

574.5
C764a
1978

F. CC. y H.

092992

EJ. 4

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

"ANALISIS MICROBIOLOGICO Y FISICO-QUIMICO DE AGUA POTABLE
EN EL AREA DE SAN SALVADOR".

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGIA.

PRESENTADO POR :

MARINA ESTELA CONTRERAS AREVALO.



CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 1978.-

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DECANO :

LIC. ROBERTO L. PAREDES ORTIZ

SECRETARIO :

LIC. RAUL VIDES MORAN

ASESOR :

LIC. KRIKOR BARSEGH GHAZARIAN

TRIBUNAL EXAMINADOR :

LIC. JOSE SALVADOR FLORES G.

LIC. KRIKOR BARSEGH GHAZARIAN.

LIC. JULIO ERNESTO BOLANOS.

DEDICATORIA

A mis padres :

Alfonso Enrique Arévalo

María Ursula Contreras.

A mi esposo :

Carlos Arturo Tobar Palomo.

A mis hijos :

Carlos Enrique

Nelson Eduardo.

A mis hermanos :

Edgar Ernesto

Elba Ruth

Jorge Alfonso

Mirna Delmy

Sonia Judith

Reina de la Cruz

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis mas sinceros agradecimientos al Lic. Krikor Barsegh Ghazarian que en su calidad de asesor me proporcionó siempre su consejo y ayuda y luego como miembro del Jurado Examinador me animó en todo momento; al Lic. José Salvador Flores por sus acertadas observaciones en su calidad de miembro del Jurado Examinador; a la Facultad de Química y Farmacia que por medio del Lic. Julio Ernesto Bolaños me prestó su valiosa colaboración y asesoría para la realización de una de las partes mas importantes de esta investigación y por su participación como miembro del Jurado Examinador; a la señorita Martha Lilian Ramos por su paciencia y dedicación al mecanografiar cuantas veces fue necesario este trabajo; al bachiller Guillermo Ernesto Espinoza por proporcionarme mucho de sus conocimientos respecto al trabajo de laboratorio; a todas las personas que en una u otra forma se interesaron en la realización de este trabajo.

RESUMEN

Se realizó el análisis microbiológico y físico-químico del agua de seis colonias en el área de San Salvador y de agua comercial envasada, efectuando tres muestreos de cada lugar con lapsos de quince días, durante los meses de Septiembre de 1977 a Abril de 1978.

Con respecto al análisis bacteriológico se encontró en uno de los lugares muestreados una gran cantidad de bacterias coliformes de origen fecal, como Escherichia coli y otras; determinándose en la mayoría de las muestras una gran cantidad de bacterias en el recuento total bacteriano (RTB) y en el análisis micológico se demostró la presencia de hongos en el 86.9% de las muestras; en el análisis físico se encontró que la mayoría de las muestras reúnen condiciones aceptables en relación a los límites establecidos; pero en el análisis químico se determinó en el 20% de las muestras la presencia de plomo y el 90% de ellas contaminadas con arsénico en elevadas concentraciones sobrepasando en mucho los límites establecidos por varias organizaciones internacionales de salud pública como la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Concluyendo se determinó que ninguna de las muestras analizadas son aptas para el consumo humano.

CONTENIDO



PAGINA NO.

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
REVISION DE LITERATURA	5
MATERIALES Y METODOS	8
Area de estudio	8
Preparación de materiales.....	10
Preparación de medios de cultivo, reactivos y colorantes.	10
Recolección de las muestras de agua.....	14
Datos hidrológicos y físicos.....	15
Análisis microbiológico.....	16
Análisis bacteriológico.....	16
Análisis cualitativo.....	16
Prueba Presuntiva.....	17
Prueba Confirmada.....	18
Prueba Completa	20
Diferenciación de organismos del grupo - coliformes.....	23
Análisis para investigar la presencia de hon- gos.....	27
Análisis cuantitativo.....	27
Análisis químico.....	30
RESULTADOS.....	32
DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	51

CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA	71

INTRODUCCION

El agua es un recurso natural de primordial importancia, pero algunas veces su uso conlleva problemas y peligros para la salud debido a la presencia de contaminantes.

Para que el agua sea potable es necesario que reúna cierto grado de características físicas y químicas y que este libre de microorganismos patógenos (Gebhart, 1972). En las aguas naturales existe una flora bacteriana normal y característica de ella, pero además pueden y suelen contener una diversidad de bacterias que las contaminan desde fuentes externas : aire, --suelo, excreciones animales y humanas.

La industrialización, urbanización y superpoblación crea problemas de eliminación de materiales de desecho lo que conlleva a la contaminación del agua con excreciones animales y humanas, debido a un mal sistema de eliminación de las aguas negras, lo que contribuye a la propagación de diferentes enfermedades como : disentería, cólera, tifoidea, etc., por la presencia de microorganismos patógenos (APHA, 1963; Carpenter, 1969; Pelczar, 1966). La presencia de algunos contaminantes químicos orgánicos e inorgánicos contribuye a la propagación de estos microorganismos (Pelczar, 1966).

Se han empleado varios grupos de bacterias, que aparecen normalmente en el intestino del hombre o los animales, para indicar la contaminación del agua potable, por aguas negras : estreptococos fecales, algunos anaerobios - esporógenos y las bacterias coliformes (Carpenter, 1969).

La presencia de Escherichia coli, en el suministro de agua comprueba contaminación fecal reciente, pues su habitat normal es el intestino, por lo que las unidades de Salud Pública de países desarrollados y la Organización Mundial de la Salud han elegido a las bacterias coliformes como indicadores adecuados de contaminación del agua y en consecuencia para determinar la calidad sanitaria de la misma. Las bacterias coliformes incluyen a Escherichia coli y otras formas afines que se asemejan morfológica y fisiológicamente, son aérobias o anaérobias facultativas, gram negativas, no esporógenas que fermentan la lactosa con formación de ácido y gas.

En el presente trabajo el análisis microbiológico se basó principalmente en la determinación e identificación de bacterias coliformes y se investigó la presencia de hongos en cada una de las muestras para dar la pauta para futuras investigaciones sobre la presencia de estos organismos en el agua de consumo humano.

El análisis físico comprendió la determinación de algunas características como : turbidez, color, olor, sabor y temperatura; y el análisis químico se basó en la determinación de concentraciones de : cloro, plomo, arsénico y pH.

El análisis microbiológico, físico y químico del agua potable que se consume en nuestro país es de vital importancia, ya que tiene repercusiones en la salud y en los aspectos económico y social.

Este trabajo está basado en investigaciones preliminares, realizadas por Ghazarian y colaboradores (1976), y posteriormente por el autor de este trabajo (1977), en aguas de algunos pozos de diferentes zonas del país - que indicaron la presencia de contaminantes microbianos y químicos. Los puntos de muestreo escogidos en este trabajo están ubicados en lugares dispersos en el área de San Salvador (cuadro 1), esto se hizo con el objeto - de enfatizar que aún en el área urbana de nuestra ciudad capital existen - diferentes formas de obtener el agua de consumo humano.

OBJETIVOS

Los objetivos que se propusieron alcanzar con la realización de este trabajo fueron :

- Continuar con el análisis microbiológico y físico-químico del agua de algunos pozos, de la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y de agua envasada expendida en el comercio.
- Conocer las condiciones sanitarias del agua que se consume en la ciudad de San Salvador.
- Identificar las especies de bacterias coliformes que se encuentren en el análisis bacteriológico, para determinar la fuente de contaminación.
- Sugerir algunas medidas y recomendaciones para mejorar la calidad sanitaria del agua.
- Determinar la presencia y el nivel de arsénico y plomo que son altamente dañinas para la salud.

REVISION LITERARIA

Las características de lugar de muestreo (condiciones locales), es importante determinarlas, ya que ayudan a interpretar los resultados bacteriológicos.

Las características físicas : color, olor, sabor, temperatura y turbidez tienen importancia industrial y estética (Burrows, 1969) y son útiles para determinar la calidad sanitaria del agua, ya que son indicadores de contaminación (APHA, AMWA, WPCF, 1963, y Catalán Lafuente, 1969). El olor, sabor y la turbidez puede ser ocasionado por la presencia de compuestos orgánicos : restos de vegetación, bacterias o por la presencia de sustancias químicas (Banco Mundial, 1974). Sabores y olores hacen el agua inservible para el suministro tanto de bebida como de usos domésticos e industriales, fábrica de bebidas y productos alimenticios.

Las temperaturas altas afectan las reacciones químicas que se realizan en el agua, durante el tratamiento, especialmente en la acción desinfectante del cloro (Catalán Lafuente, 1969).

Con respecto al análisis bacteriológico la cantidad de bacterias que se encuentren, depende del tipo de agua, si es superficial : arroyos, lagos y manantiales, se encuentra mayor cantidad de bacterias que en aguas profundas : pozos perforados (Burrows, 1969). Algunas cepas de E. coli provocan brotes de diarreas infantiles y pueden producir enterotoxinas potentes parecida a la toxina del cólera, capaz de producir diarrea aguda (Manual de Microbiología Médica, Facultad de Medicina, 1967). Geldrich (1966),

en un estudio sobre coliformes fecales en el medio ambiente ha reiterado la conclusión de que las especies del grupo coliformes, la mayoría de las cuales son Escherichia, se derivan de excretas animales o humanas y su presencia es indicador de posibles microorganismos patógenos (Gallager, 1967); E. coli es parte de la flora normal intestinal, pero existen ciertos tipos serológicos que solo se han demostrado en el caso de diarreas, casi exclusivo para niños, esto fue comprobado en un estudio hecho en Ciudad Bolívar, Venezuela (Araujo de Pérez, 1971), los bacilos entéricos que incluyen a E. coli y Aerobacter aerogenes causan más infecciones del tracto urinario que otros microorganismos, en peritonitis e infecciones de la vejiga y tracto biliar se encuentran a menudo báculos coliformes. En niños algunas cepas de E. coli causan agudas gastroenteritis y algunas veces meningitis (Davis, B. y R. Dulbecco, 1970).

Con respecto al análisis químico se ha observado que algunas veces el cloro no actúa contra esporas y bacterias que encuentran protegidas entre la materia orgánica y algunas formas intestinales pueden multiplicarse rápidamente después de la cloración, debido a que encuentran el medio más favorable (Ferrero, 1974). Excesos de cloro pueden afectar el sabor, color y olor del agua y tener propiedades laxativas (Public Health Service Drinking Water Standards, 1962). El cloro se agrega al agua con el fin de aprovechar su acción germicida, para desinfectarla y mediante un ligero exceso prevenir futuras contaminaciones (Catalán Lafuente, 1969). La acción del cloro en el organismo humano es nula cuando se ingieren pequeñas cantidades (50 p.p.m.). Para la protección de los abastecimientos públi-

cos de agua tambien se deben clorar las aguas negras para disminuir el riesgo de contaminación (Catalán Lafuente 1969).

La contaminación por arsénico se haya fuertemente asociada con la producción y uso de herbicidas y plaguicidas, explotaciones mineras (Banco Mundial, 1974). La toxicidad por arsénico es bien conocida y la ingestión de porciones pequeñas como 100 p.p.m. resultan usualmente en envenenamientos severos. En el organismo humano la excreción del arsénico es lenta por lo que tiene efectos acumulativos, el arsénico trivalente y el pentavalente son fácilmente absorbidos por el tracto intestinal y pulmones. La concentración del arsénico en riñones, hígado y paredes del intestino pueden acarrear serias consecuencias y se considera como agente carcinógeno. En ciertas áreas de Inglaterra en donde la concentración de arsénico alcanza niveles de 12 p.p.m. (mg/l) ha sido reportado gran incidencia de cáncer (Public Health Service Drinking Water Standards, 1962). Todos los compuestos solubles del arsénico son venenosos pudiendo algunos organismos adquirir cierta tolerancia (Catalán Lafuente, 1969).

El plomo puede convertirse en un contaminante de aguas subterráneas y el principal problema de la contaminación por este elemento es que es acumulativo y tóxico (Banco Mundial, 1974). La ingestión del agua que lo contenga produce sintomas de envenenamiento conocido como "saturnismo" (Catalán Lafuente, 1969).

MATERIALES Y METODOS

A) Area de Estudio.-

Los lugares escogidos para realizar los muestreos corresponden a comunidades dispersas en el área de San Salvador cuyas alturas oscilan entre 700 y 750 metros sobre el nivel del mar. Los puntos muestreados se dividieron en cuatro grupos :

- a) Agua procedente de cuatro colonias en el plan de urbanización de San Salvador.
- b) Una colonia marginal situada en una zona urbana a orillas del río Acelhuate entre la colonia Nicaragua y el Círculo Deportivo Estudiantil llamada "El Polvorín".
- c) Una comunidad situada en una zona semi-urbana de San Salvador: Caserío "Casa de Piedra" en el Km. 8, Carretera a los Planes de Renderos.
- d) Se incluyó el muestreo de agua envasada expandida en el comercio.

Los muestreos se realizaron desde el mes de Septiembre de 1977, al mes de Abril de 1978, efectuando de tres a cuatro muestreos en cada uno de los lugares escogidos a intervalos de 8-15 días dependiendo de los resultados obtenidos.

Los lugares de muestreo, fechas y procedencia del agua se detallan en el cuadro siguiente :

CUADRO 1

Número de Muestra	Nombre del Lugar	Fecha	Ubicación de la Zona	Procedencia de Agua
1	Col. San Antonio	7 de Sept.	UR	ANDA*
2	Col. Scandia	7 de Sept.	UR	ANDA
3	Col. Zacamil	8 de Sept.	UR	ANDA
4	Col. Scandia	16 de Enero	UR	ANDA
5	Col. San Antonio	16 de Enero	UR	ANDA
6	Col. Zacamil	16 de Enero	UR	ANDA
7	Col. San Antonio	23 de Enero	UR	ANDA
8	Col. Scandia	23 de Enero	UR	ANDA
9	Col. Zacamil	23 de Enero	UR	ANDA
10	Caserío : "Casa de Piedra"	7 de Febrero	SUR	ANDA
11	El Polvorín	7 de Febrero	ZMUR	Pozo superficial
12	Col. Scandia	7 de Febrero	UR	ANDA
13	Col. San Antonio	7 de Febrero	UR	ANDA
14	Caserío:"Casa de Piedra"	21 de Febrero	SUR	ANDA
15	El Polvorín	21 de Febrero	ZMUR	Pozo superficial
16	Agua envasada	21 de Febrero	EC	Envasada comercial
17	Caserío:"Casa de Piedra"	6 de Marzo	SUR	ANDA
18	El Polvorín	6 de Marzo	ZMUR	Pozo superficial
19	Agua envasada	6 de Marzo	EC	Envasada comercial
20	Col. Escalón	5 de Abril	UR	Pozo superficial
21	Agua envasada	5 de Abril	EC	Envasada comercial
22	Col. Escalón	12 de Abril	UR	Pozo profundo
23	Col. Escalón	19 de Abril	UR	Pozo profundo

* Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

UR = Urbana

SUR = Semi-urbana

ZMUR= Zona marginal urbana

EC = Expendida en el comercio.

b) Preparación de Materiales

Con anterioridad a la adquisición de cada una de las muestras se procedió al lavado y esterilización del material a usar durante los análisis, siguiendo las recomendaciones dadas por APHA, AMMA y UPCF, - 1971.

Material de vidrio utilizado : frascos para recolectar muestras - con una capacidad de medio litro, los que se usaron para muestrear agua de pozo se les esterilizó con la tapadera floja y al sacarlos de la estufa se les apretó; las pipetas de 10, 5 y 1 ml., se colocaron en pipeteros (recipientes metálicos) y a cada una se le introdujo un pequeño - tapón de algodón absorbente en el extremo donde se pipetea, las cajas de petri también se esterilizaron dentro de cajas metálicas. Todo este material se esterilizó en una estufa a 170°C durante 3 horas. Si el resultado de los análisis microbiológicos era positivo, se esterilizaba el material usado durante el análisis antes de desecharlo.

C- Preparación de Medios de Cultivo, Reactivos y Colorantes.

Para realizar el análisis microbiológico se prepararon los medios de cultivo, reactivos, solución para diluciones y colorantes siguiendo las indicaciones dadas por APHA, AMMA, UPCF y las casas fabricantes -- (BBL, DIFCO y MERCK).

Todos los medios de cultivo utilizados en cada una de las etapas del análisis microbiológico se esterilizaron en autoclave a 121°C (15 libras de presión) durante 15 minutos. Los medios preparados para cada una de las muestras son :

- Quince tubos de ensayo conteniendo cada uno un tubo de fermentación (Durham) en posición invertida y como medio de cultivo caldo de lauril sulfato (Lauryl Sulfate Broth : LSB-Merck), 5 de los tubos se prepararon agregando 10 mls., del caldo LSB en doble concentración (el frasco indica que -- por cada 1000 mls., de agua se deben usar 35.6 grs., del medio para estos 5 tubos se prepararon 71.2 grs., por cada 1000 mls., de agua), a los 10 tubos restantes se les agregó 10 mls., del caldo en la concentración normal (35.6 grs., por 1000 mls., de agua), luego a cada tubo se le colocó un tapón de algodón absorbente. Estos tubos se usaron en la prueba presuntiva.
- Un tubo de ensayo conteniendo 9.9 mls., de Buffer Fosfato Monobásico de Potasio, KH_2PO_4 con un pH final de 7.2 (APHA, AMWA, WPCF, 1971). Se usó en la prueba presuntiva para efectuar las diluciones de las muestras de agua. Se preparó de 180-200 mls., de agar de recuento total de gérmenes (plate -- Count Agar: PCA, Difco) y se esterilizó en un erlenmeyer de 500 mls. En el momento de realizar la prueba presuntiva el medio se licuó por medio de calor y se colocó en baño de maría para que mantuviera la temperatura de -- $44.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Se inocularon dos series de 4 cajas de petri y luego se les agregó no menos de 20 mls., del medio.
- De 5-7 tubos pequeños con su respectivo tubo de fermentación y el tapón de algodón conteniendo cada uno 5 mls., de caldo lactosado de bilis y verde brillante (Brilliant Green Bile Lactose Broth: BGGB, Merck), estos tubos se usaron en la prueba de comprobación.

- Dos cajas de petri estériles conteniendo de 15 a 20 mls., de agar de papa y dextrosa (Potato Dextrose Agar : PDA, DIFCO), despues de esterilizarlo se solidificó y refrigeró a 70°C para usarlo en el momento de inocular ca da muestra para determinar la presencia de hongos.
- De 5-7 tubos pequeños conteniendo un tubo de fermentación y tapón de algo dón a los cuales se les agregó 5 mls., de Caldo EC Medium (DIFCO), éstos - tubos se usaron en la prueba de comprobación.
- Se preparó una serie de cajas de petri conteniendo de 20-25 mls., de agar de eosina y azul de metileno (EMB, DIFCO), previamente esterilizado. Las cajas de petri con el medio solidificado se guardaron en refrigeración a 7°C hasta el momento de inocular la muestra de agua para lo cual se tuvo la precaución de que la superficie del medio no estuviera húmeda.
- Una serie de tubos con su respectivo tubo de fermentación y tapón de al godón conteniendo cada uno 10 mls., de caldo lactosado (Lactose Broth, DIFCO); se usaron para la prueba completa.
- Una serie de tubos pequeños con 5 mls., de agar nutritivo (Nutrient Agar, DIFCO), despues de ser esterilizado se colocó en forma inclinada para - que solidificara adoptando esa forma. Se usaron durante la prueba com pleta.
- Para la diferenciación de organismos del grupo coliforme se prepararon los siguientes medios : una serie de tubos conteniendo 5 mls., de caldo de triptona (Tryptone, DIFCO).

- Tubos conteniendo caldo MR-VP (DIFCO), 2 por cada tubo de agar nutritivo.
- Una serie de tubos con agar de citrato en forma inclinada (Simons Citrate Agar, BBL).

Reactivos y Colorantes.

Tinción de gram :

- Solución de cristal violeta oxalato
- Alcohol etílico al 95%
- Solución de safranina
- Solución de Lugol

Tinción de endosporas :

- Solución acuosa de verde de malaquita al 5%
- Solución de safranina

En la diferenciación de organismos del grupo coliformes :

- Reactivo de indol (Kovac)
- Solución alcohólica de Alfa-naftol
- Hidróxido de potasio (KOH) al 40%
- Solución de rojo de metilo

Con anterioridad al análisis químico se prepararon dos soluciones estándar para determinar plomo y arsénico según indicaciones del Manual del Aparato de Absorción Atómica.

0- Recolección de las Muestras de Agua.

El análisis microbiológico incluye la técnica para coleccionar las muestras de agua (APHA, APCA, WPCF, 1963).

Agua de chorro (del sistema de distribución), cuadro 1, se dejó correr el agua durante 3 minutos, teniendo cuidado de observar que la llave del chorro no estuviera en malas condiciones, en un bote estéril de medio litro de capacidad se tomó la muestra de agua llenándolo hasta la mitad. Al efectuar esta operación se debe hacer bajo condiciones lo más asépticas posibles: no se debe hablar, el bote se destapa en el momento de tomar la muestra, sostener la tapadera en la mano, no debe tocarse la boca del bote y se tapa de nuevo en forma rápida.

Agua de pozo superficial (hecho a manera de pileta), cuadro 1, las muestras de agua se coleccionaron introduciendo el bote estéril de manera que se pudiera obtener la muestra, pero sin sumergir el bote completamente, teniendo el cuidado de no remover el sedimento y bajo las condiciones asépticas ya mencionadas. Las muestras para el análisis físico y químico se tomaron en frascos de plástico sellando el bote con tirro y colocándole el número a que correspondía la muestra. El pH de cada muestra se determinó en el lugar de muestreo usando una escala colorimétrica y papel pH (MERCK), y luego en el laboratorio se comprobó usando el potenciómetro.

En la mayoría de los casos el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y el inicio del análisis microbiológico y físico fue de 1-3 horas, en algunos casos se refrigeró la muestra a 7°C por un tiempo

po no mayor de 24 horas (APHA, AMWA, WPCA, 1971). Para realizar el análisis químico por absorción atómica, algunas veces transcurrieron varios días ya que según Bolaños (comunicación personal), no se afectan las concentraciones a temperatura ambiente de los elementos analizados : arsénico y plomo.

E- Datos Hidrológicos y Físicos.

Entre los medios con los cuales se juzga la calidad sanitaria del agua están incluidos el estudio de los siguientes aspectos hidrológicos y físicos :

- Características del lugar de muestreo.

Se determinaron las características sobresalientes de los lugares escogidos, cada vez que se realizó el muestreo, procedencia del agua (chorro, pozo) y usos que las personas le dan, tomando en consideración datos como : fecha, hora en que se tomó la muestra, temperatura ambiente. Para los muestreos realizados en "El Polvorin" se determinó, además la distancia que hay entre el río Acelhuate y el pozo escogido, así como también la profundidad del mismo. Muestras números 11, 15 y 18) cuadro 3.

- Características Físicas del Agua.

En el momento de tomar la muestra se determinó el olor y el sabor por comparación del sentido del gusto y del olfato de varias personas (15-5) para investigar si eran desagradables o no (APHA, AMWA, WPCA, 1971), también se determinó la temperatura del agua haciendo uso de un termómetro de mercurio graduado en escala centígrada.

Las otras dos características : color aparente y turbidez se investigaron en el laboratorio haciendo uso del Aparato de Hach. Color aparente es el que se determina en la muestra original, bruta, sin eliminar la materia en suspensión (sin filtrar y centrifugar) (APHA, AWWA, WPCF, - 1963; Catalán Lafuente, 1969). El procedimiento usado para determinar tanto el color aparente como la turbidez es el indicado por el Manual del Aparato de Hach (Modelo Dr-EL/2, 1971).

F) Análisis Microbiológico.

Examen Bacteriológico.

La técnica estandarizada para el análisis bacteriológico del agua - ha sido establecida por : la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), la Asociación Norteamericana de Trabajos Sobre el Agua y la Asociación Norteamericana de Salud Pública.

El análisis del agua tomando como base las bacterias coliformes se fundamenta en su propiedad de fermentar la lactosa y formar ácido y gas.

Las pruebas normales para la determinación del grupo de bacterias coliformes se realizaron por medio de la técnica de tubos múltiples de -- fermentación (APHA, AWWA, WPCF, 1963), dicha técnica incluyó :

1- Análisis cualitativo :

Análisis para determinar la presencia de bacterias coliformes, comprendió tres etapas o pruebas :

- a) Prueba Presuntiva
- b) Prueba Confirmada
- c) Prueba Completa

Para el análisis microbiológico se trabajó bajo condiciones lo más asépticas posibles: el área de trabajo se limpió con fenol al 4% ó con alcohol al 70%, se evitaron las corrientes de aire, todo el material usado se esterilizó y en el momento de inocular las muestras no se habló para evitar la contaminación de las mismas.

- Preparación del Inoculo:

Antes de comenzar los análisis, se agitó el bote con la muestra de agua, unas 25 veces y se dejó reposar durante unos segundos con el fin de homogenizar la muestra.

- Prueba Presuntiva:

Para realizar esta prueba se usó como medio de cultivo caldo de LSB (también se puede usar caldo lactosado).

Procedimiento :

Los 15 tubos de fermentación conteniendo 10 mls., de LSB se rotularon de acuerdo al número de muestra y de dilución. A la primera serie de 5 tubos se les agregó 10 mls., por tubo de la muestra de agua a analizar, a la segunda serie de 5 tubos, 1 ml. del agua y a la tercera serie 0.1 ml. (10^{-1}), teniendo el cuidado de flamear en la llama del mechero a cada uno de los tubos cuando se efectuó la inoculación. Para inocular cada serie de tubos se usaron pipetas estériles de 10, 5 y 1 ml., respectivamente (1 pipeta para cada serie).

- Después de inoculados se agitaron todos los tubos (para homogenizar el inóculo), y se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y se examinaron al cabo de 24 ± 2 horas y en los que no se había formado gas se incubaron hasta las $48 \pm$

3 horas. La formación de gas dentro del tubo de fermentación, dentro de las 48 horas constituyó una prueba presuntiva positiva, simultáneamente se enturbia el caldo. Para cada tubo se registró la presencia o ausencia de gas sin tomar en cuenta su cantidad.

- Prueba Confirmada.

Se sometieron a esta prueba de 5-7 tubos de cualquiera de las tres diluciones que hayan resultados positivos en la prueba presuntiva, o solamente los 5 tubos positivos de mayor dilución (0.1 ml.). Los medios de cultivo utilizados fueron : tubos de fermentación con BGGB y EC y cajas de petri con EMB.

- Caldo de BGGB.

Procedimiento :

Se tomarón 5 tubos de fermentación con BGGB y se rotularon según el número de muestra y dilución, cada uno de éstos tubos se inoculó a partir de los 5 tubos de fermentación primaria positivos. La inoculación se hizo con una asa estéril* de 3 mm., de diámetro tomando 3 asadas (3 inóculos) por tubo. Los tubos inoculados se agitaron e incubaron de 24-48 \pm 3 horas a una temperatura de 35 \pm 0.5°C.

* El asa se esterilizó en la llama del mechero cada vez que se repitió el inóculo y al terminar de usarla.

- La formación de gas en cualquier cantidad dentro del tubo de fermentación durante el tiempo de incubación constituyó una prueba positiva.

Caldo EC

Procedimiento :

- Se rotularon 5 tubos de fermentación con EC de acuerdo al número de muestra y dilución de los 5 tubos de fermentación primaria positivos escogidos.
- Con un asa esterilizada de 3 mm., de diámetro se hicieron 3 inoculaciones del tubo de fermentación primaria a su respectivo tubo con caldo EC. Los tubos inoculados se agitaron e incubaron a una temperatura de $44 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en baño de maría durante un tiempo máximo de 24 ± 2 horas, la formación de gas en cualquier cantidad dentro del tubo de fermentación durante ese lapso se tomó como prueba confirmada positiva.

Agar de Eosina y Azul de Metileno : EMB.

Procedimiento :

- Se rotularon cajas de petri con EMB de acuerdo al número de dilución de los tubos positivos de BGGBB y EC. Cada caja de EMB se inoculó con un asa estéril a partir de su respectivo tubo de BGGBB y EC. La inoculación se realizó en forma de estrías para que las colonias se desarrollaran aisladas, unas de otras cuando menos 0.5 cms., para lo cual en el momento de inocular se tomaron precauciones como : decantar o inclinar el tubo de BGGBB o EC para evitar que el asa tomara la nata o membrana superficial que se forma en los tubos, el extremo del asa se in-

trodujo en el líquido hasta una profundidad aproximada de 5 mm., luego se procedió a inocular las cajas procurando levantar la tapadera de la caja solamente lo necesario para poder inocular.

- Las cajas de petri inoculadas se incubaron en posición invertida durante 24 ± 2 horas a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$. En este medio se pueden desarrollar colonias típicas, atípicas y negativas; pero solo se toma positivo para coliformes si las colonias son típicas : colonias con núcleos coloreados azules, con o sin brillo metálico.

Las colonias atípicas son anucleadas, mucoides, opacas y las colonias negativas : todas las restantes. Puede suceder que algunos organismos coliformes no lleguen a formar colonias típicas en este medio por lo que también se toman en cuenta para la siguiente prueba, las colonias atípicas (APHA, ANNA, MPCP, 1963).

- Se escogieron (pescaron) colonias típicas aisladas cuando menos 0.5 - cms., haciendo uso de un contador de colonias, las colonias escogidas se marcaron con lápiz grueso, también se escogió una colonia atípica en los casos en que se desarrollaron.

Prueba completa :

Para realizar esta prueba se usó como medio de cultivo tubos de fermentación secundaria con caldo lactosado y tubos de agar nutritivo inclinado. Se sometieron a esta prueba las colonias típicas y atípicas - escogidas durante la prueba confirmada.

Haciendo uso de una aguja de inoculación estéril se tomó una pequeña porción de inóculo de cada colonia escogida (apenas se tocó con la aguja para reducir riesgos de transferir cultivos mixtos), los tubos con caldo lactosado se inocularon introduciendo la punta de la aguja en el medio líquido y agitándola; los tubos con agar nutritivo se inocularon introduciendo la punta de la aguja en el medio sólido haciendo una estría. La aguja se esterilizó en la llama del mechero antes y después de cada inoculación.

- Los tubos con caldo lactosado se agitaron e incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 3 horas. La presencia de gas en el tubo de fermentación secundaria se tomó como prueba positiva.
- Los tubos con agar nutritivo inoculados se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 horas, o por 48 ± 3 horas a partir de cada uno de ellos se efectuó tinción de gram y tinción para esporas, usándose también para la diferenciación de organismos del grupo coliformes.

La formación de gas en los tubos secundarios de caldo lactosado y la demostración de bacterias gram negativas, no esporógenas se consideró como prueba completa satisfactoria (positiva).

Tinción de Gram.

Procedimiento:

- En portaobjetos se hicieron frotis a partir de cada tubo de agar nutritivo inclinado.

- El frotis secado al aire se fijó pasándolo tres veces sobre la llama de un mechero.
- El frotis se cubrió con cristal violeta oxalatado durante 1 minuto, lavándolo después con agua del chorro, luego se cubrió la preparación con solución de lugol durante 1 minuto.
- Se decoloró con alcohol al 95%, durante 15 segundos, cuando ya no se observó color se lavó con agua corriente y luego se cubrió la preparación con solución de safranina durante 30 segundos, se lavó de nuevo con agua corriente, dejándolo secar a temperatura ambiente.
- Al secarse la preparación se observó al microscopio con objetivo de inmersión para determinar si las bacterias eran gram positivas o gram negativas.

Tinción de Endosporas.

Procedimiento :

- 1) A partir de cada uno de los tubos de agar nutritivo inclinado se hizo un frotis y se dejó secar al aire libre. Se hizo un frotis de Bacillus subtilis, para usarlo como testigo, ya que se sabe que se forman endosporas en los géneros Bacillus y Clostridium (Wilson, C. y Loomis, 1968).
- 2) Se fijaron los frotis, pasándolos tres veces sobre la llama del mechero.
- 3) Se preparó un baño de vapor, esperando a que el agua estuviera bien caliente (para que hubiera más vapor) y se colocaron las láminas con

los frotis sobre una rejilla cubriéndolas con papel toalla y se saturaron con solución acuosa al 5% de verde de malaquita, durante 5 minutos, teniendo el cuidado de que no se secase para lo cual se agregó el colorante cuantas veces fue necesario.

- 4) Cada lámina se lavó suavemente con agua corriente, para quitar el exceso de colorante y luego se cubrieron con safranina durante 30 segundos, luego se lavaron con agua corriente y se dejaron secar a temperatura ambiente.
- 5) Las láminas se observaron al microscopio con objetivo de inmersión para determinar la presencia o ausencia de endosporas.

Diferenciación de Organismos del Grupo Coliformes.

Hay cuatro pruebas para la diferenciación satisfactoria del grupo de bacterias coliformes en las especies : Escherichia coli, Aerobacter aerogenes y sus variedades intermedias. Estas pruebas se representan por la palabra IMViC que significa Indol (I), Rojo de Metilo (R.M.), Voges-Proskauer (VP) y Citrato (C); para su realización se siguieron las indicaciones dadas por APHA, AMMA, WPCF, 1963, 1971.

1- Prueba de Indol.

Procedimiento :

- Con una aguja estéril se inocularon tubos con caldo de triptono o extracto de los tubos de agar nutritivo inclinado.
- Los tubos inoculados se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas, transcurrido este tiempo, a cada uno de los tubos se les agregó 0.2 mls. del reactivo de Indol, se agitaron suavemente y se les dejó reposar durante

10 minutos. El resultado es positivo si se forma un anillo de color rojo oscuro en la capa superficial del alcohol amílico (componente del reactivo de Indol), si el reactivo mantiene su color original la prueba es negativa y si reacciona tomando un color anaranjado es indicador de la presencia probable de escatol, que es producto de la degradación del triptofano que junto con el Indol le dan el olor a las heces (Harrow, B. y A. Mazur, 1967), y se debe tomar como una reacción \pm .

2- Prueba de Voges-Proskauer.

Se usó como medio de cultivo caldo de MR-VP (DIFCO) y para realizar la prueba se usaron las soluciones de Alfa-Naftol y de hidroxido de potasio al 40% (KOH).

Procedimiento :

- Los tubos conteniendo el caldo de peptona se inocularon con una aguja de inoculación, a partir del correspondiente tubo de agar nutritivo inclinado, y se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.
- Transcurrido el tiempo de incubación, se tomó con una pipeta estéril 1 ml., de cultivo de cada uno de los tubos pasándolos a otros tubos debidamente rotulados con el número de muestra y dilución, luego a cada uno se les agregó 0.6 mls., de solución de Alfa-Naftol y 0.2 mls., de solución de KOH. La reacción en la mayoría de los casos se observó al cabo de 10 ó 15 minutos, pero se dejaron en reposo hasta 4 horas como máximo para mayor seguridad en los resultados. La prueba se tomó como positiva si después de transcurrido ese tiempo reaccionó tomando una coloración rosada o carmesí (rojo).

3- Prueba de Rojo de Metilo.

Como medio de cultivo se usó MR-VP (DIFCO) y para la prueba solución indicadora de Rojo de Metilo :

Procedimiento :

- A partir de los tubos de agar nutritivo se inocularon con una aguja de inoculación, los tubos con caldo de peptona, luego se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 5 días.
- Transcurrido el tiempo de incubación, a cada tubo se le agregó 5 gotas de solución de rojo de metilo. Se tomaron como positivos los tubos que reaccionaron dando un color rojo intenso y negativos para el rojo de metilo, los que tomaron color amarillo.

4- Prueba de Citrato de Sodio.

La utilización de citrato como fuente única de carbono es valorada en un medio sintético que contenga citrato de sodio como único compuesto orgánico. Se usó como medio de cultivo agar con citrato de sodio en forma inclinada.

Procedimiento :

Partiendo de cada tubo de agar nutritivo, se inocularon los tubos con agar de citrato y se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 96 horas. Se tomaron como positivos los tubos en los cuales hubo crecimiento, lo cual es evidente por el cambio de color del medio, de color verde pasó a azul, fueron negativos los tubos en los cuales se conservó el color original (verde), lo que indicó ausencia de crecimiento bacteriano.

Los resultados obtenidos en la prueba de IMVIC para cada una de las muestras se interpretaron haciendo uso del cuadro 2 (Gebhardt, 1970), el cual establece las posibles combinaciones de resultados positivos o negativos para cada muestra y donde los organismos coliformes los clasifica en dos géneros y seis especies.

En la figura No. 1 se expone el flujo acerca del método usado para el análisis bacteriológico de aguas.

CUADRO 2

COMBINACIONES DE RESULTADOS AL APLICAR PRUEBA IMVIC

ESPECIES DE COLIFORMES	PRUEBA DE IMVIC			CITRATO
	INDOL	ROJO DE METILO	VOGES PROSKAUER	
<u>Escherichia coli</u>	+	+	-	-
<u>Escherichia aurescens</u>	+	+	-	-
<u>Escherichia intermedia</u>	+	*	-	+
<u>Escherichia freundii</u>	+	+	+	+
<u>Aerobacter aerogenes</u>	+	-	+	+
<u>Aerobacter cloacae</u>	-	-	+	+

* No lo determinan en este cuadro.

1) Análisis Para Investigar la Presencia de Hongos.

Procedimiento:

El bote conteniendo la muestra de agua a analizar se agitó y luego con un aza de vidrio, esterilizada con alcohol al 70%, se tomó el inóculo introduciendo solo la base del aza (la base tenía forma de rodillo), se inocularon 2 cajas de petri por muestra conteniendo agar de papa y dextrosa -- (PDA) como medio de cultivo y se inoculó toda la superficie del medio, antes de inocular se tomó la precaución de que la superficie del medio no estuviera húmeda. Las cajas se incubaron a temperatura ambiente durante 4 ó 5 días en un lugar seco y aislado. Transcurrido el tiempo de incubación se observó si había crecimiento de hongos, sin llegar a identificarlos taxonómicamente.

2) Análisis Cuantitativo.

El método utilizado para el análisis cuantitativo es el recomendado por : APHA, AMMA y WPCF, 1963; y es un complemento del análisis cualitativo y comprendió :

a) Número mas Probable (NMP).

Este análisis se realizó al mismo tiempo que la prueba presuntiva : es un medio para determinar la densidad de coliformes del agua, es decir, el número de bacterias por cada 100 mls., de agua.

Procedimiento:

Los tubos de fermentación primaria de LSB usados en la prueba presuntiva, se utilizaron también para la determinación del NMP, mediante el número de tubos positivos en los tres grupos de diluciones 10 mls., 1 ml., y 0.1 ml., estos resultados sirvieron para buscar el NMP en una tabla ya establecida de límites confidenciales para varias combinaciones de resultados.

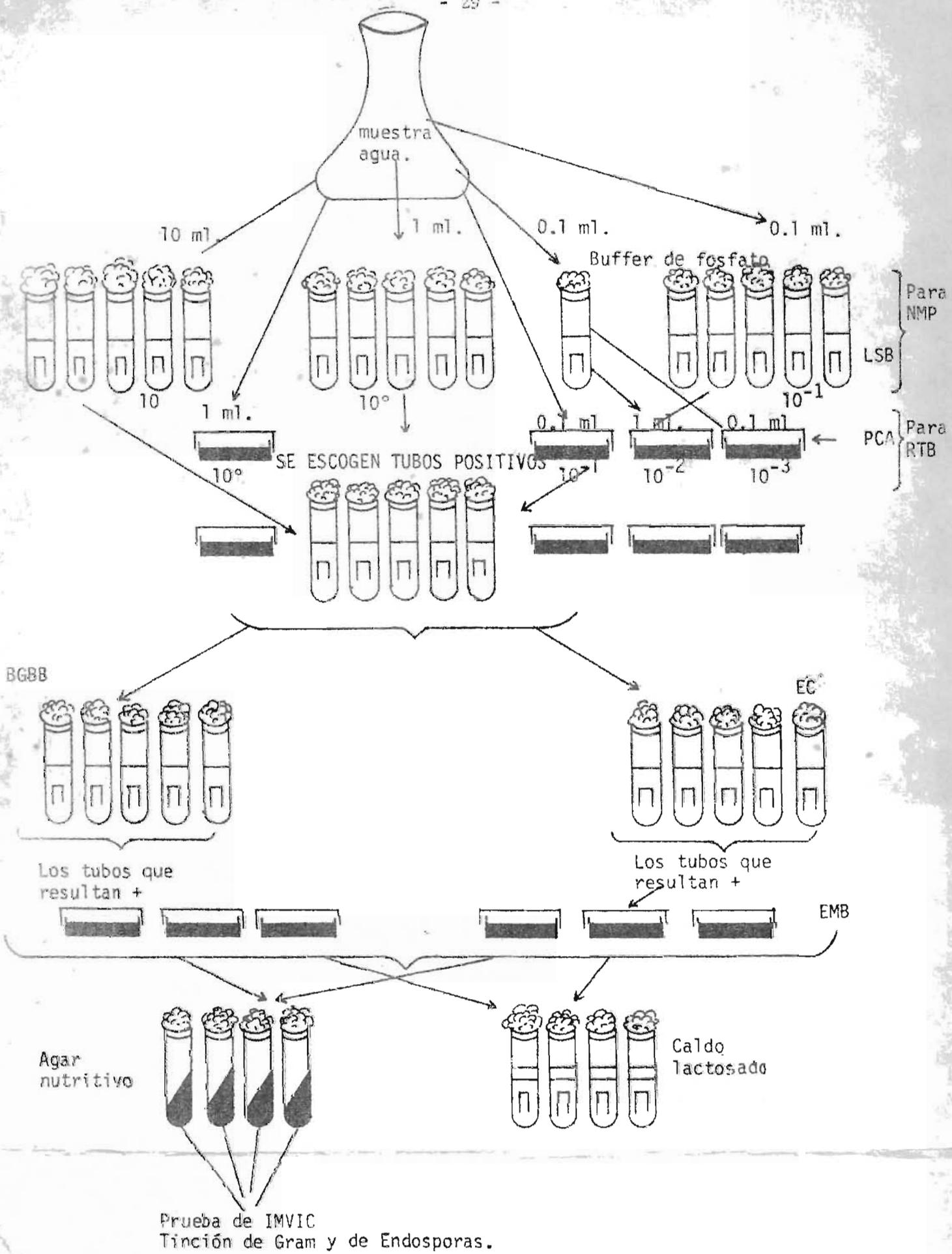
b) Recuento Total Bacteriano (RTB).

Consiste en la determinación de la cantidad de bacterias por 1 ml., no es específico para coliformes.

Procedimiento :

El bote que contenía la muestra de agua a analizar se agitó y se dejó reposar unos segundos. Dos series de 4 cajas de petri se rotularon con el número de la muestra y el factor de dilución : 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} (1,0, 0.1, 0.01 y 0.001 mls).

Usando pipetas estériles de 5 y 1 mls., se pipetearon 1.0 y 0.1 ml. de la muestra de agua y se inocularon en las cajas marcadas con 10^0 y 10^{-1} respectivamente. Al tubo que contenía 9.9 mls. de Buffer de fosfato monobásico de potasio se le agregó también 0.1 mls. del agua, se agitó y luego se pipetearon 1.0 y 0.1 mls. (con pipetas diferentes) para inocular las cajas marcadas con 10^{-2} y 10^{-3} a cada caja se le agregaron de 15-20 mls., de PCA, licuado y mantenido a una temperatura de $44.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ en baño maría y después se mezcló y distribuyó el inóculo con el medio de cultivo - mediante movimientos rotativos de la caja, se esperó a que solidificara - (no transcurrió más de media hora) y luego se incubó en posición invertida durante 48 horas a una temperatura de $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Transcurrido el tiempo de incubación se efectuó el recuento bacteriano mediante un contador de colonias (Quebec), para seleccionar las cajas en que habían crecido entre 30 y 300 colonias más o menos aisladas. Luego se calculó la cantidad de bacterias por mililitro en cada caja seleccionada, multiplicando el número de colonias encontradas por el factor de dilución que representaba la caja.



I. FLUJO ACERCA DEL METODO USADO PARA ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUAS

Análisis Químico.

Las características químicas que se determinaron fueron pH y concentraciones en partes por millón (p.p.m. equivalente a Mcg/ml.) de cloro, plomo y arsénico.

El pH se tomó en el momento de adquirir la muestra haciendo uso de una escala colorimétrica y papel pH (Merck), luego se comprobó en el laboratorio mediante el potenciómetro (Coleman modelo 38 A).

Cloro :

En el momento de tomar cada muestra de agua, se comprobó la presencia de cloro, agregándole a 1 ml., de la solución indicadora (reactivo del aparato de Hach), 25 mls., de la muestra de agua, si reaccionó inmediatamente tomando un color amarillo se reportó la presencia de cloro; en un bote plástico tapado y sellado se colectó otra porción de agua para usarla en el laboratorio en la determinación de la concentración de cloro mediante el aparato de Hach, el procedimiento seguido es el indicado en el Manual del Aparato de Hach.

Plomo :

Con anterioridad a la realización de los análisis, se preparó la solución estandar (stock), para plomo siguiendo las indicaciones del Manual del Aparato de Absorción Atómica (Perkin Elmer Modelo 305-B, equipado con horno de grafito modelo 2100), la solución se preparó originalmente a 1000 p.p.m. y a partir de ella se hizo una dilución para obtener una concentración de 20 p.p.m. que fue la solución usada para estandarizar el aparato de absorción atómica en el momento de realizar los análisis.

Arsénico :

Se elaboró la solución estandar (Stock), para realizar los análisis siguiendo las indicaciones del Manual del Aparato de Absorción Atómica, la solución original tenía una concentración de 1000 p.p.m. y a partir de ella se hizo la dilución para obtener una solución con una concentración de 50 p.p.m. que fue la usada para estandarizar el aparato en el momento de realizar los análisis.

Durante la preparación del aparato de absorción atómica para la realización de los análisis de plomo y arsénico se seleccionaron los tiempos y temperaturas requeridas para el secado, incinerado y atomizado del agua que son tres estadíos por los que pasó la muestra de agua analizada desde el momento en que se inyectó en el horno de grafito (con una pipeta especial : Eppendorf) hasta que se registraron los resultados. Los tiempos y temperaturas usados son, para el secado 20 segundos a 100°C, incinerado 10 segundos a 500°C y atomizado 9 segundos a 2300°C.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan de acuerdo a la secuencia seguida para la realización de cada uno de los análisis propuestos : físico, microbiológico y químico, ya que son los parámetros indicados para determinar la calidad sanitaria del agua.

En el cuadro 3, se exponen las características físicas del agua y de los lugares de muestreo (se realizaron de 3 a 4 muestreos en diferentes fechas y horas por cada lugar escogido). Se puede observar que para las muestras número 1, 2 y 3, no se determinó la turbidez y el color, ésto fue debido a problemas tenidos en la obtención del Aparato de Hach; para las muestras : 20, 22 y 23 no aparece la hora en que se tomó la muestra; la temperatura ambiental y la del agua, ya que fueron muestras traídas al laboratorio por otra persona que no tomó en cuenta esos datos.

Los resultados obtenidos en la prueba de tubos múltiples de fermentación para la determinación de bacterias coliformes, en cada una de sus etapas o pruebas aparecen resumidas en el cuadro 4.

Durante la prueba confirmada en los resultados correspondientes al medio de cultivo EMB, para algunas muestras se escogió mas de una colonia por caja, si presentaban características diferentes. En el cuadro 4, tambien se exponen los resultados del análisis cuantitativo : NMP por 100 mls., y RTB por un ml.

En el cuadro 5 se presentan los resultados del análisis micológico indicando en general la presencia (+) o ausencia de hongos (-).

En el cuadro 6, están comprendidos los resultados obtenidos en el análisis químico de cada muestra en las cuales se determinó las concentraciones de : H^+ , (pH), cloro, plomo y arsénico; las muestras 1,2 y 3 no se analizaron debido a problemas surgidos con el aparato de absorción atómica.

Se compararon en forma gráfica los resultados obtenidos en el análisis físico con los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1974). Gráfico No. 1, comparación de la turbidez; gráfico No. 2, comparación del color aparente, en el gráfico No. 3, se comparó la temperatura del agua con la temperatura establecida en Consideraciones Ambientales de Salud y de Ecología Humana en Proyectos de Desarrollo (1974).

El pH de cada muestra se comparó en el gráfico No. 4, con el criterio que es considerado admisible para el pH del agua por Consideraciones Ambientales (Banco Mundial, 1974).

Las concentraciones de arsénico en p.p.m. de cada muestra se comparan en el gráfico No. 5 con la concentración máxima tolerable establecida por la OMS (1974).

En el gráfico No. 6, se comparan las concentraciones de cloro libre encontradas en cada muestra analizada con la cantidad mínima de cloro libre que consideran de significación en APHA, AWWA, WPCF, 1971.

CUADRO 4

DATOS HIDROLOGICOS Y FISICOS

Número de Muestra	Lugar	Fecha	Hora	Temperatura ambiente - (°C)	Temperat. del agua (°C)	Turbidez (FTU)	Color aparente (unidad Pt-Co)	Olor	Sabor	Observaciones
1	Reparto 14 de Julio	7-8-77	8 p.m.	27.0	28.0	-	-	No ob- jetable	No ob- jetable	Lavamanos del baño.
2	Col. Skandia	7-8-77	9 p.m.	26.0	32.5	-	-	No ob- jetable	No ob- jetable	Chorro de la cocina
3	Col Skandia	8-8-77	8 a.m.	28.0	26.0	-	-	No ob- jetable	No ob- jetable	Lavamanos del baño.
4	Col. Skandia	16-1-78	1:30p.m.	29.0	24.0	3	10.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Chorro de la cocina.
5	Reparto 14 de Julio	16-1-78	2:45p.m.	27.0	24.0	3	2.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Lavamanos del baño.
6	Col. Zacamil	16-1-78	3 p.m.	28.0	30.0	3	2.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Chorro de la cocina
7	Reparto 14 de Julio	23-1-78	7 p.m.	27.0	29.0	3	0.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Lavamanos del baño.
8	Col. Skandia	23-1-78	7:15p.m.	27.0	27.5	3	0.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Chorro de la cocina.
9	Col. Zacamil	23-1-78	7:30p.m.	20.0	26.0	2	0.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Lavamanos.
10	Caserío :Casa de Piedra.	7-2-78	9:10a.m.	19.0	22.0	2	20.0	No ob- jetable	No ob- jetable	Chorro público en la entrada a granja El Carret.PI. Remo Km. 8.

11	El Polvorín	78	9:40 a.m.	22.0	21.0	10	20.0	Objetable	*	Agua de pozo (pileta) 50 cms. de profundidad a 3 mts. de distancia, margen de río Acelhua te.
12	Col. Skandia	7-2-78	2:00 p.m.	27.0	25.0	3	2.0	No objetable.	No objetable.	Chorro de la cocina
13	Reparto 14 de Julio	7-2-78	2:30 p.m.	26.0	24.0	3	2.0	No objetable.	No objetable.	Chorro del lavamanos.
14	Caserío "Casa de Piedra"	21-2-78	10:15 p.m.	21.0	23.5	0	18.0	No objetable.	No objetable.	El mismo chorro de la muestra No.10
15	El Polvorín	21-2-78	10:45 p.m.	23.0	25.0	5	10.0	Objetable	*	El mismo pozo de la muestra No. 11.
16	Agua Cristal	21-2-78	11:15 p.m.	23.0	26.5	0	0.0	No objetable.	No objetable.	Agua de envase sellado.
17	Caserío Casa de Piedra.	6-3-78	10:00 a.m.	20.5	23.5	5	18.0	No objetable.	No objetable.	El mismo lugar que la muestra No.10
18	El Polvorín	6-3-78	10:20 a.m.	21.0	22.0	13.0	55.0	Objetable	*	El mismo lugar que la muestra Nos.11 y 15
19	Agua Cristal	6-3-78	11:30 a.m.	22.0	26.0	8.0	30.0	No objetable.	No objetable.	Envase sellado
20	Col. Escalón	5-4-78	-	-	-	8.0	0.0	No objetable.	No objetable.	Pozo perforado profundo.
21	Agua Cristal	5-4-78	3:00 p.m.	27.0	29.0	5.0	10.0	No objetable.	No objetable.	Envase sellado.
22	Col. Escalón	12-4-78	-	-	-	8.0	2.0	No objetable.	No objetable.	Pozo perforado profundo.
23	Col. Escalón	19-4-78	-	-	-	8.0	4.0	No objetable.	No objetable.	Pozo perforado profundo.

* No se determinó debido a las características del lugar.

CUADRO 4

DATOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICO

Muestreo número	PRUEBA PRESUNTIVA		Número de tubos positivos de Caldo de Lauril Sulfato (LSB). De cinco tubos.	NMP por 100 ml.	PRUEBA CONFIRMADA			RTB por 1 ml.				
	Número de tubos positivos de Lauril Sulfato (LSB). De cinco tubos.	Número de tubos positivos de Caldo ec.			Número de tubos positivos de Caldo Lactosado de Bilis y Verde Brillante (BGBB)	Número de tubos positivos de Caldo Lactosado de Bilis y Verde Brillante (BGBB)	Número de tubos positivos de Caldo Lactosado de Bilis y Verde Brillante (BGBB)					
1	10 ml.	1 ml.	0.1 ml.	< 2	10 ml.	1 ml.	0.1 ml.	1 ml.	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
3	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
4	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
5	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
6	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
7	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
8	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
9	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
10	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
11	5/5	5/5*	5/5	2400	0/0	0/0	5/5	0/0	0/0	0/0	5/5	4.5 x 10 ⁵
12	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1.5 x 10 ²
13	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	1.8 x 10 ²
14	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	2.0 x 10 ²
15	5/5	4/5	5/5*		0/0	3/4	1/2	0/0	4/4	2/2	5.5 x 10 ⁵	1.05 x 10 ⁶
16	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
17	0/5	0/5	0/5	< 2	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5

* Resultados a Tar 43 horas

DATOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICO

Prueba confirmada	Prueba completa		Diferenciación de microorganismos				Especies identificadas.					
	Caldo Lactosado		Prueba de IMVIC		BGBB							
	EC	BGBB	Reacción de Gram	Presencia de esporas	I	RM		VP	C			
Agar de Cosina y Azul de Metileno EMB												
Muestra Característica - A partir de las colonias de las colonias.	A partir de BGBB	A partir de EC										
11-01-1 Atípica		+	+	-	-	+	+	-	-			<u>E. coli</u>
2 Atípica		-	-	-	-	+	+	-	-			<u>E. coli</u>
3 Atípica		-	-	-	-	+	+	-	-			<u>E. coli</u>
4 T con BM		+	+	-	-	+	+	+	+			<u>E. freundii</u>
5 T con BM		-	-	-	-	+	+	-	-			<u>E. freundii</u>
71-0.1-1A T sin BM	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
1B T con BM	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
2A T con BM	+		-	-	-							<u>E. freundii</u>
2B T con BM	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
3 Atípica	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
4A Atípica	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
4B T con BM	+		-	-	-							<u>E. freundii</u>
5A Atípica	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>
5B T con BM	+		+	-	-							<u>E. freundii</u>

T con BM = Típica con Brillo Metálico.

T sin BM = Típica sin Brillo Metálico.

ESPECIES IDENTIFICADAS : ORIGEN

E. coli = Escherichia coli - Fecal

E. freundii = Escherichia freundii - Fecal

E. intermedia = Escherichia intermedia - Fecal

A. cloacae = Aerobacter cloacae - Fecal

A. aerogenes = Aerobacter aerogenes - Vegetal
Fecal

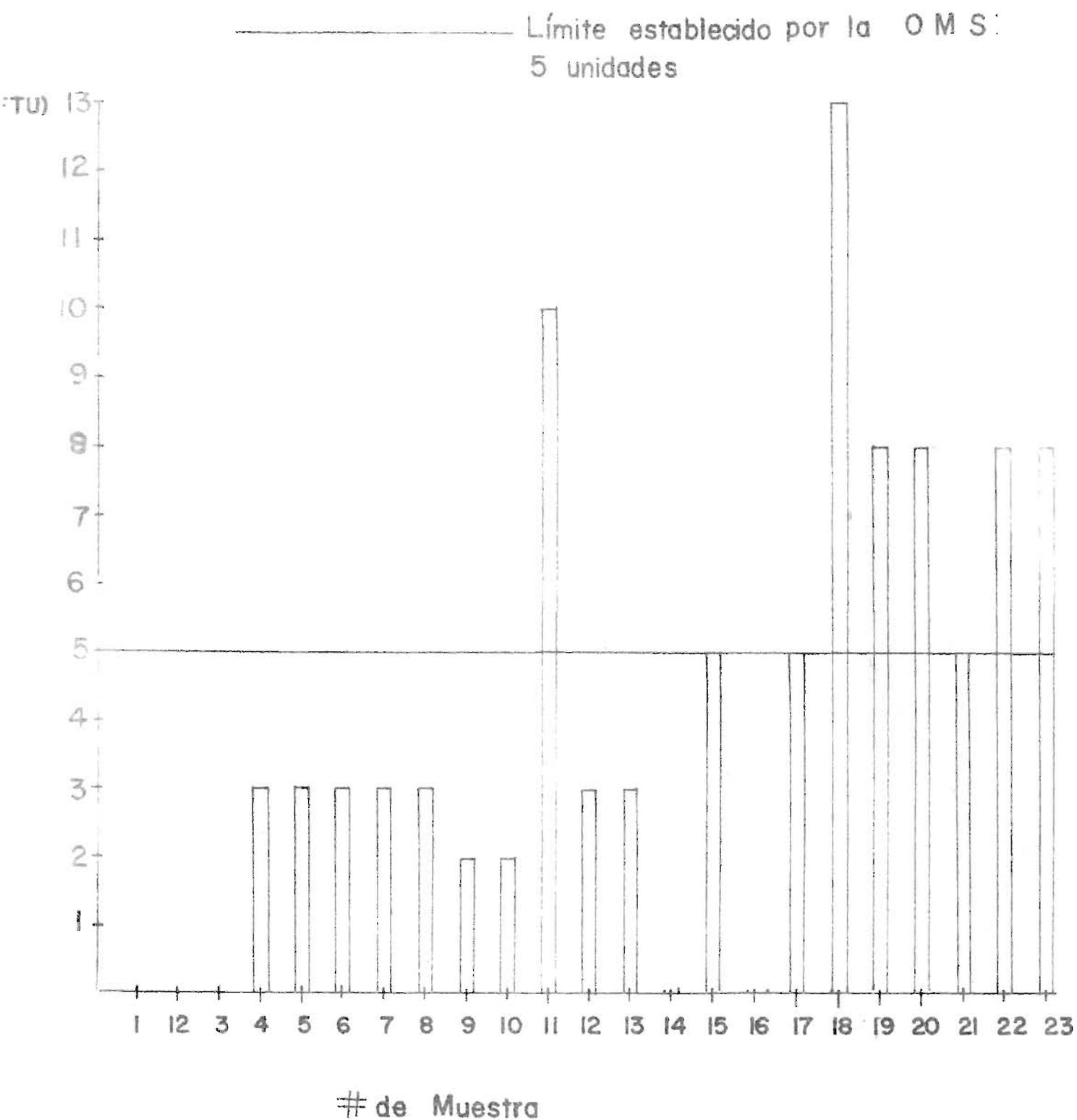
CUADRO 5

RESULTADOS DE ANALISIS MICOLOGICO

NUMERO DE MUESTRA	LUGAR	PRESENCIA DE HONGOS
1	Reparto 14 de Julio	+
2	Colonia Skandia	+
3	Colonia Zacamil	+
4	Colonia Skandia	+
5	Reparto 14 de Julio	+
6	Colonia Zacamil	+
7	Reparto 14 de Julio	+
8	Colonia Skandia	-
9	Colonia Zacamil	+
10	Caserío Casa de Piedra	+
11	El Polvorín	-
12	Colonia Skandia	+
13	Reparto 14 de Julio	+
14	Caserío Casa de Piedra	+
15	El Polvorín	+
16	Agua Cristal	+
17	Caserío Casa de Piedra	-
18	El Polvorín	+
19	Agua Cristal	+
20	Colonia Escalón	+
21	Agua Cristal	+
22	Colonia Escalón	+
23	Colonia Escalón	+

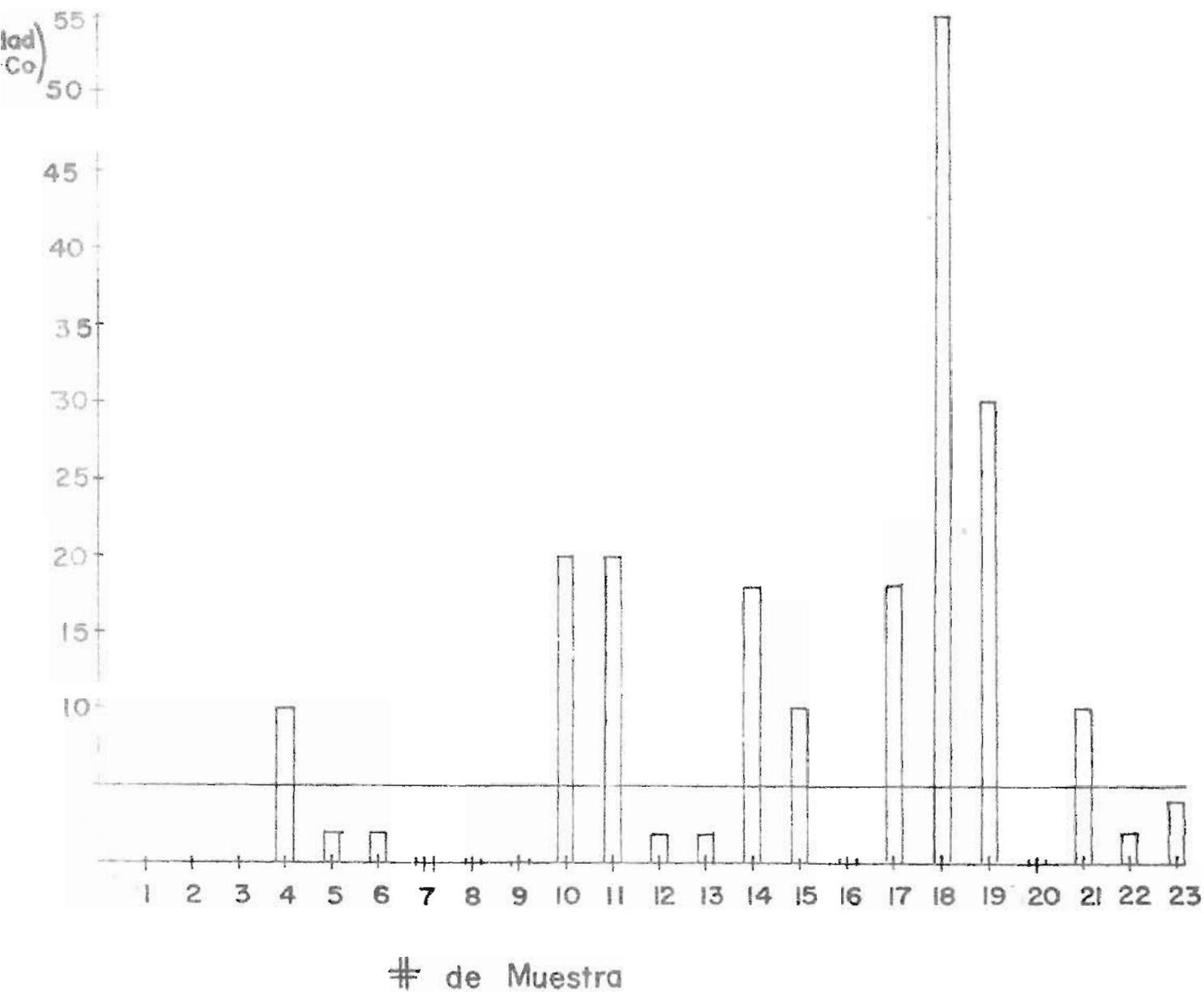
CUADRO 6
DATOS DE ANALISIS QUIMICO

Número de Muestra	Lugar	pH	Cloro (p.p.m.)	Pb Plomo (p.p.m.)	As Arsénico (p.p.m.)
1	Reparto 14 de Julio	7.0	-	-	-
2	Col. Skandia	7.0	-	-	-
3	Col. Zacamil	7.0	-	-	-
4	Col. Skandia	7.0	1.4	0	20.70
5	Reparto 14 de Julio	7.0	1.4	0	12.42
6	Col. Zacamil	7.0	1.8	0	8.28
7	Reparto 14 de Julio	7.0	1.4	0	6.90
8	Col. Skandia	7.0	2.5	0	0.0
9	Col. Zacamil	7.0	0.6	0	0.0
10	Caserío Casa de Piedra	6.8	2.4	0	15.0
11	El Polvorín	6.8	0.0	0	10.0
12	Col. Skandia	7.0	1.4	0	5.0
13	Reparto 14 de Julio	7.0	1.4	0	2.5
14	Caserío Casa de Piedra	7.0	0.8	0	29.88
15	El Polvorín	7.0	0.0	0	28.22
16	Agua Cristal	7.5	0.19	0	29.88
17	Caserío Casa de Piedra	7.0	2.2	0	23.24
18	El Polvorín	7.0	0.0	0	26.56
19	Agua Cristal	7.5	0.3	0	23.24
20	Col. Escalón	7.0	0.2	1.2	19.71
21	Agua Cristal	7.0	0.2	0.6	14.47
22	Col. Escalón	7.0	0.3	1.2	15.78
23	Col. Escalón	7.0	0.3	1.2	14.47



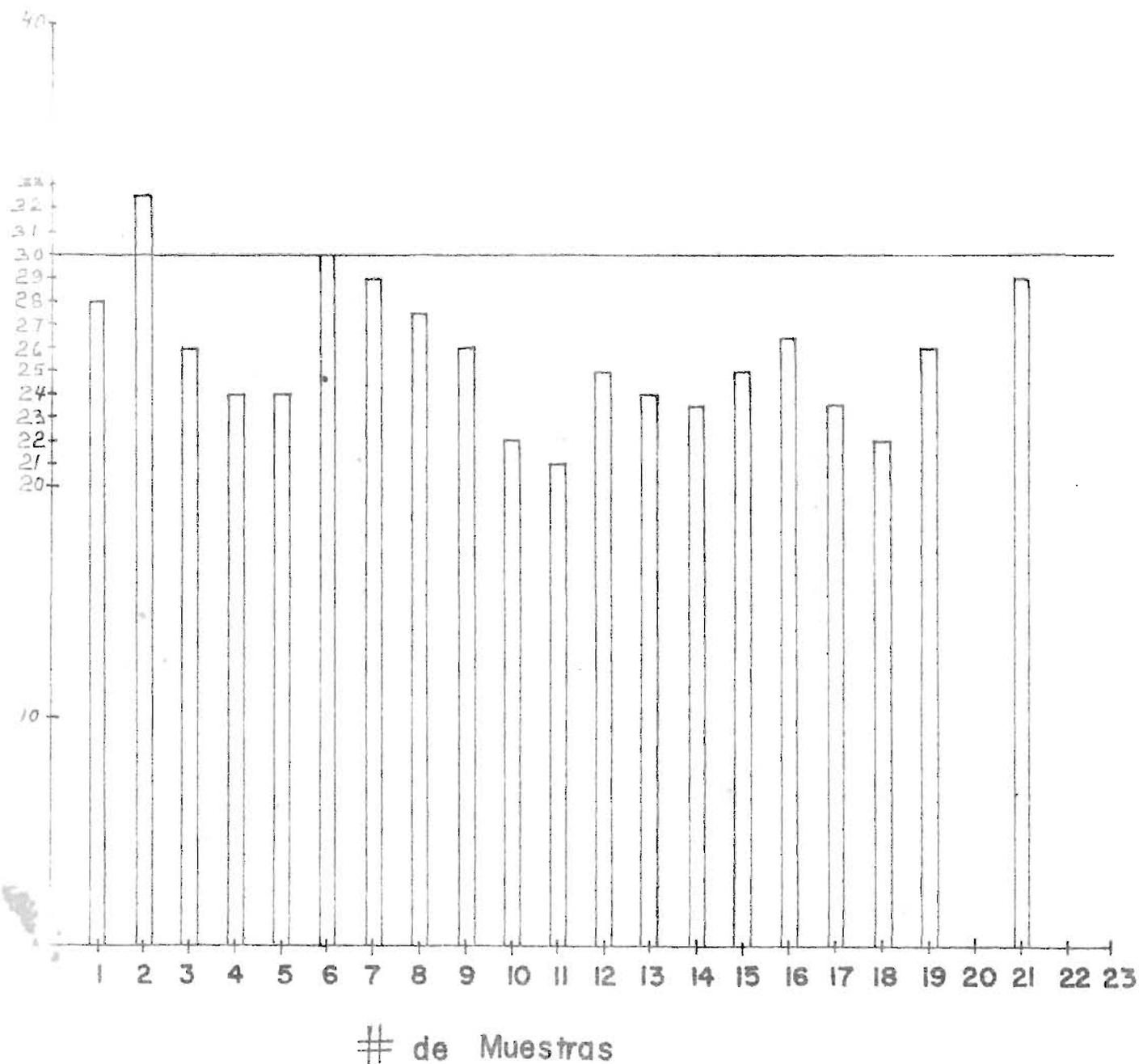
Gráfica#1. Turbidez de las muestras en unidades, (F T U) de determinada por Hach, comparada con el límite establecido por la OMS

————— Límite establecido por la OMS
5 unidades (Pt - Co)



Gráfica #2 Color aparente de las muestras en unidades (Pt-Co) determinado por Hach, comparada con el límite establecido por la OMS.

Límite establecido por Consideraciones Ambientales y de Salud. 30°C.



Grafica #3. Temperaturas de las muestras en grados centígrados comparada con el límite establecido por Consideraciones Ambientales y de Salud.

Logaritmo del Recuento Total
de bacterias para cada muestra.

Muestra	Recuento	LOG.	Muestra	Recuento	LOG.	Muestra	Recuento	LOG.
#1	0.0		#10	0		#17	0.0	
#2	$2.0 \times 10^2 =$	2.3	#11	$4.5 \times 10^5 =$	5.6	#18	$8.4 \times 10^5 =$	5.9
#3	0.0		#12	$1.5 \times 10^2 =$	2.2	#19	$1.22 \times 10^6 =$	6.1
#4	$4.2 \times 10^2 =$	2.6	#13	$1.8 \times 10^2 =$	2.3	#20	$2.6 \times 10^2 =$	2.4
#5	$1.5 \times 10^2 =$	2.2	#14	$2.0 \times 10^2 =$	2.3	#21	$1.04 \times 10^6 =$	6.0
#6	$9.0 \times 10 =$	1.9	#15	$5.5 \times 10^5 =$	5.7	#22	$3.2 \times 10^2 =$	2.5
#7	0.0		#16	$1.05 \times 10^6 =$	6.0	#23	$2.3 \times 10^2 =$	2.4
#8	0.0							
#9	$3.5 \times 10 =$	1.5						

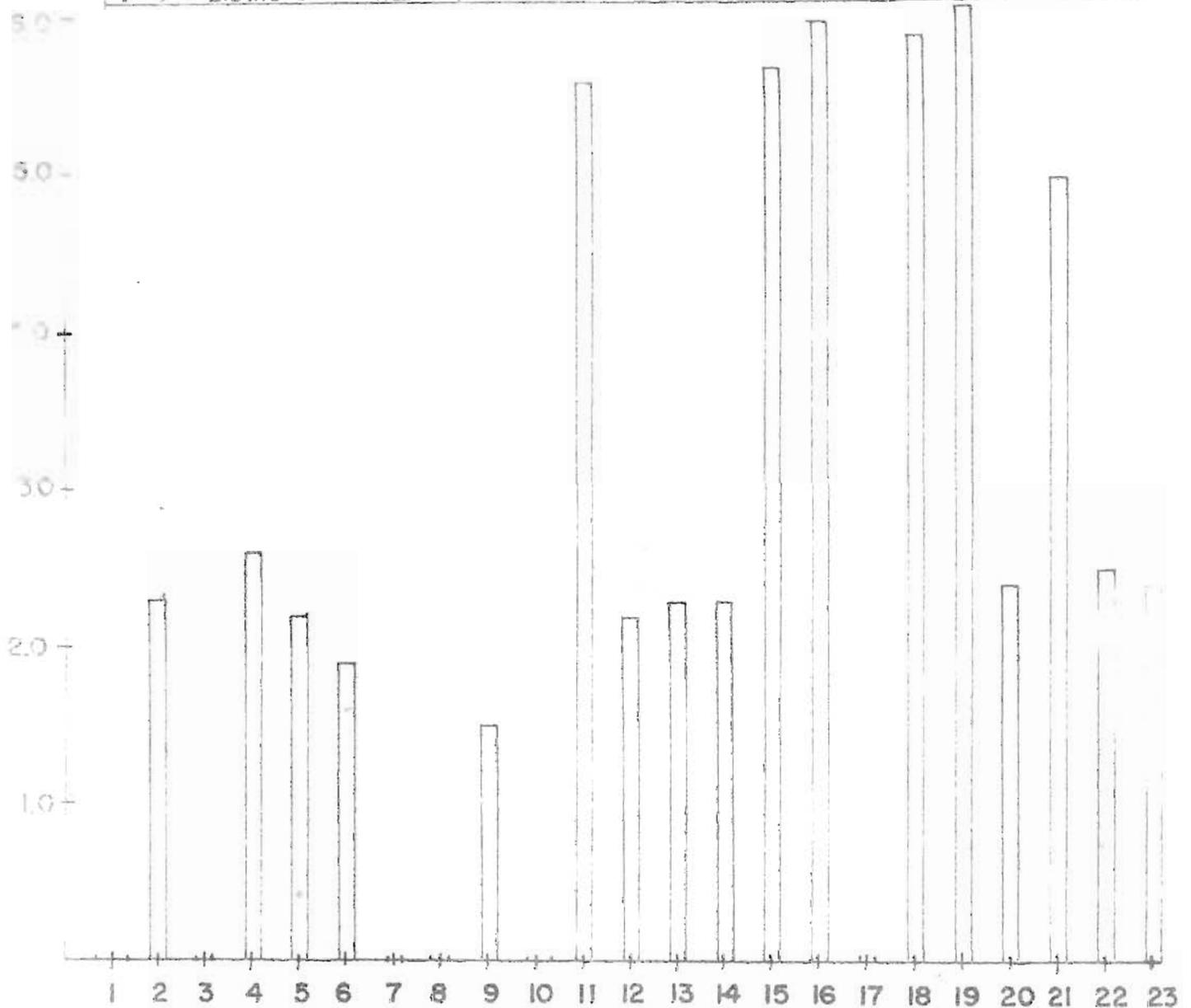


Gráfico #4, Representación del Recuento Total de Bacterias (RTB)
para cada una de las muestras analizadas.

Rango establecido para el PH por
Consideraciones Ambientales y de
salud.
6.0 - 8.5.

100 T

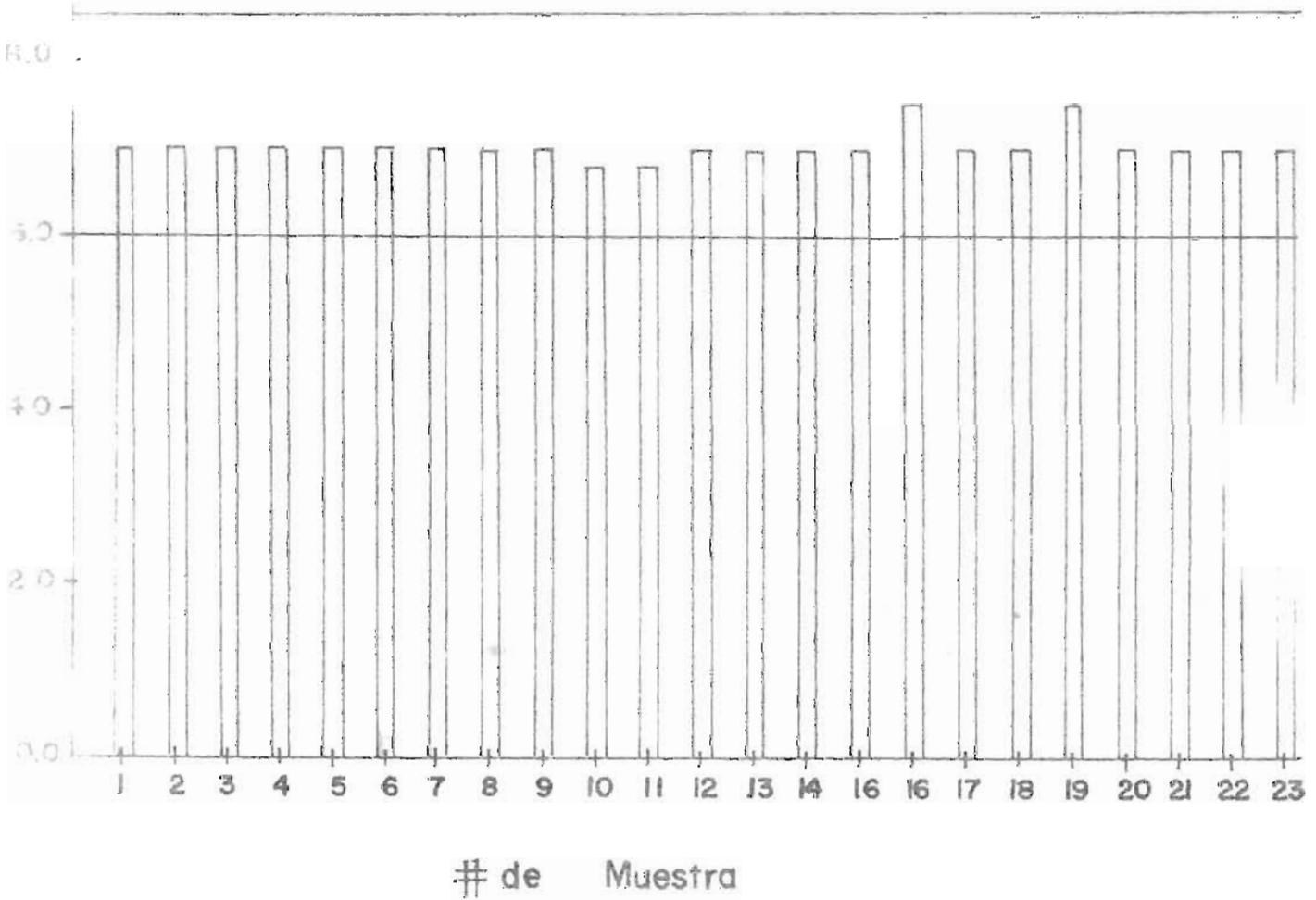


Gráfico # 5. PH de las muestras determinado por el potenciómetro comparadas con el límite establecido por Consideraciones Ambientales y de Salud.

Límite para el Cloro libre establecido por Consideraciones Ambientales y de Salud: 0.1 p.p.m.

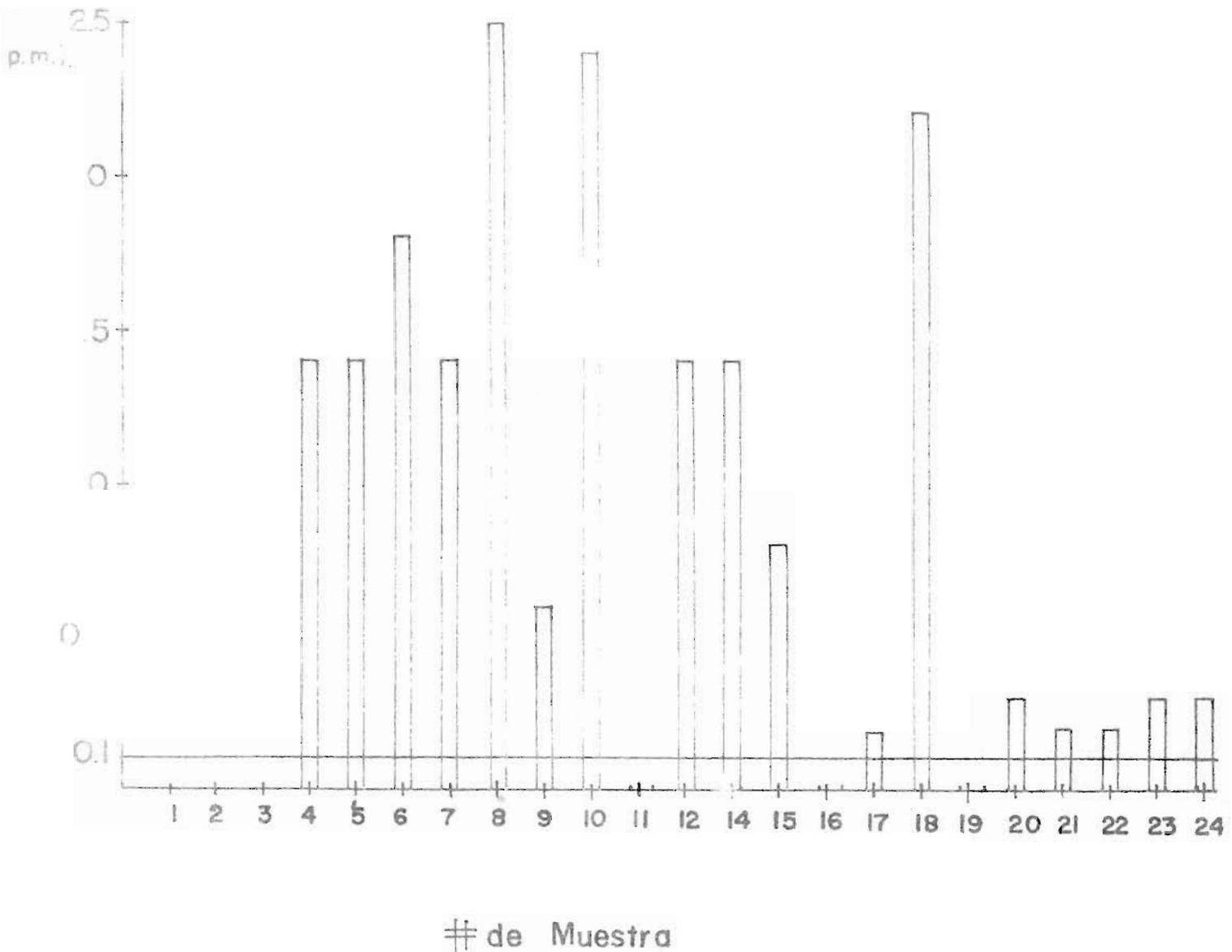


Gráfico #6. Cloro libre de las muestras, en p.p.m. determinado por Hach y comparada con el límite establecido por Consideraciones Ambientales y de Salud.

Límite para la concentración máxima de plomo establecida por la OMS: 0.1 p.p.m.

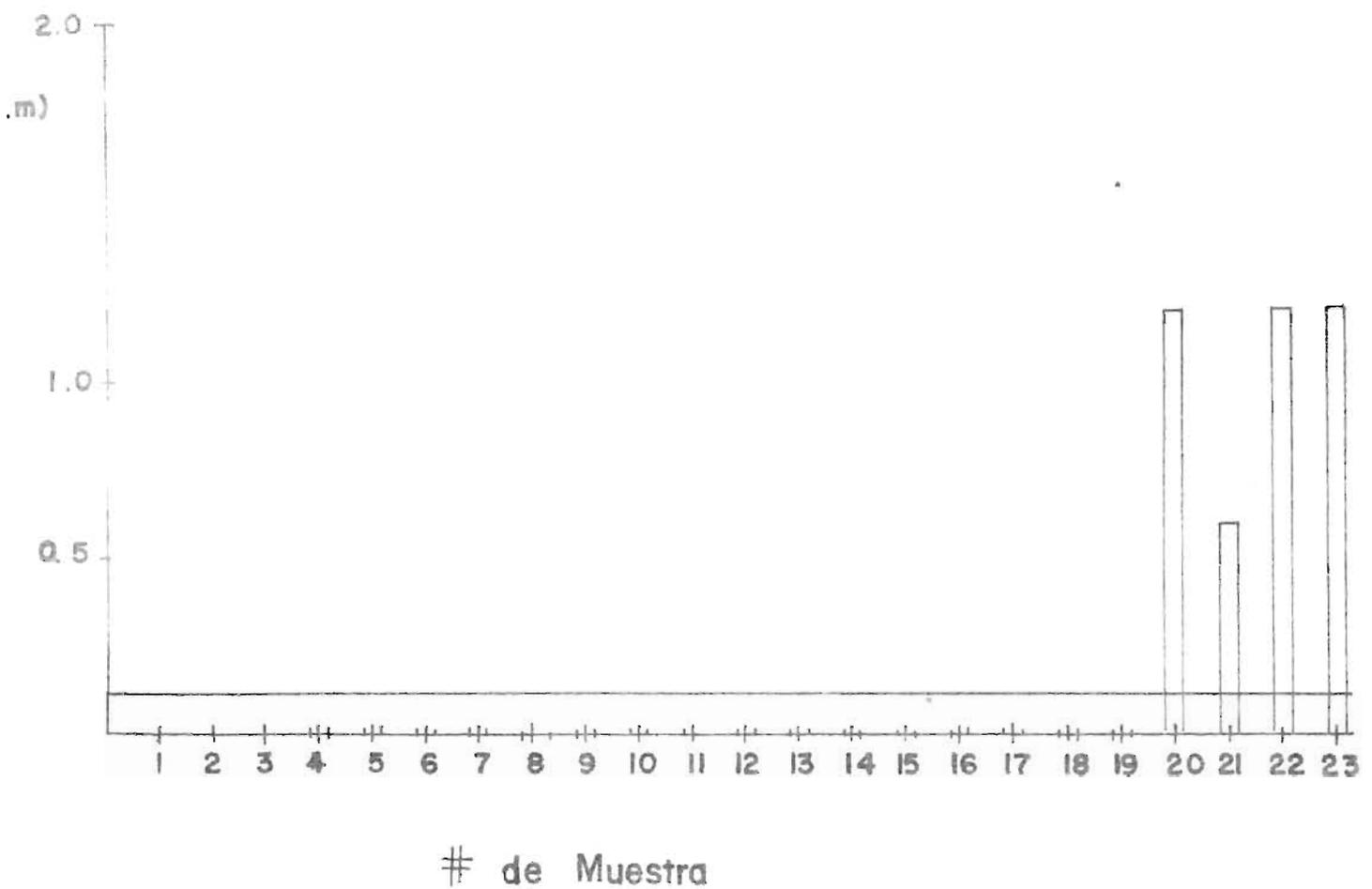


Gráfico # 7 Plomo de las muestras en p.p.m. determinado por el aparato de absorción atómica comparada con la concentración máxima tolerable establecida por la O.M.S.

Concentración Límite establecida para el Arsénico por la OMS 0.2 p.p.m.

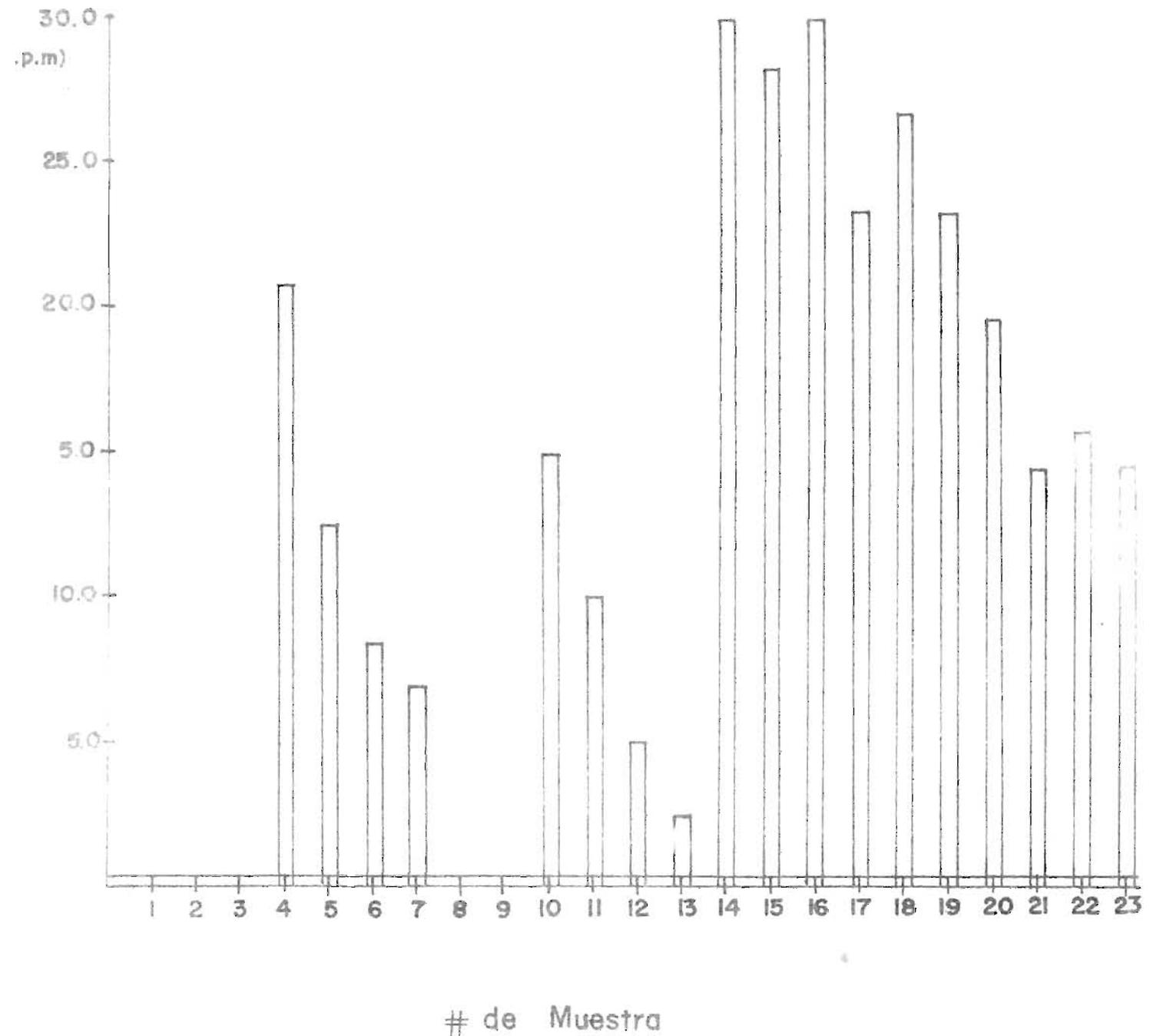


Gráfico 8. Arsénico de muestras en p.p.m. determinado por el aparato de absorción atómica y comparado con el límite establecido por la OMS.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido siempre que las deficiencias de las condiciones del medio a que da lugar la contaminación del agua y del suelo suscitan problemas de la salud de mayor importancia en todo el mundo (Informe Técnico de la OMS, No.541, 1974). Los actuales abastecimientos de agua de superficie en todo el mundo están tan intensamente contaminados con desechos del municipio e industriales que los riesgos para la salud que presenta el consumo de agua tomada de esas fuentes difiere muy poco de los que entraña el aprovechamiento directo de aguas residuales (Informe Técnico de la OMS, No. 517, 1973).

La clase de agua de consumo en nuestro país, aún en el área de San Salvador, procede de diferentes fuentes : aguas superficiales que proceden de ríos y lagos; aguas subterráneas de pozos perforados y agua envasada comercial; por lo que las muestras de agua analizadas se agruparon en cuatro clases :

<u>Clase de Agua</u>	<u>Número de muestra analizada</u>
1) Agua de chorro con tratamiento de cloro.	1,2,3,4,5,6,7,8,9 12, 13, 14, 17
2) Agua de pozo sin tratamiento de cloro.	11, 15, 18
3) Agua de chorro procedente de cisterna tratada con cloro.	20, 22, 23
4) Agua envasada comercial.	16, 19, 21

La clase de agua y el lugar de procedencia influyeron en los resultados obtenidos en los tres análisis realizados : microbiológico, físico-químico.

Con respecto a las características físicas hay límites admisibles establecidos por diversas asociaciones de salud pública de países desarrollados, pero casi todas coinciden con la OMS y Consideraciones Ambientales -- (1974), por lo que son los criterios de ambas organizaciones los que se han tomado en cuenta para comparar los resultados obtenidos para cada una de -- las características analizadas.

Para la turbidez el Servicio de Agua Potable de los Estados Unidos y la OMS establecen un límite de 5 unidades (FTU = medidas de unidades de turbidez basadas en una suspensión madre de formazina); en el cuadro 3 y gráfico No. 1 se puede ver que las muestras Nos. 11 y 18 procedentes del Polvorín sobrepasan en 5 y en 8 unidades respectivamente el límite establecido y la muestra No. 15 se encuentra en el límite exacto, esto es comprensible ya que si analizamos las condiciones del lugar de muestreo vemos que el pozo de donde se obtuvo la muestra está a poca distancia (3 metros) del río Acelhuate contaminado por aguas negras, fertilizantes, desechos domésticos e industriales; la muestra No. 19 excede en 3 unidades al límite y la muestra No. 21 está en el límite de 5 unidades, ambas muestras son de agua comercial y no se consideran satisfactorias con respecto a la turbidez, las muestras Nos. 20, 22 y 23, procedentes de la colonia Escalón tampoco son aceptables, ya que tienen 3 unidades más del límite establecido; las muestras de 4 a 10, 12 y 13 se consideran aceptables, ya que tienen un prome-

dio de 3 unidades de turbidez y las muestras No. 14 del caserío Casa de Piedra y la No. 16 de agua comercial envasada son completamente satisfactorias, ya que tienen cero unidades de turbidez, lo que indica que están libres de sólidos en suspensión.

Con respecto al color del agua hay varios criterios, entre ellos el de Consideraciones Ambientales (Banco Mundial, 1974), que dan 75 unidades de color como criterio admisible para el color en las aguas utilizadas para el abastecimiento público, pero como criterio deseable recomiendan un valor menor de 10 unidades. La OMS establece como criterio admisible 5 unidades y como concentración excesiva 50 unidades; la unidad estandar para medir el color es el del método platino-cobalto : Pt-Co, que es la unidad de color producida por 1 mg/l de platino en la forma del ión cloro platinado (APHA, AWWA, WPCF, 1971). En el cuadro 3 gráfico 2 se exponen los resultados obtenidos para cada muestra y se tomaron en cuenta para comparar los resultados de los criterios establecidos por la OMS. Para los muestreos realizados en la colonia Scandia, solo la muestra No. 4 sobrepasa en 5 unidades el criterio que se toma como base, la muestra No. 8 es completamente satisfactoria para el color porque tiene cero unidades y la muestra No. 12 es satisfactoria, ya que se le determinó menos de 5 unidades de color; los resultados obtenidos en el Reparto 14 de Julio se consideran satisfactorios, ya que los valores obtenidos en las tres muestras oscilan entre cero y 2 unidades de color (muestras Nos. 5, 7 y 13); los mismos resultados se obtuvieron para las muestras analizadas en la colonia Zacamil (muestras Nos. 6 y 9);

Los valores obtenidos en los tres muestreos realizados en el caserío; Casa de Piedra (muestras Nos. 10, 14 y 17), exceden entre 13 y 15 unidades el criterio admisible por lo que no se consideran satisfactorias con respecto al color; en el Polvorín los resultados son aún más variables debido a las características del lugar, la muestra No. 11 se excede en 15 unidades, la No. 15 en 5 unidades y la No. 18 sobrepasó en 5 unidades el límite considerado como excesivo (50 unidades), esto es explicable ya que el pozo de donde se obtuvieron las tres muestras están contaminadas por materia orgánica en suspensión, procedentes del río Acelhuate o sea que el agua del pozo procede de aguas superficiales, para el agua comercial envasada, los resultados obtenidos únicamente se considera satisfactorio el muestreo No. 16 en el que se determinó cero unidades, las muestras Nos. 19 y 21 se excedieron en 25 y 5 unidades de color respectivamente, los resultados no satisfactorios obtenidos tanto para el agua de ANDA como para el agua comercial envasada pueden deberse a defectos o imperfecciones en el tratamiento a que son sometidas, ya que para el agua de bebida el color debe ser eliminado casi completamente por el proceso de tratamiento (Catalan Lafuente, 1969); para la colonia Escalón los resultados son satisfactorios, ya que para la muestra No. 20 se determinó cero unidades de color y para las muestras Nos. 22 y 23, 2 y 4 unidades respectivamente, lo que concuerda con la aseveración de que las aguas de pozos profundos son incoloras en la mayoría de los casos (Catalan Lafuente, 1969).

En Consideraciones Ambientales (Banco Mundial, 1974), se establece que para los abastecimientos públicos de agua se recomienda que la temperatura no sea superior a los 85°F (30°C) y que no ocurran variaciones y aumentos mayores de 2°C; debe evitarse todo cambio de temperatura que produzca efectos en el sabor, olor o en la composición química del agua; en el cuadro 3 y gráfico No. 3 se observa que la muestra No. 2 procedente de la colonia Scandia sobrepasó en 2.5°C el límite establecido y la muestra No. 6 que corresponde a la colonia Zacamil está en el límite de los 30°C por lo que ambas muestras no cumplen con este requisito necesario para el agua potable; con respecto a las demás muestras todas están bajo los límites, pero aún así hay valores bastante altos que en su mayoría corresponden a los muestreos realizados en las colonias Zacamil, Scandia y Reparto 14 de Julio que están ubicados en la misma zona.

Para las características del color y sabor del agua, tanto Consideraciones Ambientales (Banco Mundial, 1974), como la OMS toman como criterio aceptable para el agua de consumo humano que no sean objetables - (que tengan color y sabor agradables : inodoros o insípidas). Solamente para El Polvorín el olor se determinó como objetable y el sabor se determinó debido a la evidente contaminación del lugar de muestreo, para el resto de las muestras se determinó que el olor y el sabor eran objetables.

Con respecto al análisis bacteriológico en el cuadro 4 se puede --- observar que únicamente resultaron positivos durante las pruebas de tubos múltiples de fermentación, las muestras Nos. 11, 15 y 18 procedentes de - El Polvorín.

La prueba presuntiva solo nos proporciona la suposición de la presencia de coliformes, porque hay otras bacterias además de estas que tienen la capacidad de producir gas a partir de la lactosa, como ejemplo se cita a : Clostridium perfringes y Bacillus polimixa; pero para obtener resulta dos mas confiables en este trabajo se usó caldo de LSB (medio modificado de caldo y lactosa), porque contiene como agente inhibitorio lauri^l sulfa to sódico (Gebhart, 1974). La prueba confirmada tuvo como propósi to separar las pruebas de presunción causadas por coliformes, de las produci das por otras bacterias, se usó caldo de BGBB que no es específico para - Escherichia coli, ya que tambien pueden dar resultados positivos, otras 21 tern bacterias como Aerobacter aerogenes y variedades intermedias de ori gen fecal o vegetal; tambien se usó caldo de EC que si proporciona resul tados positivos para coliformes fecales procedentes del hombre o de otros animales de sangre caliente - aves y mamíferos - y como prueba confirmada adicional se usó el medio de cultivo de EMB que permitió el desarrollo de colonias típicas y atípicas de coliformes fecales.

Ha sido comprobado que la técnica de EC medium posee un 96.3% de efi ciencia para determinar la presencia de coliformes de origen fecal (Gel dreich, 1965). Durante la prueba completa se comprobó la presencia de - coliformes por medio de la fermentación secundaria de tubos con caldo lac-

tosado y por la presencia de bacterias gram negativas no esporógenas con lo que se terminó de excluir la posibilidad de que Clostridium perfringens y Bacillus polimixa hubieron producidos resultados positivos falsos durante la prueba presuntiva, ya que estos dos microorganismos son gram positivos y forman esporas.

La diferenciación de microorganismos del grupo coliformes se realizó mediante las cuatro pruebas metabólicas de IMVIC, pudiendo observarse en el cuadro 4 que en la mayoría de casos los microorganismos son de Escherichia coli y sus variedades intermedias : E. freundii, E. cloacae, E. intermedia de origen fecal; para las muestras 15- 1.0- 2, 15- 1.0- 3, 15-1.0 -4 y 15- 0.1- 2, se indentificó Aerobacter aerogenes, pero como se determinó a partir de EC se puede asegurar que en estos casos es de origen fecal. Con la muestra 15-1-4 procedente de BGBB tambien se identificó A. aerogenes pudiendo afirmarse que tambien es de origen fecal, ya que dió los mismos resultados que en EC; las muestras 18- 0.1- 1 y 18- 0.1- 5 dieron resultados cuyas combinaciones no se encuentran identificadas. Los resultados obtenidos en las tres muestras de agua positivas para coliformes procedían de los pozos situados en los margenes del río Acelhuate por lo que era de esperarse un elevado índice de contaminación, ya que la elaboración de estos pozos no reúnen el mínimo de condiciones necesarias para la construcción de un pozo : están a una distancia de 3 metros del río y está establecido que un pozo debe fabricarse a una distancia de por lo menos 100 metros, desde la vivienda en donde esten los servicios sanitarios o el lugar donde

este ubicado el foso séptico hasta el terreno escogido para hacer el pozo (Carpenter, 1969), en este caso se debió tomar esa precaución, ya que el río está contaminado porque en él vierten directamente las aguas negras - por medio de tuberías y las personas residentes en ese lugar carecen de servicios sanitarios, además los pozos son superficiales solo tienen 50 cms., de profundidad lo que justifica aún más la contaminación a que están sometidos y tampoco están tratados con cloro, lo que convierte estas aguas en muy peligrosas para la salud de sus consumidores, porque las excretas humanas son la fuente principal de organismos patógenos transmitidos por el agua (Informe Técnico de la OMS, No. 517, 1973), este sector de la población está más expuesto a ser afectados por enfermedades entéricas: diarreas, disentería, gastroenteritis e infecciones de las vías urinarias que según Burrows, 1969, sean probablemente las más frecuentemente invadidas, ya que la mayor parte de casos de cistitis se deben a coliformes; ciertos tipos serológicos de Escherichia coli actúan como agentes infecciosos exclusivos para niños, ya que solo se han demostrado en el caso de diarreas infantiles (Araujo de Pérez, 1971). En América Central y del Sur la enteritis y otras enfermedades diarreicas son la principal causa de defunción sobre todo en la edad infantil (Informe Técnico de la OMS No. 541, - 1974).

Con respecto al análisis cuantitativo el Ministerio Británico de Sanidad sugiere las siguientes normas, basadas en el recuento de Colibacilos (NMP), determinado por medio de resultados positivos obtenidos en el agua del sistema de distribución. Las aguas las dividen en clases según --

las siguientes bases : (Gebhart, 1972), Clase I : agua considerada como al tamente satisfactoria que contiene menos de un coliforme por 100 mls., de la muestra; Clase II : agua considerada satisfactoria contiene de 1-2 coli formes por 100 mls., de la muestra; Clase III : agua considerada sospechosa contiene de 3-10 coliformes por 100 mls., de la muestra; Clase IV : agua no satisfactoria con más de 10 coliformes por 100 mls., de la muestra.

Basándose en esa clasificación se puede ver en el cuadro 4. que solo - las muestras Nos. 11, 15 y 18 resultarían con un NMP muy elevado lo que las ubica como aguas de clase IV, no satisfactorias para el consumo humano, es tos resultados reafirman el elevado índice de contaminación fecal de esas aguas. En cuanto al resto de muestras se ubican en la Clase II por lo que son aguas satisfactorias con menos de 2 coliformes por 100 mls.; pero con respecto al RTB por 1 ml., cuadro 4 y gráfico No. 4 y solamente de las muestras No. 4 y 7 (Reperto 14 de Julio), No. 3 (colonia Zacamil), No. 8 (colonia Scandia) y Nos. 10 y 17 (caserío Casa de Piedra), se obtuvieron resultados negativos, ya que no se les determinó la presencia de bacterias en general; para las muestras de agua procedentes de El Polvorín Nos. 11, 15 y 18 se encontró además de la contaminación por bacterias coliformes, un elevado índice de contaminación por otros tipos de bacterias. En las muestras de agua comercial envasada Nos. 16, 19 y 21 es donde se de terminó un mayor número de bacterias, entre ellas Pseudomona aureoginosa que produce infecciones en las vías urinarias y en las heridas; la conta minación de esta clase de agua probablemente ocurre durante el proceso de envasado o por la repetida utilización de los envases para expenderla ---

(Pasquelot, 1975), también podría ocurrir contaminación durante el filtrado a través de carbono a que es sometido el agua antes del envasado.

Durante el análisis micológico, únicamente se obtuvieron resultados negativos para tres muestreos No. 3 (colonia Scandia), No. 11 (El Polvorín), No. 17 (Caserío Casa de Piedra), en el resto de muestreos se determinó el crecimiento de hongos en el medio de cultivo, ver cuadro 5, lo que viene a comprobar aún más la contaminación a que esta sujeta el agua "junto con los riesgos de contaminación biológica y el exceso de elementos químicos que pueden producirse naturalmente en ciertas aguas el hombre afronta peligros crecientes ocasionados por la descarga de desechos químicos" (Informe Técnico de la OMS No. 541, 1974), con respecto al análisis químico pueden verse los resultados obtenidos en el cuadro 6. El pH interviene en el control de los procesos de tratamiento del agua y el criterio admisible que se ha tomado como base es de 6.0 - 8.5 (Consideraciones Ambientales, 1974) en el gráfico No. 5 se puede ver que solo a las muestras Nos. 16 (agua comercial envasada) y 18 (El Polvorín) se les determinó un pH de 7.5 y el resto de muestras tienen un promedio de pH : 7 por lo que con respecto a esta característica todas las muestras analizadas se consideran aceptables. λ

Para la desinfección del agua el cloro es el elemento más corrientemente utilizado y a desempeñado un papel fundamental en la prevención de enfermedades transmisibles por el agua, el estado de cloro que más usa es el ácido hipocloroso (HOCl) o "cloro libre" (Informe Técnico de la OMS, No. 517, 1973).

La demanda de cloro de cualquier agua varía con la cantidad de cloro que se le aplique (esto es debido a que muchas veces se hace un uso irracional del cloro, agregándolo en grandes cantidades sin hacer un estudio previo del agua a tratar, por lo que puede suceder que los microorganismos puedan irse adaptando a esas condiciones), por la temperatura y el pH. La cantidad mínima de cloro libre o residual que se considera de significación es de 0.1 p.p.m. al llegar desde la fuente de distribución a las casas (Consideraciones Ambientales, 1974 y Catalán Lafuente, 1969). En el cuadro 6 se exponen los resultados y en el gráfico No. 6 se comparan con la concentración de cloro libre que se considera de significación. En el gráfico se observa que las concentraciones más altas corresponden a la muestra No. 8 (colonia Scandia) con 2.5 p.p.m. y las muestras Nos. 10 y 17 correspondientes al caserío Casa de Piedra con 2.4 y 2.2 p.p.m. respectivamente, para el resto de muestreos las concentraciones oscilan entre 0.2 y 1.8 p.p.m. a excepción de las muestras Nos. 11, 15 y 18 que no reciben tratamiento de cloro que es otra de las razones por las cuales se les determinó gran cantidad de microorganismos.

La acción del cloro sobre el organismo humano es nula cuando se ingieren pequeñas cantidades (50 p.p.m.) pero la presencia de cloro libre en el agua de bebida y de uso humano en general puede producir sabor obje-
table a partir de un contenido del orden de 0.1-0.2 p.p.m. alterar el color y producir escozor en la piel y en los ojos (Catalán Lafuente, 1969).

Para el plomo consideraciones ambientales 1974, establece un criterio admisible de 0.05 p.p.m. y un criterio deseable de cero, la OMS establece como concentración máxima tolerable 0.1 p.p.m.; alrededor del 10% del plomo presente en los alimentos y en el agua puede absorberse. Factores alimentarios tales como el contenido de calcio, ácido fítico y proteínas pueden influir en la absorción del plomo ingerido. Los niños pueden considerarse un grupo muy indefenso ante la exposición al plomo. La considerable incorporación de calorías característica de los niños hace que con relación al peso del organismo un niño absorba más plomo que un adulto sometido al mismo régimen alimentario (Informe Técnico de la OMS No. 505, 1972). En el cuadro 6 se puede observar los resultados obtenidos y en el gráfico No. 7 se comparan con la concentración máxima tolerable establecida por la OMS se puede ver que únicamente se encontró plomo en cuatro muestreos, el No. 21 correspondiente a agua envasada comercial que excede en 0.5 el límite establecido y en los muestreos Nos. 20, 22 y 23 correspondientes a la colonia Escalón en los cuales se encontró que la concentración de plomo es constante, sobrepasando en 1.1 el límite establecido por lo que estas aguas no se consideran aptas para el consumo humano por el considerable peligro que representan, ya que el plomo se acumula en el organismo pudiendo producir envenenamientos severos conocidos como "saturnismo" (Catalán Lafuente, 1969).

Con respecto a la presencia de arsénico en el agua potable hay varios criterios : Consideraciones Ambientales de Salud y de Ecología Humana, 1975, establece como criterio admisible una concentración de 0.05 p.p.m. y en

criterio deseable la falta absoluta de este elemento; para el servicio de agua potable de Salud Pública de los Estados Unidos, 0.05 p.p.m. es una concentración excesiva y establece que su presencia en el agua no debe exceder de 0.01 p.p.m., la OMS toma como concentración máxima tolerable la de 0.2 p.p.m. y como criterio deseable su ausencia total. En el cuadro 6 se pueden observar los resultados y en el gráfico No. 8 se comparan estos con el límite establecido por la OMS, en general se puede observar que con respecto a este elemento únicamente son aptas para el consumo humano las muestras No. 8 (colonia Scandia) y la No. 9 (colonia Zacamil), ya que se les determinó una concentración de cero p.p.m. para el resto de las muestras las concentraciones de arsénico encontradas son muy elevadas por lo que todas se consideran peligrosas para el consumo humano, si tomamos en cuenta que todos los compuestos solubles del arsénico son venenosos pudiendo adquirir los organismos que lo consumen cierta tolerancia al mismo, el arsénico es muy raro encontrarlo en aguas superficiales o subterráneas teniendo origen natural, cuando existe es debido a contaminación por desechos industriales, por explotación minera o tener su origen en la agricultura por el uso de pesticidas (Catalán Lafuente, 1969). Para San Salvador puede tomarse como posible fuente de contaminación los lugares donde toman el agua para distribuirla en el sistema público de agua potable como por ejemplo el Lago de Ilopango, que es de origen volcánico. En el gráfico se puede observar que se determinaron altas concentraciones de arsénico siendo las más altas las correspondientes a las muestras No. 4 (colonia Scandia), No. 10, 14 y 17 (Caserío Casa de Piedra) y las muestras

de agua envasada comercial Nos. 16, 19 y 21, lo mismo que para las muestras tomadas en la colonia Escalón Nos. 20, 22 y 23. Para las muestras procedentes de El Polvorín Nos. 11, 15 y 18 la contaminación procede siempre del río Acelhuate que además de estar contaminado por aguas negras y desechos orgánicos está contaminado por metales tóxicos como : Cadmio, Cobalt, Cromo, Niquel, Plomo y Cinc (Oliva y colaboradores, 1976), estos son algunos elementos analizados por lo que probablemente se encuentren otros y entre ellos el Arsénico, ya que se encontraron altas concentraciones de este elemento en las aguas de los pozos que están en los márgenes de este río. Como se puede ver en general el 90% de las muestras analizadas son rechazables por su alto contenido de arsénico. Una sola dosis de Arsénico puede requerir hasta 10 días para desaparecer completamente y ésta excreción lenta es en parte la base de sus efectos acumulativos por lo que la concentración en riñones, hígado y las paredes del intestino pueden acarrear serias consecuencias, entre las complicaciones mas alarmantes que se han reportado con respecto al consumo de agua o de alimentos contaminados con arsénico es que lo toman como agente carcinógeno, ya que para ciertas áreas de Inglaterra en donde la concentración de arsénico en el agua alcanza niveles de 12 p.p.m. ha sido reportada una alta incidencia de cáncer (Public Health Service Drinking Water Standads, 1967). Como se puede observar el cáncer es una de las principales causas de defunción que en los últimos años ha alcanzado una elevada tasa de mortalidad en nuestro país y en todo el mundo. Si comparamos los resultados de los

análisis microbiológicos, físicos y químicos de todas las muestras, comprendidos en los cuadros 3, 4, 5 y 6 podemos observar que en más de alguno de los análisis resultaron positivos, principalmente en el bacteriológico y químico por lo que se rechazan como aptas para el consumo humano según las normas establecidas por organizaciones mundiales de salud, ya que representan un grave peligro para la salud principalmente por la presencia de arsénico por lo que se hace necesario investigar un método efectivo para la eliminación de los elevados niveles de arsénico determinados, porque debemos tomar en cuenta que el agua es un recurso natural utilizado en procesos industriales alimenticios como : jugos, pan, jaleas, encurtidos, bebidas gaseosas, paletas, preparación de carnes, etc. por lo que se supone que dichos alimentos también están contaminados. Respecto al agua envasada comercial se sugiere que se investigue la fuente de contaminación bacteriológica y química ejerciendo un mejor y efectivo control sanitario del proceso a que es sometida.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos mediante la realización de este trabajo se puede concluir que el método empleado para identificación y estimación de bacterias del grupo coliformes, así como los usados para el análisis físico y químico proporcionan los datos necesarios sobre la contaminación y la calidad del agua en estudio.

Se comprobó que las aguas superficiales son potencialmente peligrosas como portadoras de microorganismos patógenos siempre que se pongan en contacto con el ser humano o sus viviendas (Escherichia coli, puede considerarse indicador de contaminación fecal reciente, siendo entre otros organismos como : Salmonella, Shigella, Ascaris, amibas, los organismos coliformes los causantes de enfermedades entéricas que están muy extendidas en los países en desarrollo teniendo elevados índices de mortalidad. Informe Técnico de la OMS, No. 541, 1974).

El agua de consumo humano procedente del sistema de distribución de agua potable (ANDA), lo mismo que el agua comercial envasada, está contaminada por bacterias de origen no fecal, como Pseudomonas, y por hongos; y contaminada químicamente por arsénico y en la mayoría de los casos muestreados se encontró una concentración de cloro libre bastante mayor que la deseable, de esto se deduce que la contaminación puede llegar a inutilizar las fuentes de agua para el consumo doméstico y otros usos.

El agua que consumen los habitantes de la zona marginal "El Polvorín" presenta un elevado índice de contaminación fecal y algunas de sus características físicas como : color y turbidez sobrepasan los límites estableci-

dos; de los contaminantes químicos analizados se determinó una elevada concentración de arsénico, la contaminación de esta agua procede del río Acelhuate en el cual se vierten aguas negras y otros desechos orgánicos e inorgánicos procedentes del área metropolitana de San Salvador y de otros lugares por donde pasa el río o sus afluentes : Ilohuapa, Cañas y otros.

La mayor incidencia de enfermedades entéricas se observa en personas que viven bajo condiciones insalubres y que consumen aguas contaminadas por microorganismos de origen fecal ocasionada por el mal sistema de eliminación de las aguas negras que contaminan los cuerpos de agua o porque carecen de servicios sanitarios y desconocen las normas para la elaboración de fosas sépticas y de pozos por lo que el asentamiento de colonias marginales en la periferia urbana se puede constituir en una amenaza para la salud de la colectividad urbana.

Las muestras en las cuales se determinó una turbidez y color mayor que los límites establecidos en su mayoría coinciden en que tienen un RTB elevado o sea que tienen una gran cantidad de bacterias en suspensión, encontrándose además para las muestras de El Polvorín una gran cantidad de microorganismos coliformes determinados por el NMP, pudiendo observarse para estas muestras que en un 100% los microorganismos identificados son de origen fecal.

Como consecuencia del uso de aguas contaminadas por bacterias coliformes se encuentra una elevada incidencia de enfermedades gastrointestinales, algunas veces crónicas, y que ocasionan mayor índice de mortalidad sobre todo en

la edad infantil pudiendo también observarse con mucha frecuencia infecciones de las vías urinarias ocasionadas por Escherichia coli.

La contaminación de agua envasada comercial por microorganismos no fecales probablemente ocurra en alguna de las etapas durante el proceso a que es sometida o por la repetida utilización de los envases.

Para el agua distribuida por ANDA se encontró que con respecto a las características físicas la mayoría de muestras están dentro de los límites aceptables ya establecidas.

En un 90% de las muestras analizadas se determinó la presencia de arsénico encontrándose en la mayoría de casos en concentraciones demasiado elevadas, se ha comprobado que el arsénico es bastante difícil eliminarlo del cuerpo pudiendo acumularse en muchos órganos y tejidos sobre todo en los riñones, hígado y paredes intestinales, observándose además que es un potente inhibidor de enzimas intracelulares involucrados en la oxidación celular y en investigaciones más recientes lo reportan como agente cancerígeno lo que hace más temible por ser un peligro potencial para la salud pudiendo convertirse en uno de los principales factores de muerte en nuestra población, si no se buscan otras fuentes de abastecimiento de agua o se trata de eliminar los contaminantes presentes.

En general se puede concluir que ninguna de las muestras analizadas reúnen los requisitos necesarios para ser consideradas como aguas potables, ya que están contaminadas principalmente por elementos químicos y algunas por bacterias.

RECOMENDACIONES

- La elevada incidencia de enfermedades entéricas podría reducirse mediante la instalación de sistemas adecuados de abastecimientos de agua y de depuración de las aguas residuales.
- Que a los habitantes de las zonas marginales se les den las facilidades para la construcción de servicios sanitarios y que se les provea de agua potable para contrarrestar la gran incidencia de enfermedades que se da en ese sector.
- Que se realicen análisis microbiológicos, físicos y químicos de las fuentes de abastecimiento de agua para que no distribuyan agua contaminada.
- Que el Ministerio de Salud ejerza un control mas efectivo y evite la distribución del agua de fuentes contaminadas porque son un peligro potencial para la salud de los salvadoreños.
- Que el Ministerio de Salud haga difundir las recomendaciones establecidas para la construcción de pozos y fosas sépticas.
- Que los organismos correspondientes busquen otras fuentes de abastecimiento de agua o se investiguen los medios mas efectivos para la eliminación de contaminantes químicos en este caso específico, el arsénico.
- Dadas las actuales circunstancias de escasez de fuentes de agua potable, se recomienda la utilización de aguas servidas (aguas residuales, tratadas mediante métodos ya establecidos y usados en países desarrollados).

- Que la empresa distribuidora de agua envasada comercial efectue un mejor control sanitario y químico durante el proceso a que es sometida, para que no expenda agua contaminada, tanto microbiológica como químicamente.
- La presencia de plomo en el 20% de las muestras analizadas (colonia Escalón), probablemente se deba al sistema de cañería por lo que se sugiere que dicho sistema sea revisado para evitar posibles intoxicaciones por la presencia de ese metal.
- Nuestro país afronta el grave problema de la escasez de agua causada por: mala planificación, deforestación, urbanización, etc., por lo que se hace necesario que el gobierno central por medio de los organismos responsables del abastecimiento de agua adopten las medidas pertinentes para solucionar este problema y ejercer un control mas efectivo para evitar que los pocos abastecimientos que aún quedan sean contaminados por diferentes medios.

BIBLIOGRAFIA

- 1) APHA, AMNA, WPCF. Estandar para el examen de aguas y aguas de desecho. Editorial Interamericana. Undécima Edición, México, D.F. 1964 p. 483-496.
- 2) _____ . Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 13th. Edition. Washington, D.C. 1971. p. 121, 206-204, 222-223, 660-676, 765.
- 3) Araujo de Perez, C. Escherichia coli. Enteropatógena en Diarreas de Niños. Revista Latinoamericana de Microbiología Editorial Asociación Mexicana de Microbiología, México, D.F. Vol. 2, p. 104-106. 1971.
- 4) Bolaños, J.E. Espectroscopía de Absorción Atómica. Química Revista del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias y Humanidades de la Universidad de El Salvador. Año I. No. 2. p. 15-20. 1976.
- 5) _____ . Comunicación personal. Facultad de Química y Farmacia. 1978.
- 6) Burrows, W. Tratado de Microbiología. Editorial Interamericana. Décimo Novena Edición. México, D.F. 1969. p. 311-317, 474-480.
- 7) Carpenter, P.L. Tratado de Microbiología. Editorial Interamericana. Segunda Edición. México, D. F. 1969. p. 311-317.
- 8) Castillo, G. y A.M. Cordano. Enterobacteriaceae en una corriente fluvial. Revista Latinoamericana de Microbiología. México, D.F. Vol. 17, p. 213-219. 1975.

- 9) Catalán Lafuente, J.G. Química del agua. Editorial Blume. 1a. Edición. Madrid, España. 1969. p. 71, 73, 80-81, 189-199, 264-265.
- 10) Comité de Expertos de la OMS. Aprovechamiento de Efluentes : Métodos y Medidas de Protección Sanitaria en el Tratamiento de Aguas Servidas. OMS. Serie de Informes Técnicos No. 517. Ginebra. p. 6, 27-29, 36. 1973.
- 11) Comité de Expertos de la OMS. Servicios Públicos de Evacuación de Aguas Residuales. OMS. Serie de Informes Técnicos No. 541. Ginebra. p. 7-13. 1974.
- 12) Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Evaluación de Diversos Aditivos Alimentarios y de los Contaminantes : Mercurio, Plomo y Cadmio. OMS. Serie de Informes Técnicos, No. 505. Ginebra. 1972. p. 21-22.
- 13) Consejo Nacional Para la Enseñanza de la Biología, A.C. y Biological -- Sciences Curriculum Study. Biología Interacción de Experimentos e Ideas, México, D. F. 1974.
- 14) Consideraciones Ambientales de Salud y de Ecología en Proyectos de Desarrollo Económico. Banco Mundial. Washington, D.C. 1974. p. 110-124.
- 15) Davis, B. et al. Microbiology. A Harper International Edition. 2o. Reimpresión. 1970. p. 769.
- 16) Facultad de Medicina. Manual de Microbiología Médica, Departamento de Microbiología, Facultad de Medicina, Universidad de El Salvador. 1967.

- 17) Ferrero, J. Depuración Biológica de las Aguas. Editorial Alhambra. 1a. Edición. España. p. 3-8.
- 18) Gallagher, T. P., D.F. Spino. The significance of numbers of coliform Bacteria as an indicator of enteric Pathogens. Water research, per gamon press. Vol. 2. Great Britain. 1968. p. 169-175.
- 19) Ghazarian, K.B. y colaboradores. comunicación personal, Facultad de Ciencias y Humanidades. 1977.
- 20) Gebhardt, L. P. Microbiología. Edit. Interamericana. 4a. Edición, México, D. F. 1972. p. 142-148.
- 21) Hach Chemical Company. Methods manual hach direct reading engineer's laboratory. Model DR-EL/e. IOWA, U.S.A.
- 22) Harrow, B. y A. Mazur. Bioquímica Básica. Editorial Interamericana. Novena edición. México, D.F. 1967. p.
- 23) Ochoa, C. R. Niveles de contaminación en los principales ríos de El Salvador. División de Saneamiento Ambiental, Dirección General de Salud, San Salvador, El Salvador. 1975. p. 1-17.
- 24) Oliva, R. V., C.M. Corletto y W.A. Boyle. Evaluación de la Contaminación por metales tóxicos en aguas superficiales de la cuenca hidrográfrica del río Acelhuate y zona metropolitana de San Salvador. Seminario de Graduación, Univ. de El Salvador. Fac. de Ing. y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. 1976. p. 3-12.
- 25) Pasquelot, M. La tierra intoxicada, traducción de la primera versión -- francesa. Edit. Plaza y Janes S. A. España. Traducción de Rosa María Bassols. 1975. p. 53-56, 74-87.

- 26) Pelczar, M.J. y R. D. Reid. Microbiología. Ediciones Castilla. 2a. Edición. España. 1966. p. 505-510.
- 27) Seeley, H. y P. J. Vandermick. Manual de Laboratorio para Microbiología. Edit. Blume. 1a. Edición, España. 1973.
- 28) Skook, D.A. y D.M. West. Análisis Instrumental. Edit. Interamericana. 1a. Edición. México, D. F. 1975. p. 127-132.
- 29) Smith, D. T. N.F. Conant y H.P. Willett. Microbiología de Zinsser. UTEHA. 4a. Edic. México, D. F. 1971 p.
- 30) U.S. Department of Health Education and Welfare Public Health Service. Public Health Service Drinking Water Standards. 1967. p. 1, 3, 6, 21-22, 25-26.