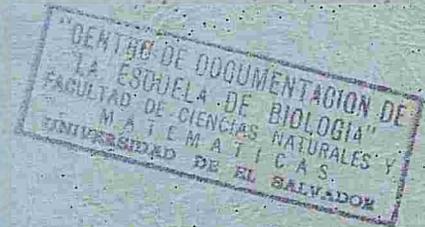


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA
ESCUELA DE BIOLOGIA



**"ANALISIS BACTERIOLOGICO Y FISICO - QUIMICO
DE AGUA DE CONSUMO DEL MUNICIPIO DE
SAN MIGUEL, EL SALVADOR"**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

ANA MERCEDES ESPINAL

Tesis para Optar el Título de:

LICENCIADA EN BIOLOGIA

OCTUBRE DE 1993

EL SALVADOR

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA
ESCUELA DE BIOLOGIA



**"ANALISIS BACTERIOLOGICO Y FISICO- QUIMICO
DE AGUA DE CONSUMO DEL MUNICIPIO DE
SAN MIGUEL, EL SALVADOR"**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

ANA MERCEDES ESPINAL

Tesis para Optar el Título de:

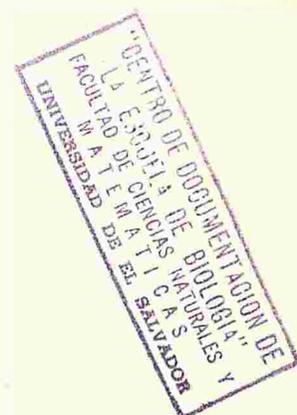
LICENCIADA EN BIOLOGIA

OCTUBRE DE 1993

SAN SALVADOR

EL SALVADOR,

CENTRO AMERICA



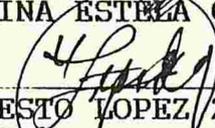
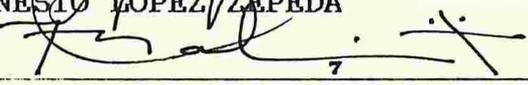
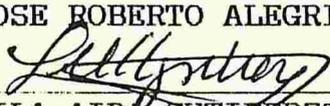
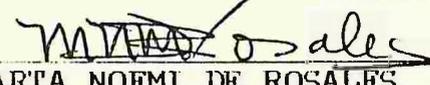
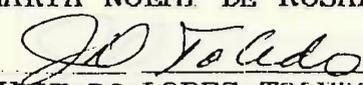
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMATICA
ESCUELA DE BIOLOGIA



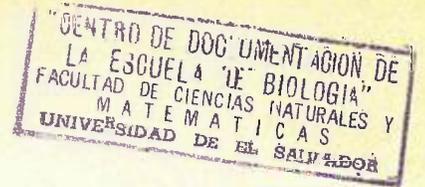
ANALISIS BACTERIOLOGICO Y FISICO-QUIMICO DE AGUA DE
CONSUMO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA
1993

ANA MERCEDES ESPINAL

DECANO	:	 MARINA ESTELA CONTRERAS DE TOBAR
DIRECTOR DE ESCUELA	:	 ERNESTO LOPEZ ZEPEDA
ASESOR	:	 JOSE ROBERTO ALEGRIA COTO
JURADO EXAMINADOR	:	 LILA AIDA GUTIERREZ AGREDA
	:	 MARTA NOEMI DE ROSALES
	:	 JUDIT DO LORES TOLEDO

II
DEDICATORIA



A mi esposo Miguel Adalberto: con amor y agradecimiento por su apoyo y comprensión

A mi hijita Rhita Melanie : con mucho amor como un estimulo en su vida.

A mi madre Blanca Nohemy : ejemplo de sacrificio, amor y comprensión.

A mi padre José Ricardo : con mucho cariño y agradecimiento por su sacrificio.

A mis hermanos Vladimir, Silvia, Ligia y Leslie.

A mis parientes, amigos y personas que me aprecian.



AGRADECIMIENTOS



A nuestro Padre Celestial : por brindarme entendimiento
y guiarme en todo momento.

A mi asesor,

Lic. José Roberto Alegria Coto: Por su tiempo, paciencia y
acertadas recomendaciones
en la realización de este
trabajo.

A los miembros del Jurado

Examinador : Licdas. Lila Aida
Gutiérrez, Marta Nohemy de
Rosales y Judith Toledo,
que con su dedicación,
observaciones y sugerencias
colaboraron a mejorar la
calidad de esta obra.

Al Ingeniero,

Héctor Regalado : por su ayuda en el manejo
de las determinaciones
físico-químicas.

Al doctor,

Manuel Martínez : por su colaboración en los
análisis químicos Pb y As.

UES BIBLIOTECA FAC.
C.C. N.N. Y MM
INVENTARIO: 19200330



TABLA DE CONTENIDOS

	No. Página.
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA.....	6
MATERIALES Y METODOS.....	27
Descripción de las áreas de estudio.....	27
Metodología de campo.....	27
Metodología de laboratorio.....	32
Análisis bacteriológico.....	32
1. Análisis Cualitativo.....	33
2. Análisis Cuantitativo.....	37
3. Análisis Físicos.....	39
4. Análisis Químicos.....	40
5. Análisis Estadístico.....	42
RESULTADOS.....	52
DISCUSION.....	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
LITERATURA CITADA.....	112



RESUMEN



La calidad sanitaria del agua de consumo humano fue estudiada en la zona urbana del municipio de San Miguel, durante los meses de marzo a junio de 1992; específicamente en las seis plantas de bombeo y distribución de agua potable de ANDA: Hirleman, El Jalacatal, La Paz, Belén, San Carlos y El Molino (Fig. 1 y 2 respectivamente).

Para la realización del presente trabajo, se hicieron análisis bacteriológicos (NMP y RTB), físicos (olor, sabor, color, turbidez y temperatura) y químicos (pH, cloro libre, plomo y arsénico); del agua del sistema de distribución de ANDA; muestreada a 10 y a 50 metros de cada planta de bombeo.

En los análisis bacteriológicos se empleó la técnica de "fermentación de tubos múltiples" y se determinaron el número más probable de coliformes (NMP) y el recuento total bacteriano (RTB).

También, durante el mes de mayo se hicieron muestreos en las zonas abastecidas por las 6 plantas de bombeo; tomando 5 muestras de agua de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico; que los habitantes de las áreas mencionadas utilizan para abastecerse de agua. A estas muestras, se le determinaron los mismos parámetros



bacteriológicos; sin embargo, en lo que se relaciona con los físicos-químicos, sólo se le determinaron, color, turbidez, temperatura, pH y cloro libre, (no se evaluó el olor, sabor, plomo ni arsenico).

Se evaluaron aspectos sanitarios empleando la metodología de la observación directa, se aplicó una encuesta a 24 familias de cada sector abastecido por cada planta de bombeo. Se detectó que la forma de manipuleo del agua de consumo es deficiente; lo cual se comprobó al comparar los resultados de los NMP y RTB obtenidos en el agua tomada directamente de la red de distribución de ANDA, con las muestras (de la misma red); almacenadas en los recipientes domésticos. Se obtuvieron diferencias significativas (al emplear el ANAVA, a un nivel de significación del 5%), y resultó que el agua proporcionada por ANDA, no presentó contaminación por coliformes y por el contrario las muestras tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico sobrepasaron el valor límite exigido por la OMS (1972): de 2.2 coliformes/100 ml. Por otra parte, se observó que en el agua distribuida por ANDA, se detectaron niveles aceptables en las características físicas; sin embargo, se comprobó que los niveles de cloro libre sobrepasan el valor límite permisible (0.1 ppm); en varias de las muestras analizadas. En cuanto a los elementos plomo y arsénico se determinó que se encuentran dentro de los valores límite permisibles, (0.1 y 0.2 ppm, respectivamente).



Los resultados del presente trabajo, concuerdan con lo establecido por Mc Junkin (1986) y la OMS (1985); quienes exponen que en los países subdesarrollados principalmente, las enfermedades son producto de la ignorancia, la desnutrición, y de un saneamiento ambiental deficiente; particularmente de inadecuados sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y deficientes métodos sanitarios de manipuleo y almacenamiento doméstico de la misma.

VIII
LISTA DE TABLAS



Tabla No.		No. Página
1	Nombre y ubicación de las plantas de bombeo.....	48
2.	Detalles Generales de los Muestreos de agua Tomados Directamente de la Red de Distribución de ANDA, a 10 metros de la planta de Bombeo.....	49
3.	Resultados de la prueba presuntivas, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano (TIB) de las muestras tomadas de la red de distribución de ANDA, a 10 metros de la planta de bombeo.....	59
4.	RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS: Olor, sabor, color aparente (Pt-Co), Turbidez (JTU), Temperatura ambiente (°C), Temperatura del agua (°C) de las muestras tomadas directamente de la red de distribución de ANDA, a 10 metros de la planta de bombeo.....	60



Tabla No.	No. Página	
5.	RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS: Olor, sabor, color aparente (Pt-Co), Turbidez (JTU), Temperatura ambiente (°C), Temperatura del agua (°C) de las muestras tomadas directamente de la red de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo.....	61
6.	RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS: pH, Cloro Libre, Plomo y Arsénico, de las muestras de agua tomadas directamente de los grifos domiciliars del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo.....	62
7.	Resultados de las pruebas presuntivas, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano de las muestras tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico.....	63
8.	Resultados de las análisis bacteriológicos: prueba confirmada y prueba completa.....	65



Tabla No.

No. Página

9.	Resultados de las pruebas diferenciales de las muestras de aguas de pozos y de recipientes de almacenamiento doméstico de los sectores abastecidos por las diferentes plantas de bombeo del ANDA.....	66
10	porcentajes de coliformes totales encontrados en las muestras de agua analizadas.....	67
11	Porcentajes y origen de las bacterias identificadas en las muestras de agua procedentes de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico.....	68
12	Resultado de los análisis: temperatura, color aparente, turbidez y cloro libre de las muestras de agua tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico.....	69
13	Porcentaje de las fuentes de obtención de agua de consumo en las zonas abastecidas por cada planta de bombeo.....	70
14	Porcentajes de la media sanitaria: almacenamiento del agua (procedentes de la red del ANDA) de consumo de los recipientes domésticos.....	71

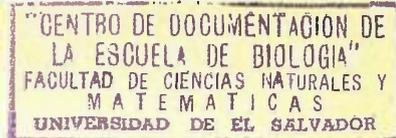


Tabla No.

No. Página

15	Porcentaje del tiempo de almacenamiento del agua de los recipientes domésticos.....	72
16	Porcentaje de medida sanitaria: limpieza del recipiente de almacenamiento doméstico del agua procedente de la red de distribución de ANDA.	73
17	Porcentaje del hábito de hervir el agua de consumo.....	74
18	Porcentaje del hábito de lavarse las manos después de defecar.....	75
19	Porcentaje de los casos diarréicos detectados a través de la encuesta en las áreas abastecidas por ANDA.....	76
20	Resumen de los resultados obtenidos al aplicar el estadístico ANAVA a los diferentes medidas higiénicas estudiadas.....	77
21	Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson aplicado a las muestras de agua proveniente de los pozos domésticos.....	78

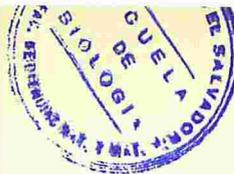


Tabla No.

No. Página

22	Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para las muestras de agua provenientes de los recipientes de almacenamiento doméstico.....	79
----	--	----

XIII
LISTA DE FIGURAS

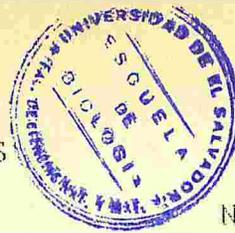


Figura No.		No. Página
1.	Departamento de San Miguel.....	50
2.	Mapa de la ubicación general de las seis plantas de bombeo (1-6), en la zona urbana del Municipio de San Miguel.....	51
3.	Color aparente, determinado por el aparato de Hachen unidades de Pt-Co, de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo; y su comparación con el valor límite: 5 unidades (Pt-Co), establecido por la OMS, (1972).....	80
4.	Turbidez determinada por el aparato de Hach, en unidades de JTU, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 5JTU, establecido por la OMS.....	81



- 5. Temperatura de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo, comparadas con el valor límite establecido por la OMS, (1972) 30°C..... 82

- 6. Color aparente, determinada por el aparato de Hach, en unidades de Pt-Co de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo y su comparación con el valor límite establecido por la OMS, (1972); 5 unidades Pt-Co..... 83

- 7. Turbidez determinada por el aparato de Hach, en unidades de JTU, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible establecido por la OMS, (1972); 5 JTU..... 84



Figura No.

No. Página

8. Temperatura en grados centígrados, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible establecido por el Banco Mundial, (1974); 30°C..... 85
9. Potencial de hidrógeno (pH), determinado por el medidor de pH (pH meter) de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el rango límite establecido por el Banco Mundial, (1974): 6-8.5 86
10. Concentración de cloro libre, determinado por el aparato de Hach, en p.p.m. de las muestras de agua, tomadas del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS. (1972)..... 87
11. Concentración del elemento plomo, determinado por el aparato de absorción atómica, en p.p.m. de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el límite permisible: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS, (1972)..... 88



Figura No.

No. Página

12. Concentración del elemento arsénico, determinado por el aparato de absorción atómica en p.p.m., de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 0.2 p.p.m., establecido por la OMS, (1972)..... 89
13. Representación gráfica de los logaritmos de (Log NMP) de las muestras de agua procedentes de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico de las áreas abastecidas por las diferentes plantas de bombeo..... 90
14. Temperatura determinada en °C, de las muestras de agua procedentes de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico, y su comparación con el valor límite: 30 °C establecido por la OMS, (1972)..... 91
15. Color aparente determinada por el aparato de Hach, en unidades de Pt-Co, de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento domésticos, comparado con el valor límite permisible: 5 unidades Pt-Co, establecido por la OMS, (1972)..... 92



Figura No.

No. Página

- 16. Turbidez, determinada por el aparato de Hach, en unidades de FTU, de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico, comparada con el valor limite permisible: 5JTU, establecido por la OMS, (1972)..... 93

- 17. Concentración de cloro libre, determinado por el aparato de Hachen p.p.m., de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico y su comparación con el valor limite: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS, (1972)..... 94

INTRODUCCION



El agua superficial y subterránea, provee al hombre del agua dulce, que es la que mayormente utiliza para el consumo doméstico. El agua subterránea, de la cual se abastece el municipio de San Miguel, proviene de la captación de aguas lluvias entre el volcán "Chaparrastique" y el cerro "El Pacayal", y llega a la capa freática debajo de la superficie terrestre del valle formando los mantos acuíferos sobre los cuales son construidos los pozos (Pérez 1991; comunicación personal).¹

De estos mantos de agua subterránea, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), provee de agua de consumo a los habitantes de la zona urbana del mencionado municipio, para lo cual, cuenta con 6 plantas de bombeo y 18 pozos (3 pozos en cada planta de bombeo), que convergen a una red de cañerías de distribución de agua potable. Sin embargo, en el municipio de San Miguel ANDA, no cuenta con la infraestructura adecuada que exige una población urbana, cada vez en aumento, que demanda mayor eficiencia en la distribución de agua potable. Lo que concuerda con lo expuesto por la OMS² (1985), que afirma

¹ Ing. Alexandro Valmore Pérez, 1991. Docente del Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

² OMS: Organización Mundial de la Salud.



que las aglomeraciones urbanas y el rápido crecimiento demográfico impone grandes demandas a los servicios urbanos de todo tipo, y la llegada masiva de nuevos habitantes impone una pesada carga a la infraestructura existente en cuanto a sistemas de distribución de agua y alcantarillado se refiere.

Según la OMS (1985), en los asentamientos poblacionales de bajos recursos, específicamente en países latinoamericanos, los abastecimientos de agua potable, funcionan solo algunas horas del día y a menudo no cumplen los requerimientos sanitarios mínimos en las zonas densamente pobladas. Este fenómeno se observa en el municipio de San Miguel; en el cual el agua se ha convertido en un artículo de lujo, tal es el caso de la urbanización "Ciudad Real" (que era abastecida de agua por la planta de bombeo "La Paz") en la cual existen sistemas de cañerías de ANDA, pero no llega agua a los grifos domésticos y ante esta necesidad algunos de los habitantes (de cierta capacidad económica) han optado por perforar pozos en sus casas, otros optan por romper la cañería (en las partes más bajas del suelo para extraer el agua que por gravedad llega a esa zona de la red), o esperar a los camiones pipa repartidores de agua de ANDA, para obtener y almacenar el vital líquido en recipientes domésticos, para abastecerse hasta la siguiente adquisición.



Por otra parte, a medida que crece la población también aumenta la cantidad de desechos vertidos a los rios, los que a través de su infiltración pueden contaminar las aguas subterráneas que se extraen para el consumo doméstico (Mc. Junkin, 1986). Este problema se acrecienta debido a que las aguas de desecho al contaminar el manto acuífero hacen aún más difícil su potabilización.

Las sustancias que contaminan el agua, pueden ser de origen biológico y/o químico. Estas pueden presentarse en estado coloidal, en suspensión o en solución y ser de proveniencia doméstica, industrial o agrícola (Repetto & Morán, 1989).

FAO³ (1976), afirma que las enfermedades transmitidas por el agua de consumo, pueden categorizarse en: originadas por microorganismos y las producidas por sustancias tóxicas inanimadas.

La presencia de coliformes en el agua constituye una indicación de posible contaminación biológica debido a excretas. por lo que la presencia de la bacteria, Escherichia coli en los suministros de aguas comprueba contaminación fecal reciente, pues su habitat normal es el

³ FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.



intestino del hombre y animales de sangre caliente (Contreras, 1978).

El agua adecuada para el consumo humano contiene ciertas concentraciones de elementos químicos, que son necesarios en los sistemas biológicos; sin embargo, al aumento o disminución dichas concentraciones se vuelven dañinas a los organismos provocando alteraciones patológicas, tal es el caso de la variable química potencial de hidrógeno (pH) y la concentración de cloro libre; pero en el caso de elementos como el plomo y el arsénico es preferible su ausencia total en las aguas de consumo humano, por provocar enfermedades graves como el "saturnismo" y el "cáncer" respectivamente (OPS⁴, 1985).

El desequilibrio ecológico no es un problema nuevo; sin embargo, en los últimos años el problema del medio ambiente se ha agravado en El Salvador, principalmente por los conflictos políticos, económicos, y sociales que nuestro país ha afrontado en los últimos doce años; y como consecuencia de todo ello, la salud pública se encuentra aún más deteriorada que en épocas anteriores; por lo cual se hace necesario evaluar y dar a conocer el estado actual de la calidad del agua de consumo doméstico, por ser uno de los elementos básicos que afectan la salud humana.

⁴ OPS: Organización Panamericana de la Salud.



En este trabajo se pretende determinar si el agua de consumo distribuida por ANDA en las zona urbana del municipio de San Miguel, es adecuada para el consumo humano mediante los análisis bacteriológicos y físico-químico a través de la comparación con los valores limites permisibles para los parámetros estudiados tales como: el número más probable de coliformes (NMP), recuento total bacteriano (RTB), características organolépticas (olor, sabor, color, turbidez y temperatura), así como de las variables pH, concentración de cloro libre, plomo y arsénico; tomando muestras de agua, directamente de la red de distribución de ANDA; y como estudio complementario, evaluar la calidad del agua de consumo doméstico tomando muestras de agua de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico (empleando los mismos parámetros) y comparar los resultados entre si. También se pretende evaluar algunas medidas sanitarias de manipuleo del agua que pueden alterar la calidad de la misma y contaminarla con sustancias biológicas y/o químicas.

REVISION DE LITERATURA



La mayoría de los habitantes de los países del tercer mundo, carecen de un acceso razonable al agua potable, por lo que se ha de utilizar para beber o para otros fines; agua de superficies o subterráneas no tratadas, con el agravante que la rápida expansión demográfica provoca una demanda mayor de agua, al tiempo que se acelera la producción de desechos y aguas residuales (Helmer, 1975; Mc. Junkin, 1986; Barraza & Vásquez, 1988).

El crecimiento de las ciudades en El Salvador se ha caracterizado por un proceso de urbanización desordenado, en el que los servicios públicos no compensan la demanda de los habitantes (De Amorín, 1985). Los problemas que plantea la urbanización se derivan de la rapidez con que aumenta el número de habitantes en zonas que generalmente no están preparadas para ese brusco aumento (OMS, 1985).

En los países subdesarrollados la ignorancia, la desnutrición, inadecuados sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y deficientes métodos sanitario-ambientales de manipuleo y almacenamiento del agua de consumo son la causa principal de la incidencia de enfermedades en la población (OMS, 1965; Mc. Junkin, 1986).

Se considera agua potable, aquella que está libre de



contaminación bacteriana, parásitos patógenos y que poseen el contenido de sustancias químicas que la hacen adecuada para la bebida, así como para los usos domésticos y agroindustriales (Cañas, 1984a). Sin embargo la calidad del agua puede alterarse por la presencia de contaminantes de origen agrícola, de origen industrial o de origen doméstico; dependiendo del tipo de producción por lo que resulta compendioso hacer un listado completo (Repetto & Morán, 1989). La contaminación agrícola es causada en primer lugar por los pesticidas minerales a base de Mercurio, Cobre y Arsénico, y los pesticidas orgánicos, organoclorados y organofosforados. Estos químicos son en su mayoría de elevada toxicidad y particularmente los primeros por no ser biodegradables, se pueden encontrar en el agua que contaminan (Mc. Junkin, 1986). El segundo problema está relacionado con abonos químicos a base de nitratos y fosfatos en cantidades mayores a las que pueden ser retenidas por el suelo o absorbidas por las plantas.

Las aguas de origen domésticos son una mezcla de sustancias orgánicas y minerales no disueltos en solución acuosa. Esta puede contaminar el agua destinada al consumo humano, transmitir su carga microbiológica y causar enfermedades en quien la ingiera (Repetto & Morán, 1989). El resultado de ésta contaminación es un gran número y diversidad de microorganismos patológicos responsables en su conjunto de una de las tres principales causas de muerte



en el país como son las diarreas (que ocupan el segundo lugar, después de la desnutrición y le siguen las enfermedades respiratorias), que atacan principalmente a los niños menores de cinco años (MSPAS⁵, 1986).

Las enfermedades transmitidas por el agua de consumo pueden categorizarse en aquellas originadas por microorganismos y las producidas por sustancias tóxicas inanimadas, suspendidas o disueltas en el agua (FAO, 1976). La transmisión donde va de por medio la relación agua-excreta, puede ser de varias formas, siendo las predominantes las de tipo fecal - oral, donde los agentes causales llegan al agua proveniente de excretas humanas y finalmente ingresan al cuerpo a través de la boca (Mc. Junkin, 1986).

El área de recarga de agua de los mantos acuíferos que abastecen a la ciudad de San Miguel, está ubicada entre el volcán "Chaparrastique" y el cerro "El Pacayal"; que son sitios eminentemente agrícolas con siembras de "café". (*Coffea arabica* L); "kenaf" (*Hibiscus cannabinus* L) y "maguey" (*Agave fourcroides* L); en las partes altas (Sánchez, 1982); cultivos que requieren gran cantidad de insumos químicos, por lo que se presume que pueden infiltrarse y contaminar los mantos acuíferos.

⁵ MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.



Contreras, (1978), determinó que el agua distribuida en San Salvador por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), a través de cañerías carecía de contaminación biológica. Sin embargo, no era adecuada al consumo doméstico debido a las altas concentraciones de elementos químicos como Cloro, Plomo y Arsénico.

Barraza & Vásquez (1988), detectaron que en las zonas marginales del municipio de Soyapango en San Salvador el promedio de contaminación del agua desde la fuente de abastecimiento hasta el almacenamiento de esta era inadecuado. En este trabajo evaluaron aspectos sanitarios como: manipuleo del agua, material del recipiente, tiempo de almacenamiento del agua, material del piso de las viviendas encuestadas, métodos de eliminación de aguas servidas y excretas.

La contaminación del agua puede además ocurrir en diversos puntos del sistema de abastecimiento, entre ellos las zonas de las corrientes, los canales, los pozos y los manantiales, así como en las instalaciones de depuración, y en las redes de distribución o durante el transporte al lugar de consumo.

Martínez (1973, citado por Alegría, 1978), indicó en su estudio epidemiológico de disentería bacilar, que la



forma de transmisión dominante durante la epidemia "Shigellosis", que se dio en El Salvador, durante los años 1969 - 1971, tuvo que haber sido el abastecimiento de agua.

En la ciudad de San Miguel; especialmente en casos estudiados en el Hospital San Juan de Dios, de la Región Oriental, se encontró que el índice de mortalidad infantil (menores de 5 años), es relativamente alto; pues de cada 100 niños que fallecen, 28 mueren por diarreas de diferente origen y se cree que la causa principal está relacionada con el agua que ingieren o con condiciones de saneamiento deficiente (Yanes, 1990).

En Mayo de 1991, El Salvador comienza a ser azotado por "el cólera", causado por la bacteria Vibrio cholerae. epidemia que hasta enero de 1993, a cobrado, 8081 víctimas. (de las cuales se han registrado 45 defunciones) y en la que también el agua tiene un papel importante como factor de expansión de la enfermedad (OPS, 1993).

De acuerdo a la OMS (1985), las enfermedades entéricas son la principal causa de muerte e incapacidad en las zonas ocupadas por más de dos tercios de la población mundial. Probablemente teniendo al agua como el principal vehículo de diseminación de los agentes causales de estas enfermedades, por lo que es necesario conocer el estado de las mismas. 21



Para evaluar la calidad sanitaria del agua de consumo se usan como indicadores los organismos coliformes; cuya presencia en el agua es prueba de que se encuentra contaminada con material fecal de personas y/o animales de sangre caliente. Esta clase de contaminación significa que existe la factibilidad de que varios organismos patógenos que se encuentran en el tracto intestinal puedan llegar al agua (Pelczar et al., 1982).

El mismo autor expone que el estudio bacteriológico del agua se puede realizar empleando diferentes técnicas. Las más usadas son la de filtros de membrana y la de tubos de fermentación múltiple; sin embargo, ésta última técnica es la más adecuada debido a que se puede observar la producción de gas en los tubos de fermentación.

Los coliformes totales son definidos como bacterias gram-negativas, que fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído, dentro de 24-48 horas a 35-37°C, son citocromo oxidasa negativa y no esporulado (APHA^e, 1963; 1975).

Las bacterias coliformes fecales son un subgrupo de las bacterias coliformes totales, y tienen las mismas propiedades, excepto, que toleran y crecen a una

^e APHA : American Public Health Association.

temperatura mayor; 44-44.5°C y producen indol a partir del triptófano (APHA, 1963; 1975).



El grupo de colibacilos comprende dos géneros y cuatro especies: Escherichia coli, E. freudii, Aerobacter aerogenes, A. cloacae (Cañas, 1984a). El valor límite permisible de coliformes en el agua de consumo doméstico es de 2.2 organismos por cada 100 ml. de agua OMS(1972; citado por Barraza & Vásquez, 1988). Según Sanchez (1982), de acuerdo al recuento presunto de colibacilos, las aguas se dividen en clases:

- CLASE I:** Considerada como altamente satisfactoria, contiene menos de un coliforme por 100 ml.
- CLASE II:** Considerada como satisfactoria; contiene 1 a 3 coliformes por 100 ml.
- CLASE III:** Considerada como sospechosa; contiene 3-10 coliformes por 100 ml.
- CLASE IV:** Considerada no satisfactoria, porque contiene más de 10 coliformes por 100 ml.

Los coliformes poseen la capacidad de formar colonias típicas con núcleos definidos, coloreados con o sin brillo metálico, y colonias atípicas, anucleadas, mucoides y



opacas; en medios de cultivo de Eosina azul de Metileno (Contreras, 1978). Este es un medio diferencial para la detección y aislamiento de bacterias gram-negativas (DIFCO⁷, 1984).

Existen además pruebas diferenciales para las bacterias coliformes, estas son: TSI (agar triple azúcar y Hierro), y la prueba IMVIC: Indol (I), Rojo de Metilo (M), Voges Proskauer (VI), Citrato (C).

Para realizar las pruebas diferenciales, se toman de las colonias formadas en el medio de EMB y se inoculan en tubos con agar de TSI, la presencia de coliformes se manifiesta por el cambio de color rojo del indicador a amarillo. Esto se debe a que los ácidos formados en el proceso de fermentación decoloran el indicador rojo de fenol (Ayala & Guevara, 1989).

El mecanismo de formación del Indol en un cultivo bacteriano, involucra la transformación de una molécula de Triptófano a una molécula de Indol, con la producción de un mol de amonio y un mol de ácido pirúvico. La extracción de Indol en la prueba se realiza con éter etílico o xilol: éste forma positiva la prueba (Ayala & Guevara, 1989)

⁷ DIFCO: Digestive Ferment Company



La prueba del rojo de metilo se emplea para determinar si la producción de ácidos a partir de los carbohidratos ha mantenido un pH de alrededor de 4.2 o menos. Se agregan gotitas del indicador rojo de metilo al cultivo y la aparición de un color rojo brillante indica la prueba positiva por la formación de ácidos. Por lo que se emplea la simple adición de un indicador ácido-base, para obtener una aproximación del pH final, existente en el medio de cultivo; la reacción negativa es de color anaranjado o amarillo (Ayala & Guevara, 1989).

La acetoína, como agente intermediario en el metabolismo de la glucosa produce piruvato de sodio y es indicado por la formación de un complejo coloreado, de acuerdo a ello, en la prueba de Voges Proskauer, la presencia de creatina intensifica el color cuando la prueba es positiva debido a la acetoína del metabolismo de la glucosa (Ayala & Guevara, 1989).

En la prueba del Citrato, éste compuesto se usa como única fuente de carbono, y la utilización del mismo por las bacterias da como resultado un pH alto que hace que cambie el color de un indicador verde a azul (Ayala & Guevara, 1989).

Para las características físicas del agua de consumo existen valores límites permisibles que han sido



establecidos por diversas asociaciones de salud pública de países desarrollados. El olor, el sabor, el color, la turbidez y la temperatura del agua, son características organolépticas que son útiles para determinar la calidad del agua de consumo, ya que son indicadores de contaminación, (APHA, 1963; 1975).

Las aguas de consumo deben estar exentas de olor, que puede ser impartido por compuestos orgánicos volátiles. También para los olores, una repentina variación en cantidades o calidad, son indicadores de contaminación biológica o industrial (Repetto & Morán, 1989).

El agua de buena calidad debe ser insabora. Un elevado contenido de sales de magnesio, le dan al agua, un sabor metálico, y en particular pueden indicar contaminación por parte de descargas industriales (Repetto & Morán, 1989).

Para las características de olor y sabor del agua, tanto el Banco Mundial (1974), como la OMS (1972), citado por Contreras (1978), toman como criterio aceptable para que el agua de consumo humano no sea de calidad objetable. el que tengan olor y sabor agradable, es decir; inodora e insípida.

El color del agua puede ser verdadero o aparente,

segun contenga sustancias disueltas o en suspensión. En las aguas poco profundas o superficiales puede haber coloración debido a contaminación de origen industrial o doméstico (Repetto & Morán 1989). Con respecto al color del agua la OMS (1972), establece como criterio admisible 5 unidades y como concentración excesiva 50 unidades; la unidad estándar para medir el color es el del método platino-cobalto, que es la unidad de color producida por 1mg/L de platino en la forma de ión cloro platinado (APHA, 1963; 1975), citado por Contreras (1978).

Varios estudios han demostrado que la presencia de partículas en el agua interfieren en la desinfección efectiva; por lo que la turbidez es un factor muy importante en la evaluación de la calidad del agua potable, principalmente; debido a la presencia de materiales suspendidos como arcilla, lodo, materia orgánica finamente dividida, microorganismos, etc. La misma turbidez en el agua potable puede indicar contaminación bacteriológica, viral o química (CEPIS^a, 1979). La OMS (1972, citado por Contreras, 1978), establece un limite de 5 unidades FTU o JTU basadas en una solución madre de formazina.

La temperatura del agua, es un parámetro muy importante debido a los efectos directos que tiene sobre

^a CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.





los cambios y reacciones químicas o biológicas, así como las propiedades de los cuerpos y la vida acuática (CIECA⁹, 1983). Las temperaturas altas afectan las reacciones que se realizan en el agua durante el tratamiento, especialmente la acción desinfectante del Cloro Catalán La Fuente. (1969, citado por Contreras, 1978).

Para los abastecimientos públicos de agua se recomienda que la temperatura no sea superior a los 30°C y que no ocurra variaciones y aumentos mayores de 2°C; debe evitarse todo cambio que produzca efectos en el olor y sabor o en la composición química del agua Banco Mundial, (1974; citado por Contreras 1978).

El agua pura es neutra, y el valor del potencial de Hidrógeno (pH) es igual a 7. Las aguas que se encuentran en la naturaleza tienen valores de pH variantes entre 5-8.5, siendo los valores ácidos típicos de agua con alto contenido de dióxido de carbono y/o de agua con ácidos húmicos, y los valores mayores de 7, son característicos de aguas con alto contenido de bicarbonatos (CEPIS, 1979).

El pH, aceptable para el agua potable fluctúa entre 6.5-8.5 (Repetto & Morán, 1989). El criterio que se ha tomado como base es sin embargo, de 6.0 - 8.5 Banco Mundial

⁹ CIECA: Centro de Investigación y Entrenamiento para el Control de la Calidad del Agua.



(1974, citado por Contreras 1978). Para ANDA, el rango aceptable es de 6.5-9.2, aduciendo que los valores básicos de pH no causan problemas de salud considerables. Este parámetro se puede medir cualitativamente a través del método colorimétrico; sin embargo, el más confiable es el método electrométrico porque proporciona un dato cuantitativo (APHA, 1963; 1975).

La desinfección del agua en los sistemas de abastecimiento, constituye la barrera más importante contra las bacterias y virus patógenos. El cloro es el principal desinfectante utilizado en la mayoría de países debido a que es muy efectivo en una u otra forma en que se encuentre. Sin embargo, el estado de cloro que más se usa es el ácido hipocloroso (HOCl) o "cloro libre" (OPS, 1935; 1987). La cloración del agua se puede efectuar utilizando cloro en estado gaseoso o en forma granulada como Hipoclorito de sodio (que es la que utiliza ANDA en sus seis plantas de bombeo de San Miguel). La cantidad de este compuesto que debe utilizarse es la necesaria para producir un residual de 100 - 200 mg/L. El Hipoclorito de sodio se disuelve en agua en un tanque clorinador que posee un pistón agitador; se colocan 10 libras del compuesto en un metro cúbico de agua y se homogeniza la mezcla; la que por medio de una manguera sale del clorinador y es inyectada en la cañería de agua (en forma continua), que sale del pozo hacia el sistema de distribución de agua potable (ANDA, 1987).



El valor límite de "cloro libre" o residual" en el agua de consumo es de 0.1 ppm. Si se aplican cantidades mayores de cloro al agua sin hacer un estudio previo de la demanda de este elemento, puede suceder que los organismos (como las bacterias) se adaptan a las altas concentraciones y les resulte inofensiva. Por otra parte, se sabe que la acción del cloro sobre el organismo humano es nula, cuando se ingiere en cantidades inferiores a 50 ppm., sin embargo, la presencia de cloro libre en el agua de bebida y de uso doméstico puede darle sabor objetable a partir de un contenido de 0.1 - 0.2 ppm., alterar el color y producir escozor en la piel y en los ojos, Catalán La Fuente (1969. Citado por Contreras, 1978), encanecimiento prematuro, es corrosivo en el sistema circulatorio y respiratorio, provoca cáncer pulmonar, es laxante en los niños, produce cálculos biliares y renales (Juárez , 1993¹⁰, Sánchez 1993¹¹, comunicación personal).

La medida cualitativa de cloro libre se puede hacer a través del uso de comparadores comerciales y el reactivo de difenil-parafenilen-dioamina (D.P.D.); o por medio del método de absorción atómica. (APHA, 1963, 1975; Christiam; 1981).

¹⁰ Licenciado. Mauricio Juárez, 1993. técnico Responsable del Departamento de Control Sanitario de ANDA. Región Oriental. (Comunicación Personal).

¹¹ Ingeniero. Rolando Sánchez, 1993. Laboratorista del Departamento de Tecnología de Química Agrícola y Tecnología de Alimentos: Centro de Tecnología Agrícola (CENTA). (comunicación Personal).



El plomo presente en el agua de consumo es calificado como veneno del sistema nervioso, afecta enzimas, lo que ocasiona la degeneración de la grasa del hígado y es potencialmente carcinogéno. Por otra parte, la acumulación excesiva de este elemento en el organismo humano produce envenenamiento severo conocido "saturnismo", que consiste en irritabilidad, insomnio, cólicos, anemia, problemas de crecimiento que se presentan principalmente en los niños. Alrededor del 10% del plomo presente en los alimentos y en el agua puede absorberse y los niños son considerados un grupo indefenso ante la exposición a este elemento debido a que la considerable incorporación de calorías características de los niños hace que con relación al peso del organismo estos absorban más plomo que un adulto sometido al mismo régimen alimentario. Sin embargo, el plomo en el agua constituye un alto riesgo de toxicidad para toda persona, no sólo para los niños y se calcula, que el 20% de la contaminación por plomo se debe al agua de consumo (OMS, 1972, Despertad, 1992).

El plomo es un metal omnipresente; su uso está muy difundido en la fabricación de pintura y como aditivo de la gasolina para mejorar el rendimiento de los motores; para la fabricación de balas y perdigones de plomo, incluso algunos biberones están hechos de cristal de plomo. Sin embargo, el problema de la intoxicación por plomo puede originarse en las tuberías de agua que van desde la cañería



principal al grifo domiciliario, principalmente si se trata de sistemas de cañerías antiguas que pueden ser de plomo o haberse soldado con plomo (Despertad. 1992).

La concentración máxima tolerable de plomo es de 0.1 p.p.m. OMS (1972; citado por Contreras, 1978). Sin embargo el Banco Mundial (1974), establece un valor admisible de plomo de 0.05 p.p.m., y un criterio deseable de cero.

La ditizona disuelta en cloroformo extrae completamente el plomo presente, al igual que la ditizona de soluciones ligeramente básicas que contengan nitrato. El plomo y la ditizona forman un complejo metálico de ditizonato de plomo, que es soluble en cloroformo impartiendo una coloración roja; la medición de la intensidad del color que se forma proporciona una estimación cualitativa del plomo presente. La determinación cuantitativa se realiza utilizando el método del aparato de absorción atómica; inyectando una porción de la muestra en un horno de grafito que contiene el equipo y es el método más confiable para la determinación de éste elemento (APHA, 1963, 1975).

El arsénico puede llegar a contaminar el agua de consumo, éste elemento puede provenir de descargas industriales o de emanaciones volcánicas, y su concentración en el agua no debe superar de 0.05 p.p.m., y



como criterio deseable su ausencia total, ya que ocasiona diarreas, es un veneno del corazón y de los vasos sanguíneos, puede atrofiar el nervio óptico, causar cáncer del hígado, riñones y de las paredes del intestino (Contreras, 1978). Actualmente se sabe que el cáncer ha alcanzado una elevada tasa de mortalidad en nuestro país y en todo el mundo, por lo que no hay que descartar la posible contaminación del agua de consumo con éste elemento. Sin embargo, es raro encontrarlo en aguas superficiales o subterráneas de origen natural; cuando existe se atribuye su presencia a la contaminación por desechos industriales, a la explotación minera o al uso de pesticidas en la agricultura.

Contreras (1978), encontró, que el agua de consumo distribuida por ANDA en el área de San Salvador se encontraba contaminada con arsénico tomando como fuente de contaminación el Lago de Ilopango; que es de origen volcánico y del cual se tomaba parte del agua distribuida en esa ciudad. De manera similar, se han encontrado trazas del elemento arsénico en el agua del municipio de San Jorge; situado a 19.5 Km. de la ciudad de San Miguel a 320 msnm, entre las coordenadas geográficas centrales $13^{\circ}25'00''$ LN y $88^{\circ}20'45''$ LWG (IGN¹², 1978). La presencia de este elemento en el agua del mencionado municipio se debe

¹² IGN: Instituto Geográfico Nacional Pablo Arnoldo Guzmán.

probablemente a emanaciones volcánicas; por lo que no hay que descartar la posible contaminación del agua de los pozos que abastecen el municipio de San Miguel. (Pérez 1991, op. cit.).



Huellas del elemento tóxico arsénico pueden determinarse cualitativamente a través del método del molibdeno azul, para la estimación clorométrica. Para la determinación cuantitativa se emplea el método del aparato de absorción atómica; inyectando parte de la muestra en el horno de grafito del equipo y registrando los resultados (APHA, 1963, 1975).

Para sacar conclusiones válidas estadísticamente el procedimiento recomendado de la frecuencia del muestreo de agua de consumo, depende de las condiciones locales, variando el mínimo de una por mes para una población de cinco millones de habitantes (Sánchez, 1973).

Como se presume que cada planta de bombeo abastece una área de menos de 5,000 habitantes, es conveniente tomar una muestra, mensual del agua de la red de distribución para el presente estudio. Sin embargo, se hace necesario muchas veces tomar dos muestras (o más, si se pueden solventar los costos económicos); una cerca de la planta de bombeo (a 10 metros aproximadamente), con el fin de comprobar la efectividad del tratamiento de purificación aplicado en la



planta de bombeo; y la otra muestra en el punto más alejado de la misma. Con el objeto de detectar si el agua no ha sido contaminada en el trayecto a través de las cañerías y garantizar la calidad sanitaria del agua que llega al consumidor.

En algunos casos, como en el sistema de cañerías que forman la red de distribución de agua del municipio de San Miguel, se puede tomar la muestra cercana (10 metros) de la planta de bombeo; sin embargo, no es conveniente hacerlo en el punto más alejado de la misma porque en la red de cañerías existen interconexiones entre las tuberías que llevan agua de diferentes plantas de bombeo, de manera que a una casa puede llegar el agua procedente de una o varias plantas de bombeo, lo cual no garantiza determinar de que planta procede el agua que estamos muestreando e incurrir en el error.

Las interconexiones ANDA las ha efectuado debido a que en algunos casos el caudal de agua que va de una planta de bombeo no es suficiente para abastecer determinada zona; entonces satisfacen la demanda bombeando agua procedente de varias otras plantas de bombeo.

Para evitar el error al muestrear y garantizar la procedencia de la muestra, en el presente estudio se tomará una muestra a 10 metros de la planta de bombeo y la otra a



50 metros de la misma, porque a esta distancia aun no se dan las interconexiones (Juárez, 1993; comunicación personal).

El desconocimiento de hábitos higiénicos adecuados de la población, deficientes métodos de almacenamiento de agua e inapropiados sistemas de abastecimiento de la misma afectan significativamente la calidad sanitaria del agua de consumo OMS (1965, citado por Barraza & Vásquez, 1988).

En la comunidad mexicana "Tierra & Libertad", González et al (1982), verificaron un alto índice de contaminación del agua de consumo causada por coliformes, mucho mayor en las muestras intradomiciliarias que en las obtenidas de la fuente comunal. Así mismo, Barraza & Vásquez (1988), detectaron en un estudio del agua de consumo de las comunidades del municipio de "Soyapango" en El Salvador; que las muestras de agua intradomiciliarias presentaban contaminación por bacterias coliformes, lo cual no fue detectado en las muestras provenientes de chorros públicos; y además determinaron que en todas las comunidades abastecidas por pozos todas las muestras resultaron contaminadas; situación que la mayoría de veces se atribuye al desconocimiento de hábitos higiénicos en el manipuleo del agua de consumo.

La evaluación de ciertos aspectos sanitarios y



ambientales como son: tratamiento del agua, protección
limpieza del recipiente, tiempo de almacenamiento del agua,
hábito de hervir el agua, hábito de lavarse las manos
después de defecar pueden analizarse por el método de la
observación directa y a través de una encuesta realizada
entre los habitantes de la zona en estudio (Barraza &
Vásquez, 1988).

A los resultados obtenidos se les aplica el método
estadístico: Análisis de la varianza (ANAVA), porque es
adecuado para una clasificación simple de datos obtenidos y
para determinar la diferencia en los grados de asociación
de los resultados de las variables establecidas en la
encuesta. También se aplica el Coeficiente de Correlación
de Pearson, para estimar el grado de asociación entre los
valores de NMP y RTB obtenidos en los análisis
bacteriológicos (Alegria, 1978; Reyes, 1980; Koosis, 1984;
Castaneda, 1991).

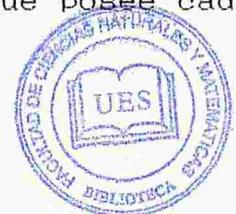
MATERIALES Y METODOS



DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

El municipio de San Miguel, cuenta con una población de 88,520 habitantes (Almanaque Mundial, 1991). Se encuentra ubicado a 132 Km., hacia el oeste de la ciudad de San Salvador, capital de la República; en un extenso y fértil valle al N.E. del volcán "Chaparrastique" a 110 msnm (IGN, 1978).

El trabajo se realizó en las seis plantas de distribución de agua de consumo doméstico de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), de la zona urbana del municipio de San Miguel, que se encuentra entre las coordenadas centrales $13^{\circ}28'50''$ LN y $88^{\circ}10'$ LWG; en el departamento del mismo nombre (Fig. 1, a y b). Estas seis plantas de bombeo (fig. 2) son: 1) Hirleman, 2) El Jalacatal, 3) La Paz, 4) Belén, 5) San Carlos y 6) El Molino. La ubicación exacta de estas así como el número y profundidad de los pozos que posee cada una, se detallan en la Tabla No. 1.



METODOLOGIA DE CAMPO

El estudio se realizó en el periodo comprendido entre los meses de marzo a Junio de 1992 y consistió en muestreos

de agua tomados directamente (de los grifos) de la red de distribución de ANDA, así como también del agua procedente de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico en las áreas abastecidas por las 6 plantas de bombeo. También se hizo una encuesta entre los habitantes de cada zona para evaluar aspectos sanitarios que influyen en la calidad del agua.

Los muestreos de los grifos domiciliarios se realizaron tomando dos muestras; a 10 y a 50 metros de distancia de la planta de bombeo, siguiendo el sentido oriente a partir de dicha planta.

La toma de las muestras almacenadas de los pozos y recipientes domésticos; se realizó en cinco de las casas que se ubicaron siguiendo la línea de cañerías de ANDA, y el sentido antes mencionado.

Los muestreos de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico se realizaron como un estudio complementario a los análisis de las muestras procedentes del sistema de ANDA. Para los análisis bacteriológicos y físico-químico, de los mismos, se realizó un solo muestreo efectuado en las fechas del 4-5-92 al 27-5-92.

Se tomaron dos muestras mensuales en cada planta de bombeo; una a 10 y la otra a 50 metros de la mismas. Además



se colectaron 5 muestras de pozos o recipientes domésticos (cántaros, barriles, etc.), de cada una de las zonas que abastece cada planta de bombeo. Se analizaron 48 muestras de la red de distribución y 30 muestras de pozos o recipientes domésticos, es decir 78 en el estudio completo; en las fechas que se detallan en el texto (Tabla No. 2).

Previo a los muestreos; se envolvieron en papel aluminio y se esterilizaron 7 frascos de vidrio transparentes (de boca ancha, tapón esmerilado, de 250 ml. de capacidad; atados con un cordel de cáñamo de 50 cm. de largo), conteniendo en su interior 0.1 ml. de solución de tiosulfato de sodio al 10%.

El muestreo directo de los grifos domiciliarios se hizo esterilizando con la llama de un encendedor; la boca de salida del agua, dejando correr el agua durante 2 minutos a un flujo constante y retirando el tapón del frasco colector, solo el tiempo necesario para colectar la muestra, evitando el contacto de los dedos con el tapón y con la boca del frasco tal como lo recomienda APHA (1963, 1975); Reppeto & Morán, (1989).

El muestreo de los recipientes de almacenamiento doméstico se hizo homogenizando, el agua del mismo con una varilla de vidrio de 50 cm. de largo. (previamente estéril), cogiendo el frasco colector por el cáñamo (atado



al cuello del frasco) y dejándolo caer (sin soltar el cordel) hasta unos 2/3 del nivel del agua (Juárez, op. cit.).

Para tomar las muestras de los pozos se usaron los mismos tipos de frascos (con cañamo en el cuello) estériles; y se ató el cañamo al lazo que tiene el pozo y se dejó caer el frasco colector hasta aproximadamente 1 metro, bajo el nivel del agua y luego se sacó y se le colocó el tapón respectivo (Juárez, op. cit.).

Se colectaron 200 ml. de agua (se dejó un vacío en el frasco de 50 ml. para facilitar la agitación de la muestra), se colocaron 50 ml en otro frasco (estéril de 100 ml. de capacidad) para utilizarlos en las determinaciones cuantitativas de: olor, sabor, temperatura del agua, potencial de hidrógeno y cloro libre.

Las muestras colectadas se colocaron inmediatamente en una hielera (para conservarlas sin alteraciones); para transportarlas al laboratorio de análisis.

Se anotó la hora del muestreo, y las características olor y sabor se determinaron por medio de cinco personas; quienes olfatearon y saborearon las muestras, registrando el olor como objetable (si se percibía olor); o no objetable (si no se percibía); el sabor se registró como



agradable; insípido o desagradable; tanto al tenerlo en la boca como el que pudiera dejar después de escupirla (APHA, 1963, 1975; Contreras, 1978; Reppeto & Morán, 1989).

La medición de la temperatura se hizo utilizando un termómetro BAYER 2010 GRADUADO DE 0-100°C \pm 1°C, y se hizo colocando un frasco de vidrio de boca ancha con capacidad para 100 ml, bajo el flujo de agua del grifo; únicamente el tiempo necesario para llenarlo, se colocó el termómetro dentro del frasco hasta 3/4 hacia abajo del nivel del agua (sin tocar el frasco con el termómetro), realizando 10 lecturas consecutivas de temperatura (por muestra); obteniendo luego la media aritmética de estas lecturas para obtener un valor único y representativo.

Para determinar el pH, en forma cualitativa, (en el lugar de muestreo); se utilizaron tiras reactivas (MERK), y una escala de color.

El análisis cualitativo de cloro libre, se hizo utilizando el reactivo de difenil-parafenilendioamina (D.P.D.); a través del método del comparador HACH-clorine D.P.D. metod (21988); el cual consiste en utilizar dos tubos comparadores y un disco con diferentes tonos de color cada uno de los cuales indica una concentración establecida; esta escala va de incolora-rosado-rojo intenso, en forma creciente, que indica la concentración de



0 - 3.5 p.p.m. de cloro libre. Para determinar este parámetro, se colocaron 5 ml. de muestra (blanco) en uno de los tubos; al otro se le colocó igual cantidad de agua y se le añadieron 5 gotas del reactivo D.P.D.; se esperó durante 5 minutos, o hasta que se registró coloración. Se colocó junto con el blanco en el panel del equipo que contiene el disco de comparación y se comparó con los tonos de cada concentración de cloro libre correspondiente.

METODOLOGIA DE LABORATORIO

Previa a la adquisición de las muestras y a la realización de los análisis biológicos, se lavó y esterilizó en el laboratorio todo el material a utilizar, incluyendo frascos de vidrio para muestreos, tubos de ensayo, matraces, probetas, pipetas, varillas de vidrio, medios de cultivo, etc. Para la esterilización se usó un autoclave (All American 716 L No. 25 X), a 121°C (15 libras de presión), por un tiempo de 15 minutos (APHA, 1963, 1975; Reppeto & Morán, 1989).

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Los análisis bacteriológicos de este trabajo fueron: análisis cualitativos que consistió en las pruebas presuntiva, confirmativa, completa y pruebas diferenciales



y el análisis cuantitativo para el cual se determinaron el número más probable de coliformes (NMP) y el recuento total bacteriano (RTB), y se realizaron en un laboratorio clínico¹³.

Se preparó una solución de tiosulfato de sodio al 10% y se esterilizó 0.1 ml. (en el frasco colector de muestras); el cual se agregó a la muestra para inactivar la acción bactericida del cloro que el agua pudiera contener.

1. Análisis Cualitativo.

Comprende las siguientes pruebas: presuntiva, confirmativa, completa y pruebas diferenciales que confirman la validez de los resultados obtenidos; estas pruebas fueron: TSI (agar Triple Azúcar y Hierro) e IMVIC, que comprende: Indol (I), Rojo de Metilo (M), Voges Proskauer (Vi), Citrato de Sodio (C).

1.1. Prueba Presuntiva

Se prepararon tres series de tres tubos de fermentación primaria conteniendo caldo lactosado doble (para obtener una concentración que favoreciera el crecimiento bacteriano), a la primera serie se le agregó 27 ml. de caldo lactosado. la segunda y tercera serie

¹³ Laboratorio Clínico "La Esperanza y la Fé", localizado en el Condominio Médico Migueleño. 7ª avenida Norte y octava Calle Poniente, San Miguel.



contenían respectivamente 7 ml DIFCO (1984, citado por Barraza & Vásquez 1988), dentro de cada uno de estos tubos se colocó previamente 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 10% y un tubo de fermentación (Durham) en posición invertida.

A la primera serie de tubos se le agregaron 10 ml. de la muestra a examinar, a la segunda serie 1 ml., y a la tercera 0.1 ml., después de efectuados los inóculos se colocaron todos los tubos en una incubadora (ELCO-NAP 1008), a la temperatura de $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, durante 48 ± 3 horas. La formación de gas dentro de los tubos de fermentación constituyó la prueba positiva (APHA 1963, 1975).

1.2. Prueba Confirmativa

Se eligieron cinco tubos de fermentación primaria de los que resultaron positivos, y a partir de cada uno de estos se inoculó por el método de estrias con un asa estéril una caja conteniendo como medio de cultivo agar Eosina Azul de Metileno (EMB), y se incubaron a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas en posición invertida (APHA 1963; 1975; DIFCO, 1984). Se tomó como resultado positivo la formación de colonias típicas y atípicas en el medio (Contreras. 1978).

Se inoculó además en cajas de Petri conteniendo EMB y se incubó a una temperatura de $44.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 ± 2 horas con el fin de efectuar la prueba para



coliformes fecales.

A partir de cada caja de Petri incubada se tomaron las colonias típicas y atípicas y se inoculó un tubo de fermentación secundario, conteniendo caldo lactosado de doble concentración, es decir, 26 gramos de medio de cultivo en 1000 ml. de agua destilada; a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ por 24 ± 2 horas. La formación de gas en el tubo de fermentación fue la clave para deducir la prueba positiva. A partir de los tubos que formaron gas se incubaron por el método de estriado; cajas de Petri conteniendo EMB a partir de las que se resembró en EMB (para obtener cultivos puros) y se incubaron a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 horas en posición invertida de la placa, tomando positiva la prueba por la formación de colonias típicas y atípicas (Barraza & Vázquez, 1988).

1.3. Pruebas Diferenciales.

1.3.1. Agar Triple Azúcar y Hierro (TSI)

A partir del cultivo de EMB, se inoculó un tubo conteniendo TSI. incubándolo a $35 \pm 0.55^\circ\text{C}$ por 24 ± 2 horas. Se inoculó por el método de estriado en la superficie y picadura hasta el fondo del medio de cultivo. La prueba positiva la constituyó el cambio de color del medio de rojo a amarillo y la producción de gas (DIFCO, 1984; Avala & Guevara, 1989).



1.3.2. Pruebas IMVIC

Para realizar estas pruebas se tomaron los cultivos en TSI y a partir de estos se hicieron los inóculos.

Pruebas de Indol (I).

Se inoculó un tubo conteniendo caldo de triptófano y se incubó a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas. Luego se le agregó 0.2 ml. de éter etílico, se agitó y se dejó reposar durante 5 minutos. Posteriormente, se le agregó 0.2 ml. de reactivo de Erlich. La positividad de la prueba se evidenció por la formación de un anillo rojo en la superficie del medio (APHA, 1963; 1975; DIFCO, 1984; Ayala & Guevara, 1989).

Prueba del Rojo de Metilo (M)

Se preparó un medio de cultivo de caldo de peptona; se colocaron 5 ml. de éste medio en un tubo y se inoculó incubando a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 3 horas, después de este período se agregaron 0.2 ml. de solución de rojo de metilo como indicador. La prueba positiva se evidenció por una coloración roja en el medio (APHA, 1963, 1975; Ayala & Guevara, 1989).

Prueba de Voges Proskauer (Vi)

Previo a la realización de ésta prueba, se prepararon dos soluciones: una solución de alfa-naftol al 5% y otra de hidróxido de potasio al 40 %. Se inoculó en un tubo



conteniendo 5 ml. de caldo de peptona y se incubó a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas, luego se le agregó 0.6 ml de solución de alfa - naftol y 0.2 ml. de solución de hidróxido de potasio. El cambio de color rojo o carmesí de la mezcla evidenció la prueba positiva (APHA, 1963; 1975; Barraza & Vásquez, 1988; Ayala & Guevara, 1989).

Prueba del Citrato de Sodio.

Empleando el método de estriado, se inoculó un tubo conteniendo Agar Citrato de Sodio y se inoculó a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 horas. La prueba positiva la constituyó el cambio de color del medio de verde a azul (DIFCO, 1984; Ayala & Guevara, 1989).

2. Análisis Cuantitativo

Lo constituyeron 2 pruebas principales que son: número más probable de coliformes (NMP) y el recuento total bacteriano (RTB).

2.1 Número más Probable de Coliformes (NMP)

Para calcular el NMP, se hizo a partir de los tubos de fermentación de la prueba presuntiva, utilizando combinaciones de resultados positivos en los tres grupos de diluciones (10ml, 1ml, y 0.1ml), estos resultados se utilizaron para buscar el NMP en una tabla de valores ya establecidos con límites de confianza del noventaicinco por ciento (APHA, 1963, 1975; Contreras, 1978).



2.2 Recuento Total Bacteriano (R T B).

Se rotularon cajas de Petri con el número de la muestra y con el número del factor de dilución: 10^1 , 10^0 , 10^{-1} (para 10 ml, 1 ml y 0.1 ml respectivamente).

Haciendo uso de una pipeta estéril de 1 ml. se pipetó 1 ml. de la muestra de agua a analizar, luego con una pipeta de 10 ml. se midieron 9ml. de buffer fosfato monobásico de potasio y ambos se colocaron en un tubo de ensayo mezclándolo y agitándolo para homogenizar la mezcla. Se prepararon dos cajas de Petri estériles y se colocó en la primera 1 ml. de la mezcla anterior (1:10) y en la segunda 0.1 ml. de la misma (1:100).

De igual manera se preparó otra mezcla con 0.1 ml. de muestra de agua y 9.9 ml. de buffer fosfato monobásico de potasio y se colocó en un tubo de ensayo. Se tomó 0.1 ml. de ésta solución (1:1000) y se colocó en dos cajas de Petri. A todas las cajas inoculadas se les agregó 15 ml. de agar para métodos estándar. Se mezcló el contenido de las cajas rotándolas sobre la superficie de la mesa de trabajo (Barraza & Vásquez, 1988).

Todos los cultivos se dejaron solidificar durante el tiempo necesario (15 - 25 minutos) y las cajas de Petri se incubaron en posición invertida a una temperatura de $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ por 48 ± 2 horas. Luego se eligieron las cajas que



contenían entre 30-300 colonias por mililitro de muestra y se multiplicó por el factor de dilución del medio de cultivo de cada placa.

3. Análisis Físicos

El tiempo transcurrido entre el momento y los análisis físicos, color y turbidez fue, 4-6 horas y se realizaron en el laboratorio del ambiente del MAG¹⁴.

3.1. Determinación del Color

Se determinó el color aparente (es decir sin filtrar ni centrifugar las muestras), mediante el método de platino cobalto, utilizando el aparato de HACH (DC - DR - 6814). Para la determinación se colocó una escala de referencia y se ubicó en el panel del equipo, luego se buscó el filtro del parámetro a determinar (filtro color azul 5543); y se ubicó en el lugar correspondiente del aparato de HACH. Se tomaron dos frascos de vidrio de 25 ml. de capacidad, uno se llenó con agua destilada y se colocó en el aparato para su calibración, el otro frasco se llenó con 25 ml. de la muestra a analizar y se leyó el color que registró la aguja del aparato en la escala utilizada, la cual tiene un rango de 0-500 unidades de color (APHA, 1975; Contreras, 1978).

¹⁴ **MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería. Localizado en la ciudad de Santa Tecla, Departamento de La Libertad.



3.2. Determinación de la Turbidez

El Equipo y procedimiento empleado en esta determinación es el mismo que se usó para el análisis de color, con excepción del filtro que se empleó, que en este caso es el Formazin Estandard 4455, y la escala que se establece en JTU (Unidades de Turbidez de Jackson) y que va de 0-500; JTU (APHA 1975; Contreras. 1978).



4. Análisis Químicos

El tiempo transcurrido entre el muestreo y los análisis químicos cuantitativos fue de 6-24 horas. Los análisis de cloro libre y pH, se realizaron en el laboratorio del Ambiente, del MAG; la determinación de plomo y arsénico se hizo en el Laboratorio Químico del CENTA¹⁵.

4.1. Determinación del Potencial de Hidrógeno (pH)

En el análisis cuantitativo del pH se utilizó un medidor de pH (CORNING modelo 7). Se midió la temperatura de la muestra de agua a analizar y se fijó en el dial para temperatura que tiene el equipo, el cual posee una escala de 0 - 100°C. Luego se calibró el aparato utilizando dos soluciones buffer, una de pH 4 y otra de pH 7, para obtener un punto de referencia ácido y una básico respectivamente.

¹⁵ CENTA: Centro Nacional de Tecnología Agrícola. Localizado en el Km 32½, carretera a Santa Ana.



4.2. Determinación de Cloro Libre

La concentración del cloro libre se realizó en el aparato de HACH. Se utilizó una escala determinada para cloro libre (3021). Se colocó en el equipo y se calibró con una solución de 0.1 p.p.m. de cloro libre. Luego se colocó la muestra de agua a analizar y se leyó la concentración en la escala correspondiente. La escala usada tiene un margen de valores de 0 - 15 p.p.m.

4.3. Determinación de Elemento Plomo

Antes de realizar los análisis de plomo, se preparó una solución estandar (Stock), para este elemento. A partir de una solución de 1000 p.p.m., se hizo una concentración 10 p.p.m.; la que se utilizó para calibrar el aparato de absorción atómica (Perkin Elmer 2100 HGA). Con una pipeta se inyectó 10 gotas de la muestra en el horno de grafito que tiene el aparato y con el dial respectivo del equipo se colocaron los diferentes tiempos y temperaturas que son: 50 segundos a 130°C para el secado; 30 segundos a 110°C para el incinerado y 10 segundos a 2700°C para el atomizado de la muestra de agua, hasta que se registraron los resultados.

4.4. Determinación de Elemento Arsénico

A partir de una solución de 1,000 p.p.m. de arsénico se hizo una dilución hasta obtener una solución de 20 p.p.m. que se utilizó para estandarizar el aparato de



absorción atómica (el mismo utilizando en la determinación de plomo). Se colocaron 10 gotas, de la muestra en el horno de grafito, y los diferentes tiempos y temperaturas correspondientes (en el aparato) que fueron: 20 segundos a 100°C para el secado; 90 segundos a 6550°C, para el incinerado y 20 segundos a 2,100°C para el atomizado de la muestra, hasta obtener los resultados.

5. Análisis Estadístico

Para los análisis estadísticos se emplearon el coeficiente de correlación de Pearson y el Análisis de la Varianza (ANAVA)

El coeficiente de correlación de Pearson (r) se empleó para analizar el grado de asociación de los resultados obtenidos en el NMP y RTB. El ANAVA, se empleó para analizar el grado de asociación entre los resultados obtenidos en la encuesta, porque es el método más adecuado para una clasificación simple de datos (Koosis, 1974; Alegria, 1978; Reyes, 1980; Castaneda, 1991).

5.1. Coeficiente de Correlación de Pearson (r)

Se conoce también como coeficiente de Correlación Lineal. Su fórmula es la siguiente:



$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

En donde r = Coeficiente de Correlación de Pearson para las variables "X" e "Y".

$\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})$ = Sumatoria de los productos $(x-\bar{x})$ por $(y-\bar{y})$.

$\sum(x-\bar{x})^2$ = Sumatoria de las desviaciones de "x" respecto a su media elevados al cuadrado.

$\sum(y-\bar{y})^2$ = Sumatoria de las desviaciones de "y" con relación a su media elevada al cuadrado.

5.1.1. Interpretación del Coeficiente de Correlación (r).

La interpretación del Coeficiente de Correlación es la siguiente:

CORRELACION	GRADO DE CORRELACION	RELACION ENTRE LAS VARIABLES.
De 0.90 a 1.00	Muy alta	Muy intensa
De 0.70 a 0.90	Alta	Intensa
De 0.40 a 0.70	Moderada	Considerable
De 0.20 a 0.40	Baja	Hay correlación pero es pequeña.
Inferior a 0.20	Muy baja	La interdependencia entre las variables es casi insignificante.



5.2. Análisis de la Varianza

Se constituye una tabla en que aparece las (x) veces y otra en que aparece las (x) veces al cuadrado o sea X^2

TIPO DE OPERACION.

- Sumatoria de la suma de las x	$\Sigma(\Sigma x)$
- Sumatoria de los cuadrados de la suma de las x	$\Sigma(\Sigma x)^2$
- Cuadrado de la sumatoria de las sumas de x	$[\Sigma(\Sigma x)]^2$
- Sumatoria de las sumas de los cuadrados de x	$\Sigma(\Sigma x^2)$
- Número total de casos	N
- Número de elementos de cada grupo	n
- Suma total de cuadrados	Σx^2
- Suma de cuadrados "entre" grupos	Σx^2_e
- Suma de cuadrados "dentro" de grupos	Σx^2_d
- Grados de libertad del total de grupos	glt
- Grados de libertad "entre" grupos	gle
- Grados de libertad "dentro" grupos	gld
- Cuadrados medios "entre" grupos	x^2_e
- Cuadrados medios "dentro" grupos	x^2_d
- F de Snedecor experimental	F _{ex}
- F de Snedecor para el 5%	F de 5%



Suma total de cuadrados se encuentra a través de la expresión:

$$\Sigma x^2 = [\Sigma(\Sigma x^2)] - \frac{[\Sigma(\Sigma x)]^2}{N}$$

La suma de cuadrados "entre grupos" se haya, empleando la fórmula:

$$\Sigma x^2_e = \frac{[\Sigma(\Sigma x)^2]}{n} - \frac{[\Sigma(\Sigma x)]^2}{N}$$

Para encontrar la suma de cuadrados dentro de los grupos se emplea la fórmula:

$$\Sigma x^2_d = \Sigma x^2_t - \Sigma x^2_e$$

donde: N = N₀ de elementos de cada grupo
 N = N₀ de elementos de cada grupo
 K = N₀ de grupos

Los grados de libertad para cada una de estas operaciones son:

Grados de libertad del total de grupos

$$glt = N-1$$

Grados de libertad dentro de los grupos

$$gld = (n_1 - 1) + (n_2 - 1) + (n_3 - 1) \dots$$



Grados de libertad entre grupos

$$g_{le} = K-1$$

El procedimiento del análisis de la varianza presenta la forma de una tabla donde se anotan el número de grados de libertad y la suma de cuadrados para cada una de las tres categorías y los cuadrados medios. Estos se obtienen dividiendo cada una de las sumas de cuadrados por el número de grados de libertad correspondiente. Los cocientes son auténticas varianzas. Los cuadrados medios "dentro" y "entre" los grupos constituyen por lo tanto sendas estimaciones de la varianza de la población.

La F de Snedecor se obtiene mediante la evaluación de la tabla del análisis de la varianza, haciendo el siguiente contraste de la F.

$$F = \frac{\text{cuadrado medio entre grupos}}{\text{cuadrado medio dentro de los grupos}}$$

Los valores de F se interpretan mediante la tabla de distribución de F Snedecor (ya establecida esta distribución), para un nivel de significación del 5%; en ella se encuentra con el número de grados de libertad correspondiente al cuadrado medio mayor por la fila superior y con el número de grados de libertad del cuadrado

medio menor por la columna de la izquierda: se lee un número en la tabla que es el valor de "F" significativo al 5% y se compara con el valor de "F" es menor que el valor "F" crítico (de tabla) citado para esa combinación de grados de libertad, se acepta la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas al 5% y por lo tanto, las diferencias observadas corresponden al azar. Si por el contrario el valor calculado de "F" es mayor que el valor crítico de "F" entonces si existen diferencias significativas entre las variables estudiadas.





TABLA 1. NOMBRE Y UBICACION DE LAS PLANTAS DE BOMBEO

PLANTA DE BOMBEO	UBICACION	NUMERO DE POZOS	RANGO DE PROFUNDIDAD
"EL HIRLEMAN"	10a. Calle pte. a 150 mts. de ave. Roosevelt; colonia "Hirlemán" San Miguel.	3	59.9-99 mts
"EL JALACATAL"	Cantón "El Jalacatal" a 200 mts de calle Ruta Militar San Miguel.	3	22.4-36 mts
"LA PAZ"	Final 17 calle poniente y avenida Roosevelt, San Miguel	3	84.4-106.4 mts
"BELEN"	Colonia "Belén", 9a. y 2a. avenida Sur, San Miguel.	3	27.43-641 mts
"SAN CARLOS"	Colonia "San Carlos" a 250 mts de la intersección entre final 5a. avenida Norte y la calle Ruta Militar, San Miguel.	3	* 121.42 mts
"EL MOLINO"	Colonia "El Molino" 18 calle poniente, San Miguel.	3	* 22.86 mts

Proporcionado por: ANDA; Banco de datos de pozos perforados plantel "El Corco", 1987.

* Los tres pozos tienen la misma profundidad.

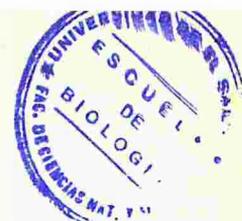


TABLA Nº 2. Detalles Generales de los Muestreos de Agua, Tomados Directamente de la Red de Distribución de ANUA, a 10 y a 50 Metros de la Planta de Bombeo.

Nº de Muestra	Fechas de Muestreo	Muestreo a 10 Metros	Muestreo a 50 Metros	Procedencia de la Muestra
				Grifos domiciliarios correspondientes a las plantas de Bombeo
1	1-3-92	7:10 am	8:30 am	Hirleman
2	6-3-92	8:20 am	8:20 am	El Jalacatal
3	12-3-92	9:00 am	9:45 am	La Paz
4	16-3-92	10:30 am	11:00 am	Belén
5	23-3-92	8:15 am	8:40 am	San Carlos
6	26-3-92	3:30 am	4:10 pm	El Molino
7	3-4-92	11:30 am	11:50 am	Hirleman
8	7-4-92	8:30 am	9:10 am	El Jalacatal
9	11-4-92	7:15 am	8:15 am	La Paz
10	15-4-92	11:30 am	12:00 m	Belén
11	22-4-92	10:30 am	11:10 am	San Carlos
12	28-4-92	3:00 pm	4:20 pm	El Molino
13	4-5-92	2:00 pm	3:00 pm	Hirleman
14	7-5-92	11:00 am	12:15 pm	El Jalacatal
15	12-5-92	3:00 pm	4:00 pm	La Paz
16	17-5-92	9:00 am	9:20 am	Belén
17	22-5-92	1:00 pm	1:45 pm	San Carlos
18	27-5-92	8:00 am	9:00 pm	El Molino
19	3-6-92	2:00 pm	2:30 pm	Hirleman
20	12-6-92	10:00 am	11:00 am	El Jalacatal
21	19-6-92	8:00 am	9:10 am	La Paz
22	23-6-92	10:00 am	10:30 am	Belén
23	26-6-92	7:00 am	7:30 am	San Carlos
24	30-6-92	3:00 pm	3:20 pm	El Molino

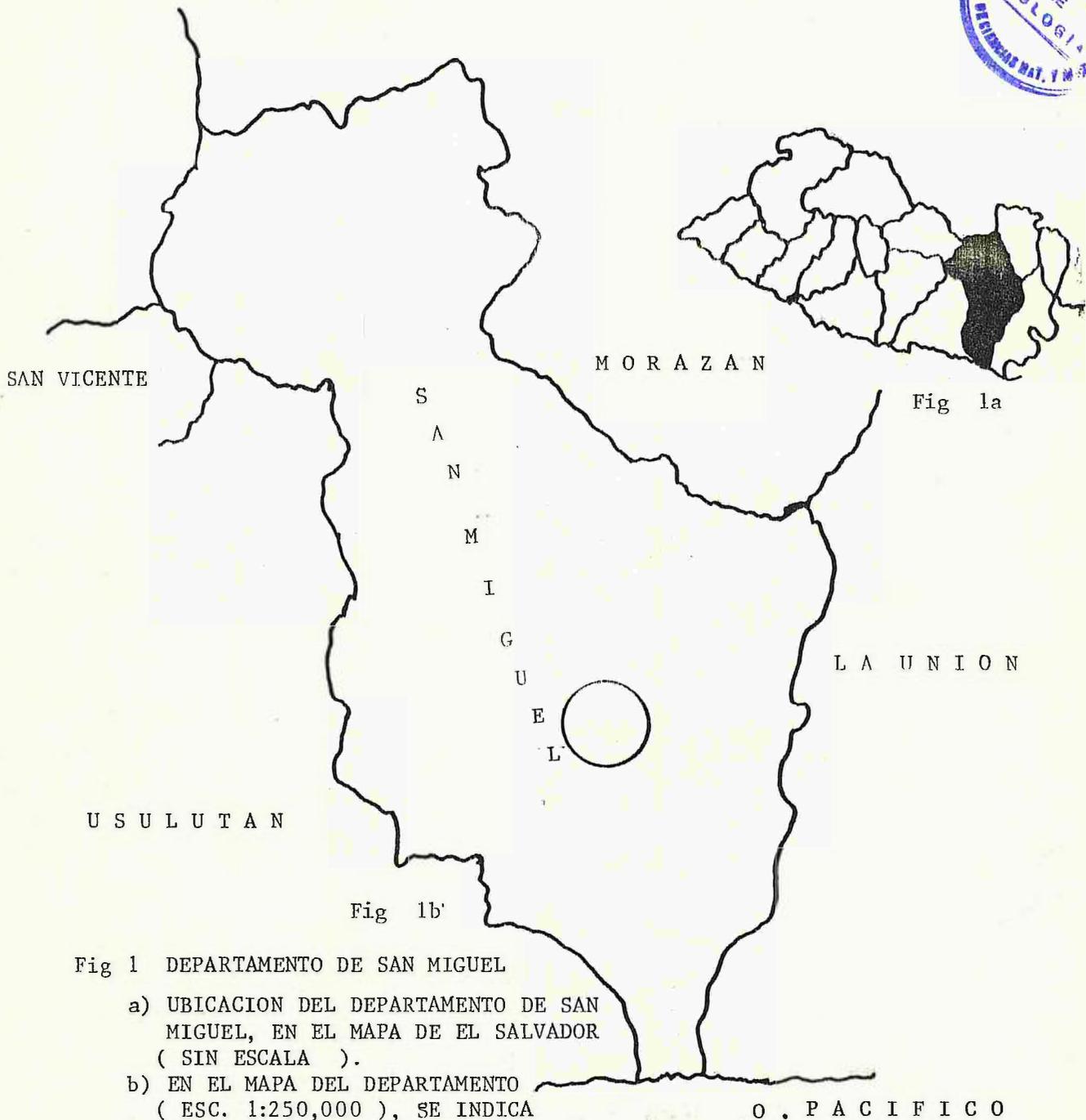


Fig 1 DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL

a) UBICACION DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EN EL MAPA DE EL SALVADOR (SIN ESCALA).

b) EN EL MAPA DEL DEPARTAMENTO (ESC. 1:250,000), SE INDICA CON EL CIRCULO, LA LOCALIZACION DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, AREA DE ESTUDIO DE ESTE TRABAJO.

FUENTE: INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
ING. PABLO ARNOLDO GUZMAN. MINISTERIO
DE OBRAS PUBLICAS. EL SALVADOR,
NOVIEMBRE DE 1978

52
RESULTADOS

La Tabla Nº 3, expresa los resultados de la prueba presuntiva, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano (RTB); de las muestras de agua tomadas directamente del sistema de cañerías de ANDA, a 10 y a 50 metros de la planta de bombeo. Se observa que todas las muestras se encuentran dentro del límite permisible en cuanto a estos criterios bacteriológicos.

Los resultados de los análisis físicos, de los muestreos a 10 metros de la planta de bombeo, se presentan en la Tabla Nº 4; y se determinó que con respecto al olor, que las 24 muestras analizadas son aceptables. sin embargo, en relación al sabor se detectó que las muestras 1, 2, 7, 9 y 18; presentaron sabor a cloro, el resto fue insipido; en cuanto al color aparente y a la turbidez, todas las muestras presentaron valores dentro del límite aceptable; respecto a la temperatura del agua, se detectó que las muestras 3, 4, 7 y 17 presentaron valores superiores al límite (Fig. 3, 4 y 5 respectivamente). La Tabla Nº 5, se refiere a análisis similares, realizados a 50 metros de la planta de bombeo; se observó que los resultados en relación a olor, sabor, color aparente y turbidez son similares a los obtenidos a 10 metros; sin embargo, respecto a la temperatura, las muestras 3, 6 y 24 sobrepasan el valor límite permisible (Fig. 6, 7 y 8 respectivamente).

Los resultados de los análisis químicos: pH, concentración de cloro libre, plomo y arsénico; de las muestras (tomadas directamente de los grifos de la red de distribución de ANDA), a 50 metros de la planta de bombeo; se presentan en la Tabla No. 6 y se observa que todas las muestras analizadas se encuentran dentro del rango permisible en relación al pH. (Fig. 9). En cuanto a la concentración de cloro libre, se determinó que las muestras: 1, 7 y 18 resultaron con los niveles más altos (Fig. 10). Las concentraciones de los elementos plomo y arsénico de las 24 muestras, se encuentran dentro de los valores límites permisibles (Fig. 11 y 12 respectivamente).

Los resultados de los análisis bacteriológicos: prueba presuntiva, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano (RTB), de las 30 muestras de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico, se presentan en la Tabla No 7; y Fig. 13; se observa que las muestras 4, 6, 7, 8, 17, 19, 23 y 28; presentan un valor aceptable respecto a ambos parámetros, sin embargo el resto de las mismas sobrepasan el valor límite.

En la Tabla No 8 se especifican los resultados de los análisis bacteriológicos: prueba confirmada y prueba completa (de 23 de las 30 muestras que dieron positivas en la prueba presuntiva); resultando positivas, todas las muestras analizadas en estas pruebas; y en la Tabla No 9;



se presentan los resultados de las pruebas diferenciales (de las mismas 23 muestras); las especies identificadas fueron: *Escherichia freundii*, en 4 muestras, *E. coli*, en 13 muestras y *Aerobacter aerogenes* en 6 muestras.

Los porcentajes de los coliformes totales y fecales, encontrados en las muestras de agua analizadas (y su procedencia); se detallan en la Tabla 10, donde se detecta que de los muestreos tomados directamente de la red de distribución de ANDA, ninguna muestra resultó con coliformes totales ni fecales; las procedentes de la red de ANDA, que fueron almacenadas en recipientes domésticos resultaron contaminadas por coliformes totales en un 87.5% y el 81.2% presentó coliformes fecales. De las muestras procedentes de pozos domésticos con tratamiento químico, el 60% presentó coliformes totales y el 40% resultó con coliformes fecales. Por otra parte, las de los pozos domésticos sin tratamiento químico resultaron contaminadas por coliformes totales y fecales en un 88.8% de los casos.

En la Tabla Nº 11 se presentan los porcentajes y origen de las bacterias identificadas en las muestras de agua procedentes de los pozos o recipientes de almacenamiento domésticos. Se puede observar que de las muestras de agua procedentes del sistema de ANDA, almacenada en los recipientes domésticos, el 12.5% resultó contaminada por *E. freundii*; que es de origen fecal; el

56.2% presentó contaminación por *E. coli*; también de origen fecal; y el 18.7% resultó contaminada por *A. aerogenes* que es de origen vegetal y/o fecal.

De las muestras tomadas de los pozos domésticos con tratamiento químico, se detecta que el 20% presentó la bacteria *E. freundii*; el mismo porcentaje presentaron contaminación por *E. coli* y *A. aerogenes*, respectivamente. Los muestreos de los pozos domésticos con tratamiento químico, presentaron contaminación por *E. freundii* en un 19.6%, *E. coli* en un 39.2% y *A. aerogenes* resultó en un 19.6% de las muestras analizadas.

Los resultados físico-químicos como lo es la temperatura, ($^{\circ}\text{C}$), de las muestras tomadas de pozos o recipientes de almacenamiento domésticos; se exponen en la tabla N $^{\circ}$ 12. Se determinó que en relación a este parámetro las muestras 9 y 11 presentaron valores fuera del límite permisible. En relación al color aparente, únicamente las muestras 2, 5 y 15, sobrepasan el valor límite aceptable. Además en lo referente a turbidez, las muestras 2, 4, 5, 8, 10, 13, 15, 16, 21, 22 y 25; exceden el valor límite permisible. En lo relacionado a cloro libre, se detectó que las muestras 13 y 30 exceden el valor límite de este elemento (Fig. 14, 15, 16 y 17 respectivamente).



Con respecto a los resultados de la encuesta (Anexo 3), se presentan los porcentajes de la medida sanitaria: fuente de obtención del agua de consumo, el mayor porcentaje corresponde a la red de distribución de ANDA en un 75% de los casos (Tabla No. 13), además se manifestó al aplicar el análisis de la varianza (ANAVA), a un nivel de significación del 5% es decir $F_{\text{critico}} < \text{calculado}$ (Tabla No. 20).

Los porcentajes de la medida sanitaria: protección del recipiente de almacenamiento del agua; tapado o destapado (Tabla No. 14 y 20); demostraron que no existe diferencia significativa en ambos porcentajes ($F_{\text{critico}} > \text{calculado}$).

En los resultados de la medida sanitaria: tiempo de almacenamiento de agua de consumo por 1 día, 2 días o más de dos días (Tabla No. 15), se observa que el mayor porcentaje lo presenta el hábito de almacenar el agua por 1 día. Sin embargo, para obtener los resultados con respecto a la práctica de almacenar el agua; se sumaron los resultados obtenidos entre la medida de almacenar el agua por 1 día, y la de hacerlo por 2 días (A), luego este valor se comparó con el porcentaje de la práctica de más de dos días (B). Al aplicar el ANAVA al 5% de significación (Tabla No. 20) se comprobó que no existe diferencia significativa en ambas medidas sanitarias ($F_{\text{critico}} > F_{\text{calculado}}$).



En la Tabla Nº 16, se presentan los porcentajes de la medida sanitaria: limpieza del recipiente de almacenamiento doméstico del agua procedente de la red de distribución de ANDA; y entre las medidas analizadas están: la de lavar el recipiente con agua y jabón, solo con agua, y nada (no lavado). Como la medida sanitaria más adecuada es la de utilizar agua y jabón, entonces los porcentajes de estas medidas se compararon con el total de la suma de los resultados de usar solo agua y la de no usar nada ($B + C = D$), con la medida de usar agua y jabón (A). De acuerdo a esto se obtuvo un mayor porcentaje en la práctica de no usar jabón como desinfectante, al aplicar ANAVA al 5% de significación (Tabla No. 20) se detectó que existe una notable diferencia ($F_{\text{critico}} < \text{calculado}$).

Los porcentajes de hervir o no el agua de consumo: se exponen en la Tabla Nº 17, en la cual se observa que el mayor corresponde al hábito de no hervirla, lo que se comprobó al encontrar una apreciable diferencia cuando se aplicó ANAVA al 5% de significación (Tabla No. 20).

En la Tabla Nº 18 se exponen los resultados de la medida sanitaria de lavarse las manos, después de defecar; utilizando agua y jabón (A), sólo agua (B) o no usar nada (C), estas últimas (B y C), se comparan a decir que no se usa jabón en ambos casos; los resultados de estas medidas se sumaron y se obtuvo un solo valor ($B + C = D$) donde D



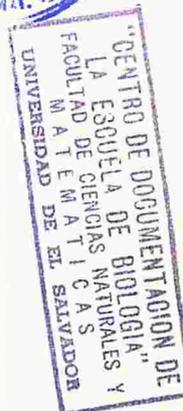
significa no usar jabón, este resultado se comparó con la medida de usar agua y jabón y se le aplicó el ANAVA al mismo nivel de significación utilizado anteriormente, lo cual resultó con una diferencia significativa ($F_{\text{critico}} < F_{\text{calculado}}$).

Los resultados de los casos diarreicos detectados en niños o adultos se expresan en la Tabla No. 19 y se observa que el 56.2% de los casos se presentaron en niños y el 28.4% en adultos, es decir, predominan en la población infantil (menores de 5 años). Al aplicar el ANAVA (con el mismo nivel de significación) se comprobó que existe diferencia significativa entre ambos porcentajes.

Los resultados de todos los análisis estadísticos (ANAVA) y coeficiente de correlación de Pearson (r) realizados, se exponen en forma resumida en las Tablas No. 20, 21 y 22.



TABLA Nº 3. Resultados de la prueba presuntiva, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano (RTB) de las muestras tomadas de la red de distribución de ANDA, a 10 metros de la planta de Bombeo.*



Nº de la Muestra	PRUEBA PRESUNTIVA			NMP/100ml.	RTB/1 ml.
	10 ml.	1 ml.	0.1 ml.		
1	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
2	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
3	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
4	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
5	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
6	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
7	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
8	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
9	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
10	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
11	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
12	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
13	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
14	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
15	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
16	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
17	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
18	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
19	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
20	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
21	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
22	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
13	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0
24	0/3	0/3	0/3	0.0	0.0

* Los resultados de las mismas pruebas realizadas a 50 metros fueron idénticos.

*Valor límite permisible establecido por la OMS (1972) 2.2 coliformes/100 ml.



TABLA 4. RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS: Olor, Sabor, Color aparente (Pt-Co), Turbidez (JTU), Temperatura ambiente (°C), Temperatura del agua (°C) de las muestras tomadas directamente de la red de distribución de ANDA, a 10 metros de la planta de bombeo.

Nº de la Muestra	Olor	Sabor	Color aparente (Pt-Co)	Turbidez (JTU)	Temperatura ambiente(°C)	Temperatura del agua(°C)
1	No objetable	A cloro	0.0	0.0	28.0	29.0
2	"	"	0.0	0.0	29.0	27.0
3	"	Insipida	0.0	2.0	29.0	31.1
4	"	"	0.0	5.0	29.5	32.0
5	"	"	0.0	2.0	28.5	29.0
6	"	"	2.0	3.0	28.5	28.0
7	"	A Cloro	0.0	3.0	30.5	30.6
8	"	Insipida	0.0	0.0	28.0	27.0
9	"	A Cloro	3.0	2.0	27.0	27.0
10	"	Insipida	5.0	2.0	29.5	28.0
11	"	"	0.0	0.0	26.0	26.0
12	"	"	0.0	0.0	28.0	28.0
13	"	"	0.0	0.0	31.3	30.0
14	"	"	0.0	0.0	30.4	29.0
15	"	"	0.0	0.0	29.0	28.0
16	"	"	0.0	0.0	27.0	28.0
17	"	"	2.0	0.0	32.0	31.0
18	"	A Cloro	0.0	0.0	30.0	29.5
19	"	Insipida	0.0	0.0	32.0	30.0
20	"	"	0.0	0.0	30.0	30.0
21	"	"	2.0	3.0	29.0	28.0
22	"	"	0.0	0.0	30.0	27.0
23	"	"	0.0	0.0	28.0	26.0
24	No Objetable	"	0.0	2.0	30.0	30.0

- Rangos permisibles por OMS (1972)

Olor: no objetable

Sabor: insípido

Color aparente: 5 unidades (Pt-Co)

Turbidez: 5 JTU

Temperatura del agua Banco Mundial (1974): 30 °C



TABLA 5. RESULTADO DE LOS ANALISIS FISICOS: Olor, Sabor, Color aparente (Pt-Co), Turbidez (JTU), temperatura ambiente (°C), temperatura del agua (°C) de las muestras tomadas directamente de la red de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo.

Nº de la Muestra	Olor	Sabor	Color aparente (Pt-Co)	Turbidez (JTU)	Temperatura ambiente(°C)	Temperatura del agua(°C)
1	No objetable	A cloro	0.0	0.0	28.0	30.0
2	"	"	0.0	0.0	28.5	27.5
3	"	Insipido	0.0	2.0	30.0	31.0
4	"	"	1.0	5.0	29.5	30.0
5	"	"	0.0	2.0	29.0	30.0
6	"	"	2.0	3.0	31.0	30.5
7	"	A Cloro	0.0	3.0	28.0	29.0
8	"	Insipido	0.0	0.0	30.0	29.5
9	"	A Cloro	3.0	2.0	28.0	26.0
10	"	Insipido	5.0	2.0	30.5	30.0
11	"	"	0.0	0.0	29.5	28.0
12	"	"	0.0	0.0	28.0	29.0
13	"	"	0.0	0.0	30.5	30.0
14	"	"	0.0	0.0	30.0	28.0
15	"	"	0.0	0.0	29.0	27.5
16	"	"	0.0	0.0	27.0	28.5
17	"	"	2.0	2.0	31.0	29.0
18	"	A Cloro	2.0	0.0	30.5	29.0
19	"	Insipido	0.0	0.0	30.0	28.0
20	"	"	0.0	0.0	30.0	30.0
21	"	"	2.0	3.0	28.0	27.5
22	"	"	0.0	1.0	30.0	27.0
23	"	"	0.0	0.0	28.0	27.0
24	No Objetable	"	1.0	2.0	29.0	31.0



TABLA 6. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS: pH, Cloro Libre, Plomo y Arsénico, de las muestras de agua tomadas directamente de los grifos domiciliarios del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo.

Nº de la Muestra	pH	Cloro Libre (p.p.m.)	Plomo (p.p.m.)	Arsénico (p.p.m.)
1	6.8	1.41	0.073	0.102
2	7.3	0.28	0.081	0.075
3	7.9	0.19	0.092	0.092
4	8.0	0.47	0.084	0.063
5	7.3	0.20	0.075	0.108
6	6.9	0.15	0.089	0.073
7	8.0	1.12	0.081	0.103
8	7.5	0.13	0.089	0.065
9	6.5	0.93	0.075	0.072
10	6.8	0.42	0.087	0.099
11	6.8	0.12	0.098	0.101
12	6.6	0.08	0.092	0.079
13	6.2	0.09	0.062	0.091
14	7.5	0.23	0.052	0.011
15	7.7	0.13	0.071	0.027
16	8.1	0.38	0.081	0.016
17	8.0	0.19	0.035	0.021
18	7.6	1.10	0.095	0.100
19	6.7	0.04	0.012	0.063
20	7.5	0.13	0.072	0.057
21	7.2	0.35	0.041	0.071
22	7.2	0.09	0.017	0.011
23	8.0	0.03	0.008	0.052
24	7.4	0.18	0.035	0.081

Rangos permisibles :

pH: 6-8.5 Banco Mundial (1974)

Cloro libre: 0.1 p.p.m. OMS (1972)

Plomo: 0.1 p.p.m. Banco Mundial (1974)

Arsénico 0.2 p.p.m. OMS (1972)



Tabla No. 7. Resultado de las pruebas, presuntiva, número más probable (NMP) y recuento total bacteriano de las muestras tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico.

Número de la # Muestra	PRUEBA PRESUNTIVA			NMP /100ml.	RTB /ml.	Fuente de obtención (recipientes o pozos domésticos).
	10 ml.	1 ml.	0.1 ml.			
1	1/3	0/3	0/3	3.6	2.0x10 ²	Recipiente plástico tapado
2	3/3	0/3	1/3	39.0	7.9x10 ³	Recipiente plástico destapado
3	1/3	1/3	1/3	11.0	2.0x10 ³	Recipiente metálico tapado
4	0/3	0/3	0/3	0.0	9.0x10 ¹	Pozo sin tratamiento químico
5	2/3	0/3	0/3	9.1	1.6x10 ³	Pozo sin tratamiento químico
6	0/3	0/3	0/3	0.0	1.0x10 ²	Pozo con tratamiento químico
7	0/3	0/3	0/3	0.0	1.1x10 ²	Pozo con tratamiento químico
8	1/3	1/3	1/3	0.0	1.9x10 ²	Pozo sin tratamiento químico
9	1/3	0/3	0/3	9.1	1.3x10 ³	Recipiente plástico tapado
10	0/3	0/3	0/3	3.6	1.1x10 ²	Recipiente metálico tapado
11	1/3	1/3	1/3	11.0	2.2x10 ³	Recipiente plástico destapado
12	0/3	0/3	0/3	3.6	1.0x10 ²	Recipiente metálico tapado
13	3/3	0/3	1/3	39.0	8.10x10 ³	Pozo con tratamiento químico
14	0/3	0/3	0/3	3.6	1.0x10 ²	Pozo sin tratamiento químico
15	0/3	0/3	0/3	3.6	1.1x10 ²	Pozo sin tratamiento químico
16	3/3	1/3	0/3	45.0	3.5x10 ³	Pozo sin tratamiento químico
17	0/3	0/3	0/3	0.0	1.0x10 ²	Pozo con tratamiento químico
18	1/3	0/3	0/3	3.6	1.3x10 ²	Recipiente plástico tapado
19	0/3	0/3	0/3	0.0	9.0x10 ¹	Recipiente plástico tapado
20	3/3	1/3	0/3	43.0	3.3x10 ³	Recipiente plástico destapado
21	1/3	1/3	1/3	11.0	2.0x10 ²	Recipiente metálico destapado

Continúa..



Continuación de la Tabla No 7.

Número de la Muestra.	Prueba Presuntiva			NMP /100ml	RTB /ml.	Fuente de obtención (recipientes o pozos domésticos).
	10 ml.	1 ml.	0.1 ml			
22	2/3	2/3	1/3	28.0	³ 2.3x10	Pozo sin tratamiento químico
23	0/3	0/3	0/3	0.0	² 1.1x10	Recipiente plástico tapado
24	3/3	1/3	0/3	43.0	³ 3.2x10	Pozo sin tratamiento químico
25	1/3	0/3	0/3	11.0	² 2.1x10	Pozo sin tratamiento químico
26	1/3	1/3	1/3	3.6	¹ 9.0x10	Recipiente plástico tapado
27	3/3	1/3	0/3	43.0	³ 3.5x10	Recipiente plástico tapado
28	0/3	0/3	0/3	0.0	² 2.0x10	Recipiente plástico tapado
29	2/3	0/3	0/3	9.1	³ 1.6x10	Recipiente metálico tapado
30	2/3	0/3	0/3	9.1	³ 1.6x10	Pozo con tratamiento químico

* Cada cinco muestras corresponden respectivamente a los sectores abastecidos por las diferentes plantas de bombeo: 1-5) Hirleman; 6-10) El Jalacatal; 11-15) La Paz; 16-20) Belén; 21-25) San Carlos; 26-30) El Molino. El valor límite permisibles NMP es 2.2 coliformes/100 ml.



TABLA NO 8. Resultados de los análisis bacteriológicos: prueba confirmada y prueba completa.

NO de la Muestra	Prueba confirmada, siembra en EMB (características de las colonias)	PRUEBA COMPLETA		
		Caldo lactosado	1 EMB	2 EMB
1	TcBM	+	TcBM	TcBM
2	TcBM	+	TcBM	TcBM
3	TcBM	+	TcBM	TcBM
5	Atípica	+	Atípica	Atípica
8	TsBM	+	TsBM	TsBM
9	TcBM	+	TcBM	TcBM
10	Atípica	+	Atípica	Atípica
11	TcBM	+	TcBM	TcBM
12	Atípica	+	Atípica	Atípica
13	Atípica	+	Atípica	Atípica
14	TcBM	+	TcBM	TcBM
15	TsBM	+	TsBM	TsBM
16	TsBM	+	TsBM	TsBM
18	TcBM	+	TcBM	TcBM
20	TcBM	+	TcBM	TcBM
21	TcBM	+	TcBM	TcBM
22	TcBM	+	TcBM	TcBM
24	Atípica	+	Atípica	Atípica
25	TcBM	+	TcBM	TcBM
26	TsBM	+	TsBM	TsBM
27	TcBM	+	TsBM	TsBM
29	Atípica	+	Atípica	Atípica
30	TcBM	+	TcBM	TcBM

Simbología : EMB : Agar cosina azul de metileno

1

EMB : Primera resiembra en EMB

2

EMB : Segunda resiembra en EMB

TcBM: Colonias típicas con brillo metálico

TsBM: Colonias típicas sin brillo metálico

+ : Resultados Positivos



TABLA Nº 9. Resultado de las pruebas diferenciales de las muestras de agua de pozos y de Recipientes de almacenamiento domésticos de los sectores abastecidos por las diferentes plantas de bombeo de ANDA.

Nº de la Muestra	Pruebas Diferenciales								Especies Identificadas
	TSI				IMVIC				
	B	F	G	H S 2	I	M	Vi	C	
1	A	A	+	-	+	+	-	+	<u>E. Freundii</u>
2	A	A	+	-	+	+	-	+	<u>E. coli</u>
3	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
5	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
8	A	A	+	-	-	-	+	-	<u>A. aerogenes</u>
9	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
10	A	A	+	-	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
11	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
12	A	A	+	-	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
13	A	A	+	-	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
14	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
15	A	A	+	-	+	+	-	+	<u>E. freundii</u>
16	A	A	+	-	+	+	-	+	<u>E. freundii</u>
18	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
20	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
21	A	A	+	-	-	-	-	+	<u>E. freundii</u>
22	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
24	A	A	+	-	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
25	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
26	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
27	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
29	A	A	+	-	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
30	A	A	+	-	+	+	-	-	<u>E. coli</u>

Simbología:

TSI: Agar triple azúcar y hierro

B : Reacción en la superficie inclinada del medio de cultivo

F : Reacción en el fondo del medio de cultivo

G : Producción de gas

H S: Producción de ácido sulfhídrico

2

A : Reacción Ácida, cambio de color de rojo a amarillo

+ : Reacción positiva

- : Reacción negativa

E. coli: Escherichia coli

E. freundii: Escherichia freundii

A. aerogenes: Aerobacter aerogenes.



TABLA Nº 10. Porcentajes de coliformes totales encontrados en las muestras de agua analizadas.

Procedencia de la muestra	Nº de Muestras analizadas		Coliformes Totales		Coliformes fecales.	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Pozo doméstico con tratamiento químico	5	35.7	3	60.00	2	40.00
Pozo doméstico sin tratamiento químico	9	64.2	8	88.80	8	88.80
Red de distribución de ANDA tomadas directamente del grifo domiciliario	48	75.0	0	0.00	0.00	0.00
Red de distribución de ANDA, almacenada en recipientes	16	25.0	14	87.50	13	81.20
Total de pozo doméstico	14	100.0	11	78.50	10	71.40
Total de la red de ANDA	64	100.0	14	21.80	13	20.30
TOTAL ...	78		25	32.00	23	29.40



TABLA Nº 11. Porcentajes y origen de las bacterias identificadas en las muestras de agua procedentes de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico.

Procedencia de las Muestras	Nº de Muestras analizadas	Nº de Muestras Contaminadas	%	Especies Identificadas					
				<u>E. freundii</u>	%	<u>E. coli</u>	%	<u>A. aerogenes</u>	%
Red de distribución de ANDA (en recipientes domésticos.	16	14	87.5	2	12.5	9	56.2	3	18.7
Pozo doméstico con tratamiento químico	5	3	60.0	1	20.0	1	20.0	1	20.0
Pozo doméstico sin tratamiento químico	9	8	78.4	2	19.6	4	39.2	2	19.6
TOTAL	30	25		5	17.3	14	38.5	6	19.4



TABLA 12. Resultado de los análisis: temperatura, color aparente, turbidez y cloro libre de las muestras de agua tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico.

Nº de la Muestra	Temperatura del agua (°C)	Color aparente (Pt-Co)	Turbidez (TJU)	Cloro libre (p.p.m.)
1	30.0	2.0	3.0	0.012
2	30.0	6.0	6.0	0.000
3	28.0	5.0	4.0	0.007
4	29.0	4.0	7.0	0.000
5	27.0	8.0	8.0	0.000
6	27.5	5.0	3.0	0.015
7	28.0	4.0	4.0	0.010
8	28.0	4.0	8.0	0.000
9	31.0	5.0	5.0	0.007
10	30.0	3.0	6.0	0.003
11	31.0	4.0	4.0	0.000
12	29.0	3.0	5.0	0.070
13	29.5	3.0	6.0	0.102
14	28.0	5.0	5.0	0.000
15	29.0	6.0	7.0	0.000
16	29.5	5.0	8.0	0.000
17	27.0	2.0	4.0	0.080
18	27.0	1.0	3.0	0.010
19	27.5	3.0	2.0	0.015
20	26.0	4.0	4.0	0.005
21	30.0	5.0	7.0	0.003
22	29.5	5.0	6.0	0.000
23	28.0	2.0	2.0	0.080
24	28.0	5.0	5.0	0.009
25	26.0	4.0	6.0	0.000
26	27.0	3.0	3.0	0.000
27	28.5	3.0	2.0	0.020
28	28.0	3.0	2.0	0.011
29	30.0	5.0	3.0	0.000
30	30.0	1.0	4.0	0.203

Cada cinco muestras corresponden respectivamente a los sectores abastecidos por las diferentes plantas de bombeo: 1-5) Hirieman, 6-10) El Jalacatal, 11-15) La Paz, 16-20) Belén, 21-25) San Carlos, 26-30) El Molino.

Los valores límite permisibles son: Temperatura 30°C, Color aparente 5 unidades Pt-Co, turbidez 5JU, Cloro libre 0.1 p.p.m.



TABLA N° 13. Porcentajes de las fuentes de obtención de agua de consumo en las zonas abastecidas por cada planta de bombeo.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Fuente de obtención del agua de consumo					
		Pozo doméstico con tto. químico	%	Pozo doméstico sin tto. químico	%	Red de distribución de ANDA	%
"Hirleman	24	1	4.17	5	20.83	18	75.00
"El Jalacatal"	24	0	0	4	16.70	20	83.33
"La Paz	24	1	4.17	8	33.30	15	61.50
"Belés	24	1	4.17	3	12.50	20	83.33
"San Carlos	24	0	0	6	25.00	18	75.0
"El Molino	24	0	0	7	29.17	17	70.84
TOTAL	144	3	2.08	33	22.91	108	75.00



TABLA Nº 14. Porcentajes de la medida sanitaria: almacenamiento del agua (porcentaje de la red de ANDA) de consumo de los recipientes domésticos.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Almacenamiento del Agua.			
		Recipiente Tapado	%	Recipiente destapado	%
"Hirleman"	24	12	50.0	12	50.0
"El Jalacatal"	24	8	33.3	16	66.6
"La Paz"	24	9	37.5	15	62.5
"Belén"	24	12	50.0	12	50.0
"San Carlos"	24	14	58.3	10	41.6
"El Molino"	24	15	62.5	9	37.5
TOTAL...	144	70	48.6	74	51.3



Tabla N° 15. Porcentajes del tiempo de almacenamiento del agua de los recipientes domésticos.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Tiempo de almacenamiento del agua.					
		1 día	%	2 días	%	Más de dos días	%
"Hirleman"	24	12	50.0	8	33.3	4	16.6
"El Jalacatal"	24	10	41.6	8	33.3	6	25.0
"La Paz"	24	8	33.3	11	45.8	5	20.8
"Belén"	24	15	62.5	3	12.5	6	25.0
"San Carlos"	24	11	45.8	10	41.6	3	12.5
"El Moliño"	24	7	29.1	10	41.6	7	29.1
TOTAL	144	63	43.7	50	34.7	31	21.5



TABLA N° 16. Porcentajes de la medida sanitaria: limpieza del recipiente de almacenamiento domestico del agua procedente de la red de distribución de ANDA.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Limpieza del recipiente de almacenamiento de agua.					
		Água y Jabón	%	Sólo agua	%	Nada (no lavado)	%
"Hirleman"	24	4	16.6	15	62.5	5	20.8
"El Jalacatal"	24	6	25.0	14	58.3	4	16.6
"La Paz"	24	6	25.0	16	66.6	2	8.3
"Beién"	24	5	20.8	15	62.5	4	16.6
"San Carlos"	24	4	16.6	16	66.6	4	16.6
"El Molino"	24	7	29.1	14	58.3	5	12.5
TOTAL ...	144	32	22.2	90	62.5	24	15.2



TABLA Nº 17. Porcentajes del hábito de hervir el agua de consumo.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Hábito de hervir el Agua.			
		Si	%	No	%
"Hirleman"	24	4	16.6	20	83.3
"El Jalacatal"	24	6	25.0	18	75.0
"La Paz"	24	5	20.8	19	79.1
"Belén"	24	8	33.3	16	66.6
"San Carlos"	24	2	8.3	22	91.6
"El Molino"	24	7	29.1	17	70.8
TOTAL...	144	32	22.2	112	77.8



TABLA Nº 18. Porcentajes del habito de lavarse las manos después de defecar.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Habitos de lavarse las manos después de defecar.					
		Agua y Jabón	%	Sólo agua	%	Nada	%
"Hirleman"	24	2	8.3	6	25	16	66.6
"El Jalacatal"	24	4	16.6	5	20.8	15	62.5
"La Paz"	24	6	25.0	6	25.0	12	50
"Belén"	24	5	20.8	7	29.1	12	50
"San Carlos"	24	3	12.5	8	33.3	13	54.1
"El Molino"	24	2	8.3	7	29.1	15	62.5
TOTAL	144	22	15.2	39	27.1	83	57.6



TABLA Nº 19. Porcentajes de los casos diarreicos detectados a través de la encuesta en las áreas abastecidas por ANDA.

Planta de bombeo	Familias Encuestadas	Enfermedades Diarreicas.			
		Niños	%	Adultos	%
"Hirieman"	24	10	41.6	4	16.6
"El Jalacatal"	24	12	50.0	4	16.6
"La Faz"	24	14	58.3	5	20.8
"Belén"	24	18	75.0	12	50.0
"San Carlos"	24	14	58.3	8	33.3
"El Molino"	24	13	54.1	8	33.3
TOTAL...	144	81	56.2	41	28.4



TABLA No. 20. Resumen de los resultados obtenidos al aplicar el estadístico ANAVA a los diferentes medidas higiénicas estudiadas.

MEDIDA SANITARIA	F CRITICO	F CALCULADO
Fuente de obtención de agua pozo/red de ANDA	4.96	114.1
Tratamiento químico del pozo doméstico: si/no	4.96	39.47
Almacenamiento domestico del agua de consumo: recipiente tapado/destapado	4.96	0.13
Tiempo de almacenamiento del agua de consumo: menos de un dia/mas de dos dias	4.96	0.39
Limpieza del recipiente utilizando agua y jabón/nada (no usar jabón)	4.96	73.5
Hábito de hervir el agua: si/no	4.96	113.4
Hábito de lavarse las manos después de defecar: agua y jabón/nada	4.96	308.5
Casos diarreicos detectados: niños/adultos	4.96	18.26

TABLA 21. CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON APLICADO A LAS MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTE DE LOS POZOS DOMESTICOS.



NMP	RTB	$\overline{NMP-NMP}$	$\overline{RTB-RTB}$	$(\overline{NMP-NMP})^2$	$(\overline{RTB-RTB})^2$	(NMP) (RTB)
0.0	90	13.52	1432	182.80	2050624	19360.64
9.1	1600	4.42	78	19.50	6084	344.76
0.0	100	13.52	1422	182.80	2022084	19225.44
0.0	110	13.52	1412	182.80	1993744	19090.24
0.0	190	13.52	1332	182.80	1774224	18008.64
39	8100	25.48	6578	642.20	43270084	167607.44
3.6	100	9.92	1422	98.40	2022084	14106.24
3.6	110	9.92	1412	98.40	1993744	14007.04
43	3500	29.48	1978	869.00	3912484	58311.44
0.0	100	13.52	1422	182.80	2022080	19225.44
28	2300	14.48	778	209.60	605284	11265.44
43	3200	29.48	1678	869.00	2815684	49467.44
11	210	2.52	1312	6.35	1721344	3306.24
9.1	1600	4.42	78	19.50	6084	344.76
$\Sigma=189.4$	$\Sigma= 21310$			$\Sigma= 3753.20$	$\Sigma= 66215636$	$\Sigma= 413671.20$

$$\overline{NMP} = 13.52$$

$$\overline{RTB} = 1522$$

$$r = \frac{\Sigma XY}{\sqrt{(\Sigma X^2) (\Sigma Y^2)}}$$

$$413671.20$$

$$r = \frac{413671.20}{\sqrt{(3753.20) (666215636.00)}}$$

$$r = 0.83$$

La relaciones intensa, el grado de asociación entre el NMP y el RTB es alto.



TABLA 22. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON PARA LAS MUESTRAS DE AGUA PROVENIENTES DE LOS RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO DOMESTICO.

NMP	RTB	$\overline{\text{NMP}} - \text{NMP}$	$\overline{\text{RTB}} - \text{RTB}$	$(\overline{\text{NMP}} - \text{NMP})^2$	$(\overline{\text{RTB}} - \text{RTB})^2$	(NMP) (RTB)
3.6	200	10.65	113.42	113	2119936	14334.9
39	7900	24.75	612.56	6354	40373316	157261.5
11	2000	3.25	10.56	454	206116	1475.5
9.1	1300	5.15	26.52	1416	2005056	7992.1
3.6	110	10.65	113.42	1436	2062096	15293.4
11	2200	3.25	10.56	654	427716	21255.0
3.6	100	10.65	113.42	1446	2090916	15399.9
3.6	130	10.65	113.42	1416	2005056	15080.4
0.0	90	14.25	203.62	1456	2119936	20740.0
43	3300	28.75	826.56	1756	3083536	50485.0
11	200	3.25	10.56	135	1811716	4374.5
0.0	110	14.25	203.06	1436	2062096	20463.0
3.6	90	10.65	113.42	1456	2119936	5506.4
43	3500	28.75	826.56	1954	3818116	56177.5
0.0	100	14.25	203.06	1446	2090916	20605.5
43	3400	28.75	826.56	1854	3437316	53302.5
$\Sigma=228.0$	$\Sigma= 24730$			$\Sigma= 27224$	$\Sigma= 72327170$	$\Sigma= 489055.4$

$$\overline{\text{NMP}} = 14.25$$

$$\overline{\text{RTB}} = 1046$$

$$r =$$

$$\frac{\Sigma xy}{\sqrt{(\Sigma x^2)(\Sigma y^2)}}$$

$$= \frac{489055.40}{\sqrt{(493394.02)(72327170.00)}}$$

$$r =$$

$$0.82$$

$$r = 0.82$$

La relación es intensa, el grado de asociación entre el NMP y el RTB es alto.

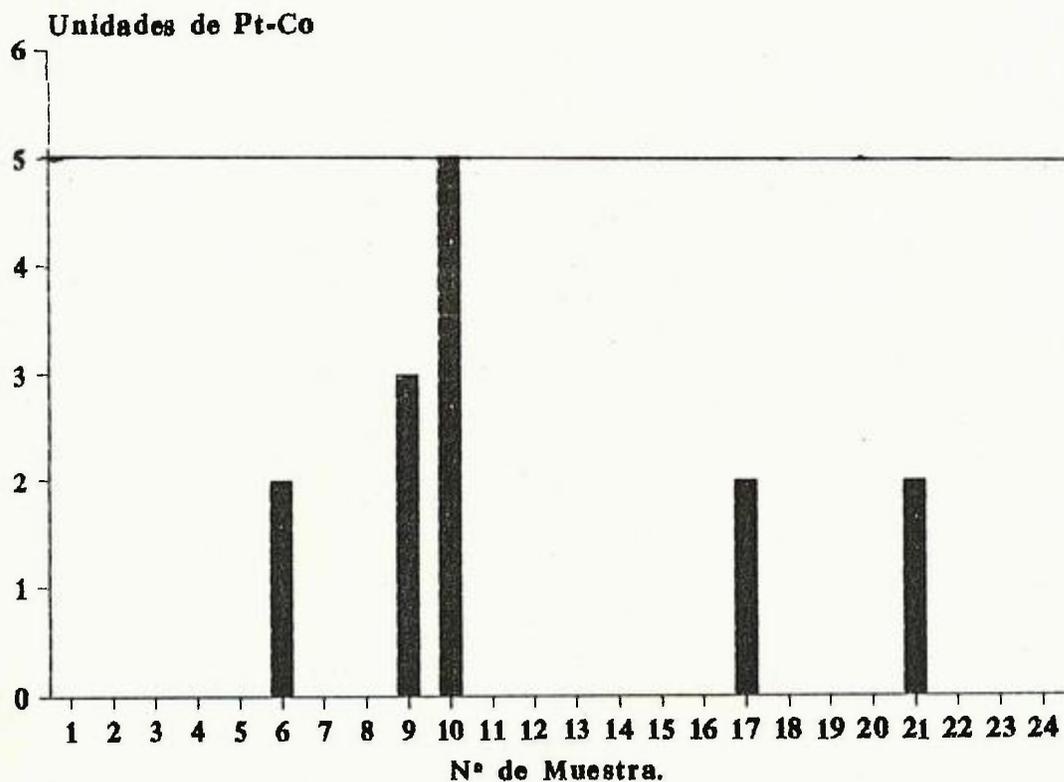


FIGURA Nº 3. Color aparente, determinado por el aparato de Hachen unidades de Pt-Co, de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo; y su comparación con el valor limite: 5 unidades (Pt-Co), establecido por la OMS, (1972).

— Valor Limite Permisible.

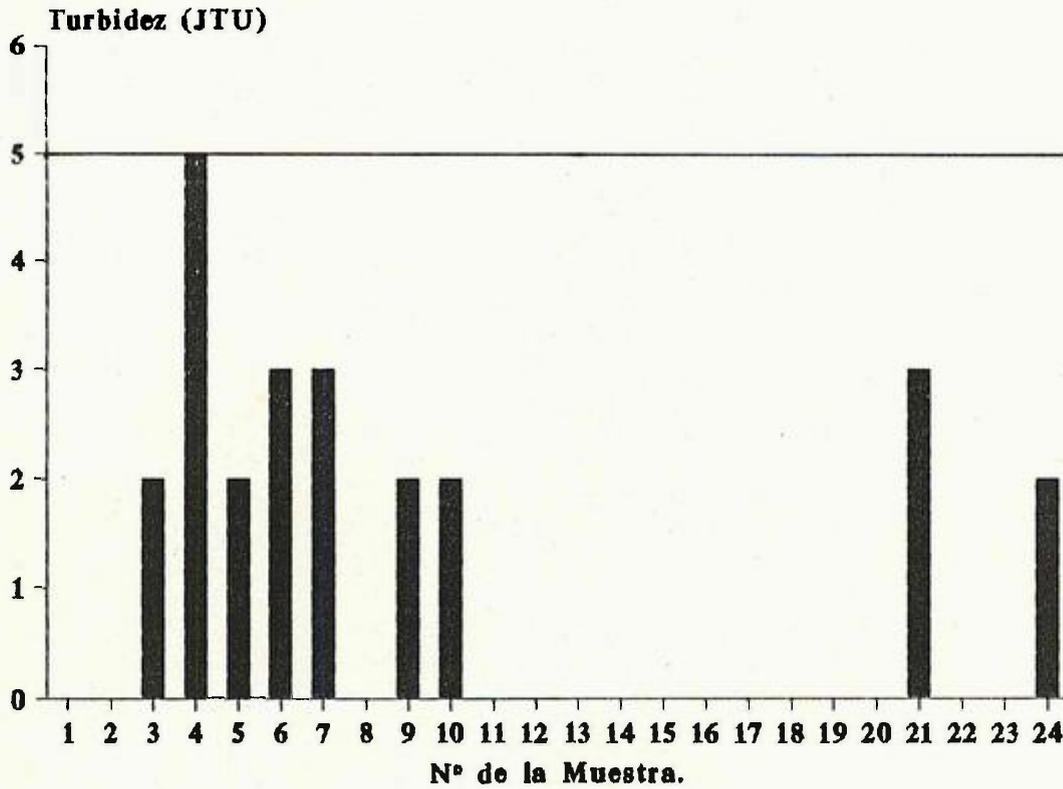


FIGURA Nº 4. Turbidez determinada por el aparato de Hach, en unidades de JTU, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 5JTU, establecido por la OMS.

— Valor Límite Permisible.

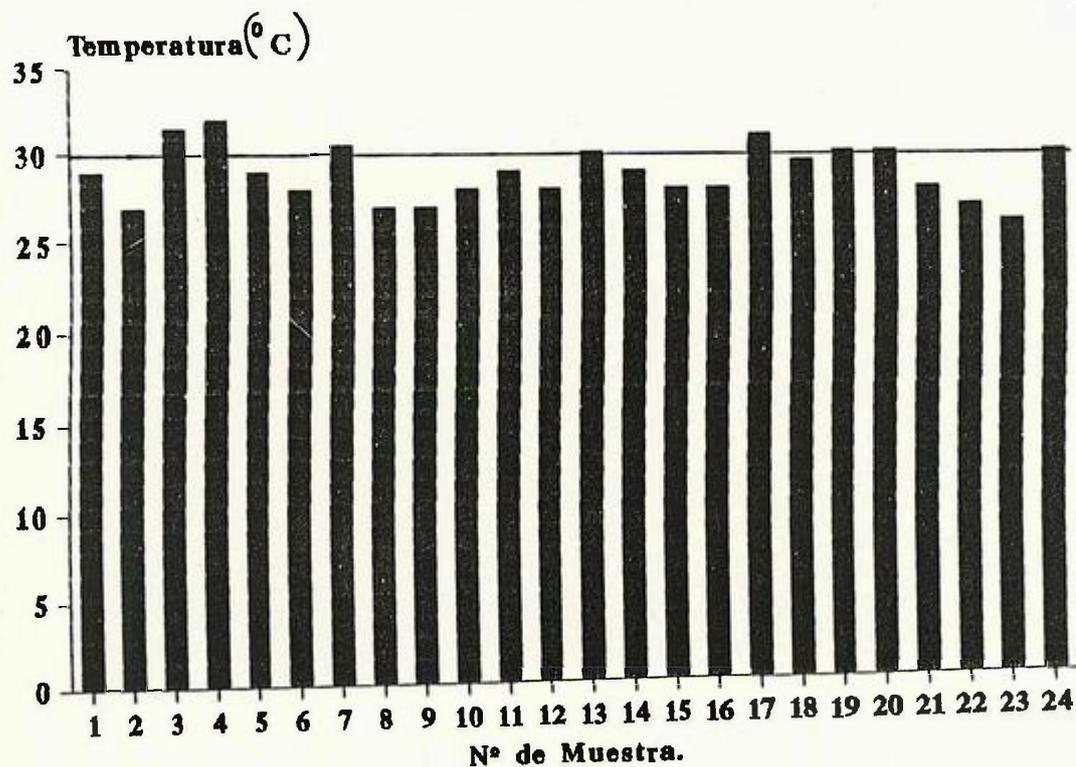


FIGURA Nº 5. Temperatura de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 10 metros de la planta de bombeo, comparadas con el valor límite establecido por la OMS, (1972) 30°C.

— Valor Límite Permisible.

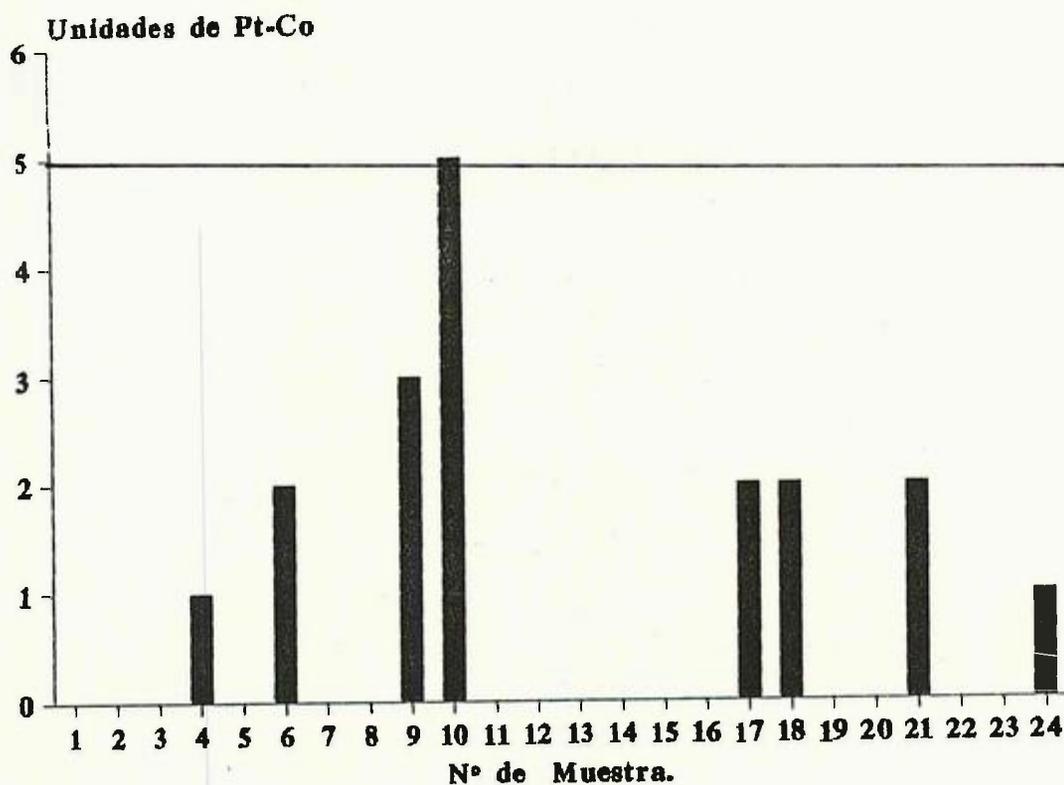


FIGURA Nº 6. Color aparente, determinada por el aparato de Hach, en unidades de Pt-Co de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo y su comparación con el valor limite establecido por la OMS, (1972); 5 unidades Pt-Co.

— Valor Limite Permisible.

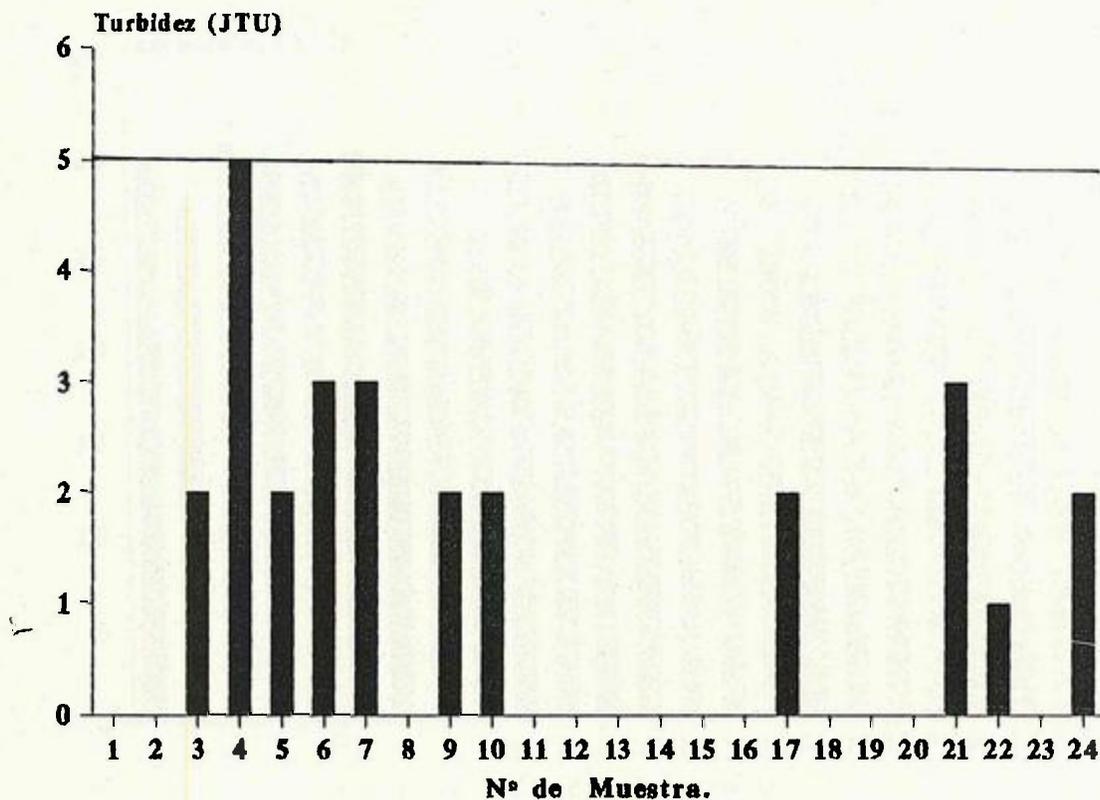


FIGURA Nº 7. Turbidez determinada por el aparato de Hach, en unidades de JTU, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible establecido por la OMS, (1972); 5 JTU.

— Valor Limite Permissible.

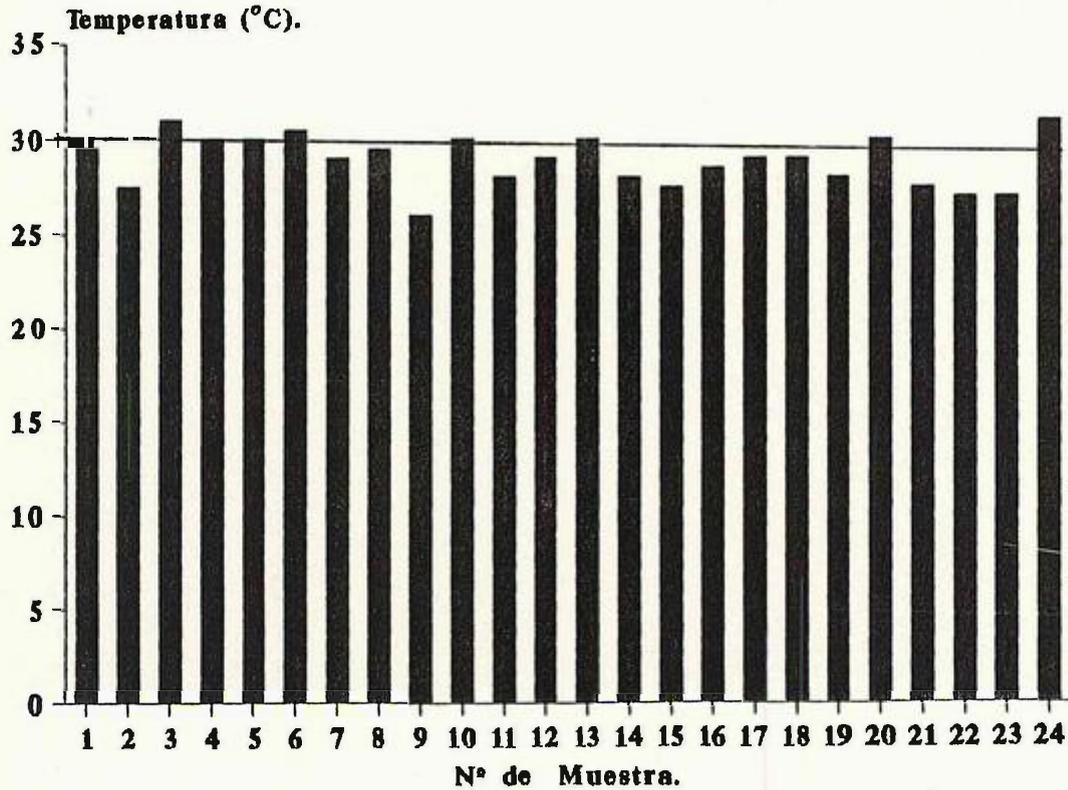


FIGURA Nº 8. Temperatura en grados centígrados, de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible establecido por el Banco Mundial, (1974); 30°C.

— Valor Límite Permisible.

Potencial de
Hidrógeno

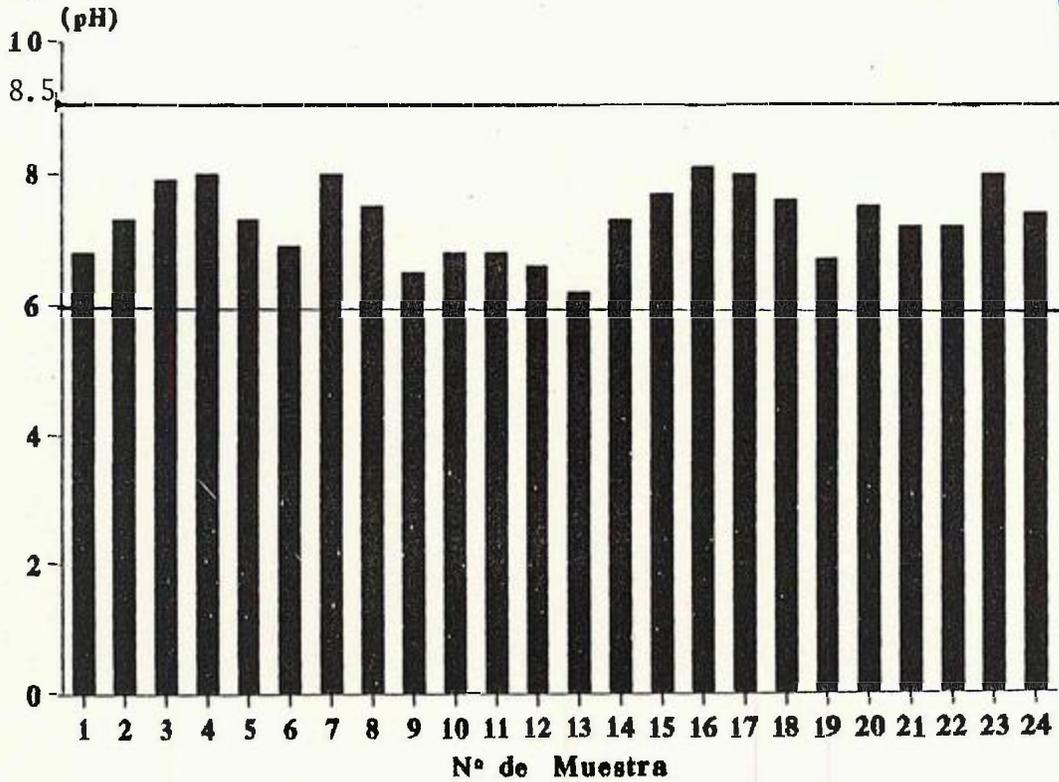


FIGURA NO 9. Potencial de hidrógeno (pH), determinado por el medidor de pH (pH meter) de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el rango límite establecido por el Banco Mundial, (1974); 6-8.5

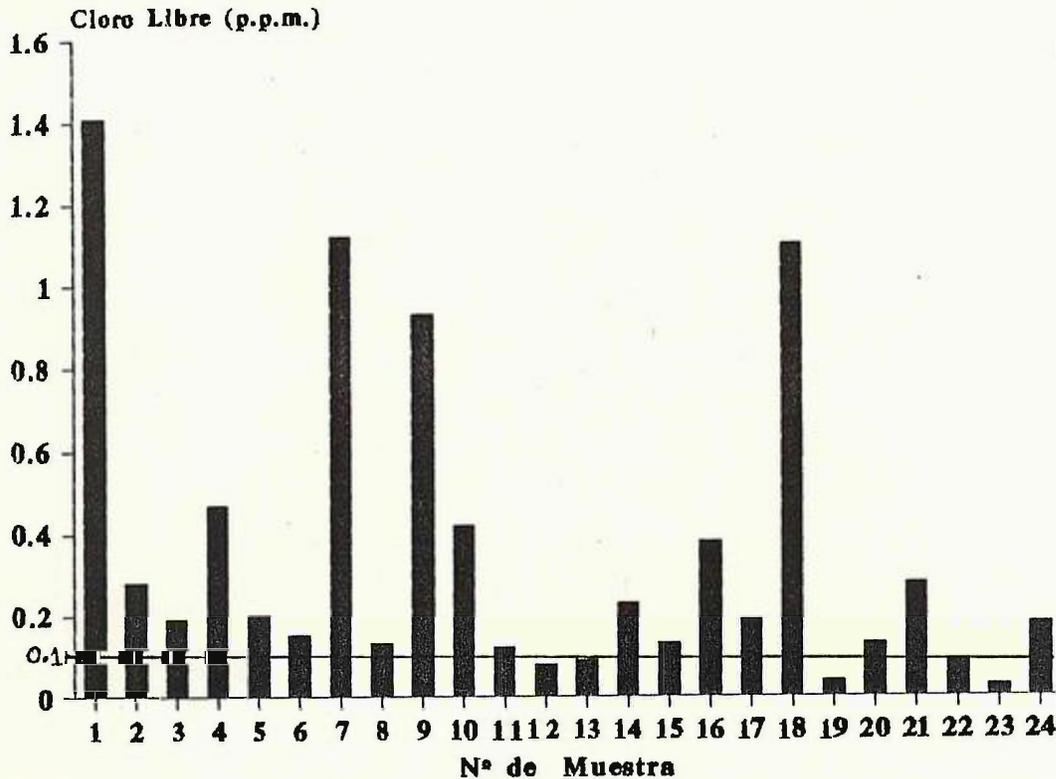


FIGURA Nº 10. Concentración de cloro libre, determinado por el aparato de Hach, en p.p.m. de las muestras de agua, tomadas del sistema de distribución de ANDA, (tomadas) a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS, (1972).

— Valor Limite Permisible.

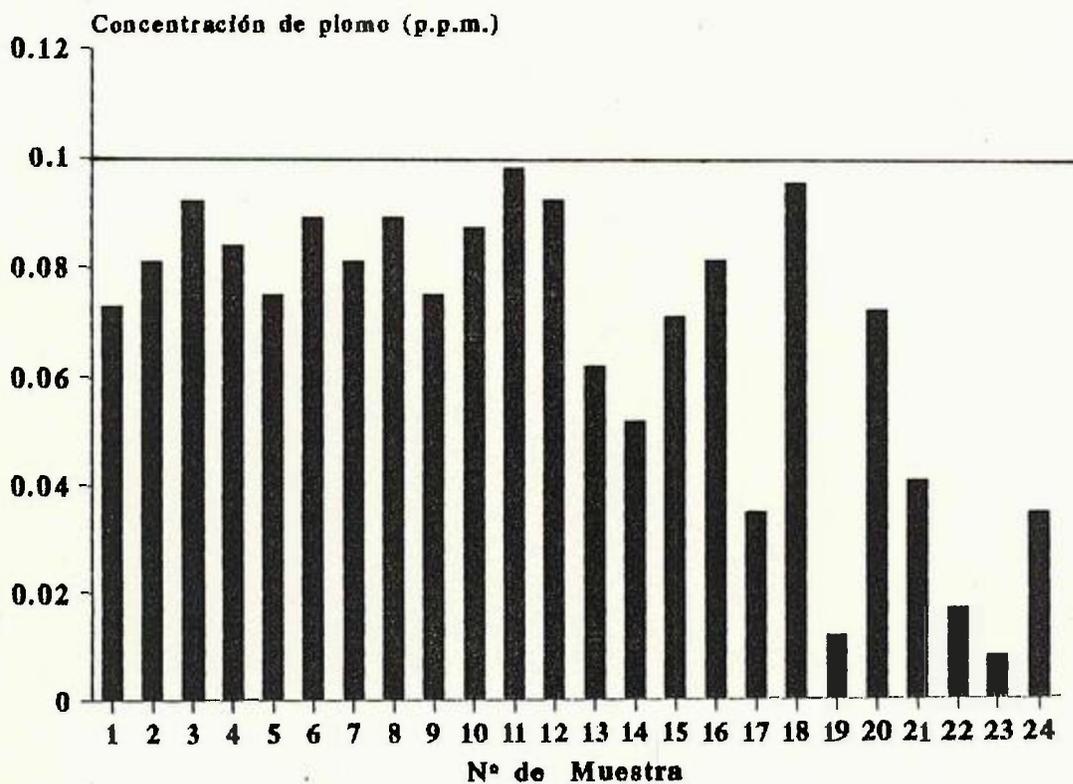
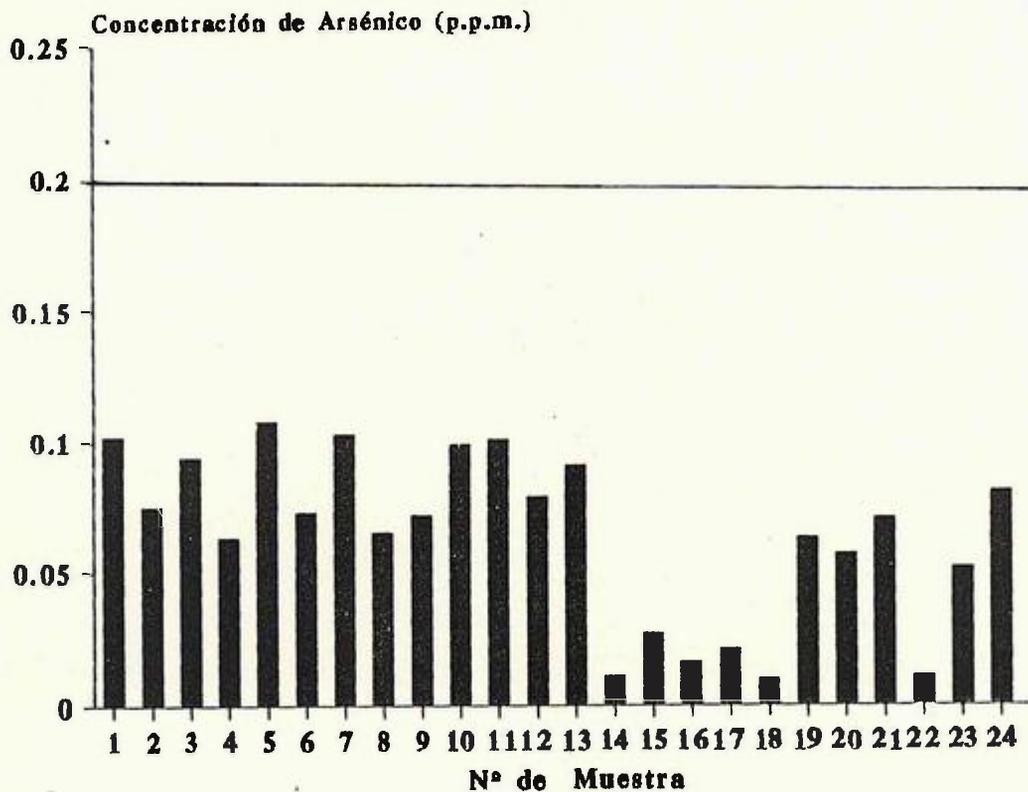


FIGURA NO 11. Concentración del elemento plomo, determinado por el aparato de absorción atómica, en p.p.m. de las muestras de agua, procedentes del sistema de distribución de ANDA, a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el límite permisible: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS, (1972).

— Valor Limite Permisible.



"CENTRO DE DOCUMENTACION DE
 LA ESCUELA DE BIOLOGIA"
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



FIGURA Nº 12. Concentración del elemento arsénico, determinado por el aparato de absorción atómica en p.p.m., de las muestras de agua procedentes del sistema de distribución de ANDA, tomadas a 50 metros de la planta de bombeo, y su comparación con el valor límite permisible: 0.2 p.p.m., establecido por la OMS, (1972).

— Valor Limite Permisible.

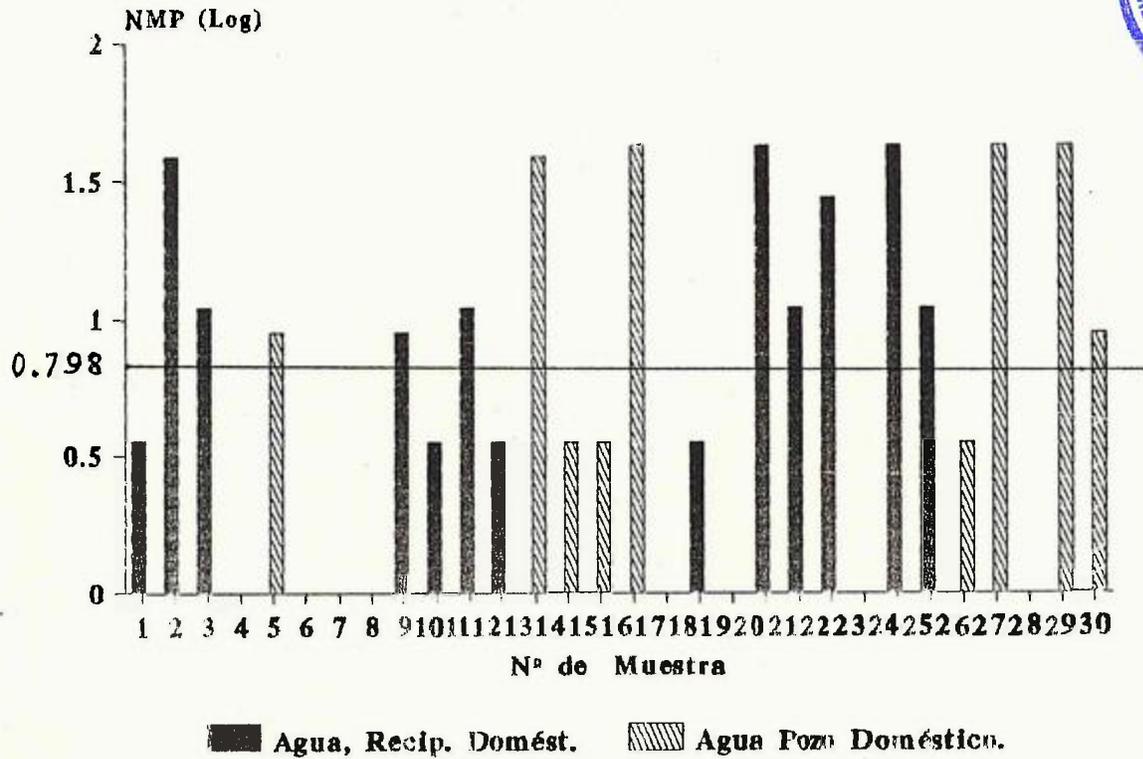


FIGURA NO 13. Representación gráfica de los logaritmos de Log NMP de las muestras de agua procedentes de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico de las áreas abastecidas por las diferentes plantas de bombeo.

Valor Limite Permisible.

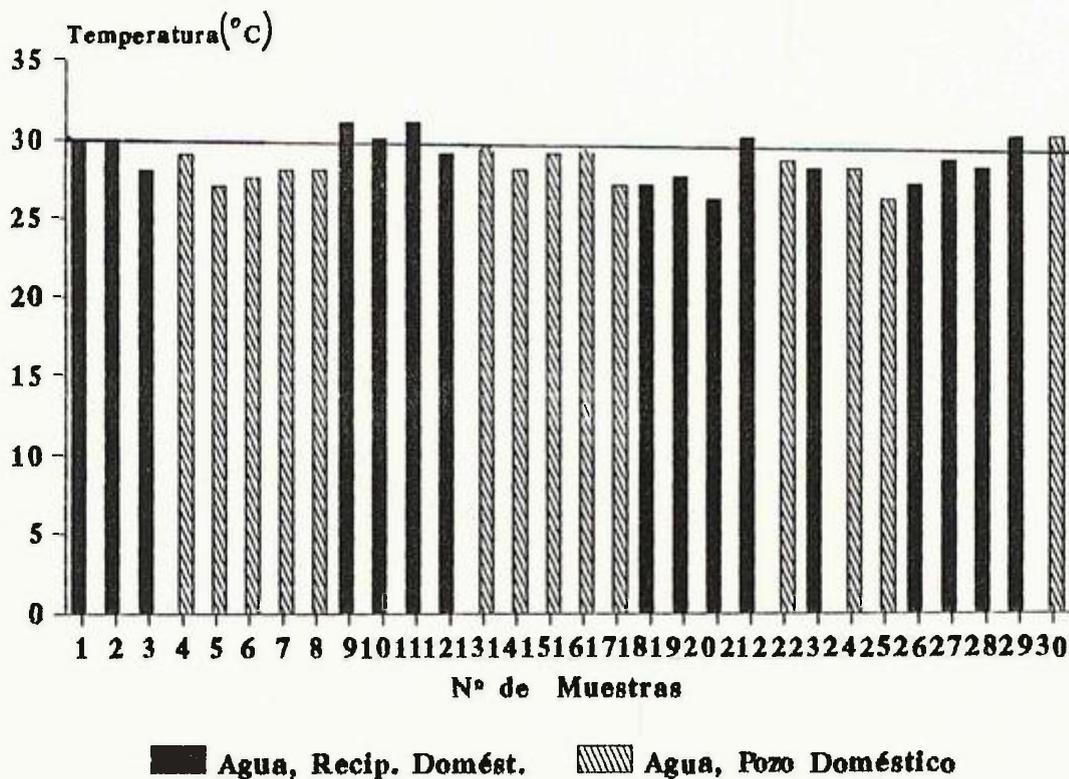


FIGURA Nº 14. Temperatura (determinada en °C), de las muestras de agua procedentes de los pozos y recipientes de almacenamiento domestico, y su comparación con el valor limite: 30 °C establecido por el Banco Mundial (1974).

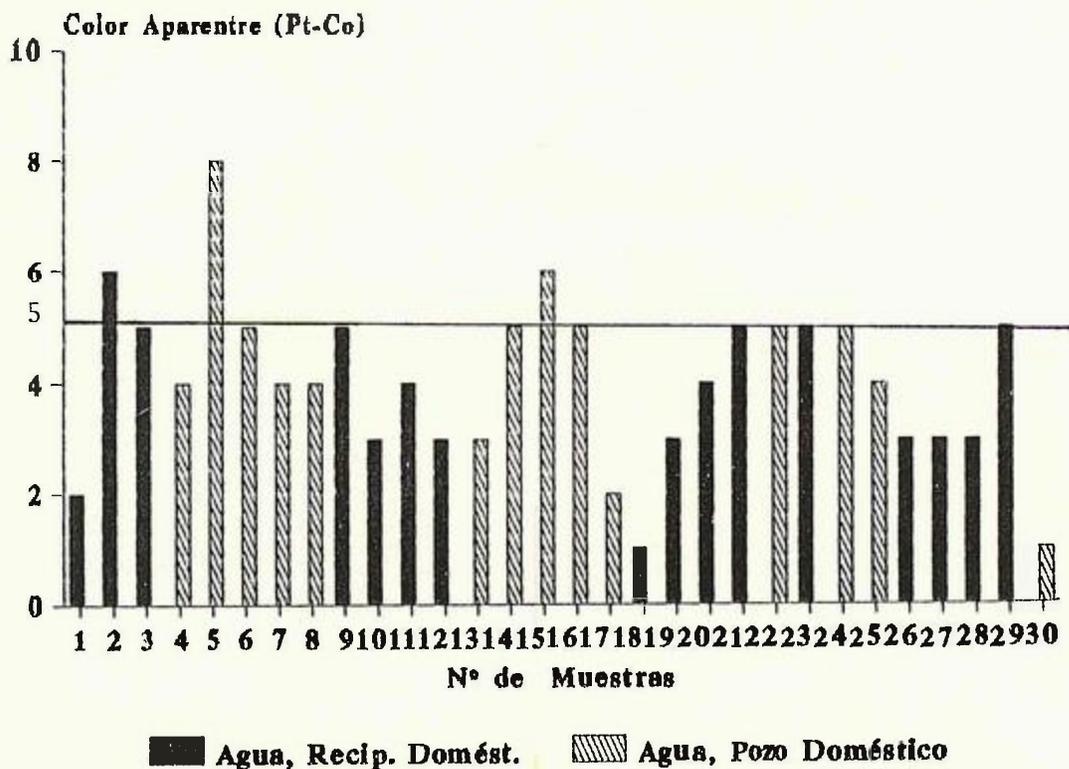


FIGURA Nº 15. Color aparente determinada por el aparato de Hach, en unidades de Pt-Co, de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento domésticos, comparado con el valor limite permisible: 5 unidades Pt-Co, establecido por la OMS, (1972).

— Valor Limite Permisible.

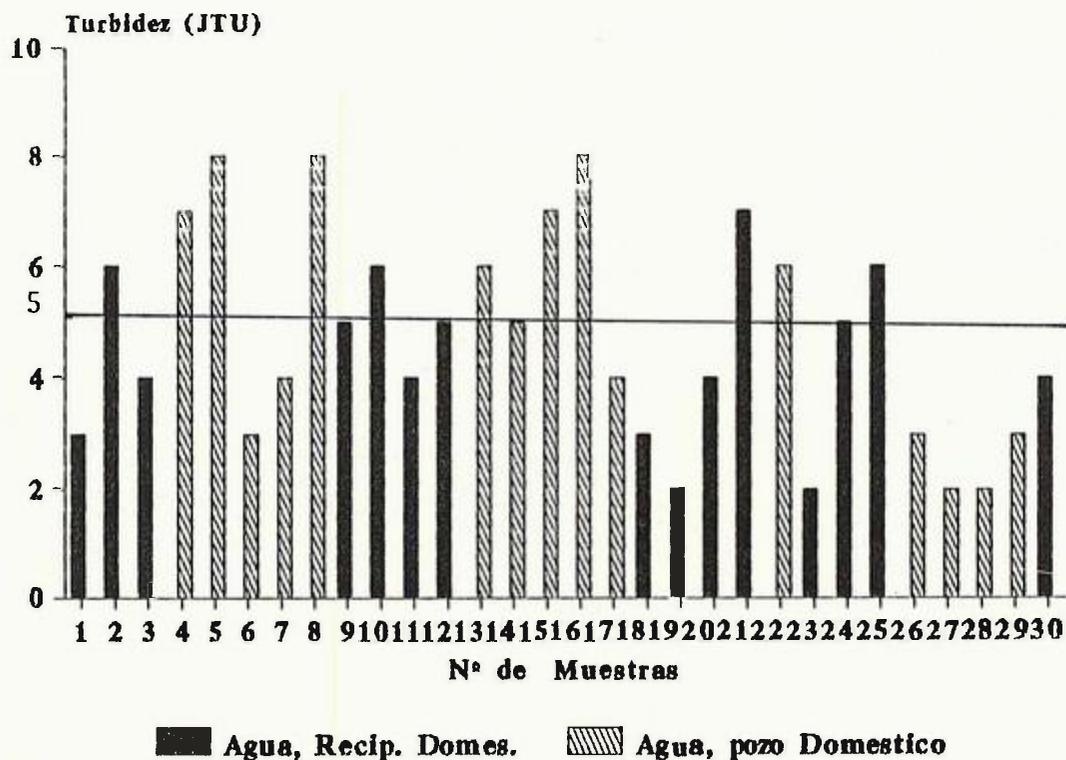


FIGURA Nº 16. Turbidez, determinada por el aparato de Hach, en unidades de JTU, de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico, comparada con el valor límite permisible: 5JTU, establecido por la OMS. (1972).

— Valor Limite Permisible.

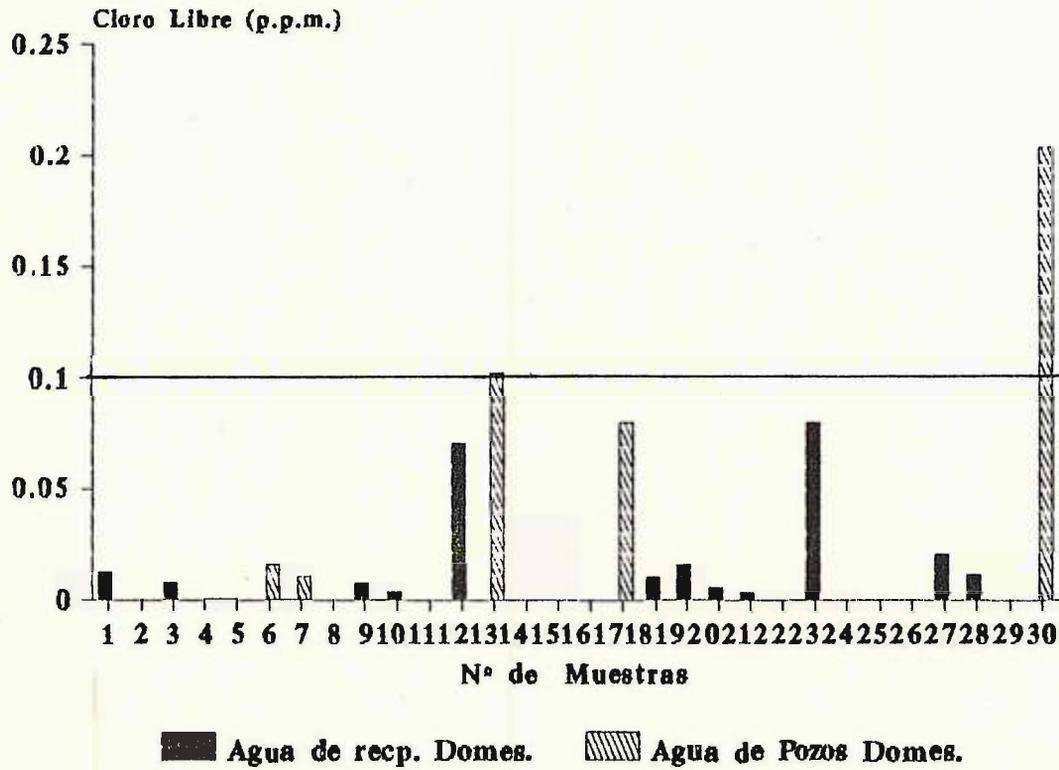


FIGURA NO 17. Concentración de cloro libre, determinado por el aparato de Hachen p.p.m., de las muestras de agua procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico y su comparación con el valor limite: 0.1 p.p.m., establecido por la OMS. (1972).

— Valor Limite Permisible.

35
DISCUSION



Los resultados obtenidos en los análisis bacteriológicos del agua distribuida a través de las 6 plantas de bombeo en el municipio de San Miguel, revelan que el agua de consumo que ésta institución sirve, no presenta ningún tipo de contaminación bacteriológica, lo cual se puede observar (en la Tabla Nº 3), por medio de las pruebas presuntiva, número más probable y recuento total bacteriano: que resultaron con valores de 0.0 en todas las muestras tomadas tanto a 10 como a 50 metros de la planta de bombeo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Contreras, (1978); y Barraza & Vásquez, (1988), quienes detectaron que el agua de consumo distribuida por ANDA, en el área metropolitana de San Salvador, estaba exenta de contaminación bacteriológica.

Al evaluar las características organolépticas: olor, sabor, color aparente, turbidez y temperatura; se tomaron como base los valores límites permisibles establecidos por la OMS (1972) y Banco Mundial (1974). Para la característica olor; la OMS establece que sea no objetable; en la Tabla Nº 4 y Fig. 3, 4, 5, 6, 7 y 8 de los resultados, se observa que todas las muestras procedentes del sistema de ANDA (a 10 y 50 metros de la planta de bombeo); cumplen con este criterio. Sin embargo, con



respecto al sabor: las muestras 1, 2, 7, 9 y 18 presentaron sabor a cloro en los análisis de agua realizados a ambas distancias de la planta de bombeo; lo cual se debe a que la concentración de cloro libre en estas muestras sobrepasa el valor límite; proporcionándole al agua un sabor objetable por lo que no son aptas para el consumo.

Con respecto al color aparente (color de la muestra sin filtrar ni centrifugar); la OMS (1972; citado por Contreras 1978); establece como criterio deseable para este parámetro, un valor máximo de 5 unidades de color (Pt - Co) en las aguas de consumo. En los resultados obtenidos en el agua del sistema de distribución de ANDA, (Tabla 4, Fig. 3), se detecta que las 24 muestras estudiadas cumplen con el parámetro permisible. Lo cual concuerda con el criterio que el agua de pozos profundos es incolora Catalán La Fuente (1969; citado por Contreras, 1978).

En relación a la turbidez, la OMS (1972); establece un valor límite permisible de 5 JTU; en la Tabla Nº 4 y Fig. 4; se observa que todas las muestras se encuentran dentro de este límite. Además esto indica que las muestras están libres de material sólido en suspensión y que son aptas para el consumo humano con respecto a este parámetro.

Es importante determinar la temperatura ambiente, debido a su influencia en los cambios en la temperatura del



agua. Por otra parte, la temperatura para el agua de consumo, no debe ser superior a los 30°C (Banco Mundial, 1978), y no deben ocurrir cambios que produzcan efectos en el sabor, en el olor o en la composición química del agua. En la Tabla Nº 4 y Fig. 5: se observa que 20 de las muestra analizadas cumplen con el valor limite a diferencia de las muestras 3, 4, 7 y 17, que exceden este valor. Sin embargo, esto no tuvo efectos apreciables en el olor y sabor del agua, resultados similares se encontraron a 50 metros de la planta de bombeo (Tabla No. 5 y Fig. 6, 7 y 8).

El control del pH es importante debido a que interviene en los procesos de tratamiento del agua, y el criterio deseable establecido por El Banco Mundial (1974): es de 6-8.5: de acuerdo a esto se observa en la Tabla Nº 6 y Fig. 9: que todas las muestras del sistema de distribución de ANDA (a 10 y a 50 metros de la planta de bombeo) se encuentran dentro del limite establecido por lo que se considera apta para el consumo.

El cloro es el elemento más corrientemente utilizado para la desinfección, porque ha desempeñado un papel fundamental en la prevención de las enfermedades transmitidas por el agua de consumo. La acción del cloro sobre el organismo humano es nula, cuando se ingiere en cantidades pequeñas inferiores a 0.2 p.p.m. concentración a



partir de la cual se observa un sabor objetable en el agua, produce efecto laxante (en niños principalmente), provoca escosor y altera el color de la piel, del cabello, provoca cáncer pulmonar, cálculos renales y biliares (Juárez¹, 1993, comunicación personal). De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras de agua procedentes de la red de distribución de ANDA, se observa en la Tabla Nº 6 y Fig. Nº 10; que de las 24 muestras analizadas, la 12, 13, 19, 22 y 23; se encuentran dentro del valor límite establecido por el Banco Mundial (1974); que es de 0.1 p.p.m.; el resto de muestras sobrepasan este valor; especialmente la 1, 7 y 18; las cuales resultaron con las concentraciones más altas razón por la que se les detectó sabor objetable. Las concentraciones superiores al límite permisible obedece probablemente a que no se homogenizó la mezcla del hipoclorito de sodio con el agua en el tanque clorinador, lo que provoca que al inyectar la solución en la red de distribución de agua, esta mezcla entra al sistema con concentraciones ya sea bajas o altas del mencionado compuesto

En relación al elemento plomo, el Banco Mundial (1974), establece una concentración máxima tolerable de 0.1 p.p.m.; y un valor deseable de 0.0 porque en

¹ Lic. Mauricio Juárez 1993. Técnico responsable del Departamento de Control Sanitario de ANDA. Región Oriental.



concentraciones mayores se acumula en el organismo pudiendo producir envenenamientos severos conocidos como Saturnismo (Contreras, 1978). En la Tabla Nº 6, se exponen los resultados obtenidos de las concentraciones de plomo de las muestras (a las mismas distancias), y en la Fig. 11, se comparan con el límite tolerable. Se observa que todas las muestras presentan concentraciones de plomo inferiores al valor límite permisible, con valores que oscilan entre 0.008 p.p.m. (muestra 23), a 0.098 p.p.m. (muestra 11), por lo que son aptas para el consumo.

De acuerdo a lo establecido por la OMS (1972), la concentración máxima tolerable de arsénico en el agua de consumo es de 0.2 p.p.m., y como criterio deseable su ausencia total. En la Tabla Nº 6 y en la Fig. Nº 12, se observa que los resultados de la muestra a 50 metros, en general presentaron valores de concentración de arsénico que son inferiores al criterio establecido por la OMS. Por lo que se deduce que el agua que se distribuye en el Municipio de San Miguel, puede contener contaminación de origen volcánico (por el arsénico acumulado en el manto freático que contiene roca volcánica). De igual forma en el municipio de San Jorge (a 19 km de San Miguel), se ha encontrado este elemento en el agua de consumo debido probablemente a que se encuentra sobre las faldas del volcán Chaparrastique y los mantos acuíferos de esta zona pueden contaminarse por sustancias de origen volcánico; entre ellos el elemento arsénico. Igualmente Contreras

(1978), reporta concentraciones de arsénico superiores al valor máximo tolerable de este en el agua de consumo distribuida por ANDA, en el área metropolitana de San Salvador, lo que atribuyó a que parte del agua distribuida procedía del lago de Ilopango; que es de origen volcánico. Por lo que se considera apta para el consumo humano. De acuerdo al criterio de la ausencia total del mencionado elemento, entonces ninguna de las muestras analizadas es apta para el consumo porque todas presentaron arsénico en pequeñas concentraciones.

Respecto a lo biológico, los resultados de la prueba presuntiva, número más probable (NMP), recuento total bacteriano (RTB), prueba completa, prueba confirmada y pruebas diferenciales, de las muestras tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico (Tablas Nº 7, 8, 9 y Fig. Nº 13, reflejan que las muestras 4, 6, 7, 8, 17, 19, 23 y 26 resultaron con 0.0 en el valor del NMP y RTB, por lo que son aptas para el consumo, porque cumplen el valor límite establecido. Sin embargo, el resto presentaron contaminación por coliformes: tal es el caso de las muestras 16, 20, 24 y 27, que reflejan los índices más altos en ambos parámetros, y se puede observar que dos de las mismas corresponden a pozos domésticos sin tratamiento químico y las otras proceden de recipientes domésticos destapados (sin ninguna protección), lo cual se comprueba que los deficientes hábitos sanitarios influyen en la





contaminación del agua.

Se comprobó que de los 14 pozos domésticos estudiados, el 35.7% es tratado químicamente para purificar el agua. La diferencia resultó significativa al aplicar el ANAVA (al 5% de significación), con respecto al hábito de no purificarlo que resultó en el 64.2%. También se detectó, que las muestras de los pozos tratados presentaron coliformes totales en un 60% y el 40%, presentó coliformes fecales, en comparación con las segundas muestras que resultaron con el 88.8% de coliformes totales y el mismo porcentaje de coliformes fecales (Tabla Nº 10). Además, se observó que la bacteria *Escherichia coli* predominó en un 20.0% en los pozos tratados y en el 39.2% de los no tratados (Tabla Nº 11).

En las 16 muestras procedentes de los recipientes domésticos se puede observar en la Tabla Nº 7 que las muestras 19, 23, y 28 resultaron con valor 0.0 en el NMP y RTB y corresponden a los recipientes tapados, el resto de las mismas resultaron contaminadas por coliformes. En estos datos se refleja también que los hábitos sanitarios son deficientes.

Se comprobó además, que de las muestras almacenadas en los recipientes domésticos; el 87.5% presentó contaminación por coliformes totales; y el 81.2 % por coliformes fecales;

predominando la bacteria E. coli: en un 56.2%. lo que permite afirmar que las muestras estaban contaminadas con material fecal en el mismo porcentaje (Tablas Nº 10 v 11)



Al establecer el grado de asociación, entre el NMP y el RTB obtenidos en las muestras procedentes de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico: se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, se obtuvo un valor correlativo de $r = 0.83$ (Tabla 21), para los valores obtenidos de las muestras de pozos domésticos y un resultado $r = 0.82$ (Tabla 22), para las muestras de los recipientes domésticos. A partir de lo que se puede afirmar que el grado de asociación entre estas variables (NMP Y RTB) es alto en ambos casos y además la confiabilidad de los coliformes como indicadores de contaminación fecal, y por lo tanto la presencia de bacterias patógenas. Lo que concuerda con APHA (1963, 1975); Cañas, (1984 a); Mc Junkin, (1986); Barraza & Vásquez, (1988).

Los análisis referentes a la temperatura se observa (en la Tabla No. 12 y Fig. 14) que las muestras 9 y 11 reflejan los valores más altos (en cuanto a este parámetro) y corresponde a muestras de pozos domésticos.

En lo referente a la evaluación del color aparente en la Tabla Nº 12 y Fig. 15 de resultados se observa que de los muestreos de los pozos domésticos las muestras 5 y 15

sobrepasan el valor límite permisible establecido por la OMS (1972); para este parámetro. En las muestras de recipientes, únicamente la 2 sobrepasó el valor límite



Respecto a la turbidez de las muestras mencionadas (Tabla Nº 12 y Fig. 16), las muestras 2, 4, 5, 8, 10, 13, 15, 16, 21, 22 y 25, sobrepasan el valor límite permisible establecido por la misma institución de salud. Los valores altos de turbidez (de las muestras 2 y 10), de las muestras procedentes de los recipientes domésticos obedeció probablemente a que en la mayoría de los casos estudiados: estos se encontraban revestidos en las paredes internas: con material mucilaginoso: probablemente de origen bacteriano. En lo que respecta a la turbidez del agua de los pozos domésticos, probablemente obedezca a que muchas veces no son protegidos o tapados por lo que pueden llegar partículas extrañas al interior de los pozos y contaminarlo; presentando valores de turbidez superior al límite establecido por la OMS, como en el caso de las muestras 4, 5, 8, 13, 15, 16 y 22.

En la Tabla Nº 12 y Fig. 17, se presentan los resultados de la concentración de cloro libre, presente en las muestras de pozos o recipientes de almacenamiento doméstico; pudiéndose observar que en las muestras 13 y 30 (de pozo): las concentraciones de cloro libre sobrepasan el valor límite: lo que probablemente se deba a la falta de información que tienen los usuarios acerca de las

concentraciones adecuadas de aplicación de cloro al agua. En las muestra de los recipientes de almacenamiento domestico, (agua de ANDA, almacenada en recipientes) se observó que todas las muestras presentaron concentraciones de cloro libre inferior al valor limite (0.1 p.p.m.); lo cual puede ser el resultado de los deficientes hábitos sanitarios de almacenamiento del agua: como es el de no lavar adecuadamente estos recipientes (como se discute más adelante); provocando que la sustancia mucilaginosa presente en las paredes de los mismos, reaccionen con el cloro libre (que contiene el agua de la red de ANDA, antes de ser almacenada domiciliarmente); disminuyendo así su concentración en el agua de consumo.

Respecto a la encuesta (Anexo 3), llevada a cabo para evaluar algunos aspectos sanitarios de la población de las zonas vecinas a las plantas de bombeo. Se puede observar, en la Tabla Nº 13: que el 75% de la población estudiada (114 familias); toma el agua de la red de distribución de ANDA, sin embargo el 25% restante se abastece de pozos domesticos, de los cuales el 3.8 % son tratados quimicamente con hipoclorito de calcio para su potabilización; mientras que el 22.9 % restante no es tratado. Al aplicar el ANAVA al 5 % de significación resulto una diferencia significativa (F crítico $<$ F calculado) entre la obtención de agua de la red de ANDA v la de obtenerla de pozos domesticos.





En el presente trabajo se observa que el agua de esta libre de contaminación bacteriológica; sin embargo, la forma de manipuleo es determinante en la calidad sanitaria de la misma.

Para evaluar la forma de manipuleo del agua de consumo obtenida de la red de ANDA (por los habitantes de las zonas aledañas a la planta de bombeo) y su influencia en la contaminación, se tomó en cuenta la forma de almacenamiento y protección del agua de los recipientes domésticos (Tabla Nº 14), y se encontró que el 48.6% de la población tapa el recipiente, mientras que el 51.3%, no lo tapa; al aplicar ANAVA (con la misma significación) se determinó que no existe diferencia significativa entre estas dos variables (F crítico $>$ F calculado) por lo que las diferencias observadas corresponden al azar.

Otro de los aspectos evaluados fue el tiempo de almacenamiento del agua en los recipientes (Tabla Nº 15); y se detectó que el 78.4% de los habitantes de la zona estudiada tiene el hábito de cambiar el agua en un tiempo menor o igual a dos días (se sumaron los resultados de los que la almacenan 1 día y los que lo hacen por 2 días); en cambio el 21.5% la almacena por más de dos días. Al aplicar el ANAVA al 5% se encontró que existe diferencia entre las dos variables (F crítico $>$ F calculado). Estos resultados difieren notablemente a los obtenidos por Barraza & Vásquez

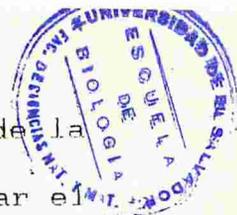


(1988): quienes reportaron que en las comunidades marginales de "Soyabango"; el 64.5% de la población cambia a diario el agua almacenada en las viviendas; diferencia que obedece probablemente a que el suministro de agua de esa zona sea más eficiente que en el área urbana del municipio de San Miguel.

La limpieza del recipiente de almacenamiento es otra de las medidas sanitarias de manipuleo del agua que se evaluó. En la Tabla No. 16 se muestran los resultados obtenidos observándose que el 22.2% de la población estudiada (144 familias) tiene el hábito de lavar los mismos con agua y jabón, mientras que el 62.5% sólo utiliza agua, y el 15.2% restante no los lava. Al aplicar el ANAVA se encontró una diferencia significativa entre la práctica de usar jabón como desinfectante y la de no utilizarlo.

Además a través de la misma encuesta se comprobó que de las 144 familias el 22.2% reveló tener el hábito de hervir el agua, mientras que el porcentaje restante (77.8%) no la hierve (Tabla No. 17). Lo cual resultó con una diferencia significativa al aplicar el ANAVA (Tabla No. 20).

Otro aspecto sanitario estudiado fue el hábito de lavarse o no las manos después de defecar (Tabla No. 18); resultando que el 15.2% se lava con agua y jabón; en tanto



que el 27.1% se lava sólo con agua; y el 57.6% de la población estudiada, revelo no lavarse. Al aplicar el ANAVA, (a un nivel de significación del 5%); se encontro una diferencia significativa (F critico $<$ F calculado); entre estas dos variables. La forma que el agua se puede contaminar (por la deficiencia en esta medida sanitaria); es a traves de la práctica de coger el agua de los recipientes de almacenamiento doméstico, utilizando cualquier trasto (vaso, taza, etc.: para beberla o para otro uso), al realizar esto, los dedos de las manos (muchas veces contaminadas con material fecal), hacen contacto con el agua y probablemente la contaminan con bacterias provenientes de las heces.

Otro de los aspectos estudiados en la encuesta fué la incidencia de enfermedades diarréicas (Tabla Nº 19), en la población estudiada; detectandose 122 casos diarréicos en miembros de las 144 familias encuestadas; 81 de estos casos corresponden a niños (menores de 5 años) y 41 casos pertenecen a personas adultas. Esto concuerda con lo expuesto por Yanes, (1990); que afirma la tercera causa de muerte en los niños de El Salvador son las diarreas. El mayor número de casos encontrados corresponde al sector de la planta de bombeo "Belén"; con 18 casos de las 24 familias estudiados en esa zona. Resultados similares reportaron Barraza & Vásquez (1988); Contreras (1978); en estudios realizados en comunidades marginales de San Salvador.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- Las muestras de agua de consumo tomadas directamente de la red de distribución de la administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), no presentaron contaminación por bacterias coliformes por lo que se consideran aptas para el consumo humano en relación a este parámetro.

- En el 75% de las muestras intradomiciliarias que resultaron contaminadas, las bacterias predominante fueron: *Escherichia coli* en un 38.5% y *Aerobacter aerogenes*, en un 19.4%. en base a lo que se puede afirmar que el 57.9% de las muestras analizadas se encontraban contaminadas con material fecal y que las formas sanitarias de obtención y manipuleo del agua de consumo son deficientes. Por lo que se sugiere a ANDA: mejorar el suministro de agua en las zonas estudiadas; para evitar que los habitantes de las mismas tomen el agua de fuentes insalubres.



- Al evaluar las características físicas (color, color, sabor, turbidez y temperatura) del agua de consumo distribuida por ANDA, en el municipio de San Miguel se comprobó: que las muestras estudiadas presentaron valores inferiores o iguales a los límites establecidos por las instituciones de salud, por lo que se consideraron aptas para el consumo humano.

- Las muestras de agua procedentes de los pozos y recipientes de almacenamiento doméstico, sobrepasan los niveles permisibles en relación a las variables color aparente y turbidez. Lo cual es índice de pobres hábitos higiénicos en la obtención y tratamiento del agua de consumo. Por lo que se sugiere a instituciones como el Ministerio de Salud Pública, el Ministerio de Educación y la Universidad de El Salvador, unir esfuerzos para realizar una orientación sanitario-ambiental integral, involucrando para ello a todos los sectores profesionales como Biólogos, Médicos, Psicólogos, Comunicadores, etc. con el fin de buscar y ejecutar acciones para solucionar en parte uno de los problemas más serios que afronta nuestro país El Salvador; como lo es el problema de la salud.



- En relación a la variable pH se encontró que todas las muestras analizadas son aptas para el consumo porque se encuentran dentro del rango permisible.

- El 79.1% de las muestras tomadas directamente de la red de ANDA presentaron excesos en la concentración de cloro libre. Por lo que no se consideraron aptas para el consumo humano y se recomienda a dicha institución realizar un estudio previo del agua a tratar para determinar la concentración de cloro libre que demanda el agua a purificar; y de esta manera evitar excesos en la concentración de este elemento.

- En las muestras tomadas de los pozos o recipientes de almacenamiento doméstico se detectaron valores inferiores en la concentración del cloro libre.

- Las concentraciones de los elementos plomo y arsénico determinados en las muestras procedentes de ANDA resultaron inferiores al valor límite permisible establecido por las instituciones de salud citadas. Sin embargo, no se consideran aptas para el consumo humano con respecto a estos

parámetros debido a que se encontraron en concentraciones tales que al acumularse en el organismo humano (por no ser biodegradables), aumentarán y se volverán nocivas. Por lo que se recomienda a ANDA emplear medidas de control para eliminar estos elementos del agua de consumo. Entre estas se puede emplear la utilización de destiladores solares. También se sugiere a los habitantes de la zona estudiada emplear destiladores solares domésticos para purificar el agua que se obtienen para su consumo.

- Los habitantes de la zona urbana del municipio dependen de los suministros de agua subterránea dado que se han agotado las aguas superficiales de esta zona debido a la deforestación por lo que se recomienda a los mismos (y en general a la población de nuestro país), apoyar, promover y colaborar en las campañas de reforestación con el fin de aumentar el régimen de lluvia, la retención de agua subterránea y la recuperación y aumento de los caudales de los ríos, para que se disponga de un mejor suministro de agua en el área estudiada.





ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS. 1987. Manual de Práctica y
Vigilancia de las Operaciones. Diseño y
tratamiento de las plantas de Bombeo de agua de
Consumo Doméstico. San Salvador. El Salvador. 105
pp.

ALEGRIA, J.R. 1987. Análisis Bacteriológico de
Muestras de "Conchas" *Andara tuberculosa*
Sowerby, Colectadas en la Bahía de "Jiquilisco".
Departamento de Biología. Facultad de ciencias y
Humanidades. Universidad de El Salvador (Tesis de
Licenciatura). 79 pp.

ALMANAQUE MUNDIAL. 1991. Arias Fabrega & Fabrega.
Editorial América.S.A. de C.V. Panamá. Rep. de
Panamá. 592 pp.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1963. Métodos
Standad para el Examen de Aguas de Desechos. 11ª
Ed. Editorial Interamericano, México, D.F. 609
pp.

..... 1975. Métodos Standad para el Examen de
Aguas y Aguas de Desechos. 13ª Ed. Editorial
Interamericana. México D.F. 603 pp.

AYALA, A.M. & C.J. GUEVARA. 1989. Manual Práctico de Laboratorio Clínico. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador. 132 pp.



BANCO MUNDIAL. 1974. Consideraciones Ambientales de Salud y Ecología en Proyectos de Desarrollo Económico. Washinton D.C. p. 110-1124

BARRAZA, J.E. & M. VASQUEZ. 1988. Diagnóstico en Algunas Comunidades Marginales del Area de San Salvador. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad de El Salvador (Tesis de Licenciatura). 80 pp.

CANAS, S.A. 1984a. Saneamiento Ambiental: Como Medida de Protección Especifica Dentro de la Prevención Primaria. Facultad de Medicina. Universidad de El Salvador. 4 pp.

CASTANEDA, M.I. 1981. Estadística General. Vol II 2ª Ed. Editorial UCA. San Salvador, El Salvador. 116 pp.

CATALAN LA FUENTE J.G. 1969. Química del Agua. Editorial Blume. 1ª Ed. Madrid, España. 1069 pp.

CENTRO DE INVESTIGACION Y ENTRENAMIENTO PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA. 1983. Microbiología y Aplicaciones en los Procesos Biológicos de Tratamiento de Agua. México D.F. 932 pp.



CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. 1979. Métodos de Laboratorio para el Control de la Calidad del Agua de Consumo. OPS. Publicación Científica Nº 402. México D.F. 82 pp.

CHRISTIAN, G.D. 1981. Química Analítica. 2ª Ed. Editorial Limusa. México, D.F. 684 pp.

CONTRERAS, M.E. 1978. Análisis Microbiológico y Físico-Químico de Agua Potable en el Área de San Salvador. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad de El Salvador (Tesis de Licenciatura). 74 pp.

DE AMORIN, V.. 1985. Situación y Proyecciones del Abastecimiento de aguas y Disposición de Excretas en Áreas Periurbanas y Rurales de El Salvador. Primer seminario Taller: Abastecimiento de Agua Potable y Saneamientos de Áreas Urbanas Marginales. 76 pp.

DESPERTAD. 1992. Editorial Ultramar S.A. de C.V.
México D.F. Vol. 73. Nº 22. 31 pp.



DIGESTIVE FERMENT COMPANY. 1984. Medios de Cultivo
Deshidratados y Reactivos para Microbiología. 10ª
Ed. Laboratories Inc. Detroit. 1166 pp.

GONZALES, R.G.; M.I. TAYLOR & G. ALFARO. 1982. Estudio
Bacteriológico del Agua de Consumo en una
Comunidad Mexicana Boletín de la Oficina
Sanitaria Panamericana, 93(2): 127-140.

HELMER, R. 1975. La Lucha Contra la Contaminación del
Agua. Crónica de la OMS 29: 465-472.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL PABLO ARNOLDO GUZMAN.
1978. Mapa Geográfico del Departamento de San
Miguel. Ministerio de Obras Públicas. San
Salvador. Escala: 1:250.000.

KOOSIS, D.I. 1974. Elementos de Inferencia
Estadística. Editorial Limusa. S.A. de C.v.
México, D.F. 802 pp.

MARTINEZ, J.M. 1973. Estudios Epidemiológico de
Disenteria Bacilar. Bol. Oficina Sanitaria
Panamericana 75(3):213-224.

MC. JUNKIN, F.E. 1986. Agua y Salud Humana. Editorial
Limusa S.A. de C.V. México, D.F. 231 pp.



MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL.
1986. Informe sobre Enfermedades Diarréicas en la
Población Infantil. Resumen de Seminario del
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
de El Salvador. 122 pp.

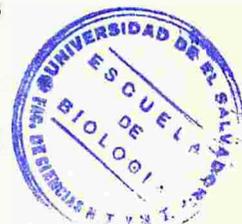
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA
AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1976. Conferencia
Técnica de la FAO sobre la Acuicultura. Roma,
Italia. 10pp.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. 1965. Equipe de
Consultoria sobre Doencas Diarréicas de OMS en
Cooperacao com o Ministerio de Saude Venezuela.
40 pp.

_____1972. Evaluación de Diversos Aditivos
Alimentarios. Serie de Informes Técnicos, Nº 505.
Ginebra. 26 pp.

_____1985. Vigilancia de la Contaminación del
Medio Ambiente en Relación con el Desarrollo.
serie de Informes Nº 718. 71pp.

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. 1985. Guías para la Calidad del Agua Potable. Recomendaciones. Publicación Científica Nº 4811 Vol. 1. 135 pp.



_____ 1987. Proyecto: Suministro de Agua y Saneamiento a Poblaciones Afectadas. Coordinación con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Plantel "El coro" El Salvador. C.A. 1340 pp.

_____ 1993. Informes sobre la Incidencia de "El Cólera" en El Salvador. Informe Semanal de PRODERE. Programa de Desarrollo para Desplazados Refugiados y Repatriados, para El Salvador y C.A. Nº 532. 11-12 pp.

PELCZAR, M.J. R.D. ROGER & T. CHAN. 1982. Microbiología 4ª Ed. Me. Graw Hill. México, S.A. de C.V. 326 pp.

REPPETO, G. & A.C. MORAN. 1989. Apuntes sobre la Calidad de las Aguas de Uso Potable. Cooperación Italiana. Proyecto de Salud Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 104 pp.

REYES, A.J. 1980. Bioestadística Aplicada. Ed. Trillas S.A. de C.V. México, D.F. 216 pp.

SANCHEZ, G.G. 1973. Informe sobre la Calidad Bacteriológica de las Aguas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Servicio Hidrológico de El Salvador. 28 pp.



SANCHEZ, P.A. 1982. Manuales para la Educación Agropecuaria. Ed. Trillas, S.A. de C.V. México, D.F. 123 pp.

TEBBUT, T.H. 1990. Fundamentos de Control de la Calidad del Agua. 1ª Ed. Editorial Limusa. México D.F. 632 pp.

YANEZ, J. 1990. Mortalidad en Peditria en los Ultimos 5 años. Trabajo Retrospectivo. 1986-1990. Hospital San Juan de Dios de San Miguel. 23 pp.



ANEXOS



ANEXO : 1

PROFUNDIDAD Y NUMERO DE POZOS PERFORADOS EN CADA PLANTA DE BOMBEO .

PLANTA DE BOMBEO	NUMERO DE POZOS	RANGO DE PROFUNDIDAD	UBICACION
"HIRLEMAN"	3	59.4 - 99 mts	Decima calle pte, a 150 m de Roosevelt, Colonia "Hirleman" San Miguel.
"EI JALACATAL"	3	22.4 - 86 mts	Cantón el "Jalacatal", a 200 m de calle Ruta Militar, San Miguel.
"LA PAZ"	3	84.43-106.4 mts	Final 17 calle poniente y avenida Roosevelt, San Miguel.
"BELEN"	3	27.43-64.1 mts	Colonia "Belen", 9a. y 2a. avenida Sur, San Miguel.
"SAN CARLOS"	3	121.42 mts	Colonia "San Carlos" a 250 m de la intersección entre final 5a. avenida Norte y la calle Ruta Militar, San Miguel.
"EL MOLINO"	3	22.86 mts	Colonia "El Molino", 18 calle Poniente, San Miguel.

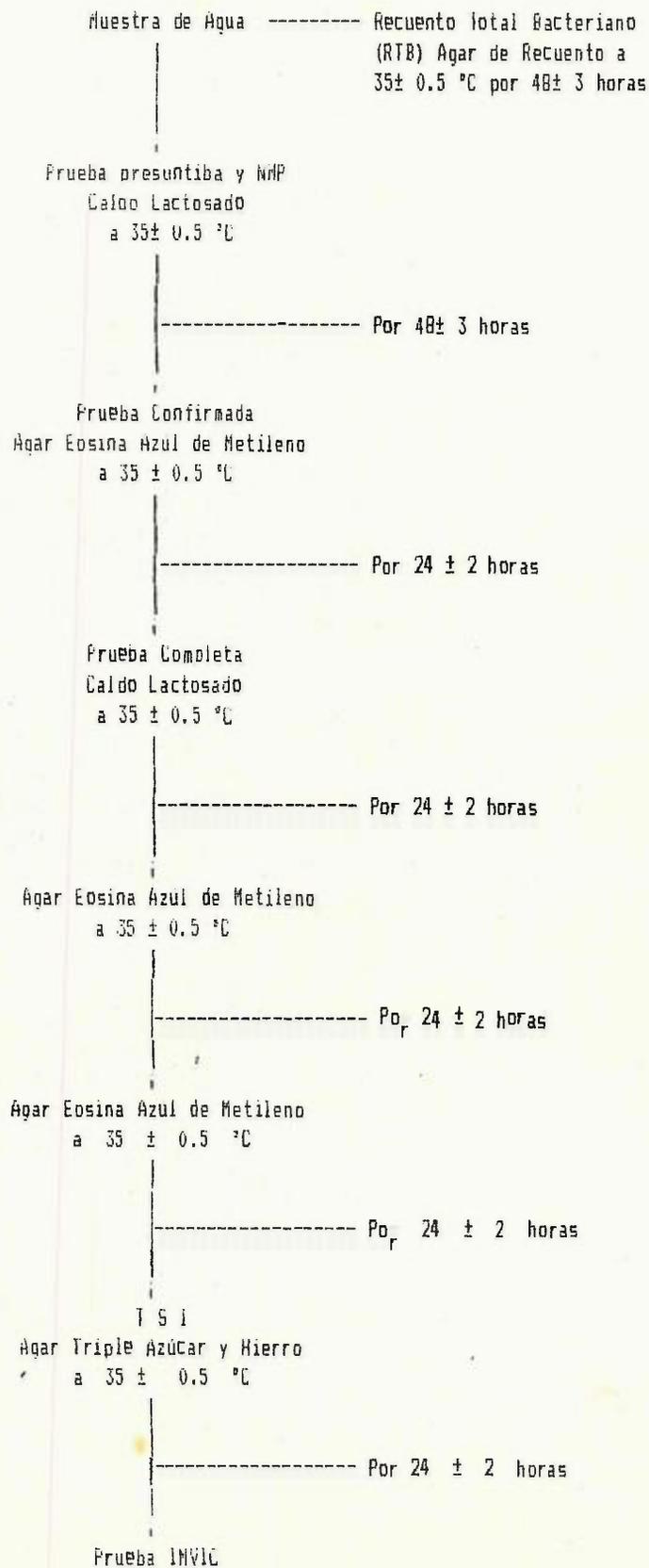
ROFORCIONADO POR: ANDA; BANCO DE DATOS DE POZOS PERFORADOS PLANTEL

"EL CORD", 1987

(los pozos que tienen un solo valor, tienen igual profundidad).

ANEXO : 2

ESQUEMA DE LA SECUENCIA DE LAS DIFERENTES PRUEBAS EMPLEADAS EN LA TECNICA DE TUBOS MULTIPLES.



ANEXO : 3

ENCUESTA.



Fecha _____ Hora _____

Municipio _____

Planta de Bombeo _____

1- Fuente de obtención del agua de consumo
Pozo : _____ Red de distribución ANDA _____

2- Si es de pozo ¿tiene tratamiento químico para desinfectante?
Si _____ No _____

Protección del Pozo:
Tapado _____ despatapo _____

3- Forma de Almacenamiento del agua:
Recipiente tapado _____ recipiente destapado _____

4- Limpieza del recipiente:
Agua y jabón _____ agua _____ nada _____

5- Tiempo del almacenamiento del agua _____

6- Casos diarréicos:
Niños _____ adultos _____

7- Hábitos de lavarse las manos después de defecar:
agua y jabón _____ sólo agua _____ nada _____