizar los análisis estadísticos.

Las muestras de agua utilizadas, fueron tomadas de envases cerrados obtenidas de la compra directa. Las aguas embotelladas de anaquel se adquirieron en supermercados, tiendas o puestos ambulantes y las de garrafón en centros comerciales, camión repartidor, o bien de la planta embotelladora. Las muestras de garrafón se transportaron al laboratorio para su análisis en botellas ambar previamente esterilizadas, y para su análisis fisico-químico en botellas de plástico perfectamente limpias.

Para evaluar la calidad del agua envasada se estudió aquellos parámetros de mayor interés desde el punto de vista sanitario, y por estar directamente relacionados con las fuentes de contaminación más frecuentes en este tipo de agua, algunos de ellos están indicados como los valores máximos permisibles en la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 (Tabla 1).

Los parámetros fisico-químicos y bacteriológicos analizados fueron los siguientes :

2. ANALISIS FISICOQUIMICOS.

1. Alcalinidad Total en mg./lt. como CaCO_3 (Método de titulación con indicador)

2. Dureza Total en mg./lt. como CaCO_3 (Método : titulación con EDTA empleando negro de ericromo como indicador).
3. Dureza al Calcio en mg./lt. como CaCO_3 (Método : titulación con EDTA empleando murexida como indicador).
4. Dureza al Magnesio en mg./lt. como CaCO_3 (Por diferencia entre los parámetros de dureza anteriores).
5. Relación CA/Mg (Calculando el cociente de mg./lt. de Calcio entre mg./lt. de Mg.)
6. Cloruros en mg./lt. como cloruros (Método : Argentometrico).
7. pH se midió con un potenciómetro HANNA INSTRUMENTS HI8314
8. Conductividad medida con un conductímetro YSI modelo 33

Se determinó la relación Calcio-Magnesio para conocer que marcas de las aguas analizadas pueden ser favorables en la prevención de ciertas enfermedades cardiovasculares.

El cociente de la relación Calcio/Magnesio deseable admitido por el Código Alimentario Español para las aguas potables es de 1.2 expresado en miliequivalentes por litro o de 2 expresado en mg./lt..

Considerando el valor total óptimo de 2 mg./lt., todas las aguas con valores inferiores se podrán considerar "Muy buenas" en cuanto al aporte de Mg. La consideración de 20% de variación admitido oficialmente permite situar dicho valor entre 2.4 como máximo y de 1.6 como mínimo y estimar que las aguas comprendidas por debajo de este intervalo son Muy buenas, las que se encuentren dentro del mismo serán Buenas y las aguas cuyo índice supere el 2.4 se considerarán "No aptas" para la prevención de trastornos cardiovasculares.

3. ANALISIS BACTERIOLOGICO.

A todas las muestras se les determinó Coliformes Totales y fecales, cuyo control exige la legislación Mexicana, por el método de Filtro de Membrana (Brenner y Ranking, 1990 ; Hernandez, D. y Rosenberg, 1987). Se usó el equipo para filtro millipore utilizando membranas de celulosa (0.45 μ m. tamaño del poro, 47 mm. diam.) (Volk, W., and Wheeler, 1980 ; Brenner,P. y Rankin, C., 1990 ; Tobin, R. y Dunka, B., 1977).

Las técnicas para los análisis fisico-químicos y bacteriológicos están descritos en el Anexo. (APHA-AWWA-WPCF, 1991 ; Robles, et al., 1991).

4. ANALISIS ORGANOLEPTICO.

Para los análisis organolépticos se elaboró un cuestionario con preguntas relacionadas al olor, sabor, y aspecto, utilizando una escala numérica para indicar los atributos del agua. Se seleccionaron 15 personas al azar para analizar estas pruebas para cada marca de agua y por cada modalidad y presentación de envase (Garrafón vidrio-plástico y Anaquel). Los catadores desconocían la marca del agua que bebían para evitar influir en su respuesta.

Los aspectos organolépticos fueron los siguientes :

SABOR	OLOR	ASPECTO
1. Excelente	1. Inodora	1. Cristalino
2. Muy Buena	2. Percibe olor	2. Turbia
3. Buena		3. Coloración
4. Regular		4. Otros
5. Mala		

5. ANALISIS ESTADISTICOS.

Para la descripción y expresión de los resultados se sustituyeron los nombres comerciales de las aguas embotelladas analizadas por claves (Tabla 2).

Para los análisis estadísticos, los valores los datos correspondientes a los valores bacteriológicos (coliformes totales, coliformes fecales y bacterias denominadas rojas y cremas fueron transformados utilizando la raíz cuadrada del valor más 0.5 dada la presencia de que muchos conteos bacteriológicos fueron de cero (Daniel, W. 1977).

Con los datos transformados se realizó un análisis de correlación y análisis de conglomerados con el fin de estudiar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, este análisis se procesó utilizando 53 casos tomando la media de las 5 muestras estudiadas por cada caso.

Después se procedió a realizar un análisis de conglomerados con los 53 casos y los 11 parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, con el objeto de formar grupos de casos que tuvieran valores semejantes en los parámetros. Una vez formados los grupos se procedió a aplicar análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias (prueba de Fisher), para determinar que grupos y en que variable eran diferentes.

Los análisis anteriores fueron realizados con el paquete estadístico CSS ver. 3.1 (CSS, 1991)

TABLA 1. CRITERIOS DE REGLAMENTACION DE AGUA POTABLE

PARAMETRO	*1 D.O. S.S.A. JUL. 1953	*2 O.M.S. 1972		*3 I. E. 1981	*4 O.P.S. 1988	*5 D.O. S.S.A. 1988	*6 D.O. S.S.A. 1995
		+	++				
ALCALINIDAD mg/l como CaCO ₃					400	400	300
DUREZA TOTAL mg/l como CaCO ₃		100	500	500	500		200
DUREZA AL CALCIO mg/l como CaCO ₃		75	200	150	300	300	
DUREZA AL MAGNESIO mg/l como CaCO ₃	125	30	150	50	200	125	
CLORURO mg/l	250	200	600	250	300		250
pH	6-8	7 a 8.5	6.5 a 9.2	6.5-8.5	6.5-8.5	6.9-8.5	6.5-8.5
CONDUCTI- VIDAD micromhos/cm				400			
COLIFORMES TOTALES ufc/100 ml		<10		0	0	2	0
COLIFORMES FECALES ufc/100 ml					0	0	0
BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS ufc/100 ml							100

*1 Reglamento Federal sobre obras de provision de agua potable para los Estados Unidos Mexicanos
Diario Oficial, S.S.A. Julio de 1953.

*2 Organización Mundial de la Salud 1972

+ Concentraciones deseables

++ Concentración permisible

*3 Legislación Española 1981 Real Decreto 1158/1980 14 sep por la cual se aprueba la
reglamentación técnica sanitaria para el abastecimiento y control de las aguas potables de consumo
público.

*4 Organización Panamericana Sanitaria, 1985, 1987, 1988

*5 Diario Oficial de la Federación. Agua y hielo para uso y consumo humano y para refrigerar. 8 de enero
de 1988

*6 Diario Oficial de la Federación. Bienes y servicios. agua purificada envasada NOM-041-SSA1-1993
aprobada el 24 de marzo de 1995

TABLA 2. CLAVES DE LAS MARCAS DE GARRAFON Y ANAQUEL.

GARRAFONES

CLAVE	MARCA	CLAVE	MARCA
1G = 1V + 1P = PEÑON		13G = 13V + 13P = ELECTROPURA (ANDALUCIA)	
2G = 2V + 2P = AGUAPURA		14G = 14V + 14P = ELECTROPURA (ECATEPEC)	
3G = 3V + 3P = AGUAFRESH		15G = 15V = ELECTROPURA (LOS REYES)	
4G = 4V + 4P = DISAPURA		16G = 16V = LLEKTROPURA	
5G = 5V + 5P = SUPERPOTABLE DE MORELOS		17G = 17V = AGUA DEL PEDREGAL	
6G = 6V + 6P = PUREZA AGA		18G = 18V = AGUA AZUL	
7G = 7V + 7P = AQUAPURA		19G = 18V = SPLASH	
8G = 8V + 8P = ARGENTOPURA		20G = 20V = ULTRAPLUS	
9G = 9V + 9P = CRISSALL		21G = 21P = BONAFONT	
10G = 10V + 10P = STALLION		22G = 22P = JUNGHANS	
11G = 11V + 11P = ULTRAPURA SAN SIMON		23G = 23P = THEISSIER	

BOTELLAS DE ANAQUEL

CLAVE	MARCA	CLAVE	MARCA
1A =	ARRECIFE	9A	ELECTROPURA
2A =	ALPURA	10A	COMERCIAL MEXICANA (MARCA LIBRE)
3A =	AGUANIEVE	11A	MUNDET
4A =	AGUAFIEL	12A	GIGANTE (MARCA LIBRE)
5A =	ALPINA	13A	NIAGARA
6A =	BONAFONT	14A	PREMIUM
7A =	CARRERA	15A	PUREZA AGA
8A =	COSMOPURA	16A	SANTA MARIA

G = GARRAFONES P = PLASTICO V = VIDRIO A = BOTELLAS DE ANAQUEL.

ANALISIS DE RESULTADOS

Para cada marca analizada se calcularon las estadísticas generales de valor mínimo, valor máximo, Media, error estandar, desviación estandar, límite superior y límite inferior, y que se utilizarón para realizar el análisis estadístico (Sokal, y Rohlf, 1979).

Todos los análisis se efectuaron por duplicado con la siguiente precisión y exactitud en cada parámetro :

PARAMETRO	PRECISION	EXACTITUD
	%	%
Alcalinidad	99.33	99.1
Dureza Total	98.03	99.2
Dureza al Calcio	95.1	98.0
Cloruros	96.8	98.5
pH	100	100
Conductividad	100	100

El análisis de alcalinidad a la fenoftaleína, no se realizó en ninguna de las muestra estudiadas pues no superaron el valor de pH >8.3.

I. ANALISIS DE CORRELACION.

Correlación por par de variables.

En la tabla 3 se muestra la matriz de correlación entre las variables para las 53 muestras de agua embotellada estudiadas.

Se relacionaron los 11 parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se analizaron en el presente estudio, encontrándose una relación directa y estadísticamente significativa entre los siguientes parámetros: Alcalinidad, Dureza Total, Dureza al Calcio, Dureza al Magnesio y Conductividad.

En cuanto a los cloruros se observa que este parámetro tiene una asociación directa y significativa con la Alcalinidad, Dureza Total, Dureza al Calcio, Dureza al Magnesio y Conductividad, aunque su coeficiente de correlación presenta valores bajos con la Alcalinidad ($r = 0.50$) y un valor alto $r = 0.75$ con la Conductividad. Con el pH no muestra un relación significativa pues su valor $r = 0.19$ y $P = 0.17$ lo indican.

La correlación del pH con el resto de los parámetros fisicoquímicos (a excepción de cloruros) es significativa, ($P = 0.0$) pero su coeficiente de correlaciones baja, que va de $r = 0.52$ con la Conductividad y de $r = 0.67$ con la Dureza al magnesio.

En cuanto a los parámetros bacteriológicos se observa que ninguno de éstos (Coliformes Totales, Coliformes Fecales, y colonias Rojas y Cremas) presentan relación con los parámetros fisicoquímicos, (Fig. 1), ni entre ellos mismos pues sus coeficientes de correlación son muy bajos, van desde $r = 0.48$ a $r = -0.01$. (Tabla 3). Los Coliformes Totales tienen un correlación significativa con las bacterias que forman colonias rojas y lo mismo se ve entre los Coliformes Fecales con las bacterias denominadas cremas pero su coeficiente de correlación es baja, $r = 0,35$

y $r = 0.40$ respectivamente. Solo las colonias de bacterias rojas y cremas muestran un grado de relación baja aunque significativa, con algunos parámetros, por ejemplo las rojas tienen una relación directa con todos los parámetros fisicoquímicos excepto con la Dureza al Calcio, Cloruros y pH, esta relación va de $r = 0.30$ con la Conductividad y con las cremas tiene una correlación de $r = 0.31$ significativa. Las bacterias crema tienen un valor de correlación bajo aunque resultaron ser significativas con todos los parámetros a excepción de Dureza al Calcio y Coliformes Totales.

2. ANALISIS DE CONGLOMERADOS

Con los valores de los coeficientes de correlación entre las variables, se realizó un análisis de conglomerados (Fig. 2) en el que se muestra la asociación entre los 11 parámetros estudiados, en este se puede observar los siguientes grupos de variables que muestran una mayor relación; Alcalinidad, Dureza Total, Dureza al Calcio, Dureza al Magnesio y Conductividad, presentándose un grado de asociación más alto entre la Alcalinidad y la Conductividad. De una relación baja entre Coliformes Fecales y bacterias Cremas, y entre los Coliformes Totales y las bacterias rojas.

3. ANALISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS CINCO GRUPOS FORMADOS.

Los resultados del análisis de Conglomerados para las 53 marcas de agua muestran la formación de 5 grupos (Fig. 3), en esta figura se puede observar el grado de similitud que existe

entre una marca con las otras, se indica también la clave de las muestras de agua que caen dentro de cada grupo formado. Las características de cada grupo son las siguientes:

GRUPO 1 formado por 21 marcas que comparten características fisicoquímicas y bacteriológicas similares. Este grupo está integrado por 7 marcas de anaquel (1A, 3A,4A,5A,9A,10A y 12A), nueve de garrafón de vidrio (1V,5V,6V,8V,9V,11V,15V,16V y 20V), y cinco de garrafón de plástico (5P,6P,8P,9P y 11P), de todas estas solo 5 marcas de garrafón coinciden en sus dos presentaciones; vidrio y plástico (5V-5P,6V-6P 8V-8P, 9V-9P, 11V-11P).

GRUPO 2 formado por 6 marcas, 2 de anaquel (2A, 11A) 2 de garrafón de vidrio (7V, 12V) y 2 de garrafón de plástico (1P y 7P), con una marca de garrafón en sus dos presentaciones: 7V-7P.

GRUPO 3 Comparten características comunes 11 de las 53 marcas. una de anaquel (15A) 6 de garrafón de vidrio (3V,4V,10V,13V,17V,19V) y 4 de garrafón de plástico (3P,4P, 10P,13P), dentro de ellas coinciden 4 marcas de garrafón en sus dos presentaciones (3V-3P, 4V-4P; 10V-10P; 13V-13P).

GRUPO 4. Se encuentran 9 marcas, 6 de anaquel (6A,7A,8A,13A,14A,16A) y 3 de garrafón de plástico (21P, 22P,23P), ninguna marca de vidrio y como se puede observar en la tabla 4, este grupo se caracteriza por tener los valores más bajos en todos sus parámetros con respecto al resto de los grupos

GRUPO 5. Integrado por 6 casos de los cuales 3 son de garrafón de vidrio (2V,14V, y 18V) y 3 de plástico (2P, 12P, 14P) coinciden dos marcas en sus dos presentaciones (2V-2P; 14V-14P). Este grupo se caracteriza por tener los valores más altos en los parámetros analizados.

4. FORMACION DE GRUPOS DE MARCAS DE AGUAS DE ACUERDO A SUS CARACTERISTICAS AFINES EN LOS PARAMETROS ANALIZADOS.

Para su análisis, las 53 muestras de agua embotellada estudiadas se dividieron en grupos con características similares, tomando en cuenta las medias (\bar{X}) de los datos de los 11 parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados, resultando cinco grupos.

En la tabla 4 se muestran las estadísticas descriptivas de los 11 parámetros analizados de cada uno de los grupos que se formaron. En esta tabla se indica el número de casos que entran en cada grupo, los valores de las medias (\bar{X}) de cada parámetro, así como su desviación estandar.

En general se puede observar en la tabla 4 que el grupo que tiene los valores más altos en los parámetros estudiados fue el grupo 5, consecutivamente se tiene de acuerdo a los valores de mayor a menor a los grupos : 2, 1, 3 y 4, se observa que el grupo 2 tiene un media $\bar{X} = 1.09$ en sus Coliformes Totales que es inferior al del grupo 1 ($\bar{X} = 2.26$), lo mismo pasa en sus valores de las bacterias Cremas en un valor de $\bar{X} = 1.27$ menor al del grupo 1 ($\bar{X} = 1.86$). Aunque en el resto de los parámetros los valores sean más altos en el grupo 2, con respecto a los valores del grupo 1.

El grupo 4 presenta los valores más bajos en todos sus parámetros con respecto a los otros grupos, a excepción de las bacterias cremas cuya media fue de 1.45 más alta que la del grupo 2 ($\bar{X}= 1.26$).

5. ANALISIS DE VARIANZA.

Una vez formados los 5 grupos, se procedió a realizar un Análisis de Varianza y prueba de Fisher, con el fin de determinar cual o cuales de los grupos eran diferentes y en que parámetro, los resultados de éste análisis se muestra en la tabla (tabla 5).

Estos resultados indicaron que los grupos difieren significativamente ($P < 0.05$) en todos los parámetros físico-químicos excepto en los bacteriológicos, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y bacterias Rojas ($P > 0.05$), a excepción de las bacterias denominadas cremas que tuvieron un valor $F = 5.8671$, significativa $P = 0.00063$.

En la tabla 4, se indican los resultados obtenidos de la prueba de Fisher de la diferencia mínima significativa (LSD). Se encontró que los 5 grupos de marcas de agua embotellada son significativamente diferentes en cuanto a la Alcalinidad, Dureza al Magnesio y Conductividad ($P = 0.001$).

En la DUREZA TOTAL los 5 grupos son significativamente diferentes ($P = 0.0248$) excepto los grupos 1 y 2, en este parámetro el grupo 4 tuvo los valores más bajos (18.45) y el grupo 5 los más altos (150.52) (tabla 4).

DUREZA al CALCIO. Se observa que los grupos 5 y 4 difieren completamente del resto de los grupos ya que son los que presentaron los valores más altos (57.29) y más bajos (9.14) respectivamente. El grupo 2 y 1 comparten valores similares, este último a su vez también tiene valores parecidos con el grupo 3.

CLORUROS. Los grupos 5 y 2 son diferentes en sus valores de cloruros, el grupo 5 presenta los valores más altos (56.71) y enseguida se tiene al grupo 2 con un valor medio de 34.82, los grupos que presentan valores similares son el 1 con el 3 y el 3 con el 4.

pH. La mayoría de los grupos comparten valores en este parámetro, estos grupos son: 5, 2, 1 y 3, es este orden se tiene a los de mayor valor (grupo 5 $\bar{X}=7.93$) enseguida el 2, 1 y el 3 con los valores más bajos ($\bar{X}=7.64$), el grupo 4 no comparte valores similares ya que como se observa en la tabla 4 su valor en pH fue el menor ($\bar{X}=7.08$).

En cuanto a los parámetros bacteriológicos estudiados se observa que en los Coliformes Totales, Coliformes Fecales y las bacterias rojas fueron iguales estadísticamente en todos los grupos. Solo en las bacteria denominadas cremas hubo algunas similitudes entre los grupos, encontrándose que los grupos 1, 3, 4 y 2 son iguales en sus valores. De estos grupos el que tiene los valores más altos es el uno con una medid de $\bar{X}=1.86$, enseguida se tiene a los grupos 3 y 4 y por último al grupo 2 con los valores más bajos ($\bar{X}=1.26$). El grupo que difiere es el grupo 5 pues como se indica en la tabla 4 este grupo presentó los valores más altos (7.57), con respecto a los otros grupos.

6. ANALISIS DE RESULTADOS BACTERIOLOGICOS.

Aunque el análisis bacteriológico se hizo solo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales por ser los grupos indicadores de contaminación, se encontró que en muchos casos aunque no crecían estos indicadores en las cajas de cultivo específicas, si crecían otras bacterias de color "Rojo" en las cajas de Coliformes Totales y bacterias "Cremas " en las de Coliformes Fecales llegando a saturar las cajas, por lo que se consideró importante tomarlas en cuenta en los resultados.

En la tabla 6 se indican los porcentajes de las marcas que presentaron diversos grados de contaminación bacteriológica. Tanto los Coliformes Totales como los Coliformes Fecales se muestran divididos en diversos grados de contaminación, tomando en cuenta la frecuencia de determinados conteos bacteriológicos. Los valores se indican en Unidades formadoras de Colonias en 100 ml. de agua (UFC/100 ml.).

COLIFORMES TOTALES : Los resultados se dividieron en 4 grupos de contaminación, el primero de 1 UFC/100ml., el segundo de 2-10, el tercero de 11-50 y en el cuarto las muestras con más de 50 UFC/100 ml.

Como se puede observar (tabla 6), las marca 2G y 9G presentaron en diferentes porcentajes de sus muestras los 4 grupos de contaminación por Coliformes Totales, en alguno de los 2 tipos de envase (vidrio-plástico).

Las marcas que tuvieron algún grado de contaminación en sus 2 presentaciones (vidrio-plástico) son la 6G en un 20 % tanto en 1 UFC/100ml., como en más de 50. La 7G en el grado de

1 UFC/100 ml. en un 40% en ambos envases y la marca 9G en un porcentaje del 80% en su presentación de plástico y un 40% en vidrio en el grado de >50 UFC/100ml.

En este tipo de bacterias (Coliformes Totales) todas las marcas de garrafón analizadas a excepción de la 19 G presentaron algún grado de contaminación, contrario a esto en las muestras de anaquel, solo una marca la 2A presentó Coliformes Totales en diferentes grados de concentraciones en porcentajes del 20%.

COLIFORMES FECALES. Estas bacterias se muestran divididas en 2 grados de contaminación (de 1-2 y >30 UFC/100 ml.). Se puede observar (tabla 6), que solo 2 marcas presentaron coliformes Fecales en el grado de 1-2 UFC/100 ml., estas fueron las marcas 3G en envase de plástico en un 20 % de las muestras analizadas y la marca 16 G (vidrio) en un 40 % , esta última marca también tuvo un 20 % de sus muestras con más de 30 UFC/100 ml., en este grado las marcas 12 G (plástico) y 18 G (vidrio) presentaron en un 20% de las muestras analizadas Coliformes Fecales.

En cuanto a las marcas de anaquel solo la marca 2A tuvo contaminación en un 20% de sus muestras con más de 30 UFC/100 ml.

En general se observa (tabla 6), que todas las marcas de garrafón estudiadas, presentaron algún grado de contaminación bacteriana en diversos porcentajes, algunas en sus dos presentaciones (vidrio-plástico) o por lo menos en una de sus presentaciones. Las mejores marcas de garrafón fueron la marca 19G que no presentó contaminación bacteriológica; con muy baja contaminación (1UFC/100 ml.), la marca 4G en un 10 % de sus muestras, la 22G con 20 % y la 15G con 60 %.

Con una contaminación de 2-10 UFC/100 ml. estuvieron la marca 11 G , 13 G y 21 G con un 20 % y 14 G con 30 %.

Las últimas 2 columnas de la tabla 6 muestran los porcentos totales de muestras por marca que presentaron algún grado de contaminación. Primero se indica por tipo de envase (vidrio-plástico), el porciento total de contaminación de las muestras por marca, estos porcentajes también se muestran en las gráficas (fig. 4, 5 y 6). En la última columna (tabla 6) se indica el porcentaje total (suma de porcentos de vidrio más plástico) de las muestras por cada marca analizada. La marca con mayor porcentaje de contaminación fue la 9G con un 90%, la 16G con un 80% y enseguida se tiene a las marcas 15G, 17G y 20G con un 60% de sus muestras analizadas con contaminación bacteriana. Las peores por haber presentado aunque fuese con una o más muestras Coliformes Fecales fueron la 3G, 12G, 16G, 18G y 2A.

7. VALORES FISICOQUIMICOS OBTENIDOS DE LAS AGUAS ANALIZADAS CONTRA LOS VALORES NORMA.

Las figuras 7 a 18 muestran las medias de valores obtenidos en el análisis fisicoquímico de las aguas embotelladas estudiadas contra los valores establecidos en la Norma Oficial Mexicana para aguas embotelladas. Los valores fisicoquímicos que se comparan contra los valores Norma son: Alcalinidad, Dureza Total, Cloruros y pH. La Dureza al Calcio, la Dureza al Magnesio y la Conductividad no se contemplan en la Norma Oficial vigente. En esta comparación de valores, contra los valores Norma, en el caso de las aguas embotelladas de garrafón, no se hizo distinción en la presentación del envase (vidrio- plástico).

Alcalinidad

En las figuras 7, 8 y 9, se muestran los valores de Alcalinidad en mg./lt. de CaCO_3 de las marcas de garrafón y de anaquel. En las figuras 7 y 8 se puede observar que las 23 marcas de garrafón estudiadas muestran valores por debajo del valor Norma, que es de 300 mg. /lt. de CaCO_3 . Las marcas con valores más altos pero sin superar el valor máximo permisible son las marca : 14G con un valor de 276.46 y la marca con valor más bajo es: 23G con 7.36.

Los valores de las marcas de anaquel contra el valor Norma se muestran en la figura 9. En esta se observa que las 16 marcas estudiadas presentan valores inferiores al valor norma. Los valores máximo y mínimo obtenidos son: en la marca 2A de 211.44 y en la marca 6A con un valor de 15.5

Dureza Total

En las figuras 10 a 12 se muestran los valores de la Dureza Total de las aguas estudiadas en mg./lt. como CaCO_3 . Los resultados muestran que todas las aguas embotelladas tanto de anaquel como de garrafón tienen valores inferiores al valor Norma de 200 mg./lt.. La marca de garrafón con el valor más alto pero sin pasar el límite del valor Norma, fue 2G (168.25), y la marca del valor más bajo fue 23G con un valor de 4.9. Entre las aguas de anaquel la marca 11A tuvo el valor más alto (120.2) y el valor más bajo la marca 6A (7.2).

Desde el punto de vista práctico, las aguas se clasifican de acuerdo al grado de dureza en:

CLASIFICACION	DUREZA TOTAL EN mg./lt. como CaCO ₃
Muy Blandas	< 50
Blandas	50 a 150
Duras	150 a 300
Muy Duras	300 a 450
Extremadamente Duras	> 450

Tomada de Armijo Valenzuela (citada por Falcon, F., et al, 1987)

De acuerdo a los valores de Dureza Total de las aguas embotelladas estudiadas y tomando en cuenta la clasificación antes mencionada, las aguas de garrafón y de anaquel se agrupan de la siguiente manera:

MARCAS DE GARRAFON	CLASIFICACION	MARCAS DE ANAQUEL
21G, 22G y 23 G	Muy Blandas	6A, 7A, 8A, 13A, 14A y 16A.
1G, 3G, 4G, 5G, 6G, 7G, 8G, 9G, 10G, 11G, 12G, 13G, 14G, 15G, 16G, 17G, 18G, 19G, 20G.	Blandas	1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 9A, 10A, 11A, 12A y 15 A.
2G	Duras	

Ninguna de ellas por lo tanto tuvo un valor muy alto para considerarse muy dura o extremadamente dura.

Cloruros.

Los valores obtenidos en cloruros expresados en mg./lt. como Cl, comparado con el valor Norma se indican en las figuras 13, 14 y 15. En estas dos primeras figuras se muestran los valores en cloruros de las marcas de garrafón. Se puede observar que todas ellas presentan valores muy por debajo del límite máximo permisible de 250 mg./lt. La marca 1G con un valor de 78.34 muestra el valor más alto en comparación con el resto de las aguas. La marca con el valor más bajo fue la 23 G (0.36).

En cuanto a las marcas de anaquel, la marca 12 A tuvo el valor más alto (27.68) y la marca 8A el valor más bajo (0.28). En general tanto las aguas de garrafón como las de anaquel presentaron valores inferiores al límite permisible.

pH.

En las figuras 16, 17 y 18 se indican los valores obtenidos en el pH de las marcas de agua embotellada estudiadas, comparadas con el valor Norma que va de un intervalo de 6.5 a 8.5. Los resultados presentados en dichas figuras indican que tanto las aguas de garrafón (fig. 17 y 18) como las de anaquel (fig. 16) se encuentran dentro del intervalo del valor Norma.

Los valores máximo y mínimo de las marcas de garrafón analizadas fueron de 8.08 en las marcas 16G y 18G y de 6.5 en la marca 21G. En las aguas embotelladas de anaquel se tiene a la marca 8A con un valor máximo de 8.14 y a las marcas 6A y 14A con un valor mínimo de 6.8.

8. RELACION CALCIO - MAGNESIO.

Las tablas 7 y 8 muestran los valores obtenidos de la relación Calcio /Magnesio de las aguas embotelladas estudiadas. Se tomaron los criterios mencionados en la metodología para considerar un agua Muy buena en su relación Ca/Mg (<1.6), buena (1.6-2.4) y no adecuada (>2.4), para prevenir algunas enfermedades cardiovasculares.

La tabla 7 indica los valores de la relación Ca/Mg en las aguas de garrafón. Al hacer el análisis por separado tomando en cuenta la presentación del envase (vidrio o plástico) se puede observar que la mayoría caen dentro de la clasificación Muy buenas pues la relación Ca/Mg se encuentra por abajo de 1.6. Las marcas 4P, 5V, 8P y 22P están dentro de la clasificación Buenas, para prevenir algunas enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, al obtener los promedios de los valores de esta relación entre las dos presentaciones de cada marca (vidrio y plástico), tenemos que todas las marcas caen dentro del rango Muy buenas Solo la marca 4 (V y P) es Buena, Aunque las marcas 22P y 4 (V y P) tienen los valores más altos (2.0 y 2.036) respectivamente, ninguna de las aguas embotelladas de garrafón se le considera "No aptas" para su consumo.

En lo que respecta a las marcas de anaquel, también casi la totalidad de las marcas fueron Muy buenas, (tabla 8). Las marcas 4A, 6A, 7A, 8A, y 14A fueron Buenas y la marca 13A resulto ser "No adecuada" para prevenir algunas enfermedades cardiovasculares, con un valor de 2.46.

9. ANALISIS DE RESULTADOS ORGANOLEPTICOS

Como se describió en la metodología, el análisis organoléptico realizado fue referente al sabor, olor, color y aspecto de las aguas embotelladas estudiadas. En este caso solo se muestran los resultados y el análisis de los mismos, referentes al sabor, debido a que en el resto de los organolépticos, todos los catadores de todas las marcas coincidieron en el mismo resultado: Olor: Inodora, Aspecto: Cristalino, Color: Incolora. De acuerdo a la escala seleccionada para el sabor, (descrita en la metodología), que fué el único parámetro en que hubo variaciones se obtuvieron los siguientes resultados:

Las figuras 19 a 24 muestran los resultados del análisis organoléptico referente al sabor del agua embotellada analizada. Por un lado se hizo el análisis organoléptico entre las 14 marcas de garrafón en las cuales se contó con sus dos presentaciones (vidrio y plástico), enseguida se realizó un análisis entre las 23 marcas de garrafón sin hacer distinción entre las presentaciones de los mismos, y por último se comparó entre las marcas de agua de anaquel.

Las figura 19 y 20 nos indican el valor cualitativo en el aspecto del sabor de las 14 marcas de garrafón en sus 2 presentaciones (vidrio y plástico), en estas gráficas se observan las categorías de sabor en que caen las 14 marcas. En general se vió que en ambas gráficas (Fig. 19, 20) la mayoría de las marcas fueron "buenas" para la mayoría de los catadores, enseguida resalta el sabor "Regular", "Muy Buena" y solo para una minoría de los catadores algunas fueron "Excelentes" (4V-4P,15V-15P, 9P,10P). 3 marcas en sus dos presentaciones resultaron para la mayoría de los catadores "Muy Buenas" (9G, 10G, y 13G).5 marcas en sus dos presentaciones fueron "buenas" (4G, 5G, 8G, 11G, Y 14G). De sabor Regular las marca 6G y 12G y para muy pocos catadores la marca 6G resultó Mala.

De todas las marcas representadas en estas dos gráficas (Fig. 19 y 20) las que pertenecen al grupo 1 son: 5V-5P, 6V-6P, 8V-8P, 9V-9P, 11V-11P. del grupo 2 solo se tienen a la marca 7V-7P. En el grupo 3 se tienen a las marcas 3V-3P, 4V-4P y 10V-10P, en el grupo 5 se encuentran las marcas 2V-2P y 14V-14P. Ninguna de las marcas representadas en estas dos figuras (19, 20), pertenecen al grupo 4 que se caracteriza por tener los valores más bajos en todos los parámetros estudiados.

En las figuras 21 y 22 se muestran el grado de sabor de las 23 marcas de garrafón estudiadas, sin hacer distinción entre la presentación de las mismas (vidrio - plástico). Se puede observar que para el catador la mayoría de las marcas analizadas fueron de grado Buena (2G, 3G, 4G, 5G, 8G, 9G, 11G y de la, 14G A 22G), de sabor Regular resultaron ser 6 marcas (1G, 3G, 6G, 7G, 12G, 23G) en especial éstas últimas cuatro. Las marcas que estuvieron en la categoría de Muy buena fueron la 2G, 9G, 10G y 13G.

En las figuras 23 y 24 se muestran los valores cualitativos en el sabor de las marcas de agua embotelladas de anaquel. En ésta presentación solo 4 marcas fueron Excelentes para algunos catadores, sobre todo la marca 2A, que pertenece al grupo 2 y las marcas 5A, 9A y 12 A que son del grupo 1. En general la mayoría de las marcas oscila entre Buena y Regular.

Las marcas que integran parte del grupo 1 son: 1A, 3A, 4A, 5A, 9A, 10A, y 12A, de todas estas 4A y 5A fueron de un grado Muy buena, y 3 de este grupo fueron Excelentes (5A, 9A, y 12A), en las restantes prevalece el sabor Buena.

En el grupo 2 se encuentran las marca 2A y 11A, que fueron Excelentes y Muy buenas. En el grupo 3, solo se encuentra la marca 15A que para la mayoría fue buena a regular. Las marca 6A, 7A, 8A, 13A, y 16A forman parte del grupo 4, La mayoría fueron Buenas a Malas. Ninguna de las

marcas de anaquel formaron parte del grupo 5 que se caracteriza por tener los valores más altos en todos sus parámetros en comparación con el resto de los grupos.

En general la mayoría de las marcas de anaquel fueron para el catador de sabor Buena, solo para una minoría algunas fueron Excelentes y algunas Malas.

TABLA3. MATRIZ DE CORRELACION DE LOS 11 PARAMETROS FISICOQUIMICOS
Y BACTERIOLOGICOS.

CORRELACION r (x,y)		No. de CASOS 53									
PARA- METRO	ALC.	DUR. TOT.	DUR. Ca	DUR. Mg	CLOR.	pH	COND.	CT	CF	ROJAS	CRE- MAS
ALC.	1 p = 0	.89 P<.00	.83 P<.00	.84 P<.00	.50 P<.00	.61 P<.00	.91 P<.00	.13 P<.36	.19 P<.18	.32 P<.02	.38 P<.00
DUR. TOT.	.89 p<.00	1 P = 0	.89 P<.00	.96 P<.00	.60 P<.00	.65 P<.00	.90 P<.00	.13 P<.35	.15 P<.29	.42 P<.00	.30 P<.03
DUR. Ca	.83 p<.00	.89 P<.00	1 P = 0	.75 P<.00	.56 P<.00	.53 P<.00	.85 P<.00	.11 P<.43	.11 P<.42	.23 P<.10	.24 P<.08
DUR. Mg.	.84 p<.00	.96 P<.00	.75 P<.00	1 P = 0	.57 P<.00	.67 P<.00	.84 P<.00	.13 P<.35	.16 P<.24	.48 P<.00	.32 P<.02
CLOR.	.50 P<.00	.60 P<.00	.57 P<.00	.57 P<.00	1 P = 0	.19 P<.17	.75 P<.00	-.01 P<.92	.08 P<.58	.15 P<.28	.30 P<.03
pH	.61 P<.00	.65 P<.00	.53 P<.00	.67 P<.00	.19 P<.17	1 P = 0	.52 P<.00	-.05 P<.69	.26 P<.06	.20 P<.14	.28 P<.04
CON.	.91 P<.00	.90 P<.00	.85 P<.00	.84 P<.00	.75 P<.00	.52 P<.00	1 P = 0	.08 P<.55	.15 P<.27	.30 P<.03	.44 P<.00
CT	.13 P<.36	.13 P<.351	.11 P<.43	.13 P<.35	-.01 P<.92	-.05 P<.69	.08 P<.55	1 P = 0	.25 P<.07	.35 P<.01	.02 P<.87
CF	.19 P<.179	.15 P<.291	.11 P<.42	.16 P<.24	.08 P<.58	.26 P<.06	.15 P<.27	.25 P<.07	1 P = 0	.02 P<.90	.40 P<.00
ROJAS	.32 P<.019	.42 P<.002	.23 P<.10	.48 P<.00	.15 P<.28	.20 P<.14	.30 P<.03	.35 P<.01	.02 P<.90	1 P = 0	.31 P<.02
CREMAS	.38 P<.005	.30 P<.029	.24 P<.08	.32 P<.02	.30 P<.03	.28 P<.04	.44 P<.00	.02 P<.87	.40 P<.00	.31 P<.02	1 P = 0

Valor superior = Correlación

Valor inferior = Prueba de significancia

FIGURA 1. GRAFICA DE PARAMETROS BACTEREOLÓGICOS CONTRA FÍSICOQUÍMICOS

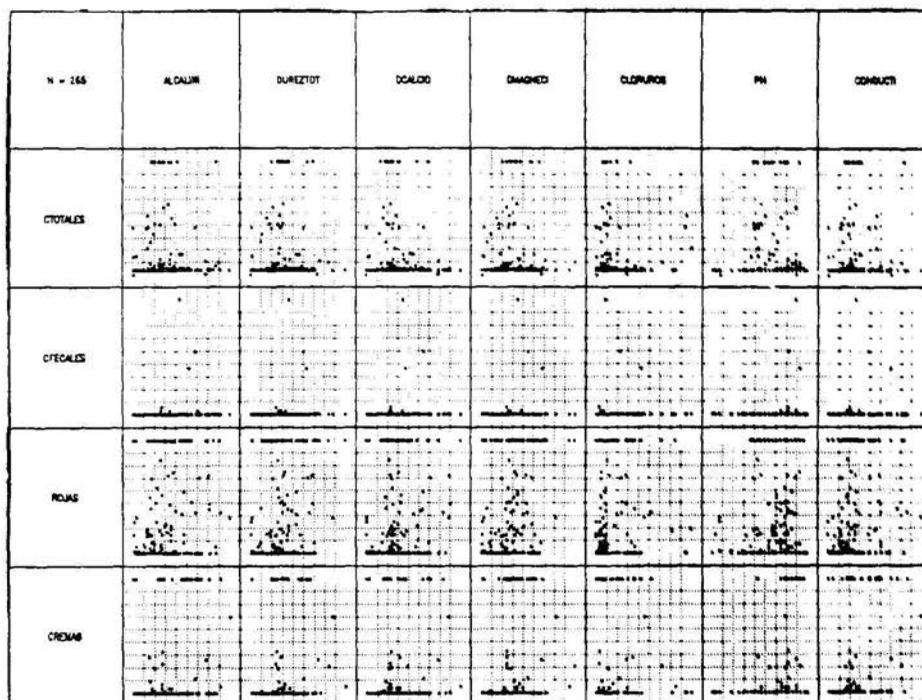


FIGURA 2. ANALISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS.

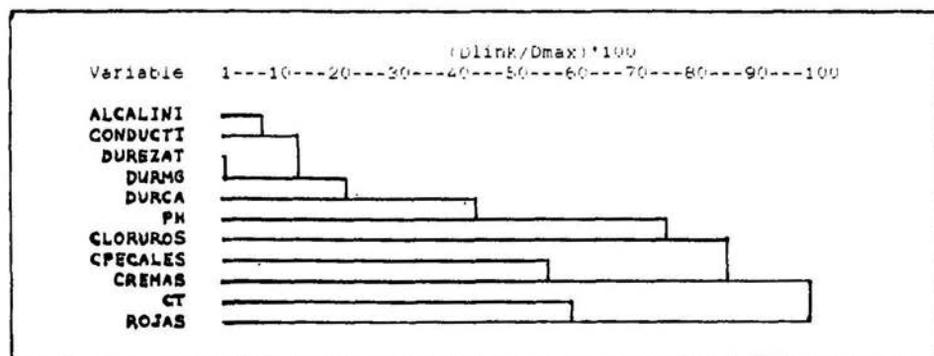


FIGURA 3. ANALISIS DE CONGLOMERADOS DE LOS CINCO GRUPOS DE MARCAS FORMADOS.

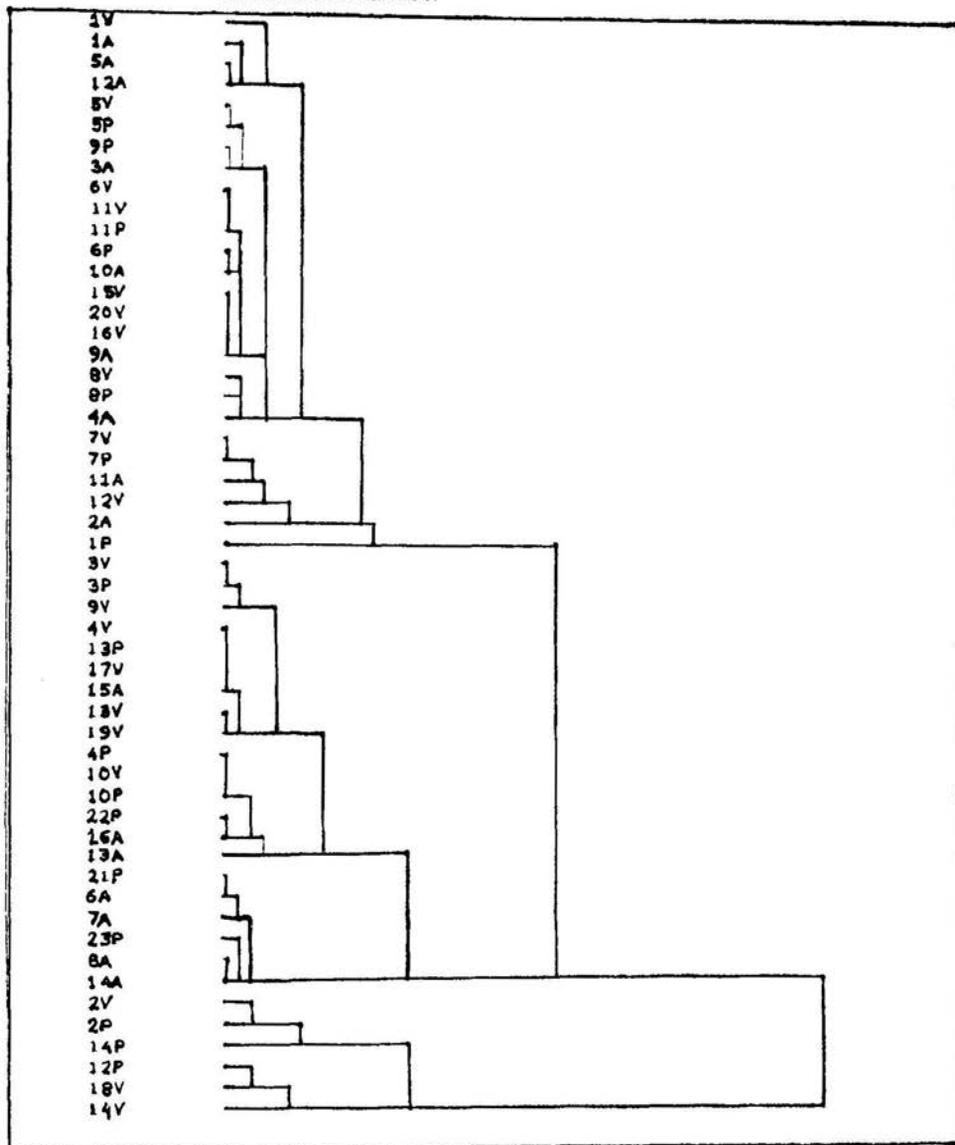


TABLA 4. MEDIDAS DESCRIPTIVAS Y PRUEBA DE FISHER PARA LOS CINCO GRUPOS DE MARCAS.

PARAMETRO	GRUPO 1 No CASOS 21	GRUPO 2 No CASOS 6	GRUPO 3 No CASOS 11	GRUPO 4 No CASOS 9	GRUPO 5 No CASOS 6
ALCALINIDAD	123.77 23 168 C	165 14 52 654 B	80.69 15 017 C	29 89 19 399 D	247 18 34 979 E
DUREZA TOTAL	90 21 10 385 A	105 52 27 572 A	66 87 8 540 B	18 45 14 207 C	150 52 12 114 D
DUREZA CALCIO	30 61 8 248 AB	34 53 10 479 A	25 96 4 363 B	9 14 7 332 C	57 29 12 285 D
DUREZA MAGNESIO	58 76 10 814 A	67 29 18 457 B	40 91 7 810 C	9 29 7 434 D	93 22 12 272 E
CLORUROS	18 05 10 637 A	34 82 34 011 C	9 38 3 138 AB	5 88 6 350 B	56 72 14 567 D
pH	7 70 0 283 A	7 75 0 270 A	7 64 0 217 A	7 08 0 479 B	7 94 0 079 A
CONDUCTIVIDAD	235 07 17 353 A	329 63 25 338 B	157 82 21 570 C	58 95 36 897 D	51 79 69 188 E
COLIFORMES TOTALES	2 26 2 313 A	1 09 0 640 A	1 57 2 373 A	0 95 0 540 A	2 15 2 000 A
COLIFORMES FECALES	0 82 0 501 A	0 72 0 029 A	0 72 0 0422 A	0 71 0 000 A	1 07 0 564 A
ROJAS	6 59 5 406 A	7 39 7 860 A	4 47 4 206 A	2 63 3 060 A	8 46 3 957 A
CREMAS	1 86 1 991 A	1 26 1 356 B	1 66 1 838 AB	1 45 1 466 AB	7 57 6 999 C

Valor Superior = media

Valor Medio = desviación estándar

Valor Inferior = las medias con las mismas letras son estadísticamente iguales. con letra diferente son estadísticamente diferentes.

TABLA 5. ANALISIS DE VARIANZA

PARAMETRO	S. C. ENTRE GRUPOS	GRADOS DE LIBERTAD	S. C. DENTRO DE GRUPOS	GRADOS DE LIBERTAD	F	SIGNIF. (P)
ALCALIN.	199331.2	4	35980.70	48	66.4794	.000000
DUREZA TOTAL	71760.5	4	9766.42	48	88.1721	.000000
DUREZA al Ca	8679.9	4	3285.88	48	31.6990	.000000
DUREZA al Mg	30315.7	4	5847.23	48	62.2154	.000000
CLORUROS	12518.3	4	9528.86	48	15.7647	.000000
pH	3.4	4	4.31	48	9.5426	.000009
CONDUCT.	877854.4	4	64549.13	48	163.1975	.000000
COLIFOR. TOTALES	15.2	4	187.75	48	.9720	.431604
COLIF. FECALES	0.6	4	6.64	48	1.1124	.361663
ROJAS	181.2	4	1223.52	48	1.7768	.148968
CREMAS	188.0	4	384.45	48	5.8671	.000630

S.C. Suma de cuadrados

(p) Nivel de significancia observada

TABLA 6. PORCENTAJE DE MUESTRAS QUE PRESENTARON DIVERSOS GRADOS DE CONTAMINACION BACTERIOLOGICA. POR MARCA Y POR TIPO DE RECIPIENTE (U = VIDRIO Y P = PLASTICO)

MARCA	COLIFORMES TOTALES ufc/100 ml								COLIFORMES FECALES ufc/100 ml				TOTAL POR ENVASE		TOTAL POR MARCA
	1		2 a 10		11 a 50		> 50		1 a 2		> 30		U	P	P + U
	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	U	P	
1G					20		40						60		30
2G		20	20			20		20					20	60	40
3G		20							20					40	20
4G		20												20	10
5G		20		20			20						20	40	30
6G	20	20					20	20					40	40	40
7G	40	40		20									40	60	50
8G	40							20					40	20	30
9G		20		20	20		80	40					100	80	90
10G				20		20								40	20
11G				40										40	20
12G			20		20			40			20		40	40	40
13G				40										40	20
14G	20		40										60		30
* 15G	60												60		60
* 16G			40				40		40	20			80		80
* 17G							60						60		60
* 18G	40									20			40		40
* 19G													0	0	
* 20G	20		20				20						60		60
** 21G				20										20	20
** 22G		20												20	20
** 23G				20				20						40	40
*** 2A		20						20			20		60		40

ufc = UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS.
 * MUESTRAS DE GARRAFON UNICAMENTE DE VIDRIO.
 ** MUESTRAS DE GARRAFON UNICAMENTE DE PLASTICO.
 *** MUESTRAS DE ANAQUEL.

FIGURA 4. PORCENTAJE DE MUESTRAS POR MARCA QUE TUVIERON CONTAMINACION BACTERIOLOGICA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

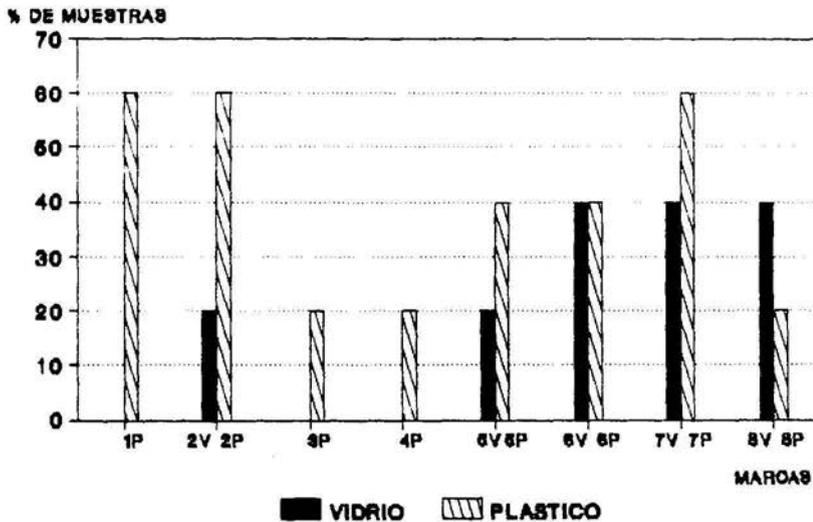


FIGURA 5. PORCENTAJE DE MUESTRAS POR MARCA QUE TUVIERON CONTAMINACION BACTERIOLOGICA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.(CONT.)

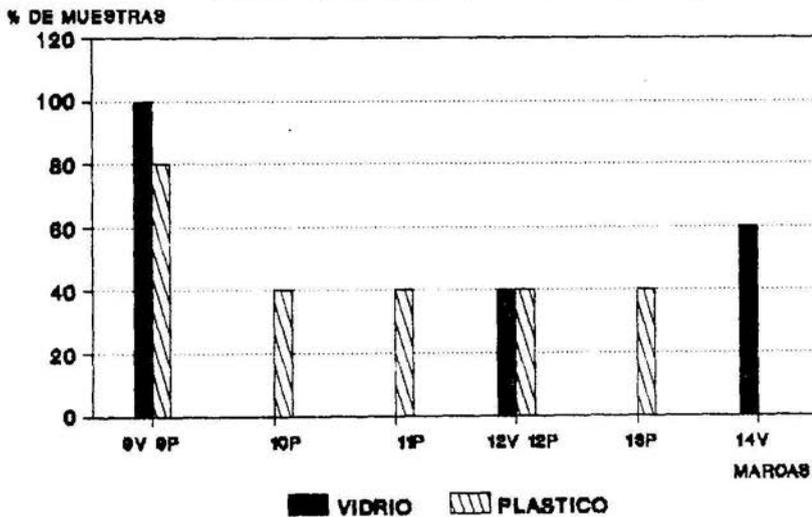


FIGURA 6. PORCENTAJE DE MUESTRAS POR MARCA QUE TUVIERON CONTAMINACION BACTERIOLOGICA EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

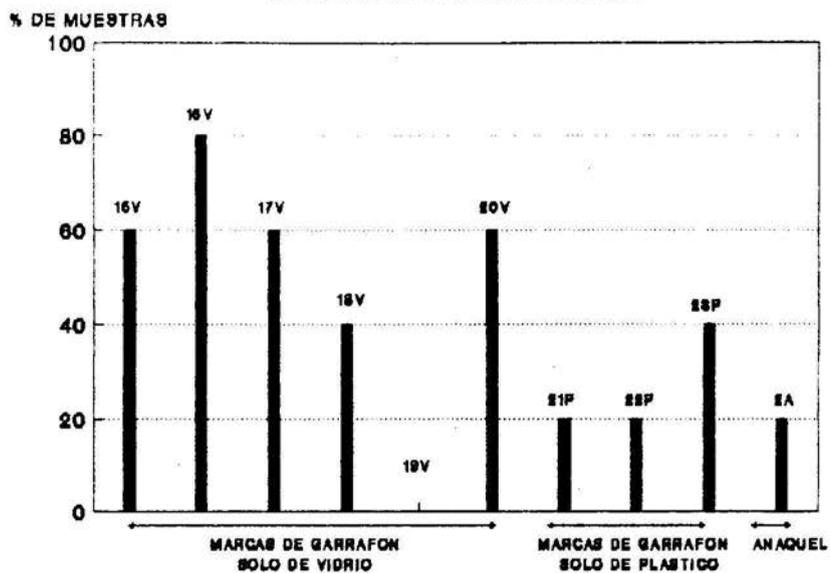


FIGURA 7. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE ALCALINIDAD DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA.

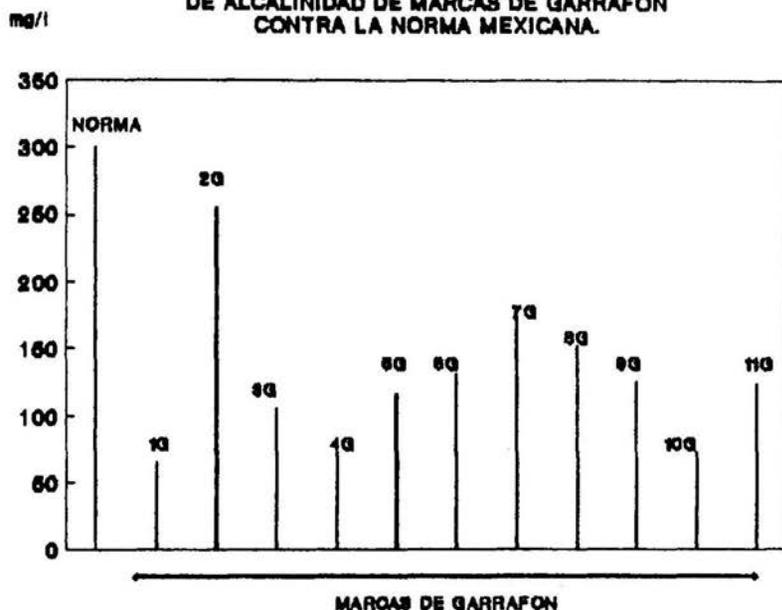


FIGURA 8. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE ALCALINIDAD DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA. (Cont.)

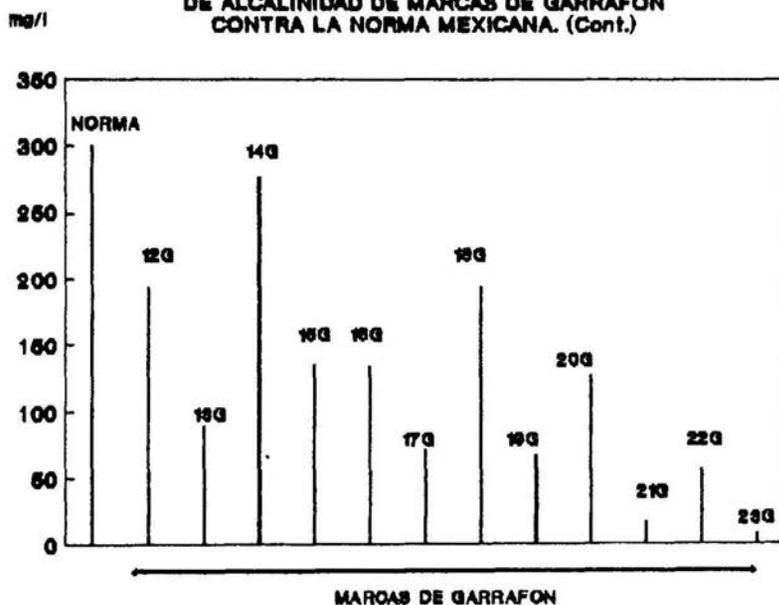


FIGURA 9. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE ALCALINIDAD DE MARCAS DE ANAQUEL CONTRA LA NORMA MEXICANA.

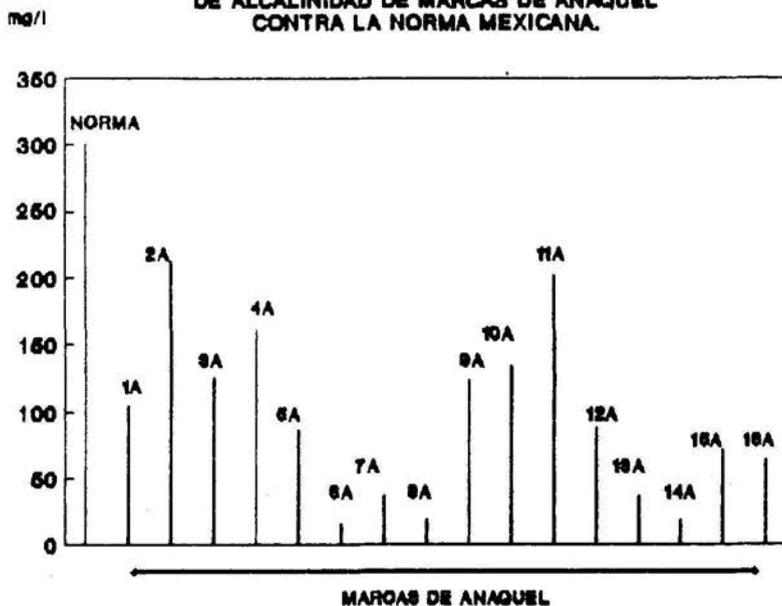


FIGURA 10. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE DUREZA TOTAL DE MARCAS DE ANAQUEL CONTRA LA NORMA MEXICANA.

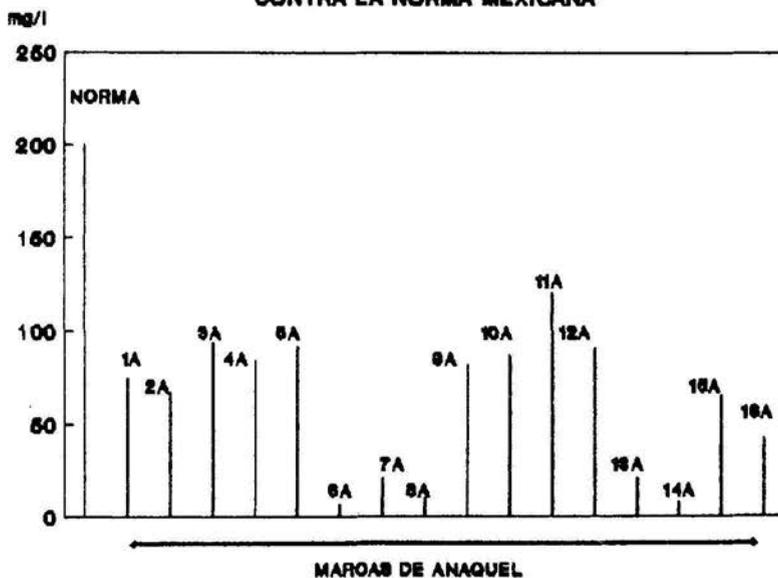


FIGURA 11. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE DUREZA TOTAL DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA

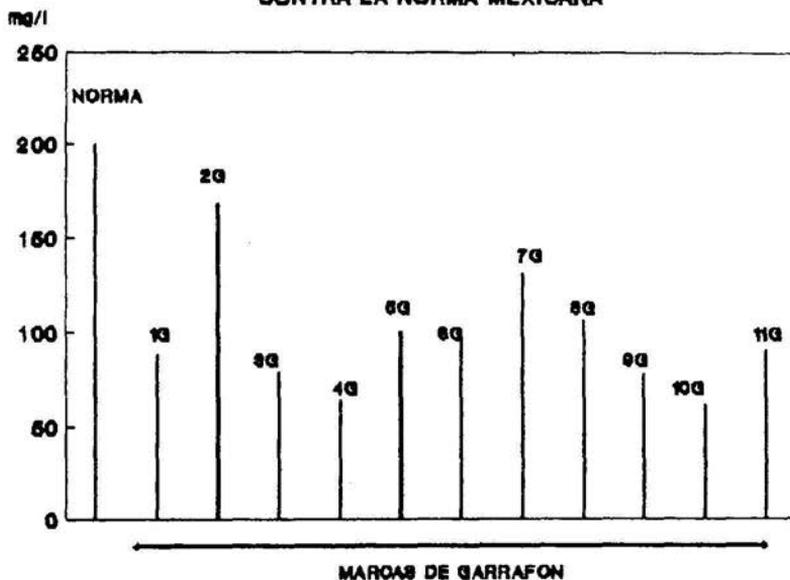


FIGURA 12. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE DUREZA TOTAL DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA. (Cont.)

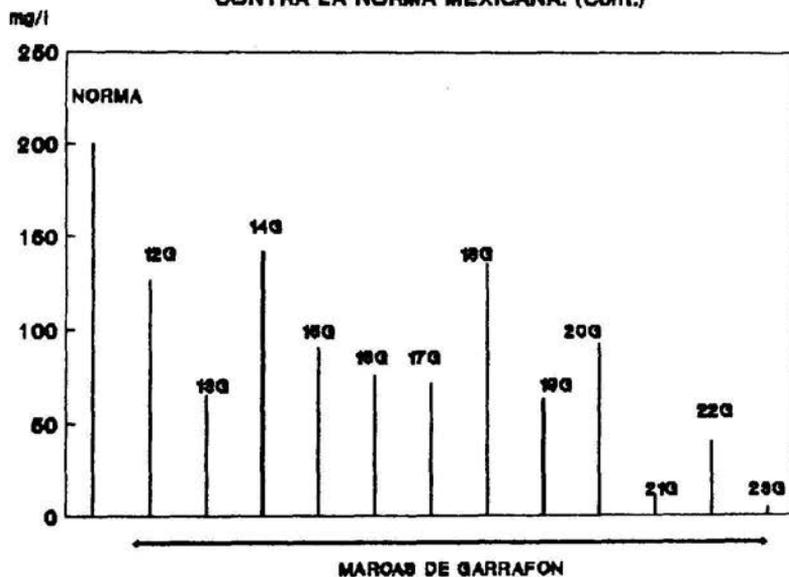


FIGURA 13. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE CLORUROS DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA

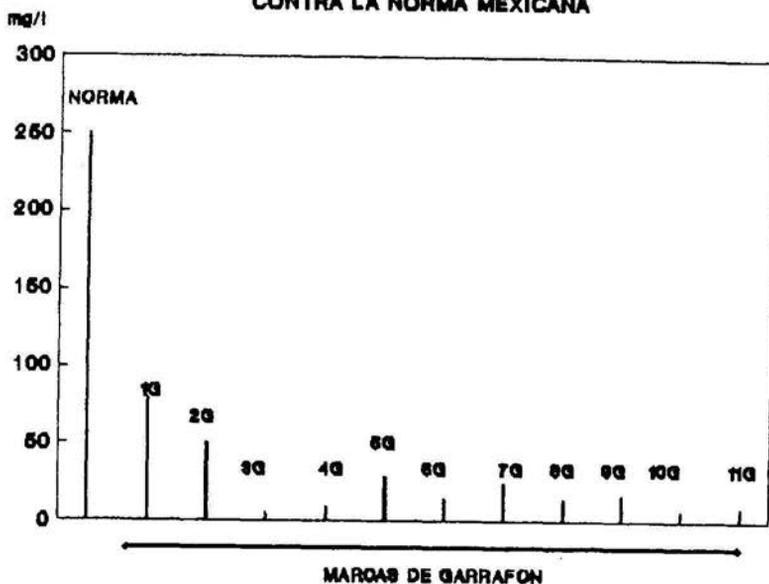


FIGURA 14. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE CLORUROS DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA. (Cont.)

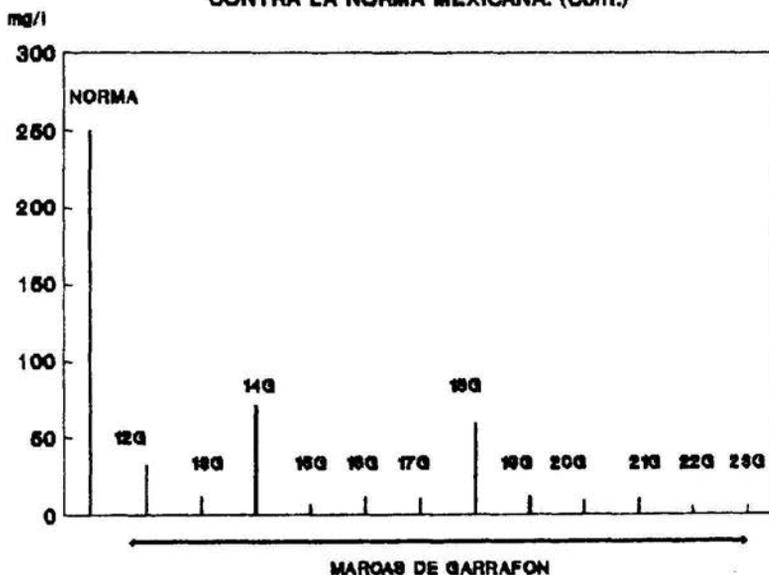


FIGURA 15. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE CLORUROS DE MARCAS DE ANAQUEL CONTRA LA NORMA MEXICANA.

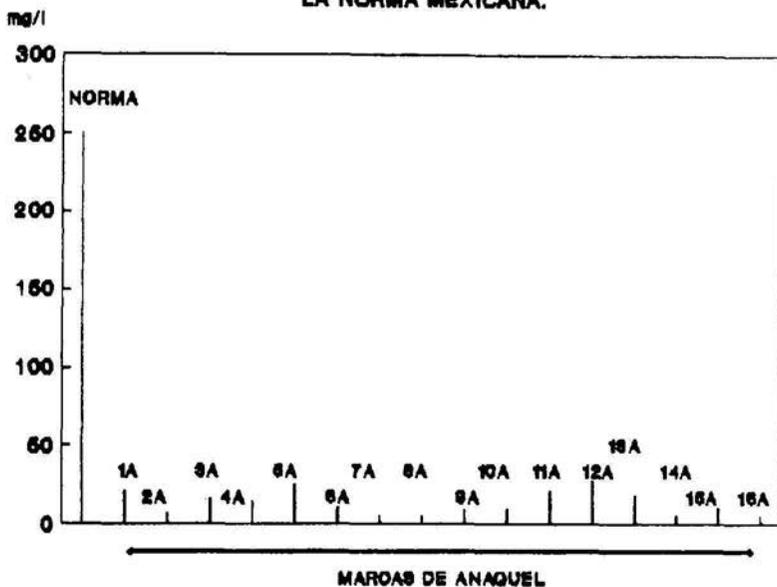


FIGURA 16. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE pH DE MARCAS DE ANAQUEL CONTRA LA NORMA MEXICANA.

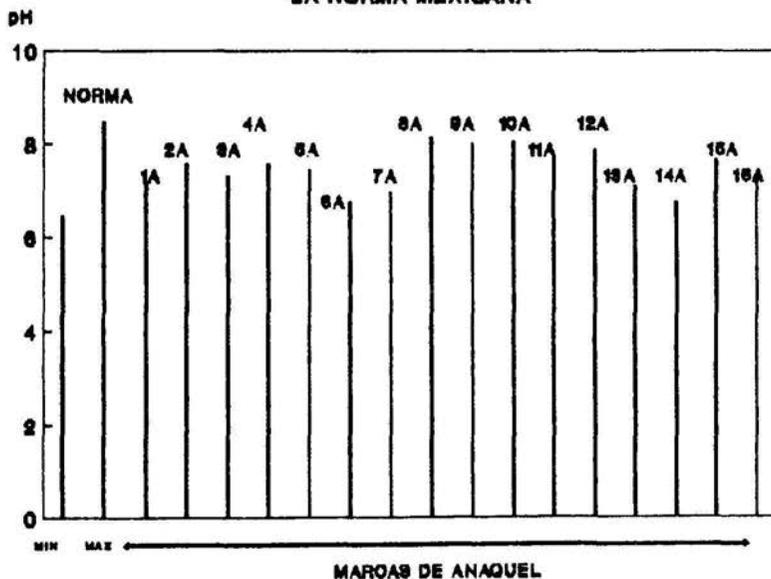


FIGURA 17. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE pH DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA

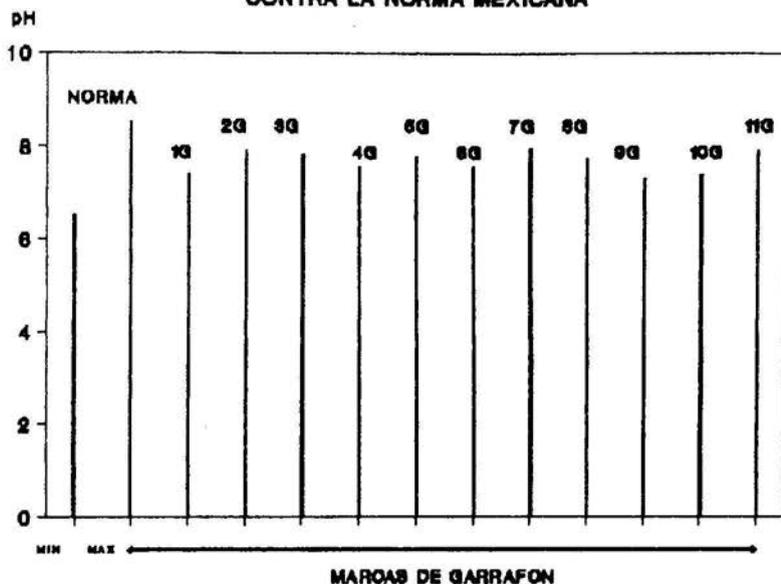


FIGURA 18. COMPARACION DE LOS VALORES DE LAS MEDIAS DE pH DE MARCAS DE GARRAFON CONTRA LA NORMA MEXICANA. (Cont.)

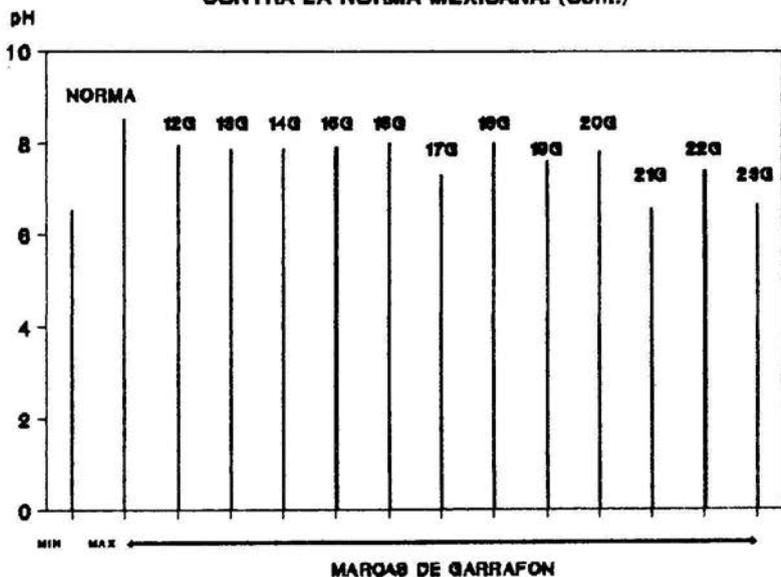


TABLA 7. RELACION Ca/Mg EN AGUAS DE GARRAFON.

MARCAS DE VIDRIO	RELACION Ca / Mg	MARCAS DE PLASTICO	RELACION Ca / Mg	MEDIAS
1V	1.030	1P	1.073	1.051
2V	1.104	2P	1.289	1.196
3V	0.90	3P	0.938	0.919
4V	1.175	4P	2.036	1.600
5V	1.664	5P	0.609	1.136
6V	0.625	6P	0.760	0.692
7V	0.609	7P	0.765	0.687
8V	1.355	8P	1.646	1.500
9V	1.150	9P	0.666	0.908
10V	1.023	10P	0.901	0.962
11V	0.910	11P	0.785	0.847
12V	1.099	12P	1.127	1.113
13V	1.216	13P	1.277	1.246
14V	0.780	14P	1.276	1.028
15V	0.616	21P	0.957	
16V	0.800	22P	2.000	
17V	0.970	23P	0.132	
18V	0.666			
19V	1.110			
20V	0.660			

TABLA 8. RELACION Ca/Mg EN AGUAS DE ANAQUEL.

MARCA	RELACION Ca / Mg	MARCA	RELACION Ca / Mg
1A	1.588	9A	0.735
2A	0.539	10A	0.768
3A	0.933	11A	1.17
4A	1.975	12A	0.605
5A	0.710	13A	2.460
6A	1.717	14A	2.205
7A	2.41	15A	0.602
8A	1.795	16A	1.181

FIGURA 19. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
 Num. de catadores GRADO DE SABOR ENTRE GARRAFONES DE VIDRIO vs PLASTICO.

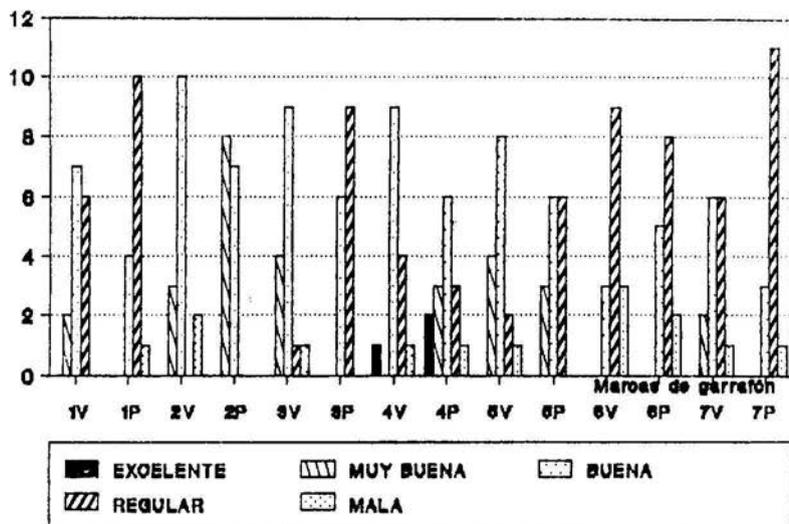


FIGURA 20. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
 Num. de catadores GRADO DE SABOR ENTRE GARRAFONES DE VIDRIO vs PLASTICO. (Continuacion).

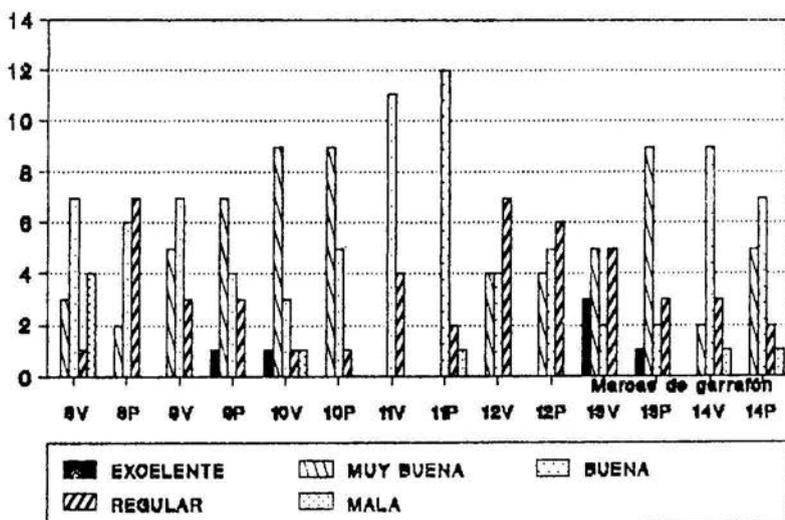


FIGURA 21. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
 Num. de catadores GRADO DE SABOR VS MARCAS DE GARRAFON

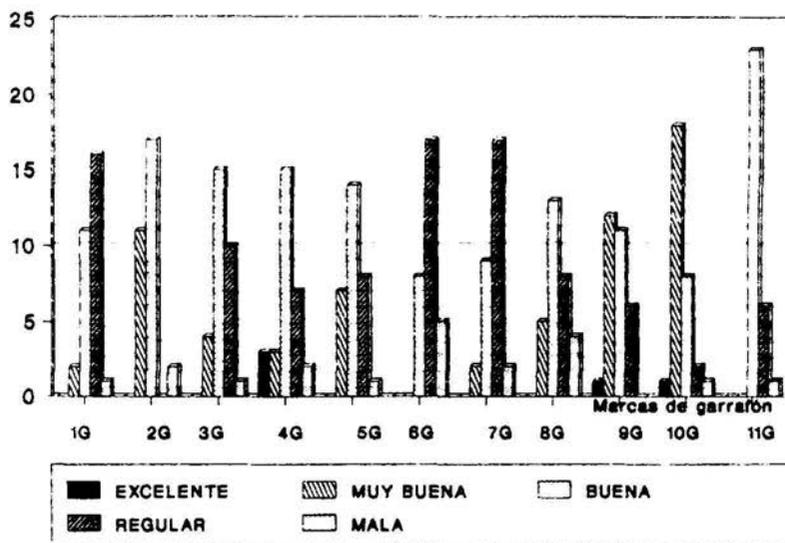


FIGURA 22. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
 Num. de catadores GRADO DE SABOR VS MARCAS DE GARRAFON
 (Continuación)

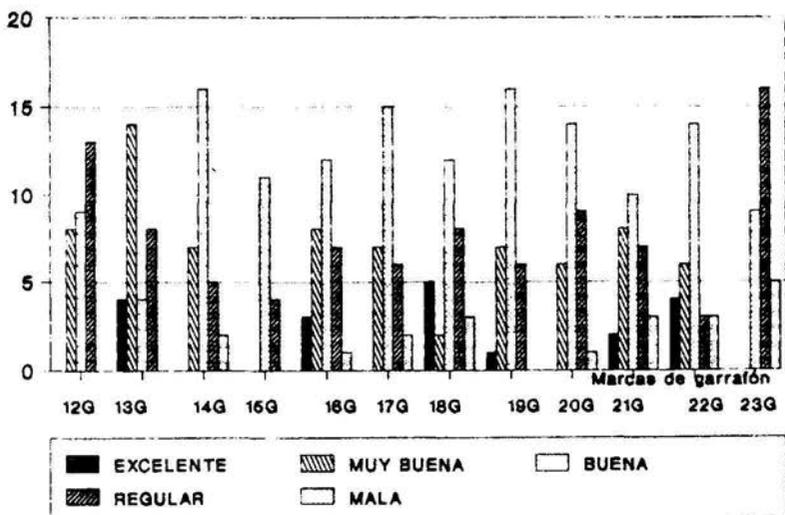


FIGURA 23. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
GRADO DE SABOR VS MARCAS DE ANAQUEL

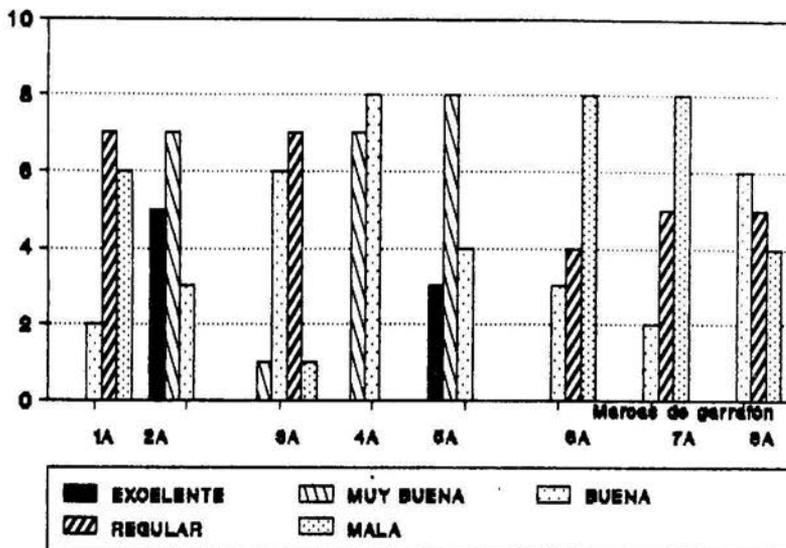
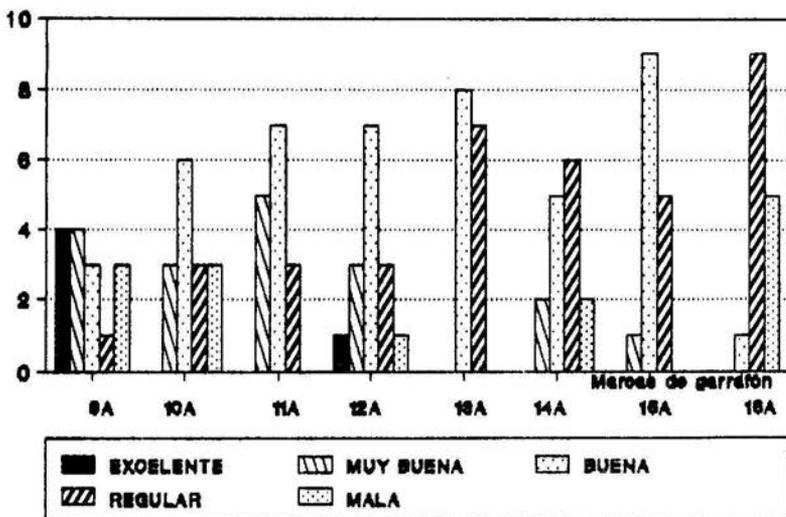


FIGURA 24. ANALISIS ORGANOLEPTICO: SABOR
GRADO DE SABOR VS MARCAS DE ANAQUEL
(Continuación)



DISCUSION DE RESULTADOS.

El análisis de correlación de resultados obtenidos en los parámetros estudiados en las aguas embotelladas, muestran que existe una relación directa estadísticamente significativa entre los parámetros fisicoquímicos a excepción del pH y cloruros. Esta relación se ve más estrecha entre la Alcalinidad, la Conductividad y Dureza, esto se debe a que la Dureza está representada básicamente por los cationes Ca y Mg y la Alcalinidad en el agua por los aniones CO_3 y HCO_3 , principalmente, formando sales como carbonatos de calcio y magnesio y bicarbonatos de calcio y magnesio los cuales se encuentran disueltos en el agua y son conductores de la electricidad, por otro lado la conductividad nos da una idea aproximada del contenido de sales disueltas dando como resultado una relación muy estrecha entre estos 3 parámetros.

La correlación de los parámetros fisicoquímicos con los bacteriológicos señala que no hubo ningún tipo de asociación entre ellos, esto es que las características fisicoquímicas no influyeron en la presencia-ausencia de coliformes en el agua embotellada, quizás se debe a que los valores fisicoquímicos en general de las aguas analizadas no fueron lo suficientemente altos o bajos como para afectar las características bacteriológicas, por lo que la presencia de coliformes en estas aguas se debe a otros factores que se describirán más adelante.

En este análisis de correlación también se muestra una relación directa significativa entre las bacterias denominadas Cremas con los Coliformes Fecales y una asociación de las Rojas con los Coliformes Totales. El crecimiento de estas bacterias (Rojas y Cremas) en los medios de recuperación para Coliformes Totales y Fecales (m-Endo y m-FC respectivamente), indica que estos también son medios de recuperación para otras bacterias, mostrando una deficiente

selectividad de los medios de cultivo. En el caso del medio m-ENDO, se tienen antecedentes de que resulta ser apropiado para el crecimiento de *Yersenia enterocolitica* cuyas colonias son de color rojo oscuro (Highsmith, et al, 1977). Esto explica la razón por lo cual crecieron colonias en el medio selectivo para coliformes totales (m- ENDO) y posiblemente lo mismo sucede con el medio m-FC para coliformes fecales en el cual crecían colonias cremas.

La ausencia de las colonias de interés en este estudio (Coliformes Totales y Fecales) en muestras donde crecían colonias rojas y cremas respectivamente, posiblemente no indicaba que el agua analizada estaba libre de contaminación por coliformes, quizás las bacterias Rojas y Cremas competían con los coliformes, no permitiendo su crecimiento.

Todas las marcas de agua embotellada estudiada se clasificaron en 5 grupos de acuerdo a sus valores en los parámetros analizados. la mayor parte de estas aguas compartían similares características pues 21 casos se encontraron en el grupo 1, el resto de las marcas se distribuyeron en los otros 4 grupos.

12 de las 14 marcas estudiadas de las que se adquirieron en sus 2 presentaciones (vidrio-plástico) se encontraban dentro de un mismo grupo en sus dos tipos de envase, las 2 marcas restantes (1G y 12G) entraron en grupos diferentes cada una de sus presentaciones; 1V en el grupo 1, 1P en el grupo 2, 12V y 12P en los grupos 2 y 5 respectivamente..

Estos resultados indican que el tipo de envase no influye en las características físico-químicas y bacteriológicas del agua embotellada.

La presencia de las marcas de anaquel junto con las marcas de garrafón en alguno de los 5 grupos formados (fig. 3), indican que no existen diferencias fisicoquímicas significativas entre estos dos tipos de agua analizada.

Se menciona solo las características fisicoquímicas porque como lo indica el análisis de varianza y prueba de fisher de los 5 grupos de agua, esta clasificación se basó principalmente en las diferencias significativas en sus valores de los parámetros fisicoquímicos y no precisamente a sus características bacteriológicas, ya que las diferencias en estos parámetros entre los 5 grupos resultó tener un grado de diferencia bajo no significativa a excepción de las bacterias Cremas (tabla 5).

RESULTADOS BACTERIOLOGICOS.

Este análisis muestra que las marcas de agua de garrafón (vidrio-plástico) a excepción de la marca 19G que no presentó contaminación bacteriológica y de las marcas 4G, 22G y 15G que presentaron una contaminación muy baja (1 UFC/100 ml. en algunas de sus muestras, podemos decir en general que el resto de las marcas presentaron en diferentes porcentajes diversos niveles de bacterias coliformes totales y/o fecales superiores a los límites máximos que marca la reglamentación para aguas embotelladas.

En las muestras de anaquel solo la 2A presentó contaminación bacteriana, lo anterior muestra la presencia de materia orgánica y en consecuencia la existencia de factores que condicionan la exposición del agua a la contaminación, esto indica una deficiencia en el proceso de purificación y embotellamiento del agua, pues como se mencionó anteriormente, los resultados fisicoquímicos en este estudio no tienen relación con la presencia-ausencia de coliformes.

También se observó que la calidad bacteriológica de una marca varió en las 4 diferentes plantas, indicando con ello la importancia que tiene el control interno de cada planta purificadora.

Las plantas estuvieron representadas por las claves 12G, 13G, 14G y 15G, resultando la mejor la 13G y la peor la 12G que presentó en algunas muestras contaminación fecal.

Algunos factores que pueden afectar la calidad bacteriológica de las aguas embotelladas son:

1. La contaminación del equipo usado para bombear y transportar el agua de la fuente del agua a la embotelladora.
2. El equipo usado en el proceso de embotellamiento, tales como columnas de desionización y filtros.
3. Garrafrones no lavados adecuadamente, tapas contaminadas.
4. Tiempo de almacenamiento después del embotellamiento.

Como se mencionó anteriormente solo una marca de anaquel (2A) presentó contaminación bacteriana (Tabla 6 figs.4 a 6), por lo tanto, bacteriológicamente el agua de anaquel es más adecuada para su consumo que la de garrafón, que resultó más contaminada. Lo anterior se debe posiblemente a que los garrafrones son retornables y estos en ocasiones no son lavados adecuadamente.

La razón por lo cual se encuentra ausencia de contaminación bacteriana en las marcas de garrafón (vidrio y/o plástico) puede ser :

1. A la inhibición del crecimiento y efectos bacterioestáticos de los agentes limpiadores residuales en los garrafrones.
2. Un buen proceso de purificación.

Los diferentes grados de contaminación bacteriana puede deberse a :

1. Nutrientes orgánicos presentes en los garrafones mal lavados pueden servir como fuentes de nutrientes.
2. Malas condiciones de higiene durante el embotellamiento.
3. El aumento de la temperatura también tiene un efecto en la presencia de bacterias esto se debe a la exposición del agua embotellada a los rayos solares durante su distribución y venta. Mavridov, 1992 encontró que el conteo de bacterias en una incubación de 22 °C fué 10 veces más alto que la del agua almacenada a 6 °C.
4. El escaso o nulo mantenimiento de los equipos de purificación.

PARAMETROS FISICOQUIMICOS.

Los resultados de la evaluación de la calidad fisico-química del agua embotellada estudiada indica que todas ellas (garrafón y anaquel) cumplen con las características que establece la Norma Oficial Mexicana (NOM-041-SSA1-1993) y con otras reglamentaciones (Tabla 1, Figs. 7 a 18). Como se mencionó anteriormente no hay diferencias entre las aguas de anaquel y garrafón en estos parámetros. Sin embargo, se puede notar una diferencia entre las marcas de anaquel con respecto a las de garrafón y es que las concentraciones de sales presentes, representadas por la dureza, la alcalinidad y cloruros, son en la mayoría de las marcas de garrafón mucho más altos que las de anaquel, así mismo los valores de pH son un poco más bajos en las de anaquel que las de garrafón, lo cual puede explicar que las muestras de garrafón hayan presentado

más contaminación bacteriológica debido a que la mayor concentración de sales y el pH cercano entre 7 y 8 favorece el desarrollo bacteriano.

En cuanto a los valores de sus relaciones de Calcio/Magnesio, todas se consideran como adecuadas para la prevención de enfermedades cardiovasculares, solo la marca de anaquel 13A resultó no adecuada.

ASPECTOS ORGANOLEPTICO.

Como se puede observar (fig. 19 a 24), existe una gran variedad de opiniones en cuanto al sabor del agua embotellada, cada marca con diferente grado de sabor, pertenecen a diferentes grupos, esto indica que no hay relación alguna entre el sabor y las características fisicoquímicas y bacteriológicas. En cuanto a las otras características organolépticas (olor y aspecto) los resultados fueron los mismos, por lo tanto en las aguas embotelladas analizadas, las características fisico-químicas y bacteriológicas no influyeron en las características organolépticas, esto debido, posiblemente a que los valores fisicoquímicos y bacteriológicos no fueron altos o muy bajos como para afectar la aceptabilidad del agua por el consumidor.

CONCLUSIONES

Aunque el número de marcas de agua embotellada estudiadas en el presente trabajo fue bajo en comparación con la cantidad de marcas que se venden en la Ciudad de México y Area Metropolitana, los resultados obtenidos nos pueden dar una idea sobre la calidad de este tipo de agua, dado que el fin perseguido con el análisis fisicoquímico y bacteriológico es conocer hasta que punto el consumo de éstas puede ser favorable en la prevención de ciertas enfermedades gastrointestinales, cardiovasculares, etc.

Es importante mencionar que cuando se inició este estudio no existía reglamento específico para aguas embotelladas, y se aplicaba el reglamento para agua para consumo humano (tabla 1). En este solo se pedía como norma las determinaciones de coliformes totales y coliformes fecales y s por esta razón es que en este estudio se trabajaron estos dos grupos de indicadores. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente surgieron la presencia de las colonias "Rojas" y "Cremas", que nos indicaban una mala calidad a pesar de no encontrar coliformes; esto coincidió con la nueva reglamentación que se aprobó el 24 de marzo de 1995 (Tabla 1), aplicada directamente para las aguas embotelladas y en la que piden como norma la determinación de coliformes totales y bacterias mesofilicas aerobias, estas últimas, las limitan a un máximo de 100 UFC/100 ml., apoyando con esto la importancia de otras bacterias que tampoco deben estar presentes en concentraciones tan altas como las que se encontraron en muchos casos.

En relación a los resultados que se obtuvieron, se puede concluir, que si bien todas las aguas analizadas se encontraron dentro de los límites que marca la Norma Mexicana, referente a los parámetros fisico-químicos analizados, los resultados bacteriológicos estuvieron fuera del

límite permisible en la mayoría de las aguas de garrafón (ya sea en una sola muestra o en más por marca). A excepción de estas aguas, las de anaquel si estuvieron todas, menos una dentro del límite.

Aunque bacteriológicamente fueron mejor las de anaquel, de acuerdo a los datos mostrados en la tabla 6 de porcentajes de marcas con diferentes grados de contaminación, fisicoquimicamente si hubo diferencias en cuanto al contenido de sales y al pH y aunque no se puede probar completamente su relación con los análisis organolépticos, si se pudo observar una ligera relación en el sabor, mientras la mayoría de las de garrafón estuvieron entre "buenas" y "muy buenas", las de anaquel fueron "buenas" "regular" y "mala".

Otro aspecto importante de considerar es el costo de la botella de anaquel, lo que limita más su consumo en forma cotidiana.

Como ya se mencionó las aguas de garrafón poseen en general mejor sabor, sin embargo, la calidad bacteriológica no es la adecuada en la mayoría y como las bacterias no influyen en el sabor, hubo casos de catadores que seleccionaron una marca como la mejor y sin embargo, era mala bacteriológicamente.

Las mejores marcas de garrafón fueron 19G, 4G, 22G, 15G, 21G, 11G, 13G y 14G. Las peores por presentar contaminación de origen fecal en 1 o más muestras fueron 3G, 12G, 16G, 18G y 2A.

La presencia de este tipo de bacterias representa un peligro para la salud, además de ser indeseable por su procedencia de origen fecal.

De acuerdo al análisis estadístico no se encontró relación entre los niveles de contaminación bacteriológica y el tipo de envase vidrio o plástico. Así mismo tampoco se

encontró diferencias significativas entre los parámetros fisicoquímicos de las aguas de anaquel y las de garrafón, ni entre recipientes de vidrio y plástico. Sin embargo, en las graficas (fig 4.5 y 6), se puede observar una ligera tendencia bacteriológica mayor en los envases de plástico que en los de vidrio.

También y en forma general se pudo observar que la mayoría de las aguas de anaquel presentaron concentraciones de sales un poco mas bajas que las de garrafón y valores de pH ligeramente más abajo que estas últimas (Figs 7 a 12 y 16 a 18).

De los parámetros fisicoquímicos con los bacteriológicos no se observó relación alguna. Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en forma general no influyeron en las características organolépticas. sin embargo, si se observó una ligera tendencia de menor aceptación en las de anaquel, quizás debido al pH ligeramente más bajo y a la concentración también más baja de sales con respecto a las de garrafón.

En relación a la marca de agua de garrafón, purificada en 4 plantas diferentes, se observó una gran variación tanto fisicoquímica como bacteriológica, encontrando la marca 13G buena y la 12 G muy mala. siendo esto muy grave, pues la gente solo escucha la publicidad de una marca determinada sin saber la diferencia de calidad que hay entre las diferentes plantas que la producen. Aunque la mayoría de las marcas provienen solo de una planta es necesario tener cuidado, con aquellas que presentaron varias plantas.

De todo lo anterior se concluye que el agua de las diferentes marcas estudiadas poseen una calidad muy variable, incluso de un lote a otro, lo cual explica los casos en que una misma marca cambie su calidad especialmente la fisicoquímica, esto es muy común cuando las plantas se suministran con agua de pipa, la cual puede variar de diferentes pozos.

Otras fuentes importantes de variación de la calidad, son el tipo de proceso, mantenimiento de los equipos, limpieza y manejo en el envasado así como el tiempo que pasa el agua embotellada almacenada antes de ser consumida.

La calidad bacteriológica mala, solo nos indica una deficiencia en el manejo de la planta embotelladora.

También se puede concluir que hay plantas purificadoras muy grandes que presentaron, una buena calidad y otras regular o mala, pero también hubo plantas pequeñas tanto buenas como malas. Por lo que la idea de mucha gente que solo las plantas grandes son las buenas queda erradicada, como se puede observar en los resultados obtenidos, pues también hay plantas pequeñas que se preocupan por el cuidado de su proceso.

Todo esto crea un problema al consumidor al cual solo le llega la información de la publicidad, por lo tanto, lo que puede hacer el consumidor es exigir al vendedor cartas del control periódico de sus análisis para tener confianza en el producto que compra.

El control bacteriológico y fisicoquímico periódico en las plantas embotelladoras resulta necesario debido a la variabilidad que presentan.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios sobre el agua embotellada están basados en el análisis de un pequeño número de marcas. Se ha examinado el agua en diferentes estados; en su extracción y distribución para su venta, su vida en anaquel, etc., o bien algunos autores solo se han limitado a una parte de la flora bacteriana por ejemplo: *Pseudomonas spp.*. De acuerdo a esto no es posible generalizar sobre la composición y calidad del agua embotellada, por lo cual se sugiere que los análisis sean con periodicidad y más completos.

Los resultados por lo tanto demuestran la necesidad de instrumentar un programa permanente de monitoreo de calidad sanitaria del agua embotellada, para que se cumpla con los límites que marca la norma y de no ser así llegar a sancionar a las empresas a fin de tener un producto adecuado para su consumo, sin que se vea afectada la salud.

RECOMENDACIONES

En México como en el caso de muchos países de América Latina, generalmente se acepta tratar agua de muy baja calidad, debido a la falta de fuentes alternativas o recursos económicos y tecnológicos para tratar el agua antes de ser distribuida al consumidor. De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se sugieren las siguientes recomendaciones :

Acceso a fuentes de agua de buena calidad y protección a estas fuentes. Se deben inspeccionar periódicamente las fuentes de suministro, y estar bajo constante control para que de esta manera se utilicen los métodos de purificación adecuada.

Si las fuentes de agua están sujetas a contaminación fecal, el proceso de embotellamiento del agua debe incluir un eficiente proceso de filtración y de desinfección para que el agua esté libre de microorganismos.

Se debe tener un adecuado mantenimiento del equipo utilizado para purificar y embotellar el agua. Los filtros de Carbón Activado Granular (CAG), deben de cambiarse cada determinado tiempo de acuerdo a la cantidad y calidad del agua filtrada.

El agua debe ser analizada con una frecuencia adecuada al volumen de producción, incluyendo análisis de la entrada, del proceso y del producto terminado.

En caso de que la calidad del agua embotellada no cumpla con la norma establecida, habrá que efectuar un examen sanitario en diferentes puntos del proceso para detectar la fuente de contaminación (esto si no se realiza la recomendación anterior). Para esto es recomendable que cada empresa embotelladora tenga su propio laboratorio de análisis.

En sus inspecciones los funcionarios de salud pública deberán presentar especial atención a las condiciones sanitarias de los locales, del trabajador y a la limpieza de garrafones.

En el caso de los garrafrones retornables se debe poner especial cuidado al lavado y manejo de estos, a fin de que no queden residuos de materia que pueda servir como nutriente a determinados microorganismos, o bien, que no se enjuaguen adecuadamente y permanescan residuos de sustancias bacterioestáticas que de alguna manera afecten la salud del consumidor.

Debido a que se tienen antecedentes de que la flora bacteriana aumenta después de un tiempo de almacenamiento (Mavridou, 1992) se recomienda que cada planta de acuerdo a sus características, realice pruebas para conocer el tiempo máximo de almacenamiento que pueda tener su producto.

Para realizar un estudio completo sobre la calidad del agua sería importante hacer un examen de los compuestos orgánicos volátiles, así como de metales u otros compuestos químicos (Dabeka, et al., 1992) que también de alguna forma son dañinos, pues se tienen antecedentes de la presencia de algunos compuestos volátiles en diferentes presentaciones y modalidades de envases para embotellar el agua (Page, et al., 1993).

Cada botella deberá estar marcada con la fecha de embotellamiento, caducidad y número de lote.

En uno de sus más reciente reportes sobre el agua embotellada, la Asociación de Consumidores del Reino Unido (Anon., 1991, citado por Hunter, P., 1993) da el siguiente consejo:

1. Las aguas embotelladas deberán estar almacenadas en el refrigerador una vez abierto el envase y deben ser ingeridas dentro de 3-4 días.
2. No beber directamente de la botella (esto puede contaminar el agua)
3. Si el agua embotellada es utilizada para preparar alimento para bebés, debe ser primero hervida

Diferentes organizaciones han marcado los límites máximos permisibles que debe tener el agua (tabla 1), y que si rebasan ese límite, indican algunos efectos que tendrían sobre la salud. Sin embargo, no se indican límites mínimos. WQC, 1968, menciona el límite mínimo de alcalinidad que debe tener el agua (30 mg./lt. como CaCO_3) pero no señala las consecuencias que trae a la salud el consumir el agua con una alcalinidad inferior. Por lo tanto sería conveniente que se llevaran a cabo estudios acerca de los daños que ocasiona a la salud el ingerir aguas con parámetros fisicoquímicos muy bajos.

BIBLIOGRAFIA

- ACODAL ,1991. Control de calidad del agua para consumo humano. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Memorias. Seminario Internacional. Tomo 2.
- Allen, M.J., Edberg, S.C., Rince, E.,W. 1995. Use and Public Health Significance of Bacterial Indicators in Drinking Water. I Reunión Internacional de Ecología Microbiana. 51.
- Ballentin, L. Carol, and Herndon, M.L. 1983. The Water that goes into Bottles. FDA. 17: 5-7.
- Brenner, K.P, and Rankin, C.C.. 1990. New Screening Test to Determinate the Acceptability of 0.45- m Membrane Filters for Analysis of Water. Appl. Environ. Microbiol. 56 (1): 54-64.
- Brewer, W., S., and Carmichael Wayne , W.1979. Microbiological Characterization of Granular Activated Carbon Filter Systems. Journal Am. Water Works Assoc. 71: 738-740.
- Burgos A., Martín M.M., Alvarez R., y Hardisson A. 1992. Evaluación de la Calidad Fisicoquímica y Microbiológica de aguas de Consumo en Buques. Alimentaria 29 (234): 75-79.
- Burlingame G.A., Suffet I.H., and Pipes W.O. 1986. Predominant Bacterial genera in Granular Activated Carbon Water Treatment Systems. Can. J. Microbiol. 32 : 226-230.

Calvosa, L., Chiodini, G., Coretti, W., Donaggio, P., Orlandi, M., Paraticia, V. and Rindone, B. 1994. Taste and odour development in water in Polyethylene Containers Exposed to Direct Sunlight. Water Res. 28 (7) : 1595-1600.

Camper, A.K., Lechevallier, M.W., Broadaway, S.C., Mcfeters, G., A. 1986. Bacteria Associated with Granular Activated Carbon Particles in Drinking Water. Appl. and Environ. Microbiol. 52 (3) : 434-438.

Castro B.M. , Gaytan H.M. , 1992 . Medidas de calidad del agua en la Ciudad de México en un periodo de 9 meses. Tesis Profesional Biología ENEPI, UNAM. 72 pp.

Clark J.A., Burger C.A. and Sabatinos L.E. 1982. Characterization of Indicator Bacteria in Municipal Raw Water, Drinking Water , and new Main Water Samples.Can. J. Microbiol. 28: 1002-1013.

CSS. 1991. CSS: statistica release 3.1 start soft.

Dabeka, R.W.,Salminen, J., Nixon, G., Riedel, G., Crocker R., Dubé, G. 1992.Survey of Bottled Drinking Water Sold in Canada. Part 1. Lead, Cadmium, Arsenic, Aluminum and Fluoride. Journal of AOAC International. 75 (6) 949-953.

Daniel Wayne, W. 1977. Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Ed. Limusa 485 pp.

D.D.F. , 1990 . Memoria; Programa de uso eficiente del agua. México, Secretaría General de Obras. DGCOH. 51 pp.

DSENY , 1974 . Manual de tratamiento de aguas Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Ed. Limusa. 205 pp.

el-Albagy, M.,M., Dutka, B., Kamel, M., el- Zanfaly, H. 1990. Incidence of Coliphage in Potable Water. Appl. Environ. Microbiol. 56 (1): 3061-

Falcon Florido J.T., Hardisson de la Torre A.,Rodriguez A.C.,Sierra L.A. y Alvarez M R.1986. Estudio de la Calidad Microbiológica de Aguas. Alimentaria 23 (171): 104-108.

Falcon Florido J.T., Hardisson de la torre, A., Rodriguez, A.C., y Sierra, L.A. 1987. Características Fisicoquímicas de algunas Aguas de Bebida Envasadas de Consumo en Canarias. Alimentaria. 24 (183): 83-102.

Ferreira, A.C., Morais. P.V., and Da'Costa, M.S. 1994. Alterations in Total Bacteria, Iodonitrophenyltetrazolium (INT)-positive bacteria, and Heterotrophic Plate Count of Bottled Mineral Water. Can. J. Microbiol. 40: 72-77.

Figeroa , García V. 1993. "Una bendición llamada agua". Siempre en Familia. Ed. Armonia . Año 1 (4): 34-35.

Fiore, J.V., and R.A. Babineau. 1977. Effect of an Activated Carbon Filter on the Microbial Quality of Water. Appl. Environ. Microbiol, 34 (5): 541-545

Galván G. M. , 1987. Diagnostico de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Méx. SARH. IMTA, Primera ver. 42 pp.

Galván G.M.,. 1988. Informe final del proyecto; Microbiología del Agua de Consumo Humano.Méx. SARH. IMTA. 18 pp.

Geldreich, E.E., Raymond, H., Taylor, J., C. Brannon,D.J. Reasoner. 1985. Bacterial Colonization of Point-of use Water Treatment Devices. J. Am. Water Works Assoc. 77:72-80.

González, C., C., Gutierrez, C., and Grande, T. 1987. Bacterial Flora in Bottled Uncarbonated Mineral Drinking Water. Can. J. Microbiol. 33: 1120-1125.

Grant, W.,D., and Long. P. 1989. Microbiología Ambiental. Ed. Acribia S.A. 222 pp.

Gunther F. C., 1986. waterborne disease in the united states.

Hernández Duquino, H., and Rosenberg, F.A. 1987. Antibiotic-resistant *Pseudomonas* in Bottled Drinking Water. Can. J. Microbiol. 33: 286-289.

Highsmith, A., Feeley, J., S., P., Wells J., and Wood, B. 1977. Isolation of *Yersenia enterocolitica* from well Water and Growth in Distilled Water. Appl. Environ, Microbiol. 34 (6): 745-750.

Hopkins, E., Scott. 1979. Water Purification Control, Ed. R.E. Krieger Publications Company. Fourth Edition, Malabar Florida. 332 pp.

Hunter, P.R. 1993. A Review the Microbiology of Bottled Natural Mineral Water. J. of Appl. Bacteriology. 74: 345-352.

INCO. 1989. La Calidad de lo que Bebemos. Instituto Nacional del Consumidor. 31-35.

INCO. 1992. Calidad de Filtros, Desinfectantes de Agua y Aguas Envasadas. Instituto Nacional del Consumidor. 183 : I - XVI.

Issac, M.,A., Lezam, D.,C., Ku-Pech. P.,P., Segovia, T.P. 1994. Calidad Sanitaria de los Suministros de Agua para Consumo humano en Campeche. Salud Pública. 36 (6) : 655-661.

Larena, A. , 1990. Agua Embotellada "Sepa lo que Bebe". Conocer. La vida y el Universo. No.91 Agosto 1990. 46-50 pp.

Lechevalliere, M.W., Cawthon , C.D., and Lee R.G. 1988. Factors Promoting Survival of Bacterial in Chlorinated Water Supplies. Appl. Env. Microbiol. 54 (3): 649-654.

Levine, M.M., Ferrecio, C., Prado, V., Cayazzo, M., Abreg.P., Martinez, J., Maggi, L: 1993.Epidemiology studios of *Escherequia coli* Diarrheal infections in a Low Socioeconomic Level Peri-urban Community in Santiago de Chile. Am. Jour. Epidemiol. 138 (10): 849-869.

Mavridou Athena. 1992. Study of the Bacterial flora of a non-carbonated Natural Mineral Water. Journal of Applied Bacteriology. 73 : 355-361.

Merida, Ramos J. 1987. Comentarios a los Criterios Microbiológicos para Aguas Envasadas y Especialmente para las Aguas Minerales Naturales, según las Recomendaciones de la OMS y la Raglamentación Española. Alimentaria 24 (186): 43-46.

Mitchell , Ralph. 1972. Water Pollution Microbiology. Ed. John Witer A. and Sons Inc. 416 pp.

Morais, P.V., and Da'Costa M.S. 1990. Alterations in the Mayor Heterotrophic Bacterial Populations Isolated from a still Bottled Mineral Water. J. Appl. Bacteriology. 69: 750-757.

Newton Mike. 1994. Standards for potable water supply. New world water, the international Review of Water and Wastewater in Developing Markets. 49-51.

Olivares, E. , 1993. "Yenden agua de la llave, fraude al consumidor"; La prensa. Jueves 19 de agosto de 1993; 2 y 27 pp.

O.M.S, 1972. Normas Internacionales del agua potable. O.M.S. Ginebra. 76 pp.

O.M.S., 1984. Guidelines for Drinking water quality. World Helth Organization. Geneva.

OPS. 1985. Guías para la calidad del agua potable. Vol.1 Recomendaciones. OMS. EUA.

OPS. 1987. Guías para la calidad del agua potable. Vol. 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. OMS EUA.

OPS. 1988. Guías para la Calidad del Agua Potable. Vol 3 Control de Calidad del Agua Potable en Sistemas de Abastecimiento de pequeñas Comunidades. OMS. EUA.

Page, B., Salminen, J., Nixon, G., Riedel G., Mori., B., Gagnon, J. and Brousseau, R.1993. Survey of Bottled Drinking Water Sold in Canada. Part 2. Selected volatile organic Compounds. Journal of AOAC International. 76 (1) : 26-31.

Payment, P., Franco, E., Rhicharson, L., and Siemiatycki, J. 1991. Gastrointestinal Health Effect Associated with the Consumption of Drinking Water Produced by Point-of-use Domestic Reverse-Osmosis Filtration Units. Appl. Environ. Microbiol. 57 (4): 945-948.

Pipe, O.W., 1982. Bacterial Indicators of pollution. Ed. CRC. Press., Florida ; U.S.A. 174 pp.

Pernitsky, David, J., Finch, G.,R., and Huck, P., M. 1995. Desinfection Kinetics of Heterotrophic plate count Bacteria in Biologically Treated potable Water. Water Res. 29 (5): 1235-1241.

Rheinheimer, Gerhard. 1987. Microbiología del agua. Ed. Acribia. 299 pp.

Rivilla, R., and González, C. 1988. Simplified Methods for the Microbiological Evaluation of Bottled Natural Mineral Waters. J. Appl. Bacteriology. 64: 273-278.

Robles, V.E., 1991. Técnicas de análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua potable y aguas de desecho. ENEPI UNAM. México.

SAHOP. 1980. Manual de Normas de Calidad para Agua Potable. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 53 pp.

Slade P.J., Falah, M.A., Al-ghady, A.M., 1986. Isolation of Aeromonas hydrophila from Bottled Waters and Domestic Water Supplies in Saudi Arabia. J. of Food Protection. 49 (6): 471-476.

Sokal R., R., y Rohlf. 1979. Biometria. Principios y Métodos Estadísticos a la Investigación Biológica. H. Blume Ediciones, 823 pp.

Tobin, R.S. and Dutka, B.J. 1977. Comparison of the Surface structure, Metal Binding and Fecal Coliform Recoveries of nine Membrane Filters. Appl. Environ. Microbiol. 34 (1): 69-79.

Tobin, R.S., Smith, D.K, and Lindsay J.A. 1981. Effects of Activated Carbon and Bacteriostatic Filters on Microbiological Quality of Drinking Water. Appl. Environ. Microbiol. 41 (3): 646-651.

Volk Wesley A., and Wheeler, M.,F. 1980. Basic Microbiology, Ed. J.B. Lippincott Company., fourth edition. 611 p p.

Walker Alison. 1992. Drinking Water- Doubts about Quality. Health and Environment. 304: 475-477.

Warburton, D.W., and Dodds K.L. 1992. A Review of the Microbiological Quality of Bottled Sold in Canada between 1981-1989. Can. J. Microbiol. 38 : 12-19.

Warburton, D.W. 1993. A Review of Microbiological Quality of Bottled Water Sold in Canada. Part 2. The Need for more Stringent Standards and Regulation. Can. J. Microbiol. 39: 158-168.

Warburton, D.W., McCormick, J.K., and Bowen, B. 1994. Survival and Recovery of Aeromona hydrophila in Water: Developmente of Methodology for testing Bottled Water in Canada. Can. J. Microbiol. 40: 145-148

WQC, 1968. Report of the National Technical Advisory Committes to the Sectary of the Interior. Water quality criteria. Wahington D.C. (U.S.) 234 pp.

Zapata, A., Castro,B., Garza,C.,Muñoz, T., Rodríguez, V., Garza G., Suárez,M.1994. Calidad de las Aguas Embotelladas en la Ciudad de Monterrey, N.L. XXVII Congreso Nacional de Ciencias Farmaceuticas. Los Cabos Baja California Sur México. Revista Mexicana de Ciencias. 25(4): 97.

A N E X O

A) ANALISIS BACTERIOLOGICO.(APHA-AWWA-WPCF, 1991 , Robles, et al., 1991)

Para realizar el análisis bacteriológico, se utilizó la técnica de filtro de membrana. La presencia de coliformes en el agua se determinó por la filtración de volúmenes medidos de muestra (100 ml.) a través de un filtro de membrana, estos generalmente están compuestos de ésteres de celulosa con poros de 0.45 m. de diámetro, los cuales retienen coliformes y muchas otras bacterias presentes en la muestra, estas membranas se incubaron en un medio selectivo para coliformes.

Todo el procedimiento se trabajó bajo condiciones de esterilidad, el material y los medios utilizados estuvieron previamente esterilizados.

I. COLIFORMES FECALES.(APHAW-AWWA- 1991)

1. Se preparó el equipo de filtración colocando con mucho cuidado y con pinzas estériles la membrana de filtración estéril.
2. se filtró 100 ml. de la muestra por duplicado.
3. Una vez efectuado el primer filtrado, el vaso de filtración se enjuagó con un poco de agua de dilución estéril.
4. Se quitó el vaso con mucho cuidado y con las pinzas estériles se retiró la membrana colocándola sobre una caja preparada previamente con un cojín absorbente el cual fue humedecido con el caldo M-FC (aprox. 1.8 - 2 ml.)
- 5 Se colocaron las cajas en bolsas de plástico que sellaban perfectamente para evitar la

entrada de agua. las bolsas se incubaron con las cajas en un baño de agua a 44.5 ± 0.2 °C por 24 ± 2 hrs.

6. Se continuaron con las filtraciones de los otros volúmenes de muestra como se hizo en 3.

7. Transcurrido el tiempo de incubación, las cajas se revisaron para contar las colonias coliformes fecales típicas que se presentan en color azul.

II. COLIFORMES TOTALES.

1. Se efectuaron las filtraciones de volúmenes de la muestra siguiendo los pasos 1-3 del método para el análisis de coliformes fecales.

2. El vaso se retiró y con las pinzas estériles se retiró la membrana y colocó sobre una caja preparada previamente con agar m-Endo.

3. Se incubaron las cajas invertidas por 22 a 24 hrs. a 35 ± 0.5 ° C

4. Las filtraciones se continuaron como se hizo en paso No.3 para Colifomes fecales.

5. Transcurrido el tiempo de incubación, se revisaron las cajas y contaron las colonias coliformes típicas que serán las que presenten un color rojo con brillo metálico en la superficie.

B) ANALISIS FISICOQUIMICOS.

I. ALCALINIDAD TOTAL. (Método : Titulación con indicador).

1. Se tomó 100 ml. de agua.

2. Se adicionaron de 4 a 7 gotas de indicador anaranjado de metilo

3. Se tituló con ácido sulfúrico 0.02 N hasta el vire del indicador. El anaranjado de metilo va de

amarillo a rosa.

4. Cálculos :

Alcalinidad como mg/l de CaCO_3 , = $\frac{A(N)}{50000}$

ml. de la muestra.

Donde : A= ml. de ácido sulfúrico gastados en la titulación

N= Normalidad del ácido sulfúrico.

II. ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA.

1. Se toma 100 ml. de la muestra (solo cuando ésta tenga un pH mayor a 8.3).

2. Adicionar 2-3 gotas de fenolftaleína

3. Titular con ácido sulfúrico 0.02 N el vir es de rosa a incoloro.

4. Cálculos :

Alcalinidad como mg/lt. de CaCO_3 = $\frac{A(N)}{50000}$

ml. de la muestra

Donde : A= ml. de ácido sulfúrico gastados en la titulación

N= Normalidad del ácido sulfúrico

III. DUREZA TOTAL. (Método : titulación por EDTA).

1. Se tomó 50 ml. de muestra.

2. A la muestra se le agregó de 1 o 2 ml de la solución amortiguadora para obtener un pH de 10

a

10.1

3. Se agregó una cantidad apropiada del indicador ericromo negro (0.1 a 0.2 gr.).
4. Posteriormente se tituló con EDTA. El vire es de rojizo a azul.
5. Calculos :

$$\text{mg./l. de dureza como CaCo}_3 = \frac{\text{ml. de EDTA (F) (1000)}}{\text{ml. de la muestra}}$$

Donde : F = Factor que se obtiene al valorar la solución de EDTA.

IV. DUREZA AL CALCIO.

1. Se tomaron 50 ml. de la muestra.
2. Se adicionó una lenteja de hidróxido de sodio para obtener un pH de 12 a 13.
3. Se agregó una cantidad apropiada del indicador de murexida (0.1 a 0.2 g.).
4. Se tituló con EDTA. El vire va de rosa a púrpura.
5. Calculos :

$$\text{mg./l. de dureza al calcio como CaCo}_3 = \frac{\text{ml. de EDTA (F) (1000)}}{\text{ml. de la muestra}}$$

DONDE F = Factor que se obtiene al valorar la solución de EDTA.

V. CLORUROS.

1. Se midió 100 ml. de la muestra en un matríz.
2. El pH de la muestra se ajustó en un intervalo de 7 a 10 con soluciones de ácido sulfúrico o Hidróxido de sodio según fue el caso.

3. Se adicionó un ml. del indicador de Cromato de Potasio.
4. La muestra se tituló con la solución patrón de Nitrato de Plata 0.0141 N hasta que viró de un color amarillo a rosado.
5. En este análisis se llevó un testigo de agua destilada con el mismo procedimiento que la muestra.
6. Calculos :

$$\text{mg./l Cl} = \frac{(A - B) (N) (35450)}{\text{ml. de la muestra}}$$

ml. de la muestra

Donde :

A = ml. del AgNO_3 usados en la titulación de la muestra

B = ml. de AgNO_3 Usados en la titulación testigo.

N = Normalidad del AgNO_3 .