

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**DETERMINACION DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y
MICROBIOLOGICOS EN AGUA UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO
DISTRIBUIDA EN LA CIUDAD DE SENSUNTEPEQUE DEPARTAMENTO
DE CABAÑAS**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

RIGOBERTO ANTONIO CAMPOS MARAVILLA

TATIANA RAQUEL PARRAS GALVEZ

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

MAYO DE 2009

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSc. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo.

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano.

ASESORA DE AREA DE MICROBIOLOGIA

MSc. Coralia De los Angeles González de Díaz.

DOCENTE DIRECTOR

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz.

AGRADECIMIENTOS

A NUESTRO DOCENTE DIRECTOR:

Lic. Guillermo Antonio Castillo Ruiz, por su asesoría, tiempo, apoyo, paciencia y dedicación para la realización de este trabajo.

A LA COORDINADORA GENERAL Y ASESORAS DE ÁREAS

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo, MSc Coralia de los Ángeles González de Díaz, Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano. Por sus observaciones y recomendaciones las cuales ayudaron a la realización del trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la elaboración de esta investigación. Nuestros más sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

- A DIOS TODO PODEROSO

Que permanece siempre en mi corazón y en mi vida para darme apoyo y sostenerme en la vida.

- A MIS PADRES

Ana Vilma Maravilla Martínez y José Alejandro Campos Ramírez por la paciencia y apoyo que me brindaron, a ellos dedico este triunfo.

- A MIS HERMANOS

Alejandro Edgardo Campos Maravilla y Jonathan José Campos Maravilla por todo el apoyo que me brindaron y por las veces que estuvieron a mi lado en los momentos que más los necesitaba.

- A MI COMPAÑERA DE TESIS

Tatiana Raquel Parras Gálvez por compartir el mismo objetivo y superar nuestras propias barreras.

- A MI FAMILIA

Quienes me acompañaron durante toda mi carrera y en especial a mi tío Rigoberto Campos Ramírez por su apoyo incondicional, muchas gracias.

Rigoberto Antonio Campos Maravilla.

- **DEDICATORIA A DIOS TODO PODEROSO**

Quien es mi constante apoyo en todo momento y permitió finalizar este logro esperado con ansias, a pesar de los obstáculos.

- **A MIS PADRES**

Antonio Alcides Parras Lizano y María Gloria Gálvez de Parras por el apoyo indispensable que me brindaron, a ellos dedico este triunfo.

- **A MI COMPAÑERO DE TESIS**

Rigoberto Antonio Campos Maravilla por compartir el mismo objetivo y superar nuestras propias barreras.

- **A MI FAMILIA**

Por su paciencia y apoyo incondicional en el desarrollo de esta investigación y contribuir a mi formación profesional.

Tatiana Raquel Parras Gálvez.

INDICE

	Pag.
Resumen	
Capitulo I	
1.0 Introducción	xvii
Capitulo II	
2.0 Objetivos	20
Capitulo III	
3.0 Marco teórico	22
3.1 Descripción	22
3.2 Generalidades del agua	22
3.3 Agua potable	23
3.4 Agua envasada (embolsada)	24
3.5 Parámetros físicos y organolépticos	24
3.6 Parámetros químicos	26
3.7 Norma Salvadoreña de agua de consumo humano NSO 13.17.01:04	30
3.8 Norma Salvadoreña obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02.98	32
3.9 Microbiología del agua	33
3.9.1 Principales enfermedades transmisibles a través del agua	34
3.10 Descripción y métodos de control de algunas enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada	34
3.11 Enfermedades asociadas con <i>E. coli</i>	38

3.12 Descripción de bacterias presentes en el agua	39
3.13 Bacterias heterótrofas	44
3.14 Técnica de filtración por membrana para miembros del grupo de coliformes	45
Capitulo IV	
4.0 Diseño metodológico	49
4.1 Tipo de estudio	49
4.2 Investigación bibliográfica	49
4.3 Investigación de campo	49
4.4 Parte experimental	49
4.4.1 Procedimiento de preparación de envase	52
4.4.2 Procedimiento de toma de muestra de grifo	53
4.4.3 Procedimiento de toma de muestra de una corriente o un depósito de agua (río, piscina y cisterna)	54
4.4.4 Toma de muestra de agua embolsada para análisis microbiológico y fisicoquímico	55
4.4.5 Parámetros fisicoquímicos	55
4.4.6 Parámetros microbiológicos	71
Capitulo V	
5.0 Resultados	78
Capitulo VI	
6.0 Conclusiones	109

Capitulo VII

7.0 Recomendaciones

113

Bibliografía

Glosario

Anexos

INDICE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Censo 2007 del departamento de Cabañas.
- 2 Preparación de reactivos.
- 3 Equipo, material y reactivos.
- 4 Imágenes de agua embolsada.
- 5 Toma de muestra de corriente.
- 6 Lista de morbilidad departamento de Cabañas.
- 7 Imágenes de parte experimental.
- 8 Cálculos.
- 9 Guía de prueba de olor.
- 10 Municipio de Sensuntepeque.
- 11 Ciudad de Sensuntepeque

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	página
1. Diferentes tipos de agua según la dureza	27
2. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica	30
3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas	31
4. Valores para sustancias químicas	31
5. Valores máximos admisibles para la calidad microbiológica	32
6. Valores para sustancias químicas	32
7. Valores para agua envasada	33
8. Enfermedades transmisibles a través del agua	34
9. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad fisicoquímica del agua de consumo humano	50
10. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua de consumo humano	51
11. Resultados fisicoquímicos para agua de río	80
12. Resultados microbiológicos para agua de río	85
13. Resultados fisicoquímicos para cisterna y piscina	89
14. Resultados microbiológicos para cisterna y piscina	93
15. Resultados fisicoquímicos para agua potable en abastecimiento por grifo	96
16. Resultados microbiológicos para agua potable en abastecimiento por grifo	100
17. Resultados fisicoquímicos para Agua embolsada	102
18. Resultados microbiológicos para agua embolsada	106

19. Población total por área de residencia, sexo, índice de masculinidad y porcentaje urbano, según departamento y municipio. Censo 2007.	120
20. Lista de morbilidad (perfil MSPAS) por sexo. Período del 01/01/2007 al 31/12/2007 departamento de Cabañas.	130
21. Tabulación de resultados de guía de olor.	140

ABREVIATURAS

NPM: Número más probable

ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

UNT: Unidad de Turbidez Nefelométrica

EDTA: ácido etilen diamino tetracético

ENT: Negro de Eriocromo T = 1-(1-hidroxi-2-naftolazo)-5-nitro-2-Naftol-4-sulfónico

FEM: fuerza electromotriz

mL: mililitro.

ppm: partes por millón.

USP: Farmacopea de los Estados Unidos de América

E.E.U.U: Estados Unidos de América

M.S.P: Ministerio de Salud Pública.

CTB: Cuenta total bacteriana

UFC/mL: Unidades formadoras de colonias por mililitro

OMS: Organización mundial de la salud

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

mg: Miligramos

mg/L : Miligramos por litro

LMM: Litmus milk médium (Medio leche litmus)

CMM: crossley`s milk médium

Km²: Kilómetros cuadrados.

E. coli: Escherichia coli

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de determinar si el agua potable que es ingerida por los habitantes de la Ciudad de Sensuntepeque es apta para consumo humano, mediante la realización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en muestras de agua tomadas en: a) Nacimiento del río Tronalagua, b) río ubicado a 70 mts. antes de planta de ANDA, c) piscina (que se encuentra al aire libre) que es abastecida por agua de río luego de pasar por el primer filtro, d) cisterna que es proveída por agua de piscina la cual ya ha pasado por un tratamiento de filtración y cloración, e) grifos de diferentes hogares en la Ciudad de Sensuntepeque.

En total se analizaron 40 muestras durante cuatro semanas (tercera y cuarta del mes de Julio y segunda y tercera del mes de Agosto) en época de lluviosa del año 2008.

También fue analizada un agua embolsada sin marca, ni número de registro distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque.

Los parámetros fisicoquímicos realizados fueron: Olor (método sentido del olfato), color verdadero (método espectrofotométrico), turbidez (método nefelométrico), sulfatos (método gravimétrico), sólidos totales disueltos (método gravimétrico), hierro (método de espectrofotometría de absorción atómica), sodio (método de espectrofotometría de emisión de llama en equipo de absorción atómica).

Los parámetros microbiológicos determinados fueron: coliformes totales, coliformes fecales, *E.coli* y Bacterias heterótrofas por medio de la técnica de filtración por membrana.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos determinados a las muestras del agua embolsada y del agua del grifo recolectadas en la Ciudad de Sensuntepeque, fueron aceptables ya que cumplieron con lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua envasada NSO 13.07.02.98 y de consumo humano NSO 13.17.01:04

Y que además se determinó que el agua del río Tronalagua del cual es abastecida la planta de ANDA no es considerada apta para consumo humano sin previo tratamiento, ya que no cumple con la mayoría de parámetros determinados (fisicoquímicos y microbiológicos), al igual que el agua de piscina.

Asimismo al agua de cisterna se le realizaron las mismas determinaciones, presentando características adecuadas para ser apta para consumo humano ya que cumplió tanto los parámetros físico-químicos como microbiológicos determinados con la Norma para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04

Por todo lo antes mencionado, es necesario que entidades gubernamentales como la alcaldía municipal junto con el Ministerio de salud pública y ANDA, inicien un análisis completo de todos los parámetros exigidos por la Norma Salvadoreña para agua de Consumo humano NSO 13.17.01:04 y envasada NSO 13.07.02.98 para dictaminar que el agua es apta o no para consumo humano. Al mismo tiempo hacer conciencia sobre el agua de río Tronalagua a todos los sectores involucrados (Municipalidad y población) para que de manera conjunta busquen soluciones rápidas y efectivas para el rescate de este importante recurso natural.

I. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

La Ciudad de Sensuntepeque está ubicada en el departamento de Cabañas, en la cual los habitantes de esta población manifestaron que sufrían frecuentemente de diarreas y dolores estomacales, asegurando que el agua que están consumiendo es la responsable de tales padecimientos. De acuerdo a la tasa de morbilidad realizada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social durante el año 2007 unas de las causas por las que los habitantes recibieron consultas son: diarreas y enfermedades del sistema digestivo. Por lo antes mencionado se determinaron parámetros fisicoquímicos como: Olor (método sentido del olfato), color verdadero (método espectrofotométrico), turbidez (método nefelométrico), sulfatos (método gravimétrico), sólidos totales disueltos (método gravimétrico), hierro (método de espectrofotometría de absorción atómica), sodio (método de espectrofotometría de emisión de llama); y microbiológicos tales como: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y Bacterias heterótrofas por medio de la técnica de filtración por membrana.

Las muestras fueron tomadas en: a) Nacimiento del río Tronalagua, b) río ubicado a 70 mts. antes de planta de ANDA, c) piscina (que se encuentra al aire libre) que es abastecida por agua de río, la cual atraviesa el primer filtro, d) cisterna donde es llenada por agua proveniente de piscina la cual ya ha pasado por un tratamiento de filtración y cloración, e) grifos de diferentes hogares en la Ciudad de Sensuntepeque; el número de muestras fueron recolectadas conforme a lo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04, la cual indica según el

tamaño de la población un total de 8 muestras para determinación de parámetros microbiológicos durante un mes y un total de 1 muestra para determinación de parámetros fisicoquímicos pero para ser el muestreo mas representativo se tomaran 20 muestras en ambos casos durante un mes, seguido fueron comparados los resultados con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04, con el fin de determinar si estos se encuentran en los límites establecidos.

También se analizaron los parámetros antes mencionados a muestra de agua embolsada distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque que no presenta número de registro sanitario, marca y fecha de vencimiento, consecutivo se compararán los resultados obtenidos con la Norma Salvadoreña obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02.98, con el fin de definir si estos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Dichos parámetros se determinarán durante un mes tomando las últimas 2 semanas de Julio y la segunda y tercera semana de Agosto del año 2008 en la época lluviosa. los que se realizarán en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente y la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

II. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua utilizada para consumo humano distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque, departamento de Cabañas.

2.2 Objetivos Específicos:

- 2.2.1 Realizar los parámetros fisicoquímicos en época lluviosa: olor, color verdadero, pH, turbidez, dureza (CaCO_3), sulfatos, sólidos totales.
- 2.2.2 Cuantificar el hierro por medio de espectrofotometría de absorción atómica.
- 2.2.3 Cuantificar el sodio por medio de fotometría de emisión de llama, en equipo de absorción atómica.
- 2.2.4 Cuantificar bacterias coliformes totales, fecales, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas por medio de filtración por membrana en época lluviosa.
- 2.2.5 Realizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al agua embolsada sin marca distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque, departamento de Cabañas
- 2.2.6 Comparar los resultados de los análisis realizados de acuerdo con lo establecido en las Normas Salvadoreñas obligatorias para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04 y envasada NSO 13.07.02.98.

III. MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Descripción de la Ciudad de Sensuntepeque

La Ciudad de Sensuntepeque está situada a 760 metros sobre el nivel del mar, su área rural tiene una dimensión aproximada de 304.33 Kms² y su área urbana de 2.2 Kms². Sus coordenadas geográficas son 13°52'29'' Longitud Norte y 88°37'39'' Longitud Oeste de Greenwich; sus calles son pavimentadas, de adoquinado mixto, concretadas y empedradas, siendo las mas importantes la calles Dr. Jesús Velasco y Doroteo Vasconcelos, las avenidas Libertad y Cabañas. Los servicios con los que cuenta son: agua potable, alumbrado eléctrico, telecomunicaciones, escuelas de educación básica, e Instituto nacional. (ver anexo N° 10)

Los principales ríos de la Ciudad son: El Lempa, Grande, Copinolopa, los Tercios. (Ver anexo N° 11)

Sensuntepeque es una población cuyos orígenes se remonta a lejanos años de la época precolombina y según confirma la toponimia regional, fue fundada por tribus lencas, se le entregó el título de Ciudad el 27 de enero de 1865.

La población actual de acuerdo a censos oficiales del año 2007 fue la de 40,332 habitantes de los cuales 18,693 son hombres y 21,696 son mujeres (ver anexo 1). (10)

3.2 Generalidades del agua. (23)

El agua cubre el 72% de la superficie del planeta tierra y representa entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos. Es una sustancia relativamente

abundante aunque sólo supone el 0,022% de la masa de la tierra. Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

Se halla en forma líquida en los mares, ríos, lagos y océanos; en forma sólida, nieve o hielo, en los casquetes polares, en las cumbres de las montañas y en los lugares de la tierra donde la temperatura es inferior a cero grados Celsius; y en forma gaseosa se halla formando parte de la atmósfera terrestre como vapor de agua.

3.3 Agua potable:

Con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, insípida, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. ⁽¹⁶⁾

- **C**uando hablamos de agua de consumo humano nos referimos a:

- a) Las aguas utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos.
- b) Las utilizadas en la industria de alimentos (elaboración de alimentos y limpieza de superficies).

- c) Las suministradas en una actividad comercial o pública (Ej.: tiendas, centros comerciales, hoteles, casas rurales, restaurantes etc.), con independencia del volumen de agua suministrado. (23)

3.4 Agua envasada (embolsada):

Se entiende por agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada a un agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, al agua que se comercialice envasada en contenedores u otros envases adecuados, que cumpla con las exigencias de las reglamentarias del código alimentario. El agua envasada es considerada por la mayoría de las agencias gubernamentales reguladoras como un alimento empacado, por lo que con el procesamiento de un alimento surgen nuevas reglas como por ejemplo las buenas prácticas de manufactura (BPM) y pruebas. (17)

3.5 Parámetros Físicos y Organolépticos.

- Color: El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y, a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada, el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión.
- Olor: Está dado por diversas causas. Sin embargo los casos más frecuentes son:
 - debido al desarrollo de microorganismos,
 - a la descomposición de restos vegetales,

- olor debido a contaminación con líquidos cloacales industriales,
- olor debido a la formación de compuestos resultantes del tratamiento químico del agua.

Las aguas destinadas a la bebida no deben tener olor perceptible. ⁽¹⁸⁾

- Determinación de pH: El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6.5 y 8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6.5 son corrosivas, por el anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución. Para determinarlo se usa métodos calorimétricos o potenciométricos. ⁽¹⁸⁾
- Sólidos totales disueltos: Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Por estas razones, para las aguas potables es deseable un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos. ⁽¹⁾

Los sólidos totales disueltos pueden ser orgánicos e inorgánicos. El agua incorpora estas sustancias a su paso por el suelo, la superficie y la atmósfera. Los constituyentes orgánicos disueltos proceden de la descomposición de la vegetación, de los compuestos químicos, orgánicos y de los gases orgánicos. Es deseable la eliminación de los minerales,

gases y otros constituyentes orgánicos porque pueden causar efectos fisiológicos y producen color, sabor y olor desagradable.

En los sistemas de distribución de agua una cantidad alta de sólidos totales disueltos significa una conductividad elevada, con la consiguiente mayor ionización, lo que ha de tenerse en cuenta para el control de la corrosión. (5)

-Turbidez: La turbidez es una suspensión de las partículas finas que flotan en el agua. Interfiere con la desinfección y puede ser causada por la contaminación bacteriana, la materia orgánica, el hierro, el manganeso o el lúgamo de la erosión o de las descargas.

La turbidez juega un papel importante en la calidad del agua de consumo humano porque una de las primeras impresiones que se perciben es la transparencia. La turbidez también está compuesta por constituyentes orgánicos e inorgánicos y esas partículas orgánicas pueden contener microorganismo. Por tanto, las condiciones de turbidez incrementan la posibilidad de una enfermedad de transmisión hídrica.

Las aguas residuales de la industria y las domésticas realizan aportaciones a la turbidez del agua así como también contribuyen a la turbidez detergentes, jabones y agentes emulsionantes. (18)

3.6 Parámetros Químicos

- Hierro: Es una sustancia no deseable en el agua. Niveles altos de hierro producen sabores metálicos en el agua, producen incrustaciones en la red,

da compuestos coloreados con el cloro y además produce manchas en la ropa al lavarla.

Los depósitos de hierro se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua.

Estos depósitos restringen el flujo del agua y reducen la presión del agua.

El hierro esta presente en el agua para consumo humano debido a la utilización de coagulantes de hierro (son compuestos químicos que se agregan al agua como por ejemplo el sulfato ferroso o férrico, para neutralizar las cargas de las partículas y así facilitar su aglomeración) o a corrosión de hierro fundido durante el proceso de distribución. (27)

- Dureza: La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua. Se suele expresar como mg/L de CaCO_3 o como grados franceses, teniendo en cuenta que 10 mg/L es igual que un grado francés. (10)

Cuadro N° 1. Diferentes tipos de agua según la dureza (10)

Clasificación	Dureza (mg CaCO_3 /l)
Blandas	0 – 100
Moderadamente duras	101 – 200

Continuación de cuadro N° 1

Duras	200 – 300
Muy duras	> 300

- Sulfatos: En algunos tipos de suelos, como los yeseros, son abundantes y las aguas que los atraviesan pueden presentar concentraciones elevadas. Además los sulfatos se utilizan en muchos procesos industriales y pueden formar parte de sus vertidos, Ej. Sulfatos de aluminio, $Al_2(SO_4)_3$, se usa como floculante; sulfatos de bario, $BaSO_4$, en contraste radiográfico; sulfatos de calcio $CaSO_4$, en yeso y sementeras; sulfato de manganeso $MnSO_4$, en fungicidas y fertilizantes. (27)

El agua para beber con sulfato a niveles que excedan 600 mg/L puede ser un laxante muy fuerte, causa de diarrea. Sin embargo, algunas personas pueden acostumbrarse a altas concentraciones de sulfato en tan poco tiempo como una semana. La deshidratación puede ser un serio resultado de diarrea después de beber grandes cantidades o altas concentraciones de sulfato. (31)

- Sodio: El sodio reacciona con rapidez con el agua, y también con nieve y hielo, para producir hidróxido de sodio e hidrógeno. Cuando se expone al aire, el sodio metálico recién cortado pierde su apariencia plateada y adquiere color gris opaco por la formación de un recubrimiento de óxido de sodio. (28)

Durante millones de años el sodio se ha desprendido de rocas y suelos,

para ir a parar a los océanos, donde permanece alrededor de 50×10^6 de años. El agua de mar contiene aproximadamente 11 ppm de sodio. Los ríos contienen sólo una concentración media de 9 ppm. El agua potable suele contener alrededor de 50 mg/L de sodio. Este valor es claramente más alto para el agua mineral. El sodio en disolución se encuentra en forma de iones Na^+ . Los compuestos de sodio finalizan de forma natural en el agua, como se mencionó anteriormente, el sodio procede de rocas y de suelos. Además del mar, también encontramos concentraciones significantes de sodio en los ríos y en los lagos. Sin embargo estas concentraciones son mucho más bajas, su valor depende de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales.

Los compuestos del sodio se utilizan en muchos procesos industriales, y en muchas ocasiones van a parar a aguas residuales de procedencia industrial. El nitrato de sodio se aplica frecuentemente como un fertilizante sintético.

Alrededor del 60% de sodio se utiliza en industrias químicas, donde se convierte en cloro gas, hidróxido de sodio o carbonato de sodio, y alrededor del 20% del sodio se utiliza en la industria alimentaría. El hidróxido de sodio se utiliza para prevenir obstrucciones en tuberías, y el carbonato de sodio se aplica en la purificación del agua para neutralizar ácidos. El bicarbonato de sodio es un constituyente de la levadura, y se aplica en la industria textil, industrias del cuero y en industrias de jabones. (28)

3.7 Norma Salvadoreña del agua de consumo humano NSO

13.17.01:04 ⁽⁵⁾

REQUISITOS

Requisitos de calidad microbiológicos.

Cuadro N° 2. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica.

Parámetro	Técnica / Límite máximo permisible		
	Filtración por membrana	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 mL	<1,1 NMP/100 mL	-----
Bacterias coliformes fecales o termotolerantes	0 UFC/100 mL	<1,1 NMP/100 mL	-----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 mL	<1,1 NMP/100 mL	-----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	100 UFC/mL	-----	100 UFC/mL

Cuando en una muestra se presentan organismos coliformes totales fuera de lo normal, según el cuadro N° 2, se deben aplicar medidas correctivas y se deben tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se les debe examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas demuestren que el agua es de una calidad que reúne los requisitos exigidos por el cuadro N° 2.

En cada técnica se pueden usar los sustratos tradicionales o sustratos-enzimas. Aprobados por una entidad internacional debidamente reconocida,

relacionada con la calidad del agua potable.

Requisitos de calidad fisicoquímicos

Cuadro N° 3. Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible
Color Verdadero	Pt-Co	15
Olor	-	NO rechazable
pH	-	8,5 ¹⁾
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000 ²⁾
Turbidez	UNT	5 ³⁾

1) Límite mínimo permisible 6,0 Unidades

2) Por las condiciones propias del país.

3) Para el agua tratada en la salida de planta de tratamiento de aguas superficiales, el límite máximo permisible es 1.

Cuadro N° 4. Valores para sustancias químicas

Parámetro	Límite máximo permisible mg/L
Dureza Total como (CaCO ₃)	500,0
Hierro total	0,30 ¹⁾
Sodio	200,00
Sulfatos	400,00

1) Cuando los valores de hierro superan el límite máximo permisible establecido en esta norma y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/L para el hierro, se permitirá el uso de quelantes para evitar los problemas estéticos de color, turbidez y sabor que se generan.

3.8 Norma Salvadoreña obligatoria de agua envasada NSO

13.07.02.98 ⁽²⁵⁾

REQUISITOS

Requisitos de calidad microbiológicos

Cuadro N° 5. Valores máximos admisibles para la calidad microbiológica

Parámetros	Valores máximos admisibles		
	Técnica de filtración por membranas	Técnica de tubos múltiples	Técnica de placa vertida
Bacteria coliformes totales	0 UFC/100 mL	<1.1 NMP/100 mL	-
Bacteria coliformes Fecales	0 UFC/100 mL	negativo	-
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 mL	negativo	-
Conteo de bacteria heterótrofas, aerobias y mesófilas	100 UFC/ ml	-	100 UFC/ ml

Requisitos de calidad fisicoquímicos

Cuadro N° 6. Valores para sustancias químicas

Parámetro	Valor recomendado mg/L	Valor máximo admisible mg/L
Dureza Total como (CaCO ₃)	100.00	400.00
Hierro Total	0.05	0.30
Sodio	25.00	150.00

Continuación de Cuadro N° 6.

Sulfatos	25.0	250.00
----------	------	--------

Cuadro N° 7. Valores para agua envasada

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/L (PtCO)	-	15
Olor	Nº de umbral	NR	3
pH	-	6.0- 8.5	-
Sólidos totales disueltos	mg/L	150.00 v. mínimo*	600**
Turbiedad	UNT	1	5

NR-- No Rechazable

* Los fabricantes están obligados a declarar este valor en la etiqueta, si el valor es inferior al mínimo, deben declarar en la etiqueta que se trata de «agua baja en minerales».

** Valores mayores al máximo admisible quedarán sujetos a evaluaciones organolépticas.

3.9 Microbiología del agua ⁽²⁾:

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materias fecales.

La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades.

3.9.1 Principales enfermedades transmisibles a través del agua. (2)

Cuadro N° 8. Enfermedades transmisibles a través del agua

Enfermedad	Organismo causante	Fuente del organismo en el agua.	Síntomas
Gastroenteritis	<i>Salmonella</i>	Excrementos humanos o de animales.	Diarrea aguda y vómito.
Tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>	Excrementos humanos.	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura, fatal.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> Serogrupo 01.	Excrementos humanos.	Vómito, diarrea severa.
Diarrea del viajero	<i>Escherichia coli</i>	Excrementos humanos.	Diarrea acuosa, calambres y vómitos
Enteritis por rotavirus	<i>Rotavirus de la familia Reoviridae</i>	Excrementos humanos	Vómitos, fiebre, diarrea acuosa que puede llevar a la deshidratación rápida.
Amibiasis	<i>Entamoeba histolytica</i>	Excrementos humanos.	Diarrea, disentería crónica.
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>	Excrementos humanos y animales.	Diarrea, retortijones.

3.10 Descripción y métodos de control de algunas enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada.

COLERA

- Elemento infeccioso: ***Vibrio cholerae*** serogrupo 01, que incluye dos biotipos: el clásico y el tor.
- Signos y Síntomas: Es una enfermedad bacteriana intestinal aguda que en

- su forma grave se caracteriza por comienzo repentino de diarrea acuosa (“como agua de arroz”) y profusa sin dolor, vómitos ocasionales y en casos no tratados deshidratación rápida, acidosis, colapso circulatorio, hipoglucemia en niños e insuficiencia renal. La infección asintomática es más frecuente, especialmente en el caso del biotipo tor.
- Transmisión: Se realiza por la ingestión de agua o alimentos contaminados en forma directa o indirecta con heces o vómitos de pacientes infectados.
 - Reservorio: Humano.
 - Período de incubación: De unas horas a cinco días.
 - Período de transmisibilidad: Mientras exista el grado de portador de heces positivas que suele ser hasta unos pocos días después del restablecimiento.

Métodos de control:

- Medidas higiénicas.
- Eliminación sanitaria de las heces.
- Desinfección del agua.
- Protección de los abastecimientos públicos de agua potable de la contaminación por heces.

DIARREA por ***Escherichia coli***

- Elemento infeccioso: ***Escherichia coli*** (bacteria), de las cuales existen tres variedades: entero invasores, entero toxigénica y entero patógena.
- Signos y Síntomas: Los tipos invasores y patógenos causan fiebre y diarrea (a veces sanguinolenta). El tipo tóxico causa inicio agudo de diarrea

acuosa, calambres y vómitos. Dura generalmente de uno a tres días.

- Transmisión: Por ingestión de agua o alimentos contaminados, con mayor frecuencia carne de res mal cocida (en especial la molida). También a través de ingestión de leche cruda.
- Reservorio: El ganado vacuno y los humanos.
- Período de incubación: De 3 – 8 días.
- Período de transmisibilidad: Mientras persista la excreción del patógeno en forma típica es de una semana o menos en los adultos, pero en 3 semanas en un tercio de los niños.

Métodos de control:

- Proteger, purificar y clorar los abastecimientos de aguas públicas.
- Clorar las piscinas.
- Cocer adecuadamente la carne de res.
- Higiene adecuada.

ENTERITIS POR ROTAVIRUS

- Elemento infeccioso: Rotavirus de la familia **Reoviridae** (virus).
- Síntomas y Signos: Es una enfermedad a menudo grave en los lactantes y niños de corta edad, que se caracteriza por vómitos y fiebre, diarrea acuosa que puede llevar a deshidratación, anorexia y en muchos casos defunciones.

A veces surgen casos secundarios sintomáticos entre los contactos adultos en la familia, aunque con frecuencia se observan infecciones subclínicas.

- Transmisión: Vía fecal-oral y posiblemente fecal-respiratoria.

- Reservorio: Humano. Hay grupos de rota virus en los animales, pero estos no producen enfermedad en las personas.
- Período de incubación: De 24 a 72 horas.
- Período de transmisibilidad: Durante la fase aguda de la enfermedad y más tarde mientras persista la excreción y dispersión de virus.

Generalmente el rota virus no se detecta después del octavo día de la infección. Los síntomas persisten durante 4 –6 días en promedio.

Métodos de control:

- Medidas higiénicas.
- Colocar material absorbente encima de los pañales para evitar la dispersión de las heces, principalmente en guarderías o jardines infantiles.
- Evitar la exposición de lactantes y niños de corta edad a las personas con gastroenteritis aguda dentro de la familia y en instituciones manteniendo prácticas sanitarias de calidad (no es necesario excluir a los niños de sus guarderías).

AMIBIASIS INTESTINAL

- Elemento infeccioso: ***Entamoeba hystolítica*** (protozoario).
- Síntomas y Signos: Varía desde una disentería aguda o fulminante, con fiebre, escalofríos, diarrea sanguinolenta o mucoide (disentería amibiana) hasta un malestar abdominal leve , diarrea con sangre o mucus que alterna con períodos de estreñimiento o remisión. La infección a largo

- plazo puede causar úlceras o abscesos que a menudo conducen a infecciones secundarias.
- Transmisión: La transmisión ocurre principalmente por ingestión de alimentos o aguas contaminadas por heces que tengan quistes amibianos, los cuales son muy estables en el ambiente y son resistentes a la desinfección. Los casos asintomáticos pueden ser portadores durante años.
 - Reservorio: Humano.
 - Periodo de incubación: 2 – 4 semanas.
 - Periodo de transmisibilidad: Comprende el lapso en que se expulsan los quistes y que puede durar años.

Métodos de control:

- Higiene personal.
- Eliminación sanitaria de las heces humanas.
- Protección de los abastecimientos públicos de agua potable de la contaminación por heces.
- Desinfección por agua.
- Tratamiento de los portadores identificados.
- Educación en salud a los manipuladores de alimentos. (2)

3.11 Enfermedades asociadas con *Escherichia coli*.

La ***Escherichia coli*** causante de diarrea es muy común en todo el mundo. Estas ***Escherichia coli*** se clasifican por las características de sus propiedades de virulencia y cada grupo causa la enfermedad por un

mecanismo diferente. Las propiedades de adherencia a las células epiteliales de los intestinos grueso y delgado son codificadas por genes situados en los plásmidos. De manera similar, con frecuencia las toxinas son mediadas por plásmidos o fagos.

Escherichia coli enteropatógena (ECEP): Es una causa importante de diarrea en los lactantes, particularmente en los países en desarrollo. La ECEP se adhiere a las células mucosas del intestino delgado. Los factores mediados cromosómicamente promueven adherencia firme. Hay pérdida de las microvellosidades, formación pedestales de actina filamentosa o estructuras caliciformes, y en ocasiones, las ECEP penetran en las células mucosas. La infección por ECEP provoca diarrea acuosa, generalmente autolimitada, pero puede ser crónica.

Escherichia coli enterotoxígena (ECET): Es causa común de la “diarrea del viajero” y agente etiológico importante de diarrea en lactantes de los países en desarrollo. Factores específicos de colonización de la ECET promueven en los humanos la adherencia a las células epiteliales del intestino delgado. La luz intestinal se distiende con el líquido y sobrevienen aumento de la peristalsis y diarrea que duran varios días.

Escherichia coli enteroagregativa: Causa diarrea aguda y crónica (>14 días de duración) en personas de los países en desarrollo. Estos organismos también son causantes de enfermedades producidas por alimentos contaminados. Se caracterizan por su patrón de adherencia a las células humanas. (10)

3.12 Descripción de bacterias presentes en el agua:

Vibrios:

Son bacilos gram negativos no esporulados, móviles mediante flagelos bipolares incluidos dentro de una vaina. Algunos de ellos tienen flagelos laterales y pueden deslizarse en medios sólidos. Son catalasa positivos, utilizan fermentativamente los carbohidratos y rara vez producen gases. Salvo una de las especies (*Vibrio metchnikovii*) son oxidasa y nitrataza positivo. Todos ellos son sensibles a los discos con 150 µg del agente vibriostático 2,4 diamino 6,7 – di – isopropil pteridina (O/129). La mayoría de las cepas licuan la gelatina e hidrolizan el ácido desoxirribonucleico. Los vibrios se presentan naturalmente en aguas dulces y saladas. Se incluyen dentro de las especies algunas para el hombre y peces.

Vibrio cholerae

Se presenta en forma de un bastoncito de 1.5 µm a 2.5 µm de largo y 0.2 – 0.4 µm de ancho, ligeramente encorvado. En ocasiones este encorvamiento es mínimo, apareciendo entonces como verdaderos bacilos. También se les denomina bacilos en coma.

El *Vibrio cholerae* es muy móvil, por un flagelo polar, siendo considerado el más móvil de todas las especies patógenas. Son aerobios o anaerobios facultativos, gram negativos, fermentan carbohidratos sin producción de gas, no producen hidrógeno sulfurado y son oxidasa, manitol, indol, lisina y ornitina- decarboxilasa positivos. Es sensible a O/129.

Clostridium perfringes

Los clostridios reductores de sulfitos son bacilos gram positivos, anaeróbicos, que forman esporas y reducen el sulfito a sulfuro. El ***clostridium perfringes*** forma un coágulo en medio leche litmus (LMM), crossley`s milk médium (CMM).

ENTEROBACTERIAS:

Este grupo comprende los siguientes géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella* y *Proteus*.

Contienen muchas especies de pequeños bacilos gram negativos que fermentan la glucosa produciendo ácido o ácido gas. Son oxidasa negativos; algunos de ellos son móviles. La mayoría son comensales o parásitos del intestino del hombre y de los animales.

Desde el punto de vista de los laboratorios clínicos y de sanidad pública es conveniente dividir las enterobacterias en dos grupos diferenciados por la fermentación de la lactosa.

- Los fermentadores de la lactosa: Producen rápidamente ácido o ácido y gas a partir de este azúcar. Los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter* se conocen conjuntamente como bacilos coliformes.
- Los no fermentadores de la lactosa: Son incapaces de fermentar la lactosa o bien la fermentan tardía e irregularmente. Están incluidos en este grupo *Salmonella*, el grupo *Arizona*, *Shigella*; algunos *Citrobacter*, *Proteus* y *Serratia*.

- FERMENTADORES DE LA LACTOSA:

a) Grupo coliforme total:

Se denominan organismos coliformes a las bacterias gram negativas, en forma de bastoncillos, no esporulados, aerobios y anaerobios facultativos y oxidasa negativa, capaces de crecer en presencia de sales biliares u otros compuestos tensoactivos que fermentan la lactosa a temperaturas de 35 – 37°C con producción de ácido, gas y aldehído entre 24 – 48 horas. Pertenecen a este grupo los géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. También incluyen algunas especies de *Serratia* y otros géneros. Aunque todos los géneros coliformes pueden encontrarse en el intestino de los animales, la mayoría de estas bacterias están muy diseminadas en el medio ambiente, incluyendo el agua potable y las aguas residuales. Una excepción importante es el ***E.coli*** que usualmente no sobreviven mucho tiempo fuera del intestino excepto quizá en el agua caliente en los climas tropicales. (2)

Los coliformes totales se utilizan para fijar la efectividad del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. También se utiliza como test o prueba de cribado para la contaminación fecal reciente. El tratamiento que proporciona el agua libre de coliformes deberá también reducir los patógenos a niveles mínimos. Un avance principal para el uso de los coliformes totales como indicador es que son sólo marginalmente adecuados para predecir la presencia potencial de protozoos patógenos, quistes y algunos virus, porque los coliformes totales son menos resistentes a la

desinfección que estos otros organismos. Los coliformes, a veces, son también de origen no fecal. A pesar de estos inconvenientes, los coliformes totales permanecen como indicadores útiles de la calidad microbiana del agua.

Como algunos coliformes no son solo bacterias entéricas sino que se encuentran presentes en muestras vegetales y del suelo, muchas normas relativas a los alimentos y al agua especifican la determinación de coliformes fecales. (12)

b) Grupo coliforme fecal:

Son bacterias que forman parte del grupo coliforme total y son definidas como bacilos gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 ± 0.2 °C, dentro de las 24 ± 2 horas. Este grupo también es denominado termotolerante y la especie más predominante es ***Escherichia coli***, que constituye una gran proporción de la población intestinal humana. (2)

Los coliformes fecales y ***Escherichia coli***, son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales pero no distinguen entre contaminación humana y fecal. Además, las densidades de la contaminación fecal y de ***Escherichia coli***, son normalmente mucho más bajas que las de los coliformes totales; así que no se utilizan como indicador de la efectividad del tratamiento y de la contaminación post-tratamiento. ***Escherichia coli*** es un indicador más específico de contaminación fecal que el grupo fecal coliforme. (12)

- ***Escherichia coli***:

Esta especie es móvil, forma ácido y gas de la lactosa a 44°C y a temperaturas inferiores, es indol positivo a 44 y 37°C, MR positivo, VP negativo, no crece en medios de citrato y KCN y es malonato y gluconato negativos. Es H₂S y descarboxila la lisina generalmente.

Existen los llamados “colis fecales” que se presentan normalmente en intestino del hombre y animal y es natural suponer que su presencia en los alimentos indica reciente contaminación con heces. Sin embargo, ***Escherichia coli*** se encuentra muy difundida en la naturaleza y aunque la mayoría de las cepas tienen probablemente su origen de las heces, su presencia, particularmente en pequeño número, no significa necesariamente que los alimentos contengan materia fecal, pero sí sugiere un bajo nivel de higiene.

Algunos serotipos son patógenos para el hombre y los animales, causando gastroenteritis en niños lactantes, infecciones de vías urinarias, diarrea de los viajeros, lesiones supuradas, diarrea blanca de los terneros, mastitis, piómetra en perras, coligranulomas en aves, etc.

- ***Citrobacter (Escherichia) freundii***.

Este organismo se presenta naturalmente en el suelo y es por tanto un buen indicador de contaminación. Puede causar infecciones de las vías urinarias y otras infecciones en el hombre y animales.

- ***Klebsiella aerogenes***:

Es inmóvil, se presenta normalmente sobre semillas y plantas y se

halla también en el intestino humano y de los animales y pueden producir infecciones urinarias.

- ***Enterobacter cloacae***:

Es móvil, se asocian con una variedad de infecciones oportunistas que afectan las vías urinarias, las vías respiratorias y las heridas cutáneas y en ocasiones causan septicemia y meningitis. (2)

3.13 Bacterias Heterótrofas

Las bacterias heterotróficas (heterótrofas) se definen como aquellas bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autotróficas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO₂, como fuente de carbono. Esta definición de bacteria heterótrofa es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofiticas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan como las que no causan enfermedades son heterótrofas.

El recuento heterotrófico en placa (RHP) es un procedimiento sencillo que se puede realizar por el método de placa fluida, difusa o filtración por membrana y es una herramienta muy útil. Los resultados de RHP proporcionan información que complementa los resultados de los coliformes totales. El RHP se puede usar para indicar la eficacia y eficiencia de los procesos de tratamiento del agua, como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo del RHP en el agua distribuida puede proporcionar información sobre la limpieza del sistema de distribución,

desarrollo de bacterias después del tratamiento, efecto de los cambios de temperatura en el agua y del cloro residual en la población bacteriana. (2)

3.14 Técnica de filtración por membrana para miembros del grupo de coliformes.

La técnica de filtro de membrana (FM) es altamente reproducible, puede utilizarse para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestra y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de los tubos múltiples. La técnica de filtro por membrana es extraordinariamente útil para controlar las posibles situaciones de urgencia en relación con el agua potable y para estudiar distintas aguas naturales. Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, sobre todo para estudiar aguas con elevada turbidez o que contengan bacterias no coliformes. (1)

El método se basa en la filtración de un volumen conocido a través de un filtro de membrana, hecha en base a algún compuesto de celulosa y con un diámetro de poros uniformes de 0.45μ ; las bacterias son retenidas en la superficie de la membrana filtrante. Cuando la membrana que contiene las bacterias se incuba en un recipiente estéril, a una temperatura apropiada con un medio de cultivo selectivo diferencial, se desarrollan colonias características de coliformes totales, fecales y *E.coli* cuyo recuento se puede efectuar en forma directa.

Las ventajas del método son:

- Los resultados se obtienen más rápidamente; el número de coliformes puede calcularse en menos de 24 horas, mientras que el método de tubos

múltiples requiere 48 horas, siendo irrelevante si se obtienen resultados negativos o presuntamente positivos.

- Reduce el trabajo requerido y ahorra ciertos insumos y artículos de vidrio.
- Brinda resultados directos.
- Es fácil de usar en los laboratorios y hasta en el campo, mediante el empleo de equipos portátiles. (13)

IV. DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio

Prospectivo: porque será de ayuda para estudios posteriores.

Experimental: Porque se realizaron pruebas de laboratorio.

4.2 Investigación bibliográfica

Realizado en las siguientes bibliotecas:

- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
- Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia en la Universidad de El Salvador (UES).
- Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Alberto Masferrer (USAM).
- Internet.

4.3 Investigación de Campo:

Universo: Agua del departamento de Cabañas

Muestra: Agua de consumo humano y embolsada sin marca distribuidas en la Ciudad de Sensuntepeque.

4.4 Parte experimental:

Tipo de muestreo: Dirigido y Puntual

Las muestras fueron recolectadas de puntos específicos de la Ciudad, cisterna, piscina, río y las de agua embolsada en tiendas y en la compañía que la distribuye.

La recolección de la muestra fue de la siguiente manera:

Para asegurar la representatividad de las muestras, la cantidad de las mismas fueron establecidas de acuerdo a la población servida (NSO: 13.

07.01: 04 para la calidad del agua potable) lo cual se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 9. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad físico-químico del agua de consumo humano. ⁽⁵⁾

Tamaño de población (Habitantes)	Mínimo	Normal	Completo
<25,000	1 muestra mensual	1 muestra bimensual	1 muestra anual
25,000 a 100,000	1 muestra / 5,000. El total de muestras distribuidas en dos muestreos quincenales	1 muestra bimestral / 50,000 usuarios	1 muestra semestral / 50,000 usuarios
100,001 a 300,000	1 muestra / 10,000 usuarios más 5 adicionales. (El total de muestras distribuidas en cuatro muestreos mensuales)	1 muestra mensual / 50,000 usuarios	1 muestra trimensual / 50,000 usuarios
>300,000	1 muestra / 10,000 usuarios más 10 muestras adicionales. (El total de muestras distribuidas en 10 muestreos en el mes)	1 muestra / 50,000 usuarios, (El total de muestras distribuidas en 2 muestreos quincenales)	1 muestra bimensual / 100,000 usuarios

Cuadro N° 10. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua de consumo humano. ⁽⁵⁾

Tamaño de población (habitantes)	Numero mínimo de muestras / mes
< 5000	1
5,000 – 100,000	1 muestra / 5,000 usuarios
> 100,000	1 muestra / 10,000 usuarios más 10 muestras adicionales.

La población abastecida con agua utilizada para consumo humano de la Ciudad de Sensuntepeque por la dirección general de estadísticas y censos es de 40,332 habitantes (ver anexo N° 1) por lo que establece la Norma (NSO: 13.07.01: 04) el número de muestras para determinar parámetros microbiológico es de 1 muestra / 5,000 usuarios dando un total de 8 muestras durante un mes (cuatro semanas) de acuerdo al tamaño de la población, pero para mejores resultados se tomaron un total de 10 muestras y sus respectivos duplicados.

En el caso de las muestra para determinación de parámetros fisicoquímicos es 1 muestra semestral / 50,000 usuarios pero para mejores resultados se tomaron 10 muestras y sus duplicados durante un mes (cuatro semanas).

Se recolectaron de los siguientes puntos:

- 2 muestras del nacimiento del río.
- 2 muestras del río ubicado a 70 mts. antes de planta de ANDA.
- 1 muestra de la piscina (que se encuentra al aire libre) que es abastecida por agua de río luego de pasar por el primer filtro.

- 1 muestra de cisterna que es proveída por agua de piscina, habiendo recibido previamente un tratamiento de filtración y cloración
- 4 muestras de diferentes grifos en hogares en la Ciudad de Sensuntepeque.

Se recolectaron 10 muestras y sus duplicados para determinar parámetros fisicoquímicos como también para determinar parámetros microbiológicos de agua para consumo humano, haciendo un total de 40 muestras que fueron recolectadas durante un mes (cuatro semanas) en la Ciudad de Sensuntepeque.

- Para la recolección de muestras de agua embolsada se tomaron de 4 puntos de la Ciudad, 3 muestras en tiendas donde es distribuida y una en la empresa que envasa el agua embolsada, tanto para determinar los parámetros microbiológicos como los fisicoquímicos haciendo un total de 8 muestras durante un mes (cuatro semanas) en la Ciudad de Sensuntepeque.

4.4.1 Procedimiento de preparación de envase

- Muestras para análisis microbiológico. ⁽²⁾

Las muestras se recolectaron en frascos de polipropileno resistentes al autoclave con capacidad de 250 mL, previamente esterilizados y conteniendo de 4 – 5 gotas de tiosulfato de sodio al 10%, para inhibir el cloro residual.

El frasco se protegió de la contaminación cubriéndolo adecuadamente con papel craft, asegurándolo con cordel.

- Muestras para análisis fisicoquímico. (1)

Las muestras se recolectaron en frascos de polietileno con cierre hermético y con capacidad de 1 litro los cuales fueron limpiados con ácido sulfúrico y luego enjuagados con agua destilada.

4.4.2 Procedimiento de toma de muestra de grifo. (14)

- Toma de muestra agua de para análisis microbiológico.
 1. Limpiar el grifo, utilizando una tela limpia, frotando la boca del grifo para quitar cualquier suciedad que pudiera existir.
 2. Esterilizar el grifo durante un minuto con la llama encendida de una gasa remojada con alcohol.
 3. Abrir la válvula del grifo, hasta alcanzar el flujo máximo, dejando correr el agua durante uno o dos minutos, luego se disminuyó la intensidad del flujo del agua, para la toma posterior de la muestra.
 4. Desamarrar el cordón que ajusta la cubierta de papel y desenroscar el tapón, teniendo el cuidado de no tocar la boca del frasco ni la parte interna del tapón. Posteriormente llenar el frasco hasta el comienzo de los hombros, permitiendo así, una cámara de aire para facilitar la homogenización.
 5. Tapar el frasco y sujetando la cubierta del papel, se amarró el cordel al contorno de la boca del frasco sujetando a la vez la cubierta de papel que protege al tapón.

6. Colocar las muestras en hieleras y preservarlas con hielo a una temperatura entre 4 °C y 10 °C para su posterior transporte.
- Toma de muestra de agua para análisis fisicoquímico. ⁽¹⁾
 1. Abrir la válvula del grifo, hasta que alcance el flujo máximo, dejando correr el agua durante uno o dos minutos, luego disminuir la intensidad del flujo del agua, para la toma posterior de la muestra.
 2. Desenroscar el tapón y posteriormente llenar el frasco completamente.
 3. Tapar el frasco con el tapón hermético y rotular.
 4. Colocar las muestras en hielera y preservar a temperatura entre 4 °C y 10 °C para su posterior traslado.

4.4.3 Procedimiento de toma de muestra de una corriente o un depósito de agua. ⁽¹⁴⁾

- Toma de muestra para análisis microbiológico.
 1. Quitar el tapón inmediatamente antes de muestrear. Evitar tocar el tapón en el interior del bote. Si se ha tocado, desecharlo y coger otro.
 2. Sostener el frasco por la parte inferior y sumergirlo hasta una profundidad de 20 cm. con la boca ligeramente hacia arriba (ver anexo N° 5).
 3. Si existe corriente, la boca del frasco debe orientarse hacia la corriente (ver anexo N° 5).
 4. Dejar un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación de la

muestra en el laboratorio.

5. Colocar el tapón en el frasco fijando la cubierta protectora de papel de craft en su lugar mediante un cordón.
6. Transportar las muestras en una hielera a temperatura entre 4 °C y 10 °C hasta su posterior análisis.

- Toma de muestra para análisis fisicoquímico. ⁽¹⁾

Realizar los mismos pasos que en recolección de muestra microbiológica, con la diferencia que se utiliza un frasco de polietileno con capacidad de 1 litro el cual no es necesario que sea estéril ni que lleve la cubierta de papel craft.

4.4.4 Toma de muestra de agua embolsada para análisis microbiológico y fisicoquímico. ⁽¹⁾

Se recolectar un total de 4 muestras durante un mes, de las cuales 3 son de los puntos de venta de la Ciudad de Sensuntepeque y una de la compañía que envasa el agua, las cuales fueron preservadas en hieleras a temperatura entre 4 °C y 10 °C hasta su posterior traslado.

4.4.5 PARAMETROS FÍSICOQUÍMICOS

- OLOR

METODO: SENTIDO DEL OLFATO. ⁽³⁾

FUNDAMENTO:

El sentido del olfato es notablemente sensible pero no preciso.

Las personas varían mucho por su sensibilidad y aún la misma persona puede mostrar variaciones diarias en sus percepciones. Aunque se pueden obtener datos útiles con un solo observador es preferible que para vencer las diferencias personales, se cuente con un grupo de no menos de cinco personas y de preferencia de diez o más, para verificar estas pruebas.

PROCEDIMIENTO:

1. Seleccionar al azar 10 estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador para que efectuaran la prueba de olor proporcionando una guía con los códigos de cada una de las muestras y sus duplicados.
2. Percibir el olor de las muestras y sus duplicados por medio del sentido del olfato e identificar la naturaleza de este, por el sistema descriptivo impreso en el papel (Ver anexo N° 9).
3. Anotar los resultados obtenidos y el nombre de cada uno de las personas que percibieron el olor de las muestras, ya que la prueba se realizó en dos etapas, la primera percepción de las muestras del mes de Julio en el mismo mes para agua de grifo, embolsada y río, y una segunda etapa para las muestras del mes de Agosto percibidas por las mismas personas para agua de grifo, embolsada, río, cisterna y piscina.

- COLOR

METODO ESPECTROFOTOMETRICO. (6)

FUNDAMENTO:

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones visibles.

PROCEDIMIENTO:

1. Ensamblar el aparato de filtrado (membrana de filtrado, porta filtro, frasco de filtrado y aspirador).
2. Lavar el filtro minuciosamente con 50 mL de agua desionizada y descartar el agua de enjuague.
3. Verter 50 mL de agua desionizada con cuidado y guardar el filtrado para el paso número cuatro.
4. Llenar la celda con 25 mL de blanco (filtrado de agua desionizada) y se descartó el exceso.
5. Programar el color verdadero presionando (125) y marcar ENTER y la pantalla mostró DIAL 465 nm.
6. Rotar el dial de Longitud de onda hasta 465 nm, cuando se coloca correctamente la longitud de onda la pantalla muestra ZERO SAMPLE y posteriormente: INITS Pt-Co.
7. Colocar el blanco en el porta celda y cerrar la tapa para evitar el paso de luz.
8. Presionar ZERO y aparecerá en pantalla 0 UNITS Pt.-Co.
9. Colocar la muestra preparada en el porta celda y cerrar la tapa para evitar el paso de la luz.
10. Presionar READ y aparece en la pantalla Reading (leyendo) y entonces muestra el resultado en unidades de Platino-Cobalto.
11. Tomar 2 lecturas y sacar el promedio.
12. Hacer duplicado por cada muestra.

INTERFERENCIAS:

Interviene la presencia de turbidez y para eliminar esto, es necesario volver a filtrar.

- pH

FUNDAMENTO:

El pH es una medida de la concentración de iones hidrogeno, se define como el logaritmo inverso de la concentración de iones H^+ . (18)

CALIBRACION:

1. Antes de usar, remover el electrodo de la solución de almacenamiento, lavar y secar con un paño suave.
2. Colocar el buffer pH = a 7.0, y presionar la tecla CALIBRATE (calibración), cuando el icono de pH se estabilice, presionar CALIBRATE nuevamente y aparecerá Cal2, se dejó que la lectura se estabilice.
3. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secar antes de colocar el siguiente buffer pH = 4.0, esperar que el icono de pH se estabilice y presionar nuevamente la tecla CALIBRATE, aparecerá Cal3 nuevamente esperar estabilizar la lectura.
4. Lavar nuevamente el electrodo y secar suavemente y colocar el buffer pH = 10.0, esperar a que se estabilizara la lectura.
5. Presionar la tecla MEASURE SAVE/PRINT, para ver el porcentaje de eficacia.
6. Una vez calibrado el equipo sacar el electrodo del estándar y

enjuagar con suficiente agua destilada.

7. El equipo está listo para las lecturas. ⁽¹⁾

PROCEDIMIENTO:

1. Una vez calibrado el equipo está listo para continuar las lecturas de muestras.
2. Colocar en la muestra una barra agitadora forrada de teflón, agitar suavemente.
3. Colocar el electrodo en la muestra y presionar la tecla Measure para realizar la medición del pH.
4. Anotar el resultado de la muestra, hora de análisis y la temperatura de análisis. ⁽¹⁾
5. Hacer duplicado por cada muestra.

INTERFERENCIAS ⁽²³⁾:

El electrodo de vidrio es relativamente inmune a las interferencias del color, turbidez, material coloidal, cloro libre, oxidante y reductor. La medición se afecta cuando la superficie de la membrana de vidrio esta sucia con grasa o material orgánico insoluble en agua, que le impide hacer contacto con la muestra, por lo anterior se recomienda la limpieza escrupulosa de los electrodos.

La temperatura tiene dos efectos de interferencia, el potencial de los electrodos y la ionización de la muestra varían. El primer efecto puede compensarse haciendo un ajuste en el botón de la " temperatura" que tienen

todos los aparatos. El segundo efecto es inherente de la muestra y solo se toma en consideración, anotando la temperatura de la muestra y su pH; para más exactitud, se recomienda que la muestra se encuentre a 25 ° C, que es la temperatura de referencia para la medición del pH.

-TURBIDEZ

MÉTODO NEFELOMÉTRICO ⁽²⁾

FUNDAMENTO:

La turbidez presente en el agua, siempre debe ser baja, de preferencia menos de una unidad de turbidez nefelométrica (UNT) y como máximo permitido 5 UNT; en caso contrario las partículas interfieren con la eficiencia del método de desinfección, ejerciendo en parte una mayor demanda de desinfectante para los microorganismos presentes en el agua, que en otras condiciones garantiza el exterminio.

El método nefelométrico se basa en: que a través de un haz de luz son detectadas las partículas en suspensión cuando son atravesadas por éste y cuantificadas en unidades nefelométricas (UNT)

PROCEDIMIENTO:

1. Agitar la muestra por lo menos cinco veces, para homogenizar.
2. Adicionar la muestra en la celda hasta la marca de medida de 15 mL., posteriormente agitar y colocar en el turbidímetro HACH, modelo 2100 P, para luego leer la turbidez de la muestra y anotar como lectura N° 1.

3. Extraer la celda del turbidímetro y agitar nuevamente para obtener otra lectura, esta se anota como lectura N° 2.
4. El promedio de ambas lecturas es el resultado de turbidez de la muestra.
5. Realizar duplicado por cada muestra.

INTERFERENCIAS:

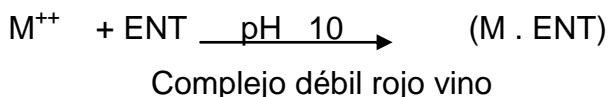
Residuos y sedimentos gruesos, la suciedad del vidrio, la presencia de burbujas de aire y los efectos de las vibraciones que alteran la visibilidad superficial de la muestra.

- DUREZA

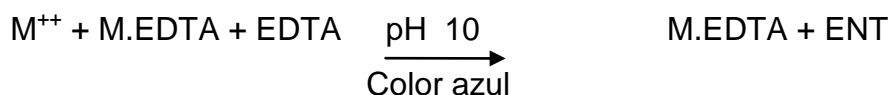
METODO VOLUMETRICO. (1)

FUNDAMENTO:

El EDTA y sus sales de sodio forman un complejo de quelato soluble al añadirse a las soluciones de algunos cationes metálicos. Si a una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio a un pH $10 \pm 0,1$ se añade una pequeña cantidad de colorante, como negro de eriocromo T o calmadita, la solución toma un color rojo vino.



Si se añade EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio formarán un complejo, y, cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiará del rojo vino al azul, señalando el punto final de la titulación.



La nitidez del punto final aumenta con los incrementos de pH. Sin embargo, el pH no puede aumentarse indefinidamente debido al peligro de precipitación de carbonato cálcico o del hidróxido de magnesio, y porque la tinción cambia de color a pH alto. El valor de pH especificado de $10 \pm 0,1$ constituye una solución satisfactoria. Se fija un límite de 5 minutos de duración para la titulación, a fin de reducir al mínimo la tendencia a la precipitación de carbonato de calcio.

PROCEDIMIENTO:

1. Medir con pipeta volumétrica 10.0 mL de muestra y colocarla en un erlenmeyer de 125 mL.
2. Adicionar 0.5 mL de solución buffer de cloruro de amonio-hidróxido de amonio hasta que la solución tenga un pH de 10 (compruebe con papel indicador). Agitando la solución.
3. Añadir una cantidad adecuada del reactivo en polvo de indicador negro de eriocromo T.
4. Llenar la bureta con solución de EDTA 0.01M, teniendo la precaución de lavar con pequeñas porciones de solución valorante.
5. Titular la muestra con solución de EDTA 0.01M que tenía la bureta, agitando continuamente hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos. añadir las últimas gotas con intervalo de 3-5 segundos, hasta punto final color azul.
6. No debe conservarse color rojizo al llegar al final de la titulación.
7. Realizar 2 valoraciones para cada una de las muestras.

8. Anotar las lecturas como mL gastado y realizar duplicado por cada muestra.

INTERFERENCIAS:

Algunos iones metálicos interfieren produciendo puntos finales débiles o diferenciados, o provocando un consumo estequiométrico de EDTA. Las materias orgánicas coloidales o en suspensión pueden interferir en el punto final.

CALCULOS:

$$\text{Dureza (EDTA) como mg de CaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A= mL de titulación para la muestra, y

B= mg de CaCO₃ equivalente a 1,0 mL de titulante EDTA.

- ESTANDARIZACION DE LA SOLUCION VALORANTE DE EDTA. (1)

1. Diluir 25.0 mL de solución de calcio estándar con agua destilada a un volumen de 50.0 mL.
2. Adicionar 1 mL de solución buffer de cloruro de amonio-hidróxido de amonio hasta que la solución tenga un pH de 10 (comprobar con papel indicador). Agite la solución.
3. Añadir una cantidad adecuada del reactivo en polvo de indicador negro de eriocromo T.
4. Llenar la bureta con solución de EDTA 0.01M, teniendo la

precaución de lavar con pequeñas porciones de solución valorante.

5. Titular la muestra con solución de EDTA 0.01M que tenía la bureta, agitando continuamente hasta que desaparecieron los últimos matices rojizos, añadiendo las últimas gotas con intervalo de 3-5 segundos, hasta el punto final color azul.
6. No debe conservarse color rojizo al llegar al final de la titulación.
7. Realizar 2 valoraciones y anotar las lecturas como mL gastado de EDTA 0.01 M para la solución de calcio estándar.

-SULFATOS

MÉTODO GRAVIMETRICO CON COMBUSTIÓN DE RESIDUOS. (1)

FUNDAMENTO:

El sulfato precipita en una solución de ácido clorhídrico como sulfato de bario por la adición de cloruro de bario.

La precipitación se realiza cerca de la temperatura de ebullición y, tras un periodo de digestión el precipitado se filtra, se lava con agua hasta eliminar Cl^- , se somete a combustión o seca y se pesa como sulfato bórico.

PROCEDIMIENTO:

- Precipitación de sulfato de bario

1. Medir un volumen de 250 mL en una probeta y ajustar el pH a 5.0 con ácido clorhídrico utilizando un medidor de pH.
2. Calentar a ebullición y añadir lentamente con agitación, solución fría de BaCl_2 al 10% hasta precipitación completa aparente.
3. Añadir 2 mL de exceso. Si el precipitado es pequeño, añádanse un total de 5 mL de solución de BaCl_2 al 10%.

4. Digerir el precipitado de 80 a 90 °C, preferiblemente no menos de 2 horas.
- Filtración y pesada
1. Mezclar una pequeña cantidad de pulpa de papel filtro con el BaSO_4 , y transfírase cuantitativamente a un filtro y fíltrese a temperatura ambiente.
 2. Lavar el precipitado con pequeñas porciones de agua destilada templada hasta que los lavados estén libres de Cl^- comprobado mediante pruebas con reactivo $\text{AgNO}_3 - \text{HNO}_3$.
 3. Colocar el filtro y precipitado en un crisol de porcelana tarado y llévese a ignición a 800 ° C durante una hora. No dejar que se inflame el papel filtro.
 4. Enfriar en desecador y pesar.

INTERFERENCIA:

La determinación gravimétrica del sulfato esta sujeta a muchos errores, tanto positivos como negativos. En aguas potables donde la concentración mineral es baja, pueden tener una importancia mínima.

Interferencia que produce resultados elevados: La materia en suspensión, sílice, BaCl_2 precipitante, NO_3^- , SO_3^{2-} y licor madre ocluido en el precipitado son los factores principales de error positivo.

Interferencia que produce resultados bajos: los sulfatos de metales alcalinos suelen dar resultados bajos, específicamente los sulfatos alcalinos hidrogenados.

Cálculos:

$$\text{mg de SO}_4^{2-} / \text{L} = \frac{\text{mg de SO}_4 \times 411.6}{\text{mL muestra}}$$

-SÓLIDOS TOTALES (SECADOS A 103°-105°C)

METODO GRAVIMETRICO. (1)

FUNDAMENTO:

Se evapora una muestra correctamente mezclada en una cápsula de porcelana pesada y secada a peso constante en un horno de 103°-105°C.

El aumento de peso sobre la capsula de porcelana vacía representa los sólidos totales.

PROCEDIMIENTO:

- Preparación de la cápsula de evaporación.
 1. Colocar una cápsula de porcelana limpia y seca, calentar en un horno a 103°-105°C durante una hora.
 2. Extraer la cápsula de porcelana y colocarla en un desecador hasta que se equilibre la temperatura.
 3. Pesar la cápsula inmediatamente antes de ser usada.
 4. Anotar el peso de la cápsula.
- Análisis de la muestra.
 1. Medir 10.0 mL de muestra y transferirlos a una cápsula de porcelana pesada previamente.
 2. Colocar la cápsula en un baño de vapor y evaporar la muestra hasta sequedad.

3. La muestra evaporada se seca durante una hora en horno 103°-105°C.
4. Enfriar la cápsula en un desecador para equilibrar la temperatura.
5. Pesar y realizar esta prueba por duplicado.

INTERFERENCIAS:

El agua fuertemente mineralizada con una concentración significativa de calcio, magnesio, y/o sulfatos puede ser higroscópica y requerir un secado prolongado, una desecación adecuada y un secado rápido.

CÁLCULOS:

$$\text{mg de sólidos totales/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra, mL}}$$

Donde:

A = Peso de residuo seco + capsula, mg, y

B = Peso de la cápsula, mg.

- HIERRO

METODO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA. (1)

PRINCIPIO:

La espectrometría de absorción atómica se parece a la fotometría de llama de emisión en que la muestra es aspirada en una llama y atomizada. La principal diferencia consiste que en la fotometría de llama se mide la cantidad de luz emitida, mientras que en la espectrometría de absorción atómica se dirige un rayo luminoso a través de una llama a un monocromador y sobretodo un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado.

ESTANDARIZACION:

1. Seleccionar una concentración de solución patrón de hierro (Preparación ver anexo N° 3) para establecer límites para la concentración esperada del metal de una muestra.
2. Aspirar el blanco y colocar a cero el instrumento
3. Aspirar el patrón en la llama para luego registrar la concentración máxima que fue de 5 ppm.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

1. Acidular la muestra con 5 mL de HNO_3 concentrado por litro para preservarla.
2. Agitar la muestra, luego medir 100 mL y colocarla en un matraz y añadir 5 mL de HCl de elevada pureza (1 : 1).
3. Calentar en vapor de agua durante 15 minutos, no llevar a ebullición
4. Filtrar y ajustar el volumen del filtrado a 100.0 mL.
5. Mezclar los 100 mL con 25 mL de solución de Ca^{++} , antes de la aspiración.
6. Proceder al análisis en el aparato.

PROCEDIMIENTO:

1. Enjuagar el nebulizador aspirando agua con 1.5 mL de HNO_3 concentrado por litro.
2. Atomizar un blanco y ajustar a cero el instrumento.
3. Atomizar la muestra y determinar la concentración directa en mg/L con el instrumento equipado con lectura de salida.

4. Realizar esta prueba por duplicado.

INTERFERENCIAS:

Las interferencias químicas son originadas por la ausencia de absorción de átomos unidos en combinación molecular en la llama. Tal dificultad puede aparecer cuando la llama no es lo bastante caliente para disociar las moléculas o cuando el átomo disociado se oxida de inmediato dando un compuesto que no se disocia a la temperatura de la llama

- SODIO

MÉTODO FOTOMÉTRICO DE EMISIÓN DE LLAMA. (1)

FUNDAMENTO:

Se pueden determinar cantidades de traza de sodio por fotometría de emisión de llama a una longitud de onda de 589 nm. Se pulveriza la muestra en una llama de gas y la excitación se realiza en condiciones controladas y reproducibles. La línea espectral buscada se aísla utilizando filtros de interferencia o por medio de una disposición adecuada de la ranura en los dispositivos de dispersión de luz, tales como prismas o rejillas. La intensidad de la luz se mide por un potenciómetro con fototubos u otro circuito apropiado. La intensidad de la luz a 589 nm es aproximadamente proporcional a la concentración de elemento.

ESTANDARIZACION:

1. Seleccionar una concentración de solución patrón de sodio para

establecer límites para la concentración esperada del sodio de una muestra (Preparación ver anexo N° 3).

2. Aspirar un blanco y colocar a cero el instrumento.
3. Aspirar el patrón en la llama y registrar la concentración en mg/L.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

1. Acidular la muestra con 5 mL de HNO_3 concentrado por litro para preservarla.
2. Agitar la muestra, medir 100 mL y colocarlos en un matraz, añadir 5 mL de HCl de elevada pureza (1 : 1).
3. Calentar en vapor de agua durante 15 minutos, no llevar a ebullición
4. Filtrar y ajustar el volumen del filtrado a 100.0 mL.
5. Proceder al análisis en el aparato.

PROCEDIMIENTO:

1. Enjuagar el nebulizador aspirando agua con 1.5 mL de HNO_3 concentrado.
2. Atomizar un blanco y ajustó a cero el instrumento
3. Luego atomizar la muestra y determinar su concentración directa en el instrumento en mg/L. Esta prueba se realizada por duplicado.

INTERFERENCIAS:

Los fotómetros de llama que funcionan sobre el principio de patrón interno pueden requerir la adición de una solución de litio patrón a cada muestra y patrón de trabajo.

4.4.6 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

TÉCNICA DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA. (13)

FUNDAMENTO:

A diferencia del método de tubos múltiples, el método de filtración de membrana o método de membrana filtrante (MF) brinda un recuento directo de los coliformes totales y fecales frecuentes en una muestra de agua determinada. El método se basa en la filtración de un volumen conocido a través de un filtro de membrana en el cual las bacterias son retenidas en la superficie de la membrana filtrante y que posteriormente esta membrana que contiene las bacterias se incuba en un recipiente estéril, a una temperatura apropiada con un medio de cultivo selectivo y diferencial.

- DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y *E. COLI*. (11)

PROCEDIMIENTO:

- **Muestras de agua tratada**

1. Conectar el quitasato a la fuente de vacío (apagada) y colocar en su sitio el soporte poroso.
2. Abrir una caja de petri de 60 mm descartable, y colocar una almohadilla en ella.
3. Agregar una ampolla de 2 mL de medio cromogénico colibblue para saturar la almohadilla.
4. Ensamblar la unidad de filtración colocando una membrana filtrante

estéril sobre el soporte poroso, utilizando para ello, pinzas previamente esterilizadas al fuego.

5. Colocar el recipiente superior en su sitio y asegurar con las abrazaderas especiales.
6. Vaciar en el recipiente superior un volumen de 100 mL de muestra.
7. Después que la muestra paso a través del filtro, enjuagar el recipiente con 20-30 mL de agua de dilución estéril. Enjuagar nuevamente después de que toda el agua del primer enjuague pasó a través del filtro.
8. Desmontar la unidad de filtración y, utilizando pinzas se colocaron las membranas filtrantes en la caja petri sobre la almohadilla (saturada con medio cromogénico colibblue), con el lado reticulado hacia arriba. Asegurarse que no queden burbujas de aire entre la almohadilla y la membrana filtrante.
9. Colocar la caja petri en posición invertida para la incubación.
10. Incubar a 35 °C durante 24 horas.

- Muestras de agua embolsada

Procede como se indica para agua tratada con la diferencia que la bolsa fue limpiada y desinfectada con un paño impregnado de alcohol al 70 % antes de ser abierta para evitar contaminación que pudiera acompañar al envoltorio. Posteriormente con una tijera estéril de acero inoxidable se corta una esquina del envoltorio.

LECTURA:

Las bacterias coliformes totales forman colonias de color rojo o rojo

oscuro y las colonias de ***E. coli*** son de color azul. Las colonias de otro tipo no deben ser contadas. El recuento de las colonias se realizó con la ayuda de un contador de colonias digital. El número de coliformes totales por 100 mL está dado por:

$$\text{Coliformes totales por 100 mL} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de colonias coliformes contadas} \times 100}{\text{N}^{\circ} \text{ de mL de muestra filtrada}}$$

Y el número de ***E. coli*** por 100 mL está dado por la siguiente regla de tres:

E. coli por 100 mL =

N^o de colonias de *E. coli* contadas ----- N^o de mL de muestra filtrada

X ----- 100 mL

- DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES. ⁽¹¹⁾

PROCEDIMIENTO

- Muestras de agua tratada

1. Conectar el quitasato a la fuente de vacío (apagada) y colocar en su sitio el soporte poroso.
2. Abrir una caja de petri de 60 mm descartable, y colocar una almohadilla en ella.
3. Agregar una ampolla de 2 mL de caldo MFC con ácido rosólico para saturar la almohadilla.

4. Ensamblar la unidad de filtración colocando una membrana filtrante estéril sobre el soporte poroso, utilizando para ello, pinzas previamente esterilizadas al fuego.
5. Luego colocar el recipiente superior en su sitio y asegurarlo con las abrazaderas especiales.
6. Vaciar en el recipiente superior un volumen de muestra de 100 mL.
7. Después que la muestra ha pasado a través del filtro, lavar el recipiente con 20-30 mL de agua de dilución estéril en dos ocasiones.
8. Luego desmontar la unidad de filtración y, utilizando las pinzas, colocar las membranas filtrantes en la caja de petri sobre la almohadilla (saturada con caldo MFC con ácido rosólico), con el lado reticulado hacia arriba. Asegurar de que no quedaran burbujas de aire entre la almohadilla y la membrana filtrante.
9. Colocar la caja de petri en posición invertida para la incubación.
10. Colocar las cajas de petri en una incubadora a 44 ± 0.5 °C durante 24 horas.

- **Muestras de agua embolsada**

Proceder como se indica en la página 72 ó 73

LECTURA:

Las colonias de las bacterias coliformes fecales son de color azul.

Las colonias de coliformes no fecales toman un color gris o crema. El recuento de las colonias se realizó con ayuda de un contador de colonias digital. Finalmente, el número de coliformes fecales por 100 mL está dado por:

$$\begin{array}{l} \text{Coliformes fecales} \\ \text{por 100 mL} \end{array} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de colonias coliformes fecales contadas} \times 100}{\text{N}^{\circ} \text{ de mL de muestra filtrada}}$$

- DETERMINACIÓN DE BACTERIAS HETEROTROFAS. ⁽¹¹⁾

PROCEDIMIENTO

- **Muestras de agua tratada**

1. Conectar el quitasato a la fuente de vacío (apagada) y colocar en su sitio el soporte poroso.
2. Abrir una caja de petri de 60 mm descartable, y colocar una almohadilla en ella.
3. Agregar una ampolla de 2 mL de medio R2 A para saturar la almohadilla.
4. Ensamblar la unidad de filtración colocando una membrana filtrante estéril sobre el soporte poroso, utilizando para ello, pinzas previamente esterilizadas al fuego.
5. Luego colocar el recipiente superior en su sitio y asegurar con las abrazaderas especiales.
6. Tomar 1.0 mL de muestra y diluir con agua estéril a 100 mL, luego vaciar en el recipiente superior del aparato de filtración.
7. Después que la muestra ha pasado a través del filtro, enjuagar el recipiente con 20-30 mL de agua de dilución estéril. Enjuagar otra vez después de que toda el agua del primer enjuague pasó a través del filtro.

8. Desmontar la unidad de filtración y, utilizando las pinzas, se colocan las membranas filtrantes en la caja de petri sobre la almohadilla (saturada con medio R2 A), con el lado reticulado hacia arriba. Asegurarse que no queden burbujas de aire entre la almohadilla y la membrana filtrante.
9. Colocar la caja de petri en posición invertida para la incubación.
10. Incubar a 35 °C , 24 horas.

- **Muestras de agua embolsada**

Proceder como se indica en la página 72 ó 74

LECTURA: Se contabilizan las colonias con un contador de colonias digital.

Finalmente, el número de Heterótrofos se reporta como número de colonias heterótrofas por 1 mL (UFC/ mL).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los cuadros que a continuación se presentan, muestran los resultados de determinaciones fisicoquímicos como olor, color verdadero, pH, turbidez, dureza, sulfatos, sólidos totales, hierro, sodio, y determinaciones Microbiológicas como coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas, de aguas utilizadas para consumo humano de puntos : agua de grifos de hogares de la Ciudad de Sensuntepeque codificando las muestras y sus duplicados como Mx1,Mx1D, Mx2, Mx2D, Mx3, MxD3, Mx4, Mx4D; agua embolsada sin marca de Mx5, Mx5D, Mx6, Mx6D, Mx7, Mx7D, Mx8, Mx8D; agua del río Tronalagua de Mx9, Mx9D, Mx10, Mx10D, Mx11, Mx11D, Mx12, Mx12D; Agua de cisterna de Mx13, Mx13D y agua de piscina de Mx14 y Mx14D.

Las muestras y sus respectivos duplicados del agua de grifo y embolsada fueron recolectadas la tercera y cuarta semana del mes de Julio y segunda y tercera semana del mes de Agosto de 2008. Para el punto de río fueron recolectadas del nacimiento y a 70 mts. antes de la planta de ANDA en la cuarta semana del mes de Julio y tercera del mes de Agosto, y para la cisterna y piscina en la tercera semana del mes de Agosto de 2008.

El agua potable distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque recibe tratamiento tanto físico (filtración) como químico (cloración) en la planta de ANDA. Como primer paso es bombeada agua del río Tronalagua hacia la piscina pasando por un filtro, luego el agua contenida en la piscina es bombeada hacia una cisterna, pasando por un filtro nuevamente y recibiendo tratamiento químico que es una cloración (cloro gaseoso), y como último

paso antes de ser distribuida por las tuberías hacia los hogares de la Ciudad de Sensuntepeque es circulada por un filtro, para así obtener agua para consumo humano.

Los resultados de las muestras de agua de río, cisterna, piscina y grifo fueron comparados con la Norma salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 debido a que los diferentes puntos de recolección antes mencionados, tienen la finalidad de ser utilizada para agua de consumo humano habiendo recibido tratamiento previo de filtración y cloración.

Los resultados de agua embolsada fueron comparados con la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98, ya que esta es la que establece los lineamientos para determinar si el agua cumple con los requisitos para ser consumida.

Olor: Se recolectaron las muestras en 2 puntos del río: nacimiento y a 70 mts. antes de la planta de ANDA, en la cuarta semana del mes de Julio y tercera semana del mes de Agosto. Luego se seleccionaron 10 personas al azar de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador para que efectuaran la prueba con ayuda de una guía (ver anexo N° 9), llevándose a cabo la percepción del olor de las muestras de agua en el mes de recolección, por las mismas personas en ambos meses.

Obteniéndose un resultado de olor desagradable para las muestras recolectadas en los dos puntos del río (nacimiento y a 70 mts. antes de planta de ANDA), por lo que se encuentra fuera de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 y es comparada con dicha Norma ya que de este río es abastecida la planta de ANDA.

Color verdadero: Los resultados de las muestras de río en el nacimiento fueron de 25 Pt-Co, 26 Pt-Co, y en el punto a 70 mts. antes de planta de ANDA de 25 Pt-Co, 23 Pt-Co, ambos de la cuarta semana del mes de Julio. En la tercera semana del mes de Agosto de 21 Pt-Co, 20 Pt-Co del nacimiento, y de 22 Pt-Co, 24 Pt-Co en el río a 70 mts. antes de planta de ANDA, encontrándose todas las muestras fuera del límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04, que es de 15 Pt-Co.

pH: Los resultados de pH en los dos puntos de recolección del río (nacimiento y a 70mts. antes de la planta de ANDA) fueron de 7.66, 7.69, y 7.50, 7.53 ; y para la tercera semana de Agosto valores de 7.71, 7.50, y

7.60, 7.50. De acuerdo a los datos obtenidos todas las muestras se encuentran dentro del rango establecido en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Turbidez: Las lecturas obtenidas del agua en los puntos del río fueron: de 30 UNT y 31 UNT en el nacimiento, y a 70 mts. antes de planta de ANDA de 28 UNT y 26 UNT, ambos puntos tomados en la cuarta semana del mes de Julio; y para las muestras tomadas en la tercera semana del mes de Agosto resultados de 30 UNT, 28 UNT para el nacimiento, y de 29 UNT, 31 UNT para el río a 70 mts. antes de la planta de ANDA, por lo que los valores obtenidos en ambos meses sobrepasan el límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 ya que el límite máximo permitido es de 5 UNT.

Dureza: Los resultados de muestra de río fueron de 122 mg de CaCO_3 / L para el nacimiento, y de 129 mg de CaCO_3 / L para el río a 70 mts. antes de la planta de ANDA, ambas recolectadas en la cuarta semana correspondiente al mes de Julio; y para la tercera semana del mes de Agosto presento resultados de 135 mg de CaCO_3 / L en el nacimiento, y de 130 mg de CaCO_3 / L en el río a 70 mts. antes de planta de ANDA; encontrándose todos los resultados del mes de Julio y de Agosto por debajo del límite máximo establecido en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04, que establece como máximo 500 mg de CaCO_3 / L.

Sulfatos: La concentración obtenida en las muestras de río en nacimiento y a 70 mts. antes de la planta de NADA del mes de Julio (cuarta semana) y

Agosto (tercera semana) son tan bajas que no pueden ser detectadas por este método, y según recopilación bibliográfica⁽¹²⁾ al no ser detectada la concentración de sulfatos es menor a 10 ppm, por lo antes mencionado la concentración de sulfatos para las muestras se encuentra por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sólidos totales: Los resultados para las muestras en el río recolectadas en la cuarta semana del mes de Julio fueron de: en nacimiento de 335 mg/L y 340 mg/L, y en el río a 70 mts. antes de planta de ANDA de 340 mg/L y 342 mg/L. En la tercera semana del mes de Agosto se obtuvieron valores de 350 mg/L y 352 mg/L para el nacimiento, y de 355 mg/L y 350 mg/L para el río a 70 mts. antes de planta de ANDA; encontrándose los resultados por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04, que es de 1000 mg/L.

Hierro: Los resultados tanto del mes de Julio (tercera semana) como del mes de Agosto (cuarta semana), presentaron lecturas para las muestras de agua del río tanto del nacimiento y a 70 mts. antes de planta de ANDA de no detectables, debido a que los valores están por debajo del estándar de 0.1 mg/L, por lo tanto cumple con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sodio: Las lecturas para las muestras del río en el nacimiento fueron de 20 mg/L y 18 mg/L, y a 70 mts. antes de planta de ANDA de 25 mg/L y 21 mg/L para la cuarta semana del mes de Julio. Y para la tercera semana del mes de Agosto de 20 mg/L y 23 mg/L para nacimiento, y de 21 mg/L y 24 mg/L

para el río a 70 mts. antes de planta de ANDA, por lo que todos los valores obtenidos en el mes de Julio y Agosto se encuentran por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 ya que lo estipulado es de 200 mg/L de sodio.

Cuadro N° 12 Resultados Microbiológicos para Agua de río

Parámetros	Método	Julio/2008				Agosto/2008				Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04
		Cuarta semana				Tercera semana				
		Nacimiento del Río		Río a 70 mts antes de Planta de ANDA		Nacimiento del Río		Río a 70 mts antes de Planta de ANDA		
		Mx9	Mx9D	Mx10	Mx10D	Mx11	Mx11D	Mx12	Mx12D	
Coliformes totales	Filtración/membrana	69,000 UFC/ 100 mL	68,000 UFC/ 100 mL	60,000 UFC/ 100 mL	58,000 UFC/ 100 mL	65,000 UFC/ 100 mL	64,000 UFC/ 100 mL	61,000 UFC/ 100 mL	62,000 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Coliformes fecales	Filtración/membrana	58,000 UFC/ 100 mL	59,000 UFC/ 100 mL	57,000 UFC/ 100 mL	56,000 UFC/ 100 mL	59,000 UFC/ 100 mL	57,000 UFC/ 100 mL	58,000 UFC/ 100 mL	59,000 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Filtración/membrana	47,000 UFC/ 100 mL	48,000 UFC/ 100 mL	48,000 UFC/ 100 mL	47,000 UFC/ 100 mL	48,000 UFC/ 100 mL	47,000 UFC/ 100 mL	46,000 UFC/ 100 mL	47,000 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Total de bacterias heterótrofas	Filtración/membrana	390 UFC/ mL	380 UFC/ mL	380 UFC/ mL	370UF UFC/ mL	390 UFC/ mL	380 UFC/ mL	380 UFC/ mL	390 UFC/ mL	100 UFC/mL (max).

Mx9: Muestra N° 9

Mx9 D: Muestra N° 9 duplicado

Interpretación de resultados microbiológicos para agua de río de los puntos: nacimiento y a 70 mts. antes de planta de ANDA.

Coliformes Totales: La cuantificación de coliformes totales para el agua de río fueron: 69,000 UFC/100 mL y 68,000 UFC/100 mL en el nacimiento, de 60,000 UFC/100 mL y 58,000 UFC/100 mL a 70 mts. antes de planta de ANDA, ambos puntos en la cuarta semana del mes de Julio. Para la tercera semana del mes de Agosto de 65,000 UFC/100 mL y 64,000 UFC/100 mL en el nacimiento; de 61,000 UFC/100 mL y 62,000 UFC/100 mL a 70 mts. de planta de ANDA, no cumpliendo para ningún caso con los requerimientos microbiológicos para ser considerada agua apta para consumo humano, por la gran cantidad de coliformes totales presentes, por lo que se encuentra fuera del límite establecido en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Coliformes Fecales: La cuantificación de coliformes fecales para el agua de río fueron: 58,000 UFC/100 mL y 59,000 UFC/100 mL tomadas en el nacimiento, de 57,000 UFC/100 mL y 56,000 UFC/100 mL a 70 mts. antes de planta de ANDA, ambos puntos en la cuarta semana del mes de Julio. Para la tercera semana del mes de Agosto de 59,000 UFC/100 mL y 57,000 UFC/100 mL en el nacimiento; de 58,000 UFC/100 mL y 59,000 UFC/100 mL a 70 mts. antes de planta de ANDA. De acuerdo a los resultados obtenidos para este parámetro en las diferentes muestras recolectadas en el mes de Julio y Agosto, no son consideradas aptas para consumo humano ya que sobrepasa el límite establecido por la Norma Salvadoreña para agua de

consumo humano NSO 13.17.01.04. Lo cual demuestra contaminación exclusiva del intestino del ser humano y de animales.

Escherichia coli: La cuantificación de ***Escherichia coli*** para el agua de río fueron: de 47,000 UFC/100 mL y 48,000 UFC/100 mL para el nacimiento, de 48,000 UFC/100 mL y 47,000 UFC/100 mL a 70 mts. antes de la planta de ANDA, ambos puntos recolectados en la cuarta semana del mes de Julio; para las muestras tomadas en la tercera semana del mes de Agosto de 48,000 UFC/100 mL y 47,000 UFC/100 mL para el nacimiento; de 46,000 UFC/100 mL y 47,000 UFC/100 mL a 70 mts. antes de la planta de ANDA, considerándose esta agua no apta para consumo humano por la gran cantidad de ***Escherichia coli*** presente en las muestras recolectadas. No cumpliendo así lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Heterótrofas: El recuento heterotrófico de bacterias de agua de río fueron: 390 UFC/mL y 380 UFC/mL en el nacimiento; de 380 UFC/mL y 370 UFC/mL a 70 mts. antes de la planta de ANDA, ambos puntos recolectados en la cuarta semana del mes de Julio; para las muestras tomados en la tercera semana del mes de Agosto de 390 UFC/mL y 380 UFC/mL en el nacimiento; de 380 UFC/mL y 390 UFC/mL a 70 mts. antes de la planta de ANDA, encontrándose los resultados obtenidos fuera de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 que es de 100 UFC/mL.

Estos parámetros microbiológicos son comparados con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04, debido a que la planta de ANDA es abastecida por este río.

Cuadro N° 13 Resultados fisicoquímicos para Cisterna y Piscina

Parámetros	Método	Agosto/2008				Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04
		Tercera semana		Piscina		
		Cisterna		Piscina		
Olor	Sentido del olfato	Mx13 Inodoro	Mx13D Inodoro	Mx14 DB	Mx14D DB	No rechazable
	Espectrofotométrico	0 Pt-Co	0 Pt-Co	8 Pt-Co	8 Pt-Co	
pH	pHmetro	7.31	7.28	7.17	7.20	8.5 – 6.0
Turbidez	Nefelométrico	0 UNT	0 UNT	2 UNT	2 UNT	5 UNT (max).
	Volumétrico	122 mg CaCO ₃ /L	125 mg CaCO ₃ /L	97.6 mg CaCO ₃ /L	96.7 mg CaCO ₃ /L	500.0 mg CaCO ₃ /L (max).
Sulfatos	Gravimétrico	ND	ND	ND	ND	400.00 mg/L (max).
	Gravimétrico	185 mg/L	180 mg/L	165 mg/L	160 mg/L	1000 mg/L (max).
Hierro	Absorción atómica	ND	ND	ND	ND	0.30 mg/L (max).
Sodio	Emisión de llama	61 mg/L	65 mg/L	78 mg/L	80 mg/L	200.0 mg/L (max).

DB: Desagradable

Mx13: Muestra N° 13

ND: No detectable

Mx13 D: Muestra N° 13 duplicado

Olor: Este parámetro se determinó por medio de un análisis sensorial en el cual se seleccionaron 10 personas al azar de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador para que efectuaran la prueba con ayuda de una guía. Por lo que se recolectaron las muestras de cisterna la tercera semana del mes de Agosto, Obteniéndose un resultado según guía (ver anexo N° 9) de inodora, por lo que se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04. Y las muestras de piscina tomadas la tercera semana de Agosto; dando un resultado según guía (ver anexo N° 9) de olor desagradable, por lo que se encuentra fuera de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Color Verdadero: Los resultados para agua de cisterna fueron de 0 Pt-Co, y para la piscina de 8 Pt-Co, en ambos puntos las muestras se recolectaron en la tercera semana del mes de Agosto, y de acuerdo a estos resultados obtenidos se encuentra por debajo del límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

pH: Fueron tomados todos los pH a cada una de las muestras, obteniéndose para agua de cisterna los siguientes valores: 7.28 y 7.31; y para agua de piscina valores de 7.17, 7.20, siendo recolectadas ambas muestras en la tercera semana de Agosto; encontrándose todos los resultados dentro del rango estipulado en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Turbidez: Se obtuvieron lecturas de cada una de las muestras de 0 UNT para agua de cisterna y para agua de piscina de 2 UNT, ambos puntos

recolectados en la tercera semana de Agosto, y de acuerdo a los resultados obtenidos tanto para agua de cisterna como para agua de piscina están por debajo de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 ya que el límite máximo permitido es de 5 UNT.

Dureza: Los resultados para agua de cisterna fueron de 125 mg de CaCO_3 /L y 122 mg de CaCO_3 /L; para agua de piscina de 97.6 mg de CaCO_3 /L y 96.7 mg de CaCO_3 /L, ambas muestras recolectadas en la tercera semana del mes de Agosto. Los resultados obtenidos tanto para muestra de cisterna como de piscina se encuentran por debajo del límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sulfatos: La concentración de sulfatos en las muestras de Cisterna y Piscina es tan baja que no pueden ser detectadas por este método, y según recopilación bibliografía⁽¹²⁾ al no ser detectada la concentración de sulfatos es menor a 10 ppm, por lo antes mencionado la concentración de sulfatos para agua de piscina y cisterna recolectadas en la tercera semana del mes de Agosto se encuentran por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sólidos Totales: Los resultados de las muestras de agua de cisterna fueron de 185 mg/L y 180 mg/L; para agua de piscina de 165 mg/L y 160 mg/L, ambas muestras recolectadas en la tercera semana del mes de Agosto. De acuerdo a los valores obtenidos tanto de cisterna y como de piscina, se encuentran por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Hierro: Las lecturas de hierro de agua de cisterna y agua de piscina fueron no detectables debido a que los valores están por debajo del estándar de 0.1 mg/L, ambos puntos las muestras recolectadas en la tercera semana del mes de Agosto, por lo que todas las muestras cumplen con lo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04

Sodio: Se obtuvieron lecturas de sodio para cada una de las muestras en agua de cisterna de 61 mg/L y 65 mg/L; para agua de piscina de 86 mg/L y 89 mg/L, ambas muestras recolectadas en la tercera semana del mes de Agosto, por lo que todos los valores obtenidos tanto para agua de cisterna como de piscina se encuentran por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 que es de 200 mg/L de sodio.

Cuadro N° 14 Resultados Microbiológicos para Cisterna y Piscina

Parámetros	Método	Agosto/2008				Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04
		Cisterna		piscina		
		Tercera				
		Mx13	Mx13D	Mx14	Mx14D	
Coliformes totales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	480 UFC/ 100 mL	470 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Coliformes fecales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	390 UFC/ 100 mL	380 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	15 UFC/ 100 mL	13 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Total de bacterias heterótrofas	Filtración/membrana	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	160 UFC/ mL	150 UFC/ mL	100 UFC/mL (max).

Mx13: Muestra N° 13

Mx13 D: Muestra N° 13 duplicado

Interpretación de resultados microbiológicos para agua de Cisterna y Piscina.

Cisterna:

En la cuantificación de bacterias coliformes totales, *Escherichia coli* y coliformes fecales utilizando la técnica de filtración de membrana en el agua de cisterna de la planta de ANDA, no presentó crecimiento de colonias para ningún caso estudiado, lo cual demuestra que el proceso de desinfección es eficiente, ya que se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

El recuento heterotrófico de bacterias realizado al agua de cisterna de la planta de ANDA, se encuentra por debajo del valor máximo admisible (100 UFC/ml) por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04, ya que todas las muestras recolectadas no presentan crecimiento de colonias.

Piscina:

La cuantificación microbiológica de las muestras de agua de piscina fueron de 480 UFC/100 mL y 470 UFC/100 mL para coliformes totales, de 390 UFC/100 mL y 380 UFC/100 mL para coliformes fecales, de 15 UFC/100 mL, y 13 UFC/100mL para *Escherichia coli*, y de 160 UFC/100 mL y 150 UFC/ mL de bacterias heterótrofas, lo cual demuestra que el primer proceso de filtración a disminuido la concentración de bacterias con respecto a las que presenta el río del cual es abastecida la piscina, obteniéndose valores que se encuentran fuera de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

La diferencia en los resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos realizados al agua de piscina y de cisterna, son debido a que el agua de piscina recibe un tratamiento de filtración el cual únicamente ha disminuido la contaminación bacteriana, no así el agua de cisterna que recibe un tratamiento de cloración y otro mas de filtración por parte de la empresa de ANDA antes de ser distribuida, el cual ha eliminado la contaminación bacteriana.

Los resultados microbiológicos obtenidos de agua de piscina son menores notablemente que los obtenidos para agua de río, y es debido a que el agua de la cual se abastece la piscina recibe el primer proceso de filtración, con el objetivo de disminuir la contaminación lo cual se ve reflejado en los resultados.

Cuadro N° 15 Resultados Físicoquímicos para Agua potable en abastecimiento por grifo.

Parámetros	Método	Julio/2008						Agosto/2008						Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04
		Tercera semana Grifo 1		Cuarta semana Grifo 2		Segunda semana Grifo 3		Tercera semana Grifo 4						
		Mx1	Mx1D	Mx2	Mx2D	Mx3	Mx3D	Mx4	Mx4D					
Olor	Sentido del olfato	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No rechazable
Color verdadero	Espectrofotométrico	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	15 Pt-Co (max).
pH	pHmetro	8.40	8.30	8.40	8.30	7.89	7.87	7.86	7.85					8.5 – 6.0
Turbidez	Nefelometrico	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	5 UNT (max).
Dureza (como CaCO ₃)	Volumétrico	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	109.8 mg CaCO ₃ / L	109.8 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	122 mg CaCO ₃ / L	500.0 mg CaCO ₃ /L (max).
Sulfatos	Gravimétrico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	400.00 mg/L (max).
Sólidos Totales	Gravimétrico	115 mg/L	118 mg/L	116 mg/L	113 mg/L	145 mg/L	143 mg/L	135 mg/L	132 mg/L					1000 mg/L (max).
Hierro	Absorción atómica	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.30 mg/L (max).
Sodio	Emisión de llama	62 mg/L	60 mg/L	86 mg/L	89 mg/L	65 mg/L	69 mg/L	60 mg/L	65 mg/L					200.0 mg/L (max).

ND: No detectable

Mx1: Muestra N°1

Mx1 D: Muestra N°1 duplicado

Olor: Este parámetro se determinó por medio de un análisis sensorial en el cual se seleccionaron 10 personas al azar de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador para que efectuaran la prueba con ayuda de una guía. Tomándose 4 muestras y sus duplicados en diferentes grifos ubicados en Hogares de la Ciudad de Sensuntepeque; la recolección de las muestras fue durante la tercera y cuarta semana del mes de Julio, y la segunda y tercera semana del mes de Agosto del año 2008. Llevándose a cabo la percepción de esta prueba por las mismas personas en las respectivas fechas de recolección realizadas. Obteniéndose para las muestras de agua de grifo del mes de Julio como de Agosto resultado según guía (ver anexo N° 9) de inodora, por lo que se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Color verdadero: Se obtuvieron resultados para todas las muestras de agua de grifo recolectadas en el mes de Julio y Agosto de 0 Pt-Co; y de acuerdo a este valor obtenido el agua se encuentra por debajo del límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

pH: Los resultados de pH del agua de grifo para la tercera y cuarta semana de Julio fueron de 8.40 - 8.30, y 8.40 - 8.30; y para la segunda y tercera semana de Agosto valores de 7.89 - 7.87 y 7.86 - 7.85. Tales resultados reflejan que las muestras de agua potable tienen una tendencia alcalina pero sin embargo se encuentran dentro del rango establecido de pH en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Turbidez ⁽²⁾: Las muestras tomadas tanto en el mes de Julio (tercera y cuarta semana) como el mes de Agosto (segunda y tercera semana) presentaron un valor de 0 UNT, encontrándose por debajo de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 ya que el límite máximo permitido por la presente Norma es de 5 UNT.

Dureza: La dureza en el agua potable, viene dada por la cantidad de CaCO_3 presente, obteniendo resultados de 122 mg CaCO_3 / L para la tercera y cuarta semana del mes de Julio con sus respectivos duplicados; de 109.8 mg CaCO_3 / L en la segunda semana de Agosto junto con su duplicado, y de 122 mg CaCO_3 / L en la tercera semana del mismo mes. Dichos resultados están comprendidos por debajo del límite máximo de 500 mg de CaCO_3 / L establecido en la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sulfatos: La concentración de sulfatos en cada una de las muestras de agua potable fueron tan bajas que no pueden ser detectadas por este método, y según recopilación bibliográfica ⁽¹²⁾ al no ser detectada la concentración de sulfatos, es menor a 10 ppm, por lo antes mencionado la concentración de sulfatos para cada una de las muestras se encuentra por debajo de los límites máximos estipulados por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sólidos Totales: Las concentraciones de sólidos totales para cada una de las muestras se encuentran por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 que es de 1000 mg/L, ya que las muestras presentaron resultados de 115 mg/L - 118

mg/L en la tercera semana de Julio y de 116 mg/L - 113 mg/L en la cuarta semana del mes de Julio; y para la segunda semana del mes de Agosto de 145 mg/L - 143 mg/L, y en la tercera semana del mes de Agosto de 135 mg/L - 132 mg/L.

Hierro ⁽¹⁾: Se obtuvieron resultados tanto del mes de Julio (tercera y cuarta semana) como del mes de Agosto (segunda y tercera semana) para cada una de las muestras de agua de grifo y sus respectivos duplicados, de no detectables, ya que los valores de las muestras de grifos de hogares de la ciudad de Sensuntepeque se encuentran por debajo del estándar de 0.1 mg/L, por lo tanto cumple con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

Sodio: Se registraron lecturas de sodio para cada una de las muestras de agua de grifo y sus duplicados de 62 - 60 mg/L para la tercera semana de Julio y de 86 - 89 mg/L para la cuarta semana del mismo mes. Para la segunda y tercera semana del mes de Agosto de 65 - 69 mg/L y 60 - 65 mg/L, por lo que todos los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04 que es de 200 mg/L de sodio.

Cuadro N° 16 Resultados Microbiológicos para Agua potable en abastecimiento por grifo.

Parámetros	Método	Julio/2008				Agosto/2008				Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04
		Tercera semana Grifo 1		Cuarta semana Grifo 2		Segunda semana Grifo 3		Tercera semana Grifo 4		
		Mx1	Mx1D	Mx2	Mx2D	Mx3	Mx3D	Mx4	Mx4D	
Coliformes totales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Coliformes fecales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL
Total de bacterias heterótrofas	Filtración/membrana	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	100 UFC/mL (max).

Mx1: Muestra N°1

Mx1 D: Muestra N°1 duplicado

Interpretación de resultados microbiológicos de agua de potable.

La cuantificación de bacterias coliformes totales, *Escherichia coli* y coliformes fecales no presentó crecimiento de colonias para ningún caso estudiado, en muestras de agua recolectadas en grifos de hogares de la Ciudad de Sensuntepeque, lo cual demuestra que el proceso de desinfección es eficiente con respecto a los parámetros antes mencionados, y además dichos resultados se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04.

El recuento de bacterias heterotrófico en las muestras de agua tomadas en grifos de hogares de la Ciudad de Sensuntepeque, no presentaron crecimiento de colonias, por lo que se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01.04

Cuadro N° 17 Resultados fisicoquímicos para Agua embotellada

Parámetros	Método	Julio/2008						Agosto/2008						Normativa Salvadoreña para agua embotellada NSO 13.07.02.98
		Tercera semana		Cuarta semana		Segunda semana		Tercera semana		Segunda semana		Tercera semana		
		Tienda 1		Tienda 2		Tienda 3		Fábrica		Tienda 3		Fábrica		
		Mx5	Mx5D	Mx6	Mx6D	Mx7	Mx7D	Mx8	Mx8D	Mx7	Mx7D	Mx8	Mx8D	
olor	Sentido del olfato	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No rechazable
Color verdadero	Espectrofotométrico	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	0 Pt-Co	15 Pt-Co (max).
pH	pHmetro	8.00	8.10	8.20	8.00	7.43	7.50	7.19	7.21	7.19	7.21	7.21	7.21	8.5 – 6.0
Turbidez	Nefelométrico	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	0 UNT	5 UNT (max).
Dureza (como CaCO ₃)	Volumétrico	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	24.4 mg CaCO ₃ / L	400.0 mg CaCO ₃ /L (max).
Sulfatos	Gravimétrico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	250.00 mg/L (max).
Sólidos Totales	Gravimétrico	125 mg/L	127 mg/L	35 mg/L	34 mg/L	25 mg/L	26 mg/L	115 mg/L	118 mg/L	115 mg/L	118 mg/L	118 mg/L	118 mg/L	600 mg/L (max).
Hierro	Absorción atómica	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.30 mg/L (max).
Sodio	Emisión de llama	5 mg/L	7 mg/L	8 mg/L	6 mg/L	18 mg/L	20 mg/L	52 mg/L	49 mg/L	52 mg/L	49 mg/L	49 mg/L	49 mg/L	150.0 mg/L (max).

ND: No detectable

Mx5: Muestra N° 5

Mx5 D: Muestra N° 5 duplicado

Olor: Este parámetro se determinó por medio de un análisis sensorial en el cual se seleccionaron 10 personas al azar de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador para que efectuaran la prueba con ayuda de una guía. Las muestras y los duplicados de agua embolsada fueron recolectadas en 3 tiendas ubicadas en diferentes puntos de la Ciudad de Sensuntepeque, y otra muestra en la empresa donde envasan el agua embolsada; el periodo de recolección de las muestras de agua embolsada fue en la tercera y cuarta semana del mes de Julio, y en la segunda y tercera semana del mes de Agosto del año 2008, realizándose la percepción de estas muestras en el mismo mes de recolección por las mismas personas, dando un resultado según guía (ver anexo N° 9) de inodora para ambos meses, por lo que se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

Color Verdadero: Los resultados para cada una de las muestras de agua embolsada recolectadas en el mes de Julio y Agosto fueron de 0 Pt-Co, y este valor se encuentra por debajo del límite máximo establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

pH: Los resultados de pH de las muestras de agua para la tercera y cuarta semana de Julio fueron de 8.00 - 8.10, y 8.20 - 8.00, y para la segunda y tercera semana de Agosto valores de 7.43 - 7.50, y 7.19 - 7.21. Por lo tanto los resultados de todas las muestras recolectadas en las diferentes semanas se encuentran dentro del rango establecido en la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

Turbidez: Las lecturas para cada una de las muestras de agua embolsada tomadas en el mes de Julio (tercera y cuarta semana) como en el mes de Agosto (segunda y tercera semana) fueron de 0 UNT para todas las muestras, por lo que este resultado se encuentra por debajo de lo establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98 ya que el límite máximo permitido es de 5 UNT.

Dureza: El agua embolsada presento un resultado de dureza de 24.4 mg de CaCO_3/L para la tercera y cuarta semana del mes de Julio, y de 24.4 mg de CaCO_3/L en la segunda y tercera semana del mes de Agosto. Este valor obtenido para cada una de las muestras está comprendido por debajo del límite máximo establecido en la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98, el cual es de 500 mg de CaCO_3 / L .

Sulfatos: La concentración de sulfatos en las muestras de agua embolsada recolectadas en el mes de Julio y Agosto, son tan bajas que no pueden ser detectadas por este método, y según recopilación bibliográfica⁽¹²⁾ al no ser detectada la concentración de sulfatos, esta es menor a 10 ppm, por lo antes mencionado la concentración de sulfatos para cada una de las muestras se encuentra por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

Sólidos Totales: Se obtuvieron resultados para muestras de agua embolsada de 125 mg/L - 127 mg/L en la tercera semana de Julio y de 35 mg/L - 34 mg/L en la cuarta semana del mes de Julio. Y para la segunda semana del mes de Agosto de 25 mg/L - 26 mg/L , y para la tercera semana del mes de Agosto de 115 mg/L - 118 mg/L, por lo que todos los resultados

se encuentran por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

Hierro: Las lecturas para cada una de las muestras de agua embolsada del mes de Julio (tercera y cuarta semana) y del mes de Agosto (segunda y tercera semana), presentaron resultados de no detectables, debido a que los valores están por debajo del estándar de hierro de 0.1 mg/L, por lo tanto cumple con la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

Sodio: Las lecturas para cada una de las muestras de agua embolsada fueron de 5 mg/L - 7 mg/L para la tercera semana de Julio y de 8 mg/L - 6 mg/L para la cuarta semana del mes de Julio. Y de 18 mg/L - 20 mg/L para la segunda semana de Agosto, y de 52 mg/L - 49 mg/L en la tercera semana del mes de Agosto, por lo que todos los valores obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo estipulado por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98 que es de 150 mg/L de sodio.

Cuadro N° 18 Resultados Microbiológicos para Agua embotellada

Parámetros	Método	Julio/2008			Agosto/2008			Normativa Salvadoreña para agua embotellada NSO 13.07.02.98		
		Tercera semana		Cuarta semana		Segunda semana			Tercera semana	
		Tienda 1		Tienda 2		Tienda 3			Fábrica	
		Mx5	Mx5D	Mx6	Mx6D	Mx7	Mx7D		Mx8	Mx8D
Coliformes totales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL	
Coliformes fecales	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL	
<i>Escherichia coli</i>	Filtración/membrana	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/ 100 mL	0 UFC/100 mL	
Total de bacterias heterótrofas	Filtración/membrana	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	0 UFC/ mL	100 UFC/mL (max).	

Mx5: Muestra N° 5

Mx5 D: Muestra N° 5 duplicado

Interpretación de resultados microbiológicos para agua embolsada.

En la cuantificación de bacterias coliformes totales, *Escherichia coli* y coliformes fecales realizado por la técnica de filtración de membrana, utilizando muestras de agua embolsada (sin marca) distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque, no presento crecimiento de colonias para ningún caso estudiado, lo que demuestra que el proceso de desinfección es eficiente con respecto a los parámetros estudiados en esta investigación, y que este resultado se encuentran dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98.

El recuento de bacterias heterotrófico de agua embolsada (sin marca) distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque, se encuentra dentro de lo establecido por la Norma Salvadoreña obligatoria para agua envasada NSO 13.07.02.98, ya que todas las muestras recolectadas no presentan crecimiento de colonias por lo que se encuentran por debajo del valor máximo admisible (100 UFC/mL).

VI. CONCLUSIONES

6. 0 CONCLUSIONES

1. Los valores de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al agua potable de la Ciudad de Sensuntepeque departamento de Cabañas cumplen con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04, por lo que el tratamiento de desinfección y purificación (Cloración y filtración) por parte de ANDA es eficiente.
2. Los valores de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al agua embolsada, cumplen con los límites permitidos por la Norma obligatoria de agua envasada NSO 13.07.02:98., por lo que el tratamiento recibido en la compañía donde es envasada es eficiente; sin embargo es necesario que se realicen todos los parámetros establecidos por la Norma para dictaminar si el agua es apta o no para consumo humano.
3. Los resultados de los análisis fisicoquímicos para agua de río se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04, excepto el olor el cual fue desagradable, y es debido al arrastre de materia orgánica en descomposición de los alrededores del río en época lluviosa.
4. El agua de río en los puntos de nacimiento y a 70 mts antes de la planta de ANDA no se consideran aptas para consumo humano, debido a la presencia de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, y bacterias heterótrofas. Esto puede deberse a que existen viviendas a su alrededor en las cuales, debido a la falta de servicios de aguas negras se

auxilian de fosas sépticas, pudiendo existir en ellas filtraciones de materia fecal hacia el río.

5. El punto de muestra de cisterna posee características fisicoquímicas y microbiológicas aceptables, ya que cumple con todos los parámetros estudiados con la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04; por lo que se demuestra que el tratamiento de esta agua es efectivo para los parámetros estudiados en esta investigación.
6. La mayoría de los valores de los análisis fisicoquímicos realizados a la muestra de piscina están por debajo de los límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04, a excepción del olor el cual fue desagradable, por lo que la primer filtración no ha eliminado completamente toda la materia orgánica en descomposición; y además bacteriológicamente el agua de piscina no cumplió con los parámetros establecidos por la Norma a excepción de patógenos que no fueron analizados, y esto es debido a que se encuentra expuesta a los contaminantes del ambiente por no estar cubierta, y que también la primer filtración es insuficiente y no ha recibido tratamiento de cloración. Por lo que no es apta para consumo humano.
7. Todos los valores de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos analizados en esta investigación al agua potable y embolsada de la Ciudad de Sensuntepeque, se encuentran por debajo del límite máximo permisible por la Norma Salvadoreña para agua de consumo humano NSO 13.17.01:04 y Norma obligatoria para agua envasada 13.07.02:98,

y de acuerdo a estos resultados es poco probable que los trastornos digestivos y diarreas sean provocados por la ingesta de estos tipos de agua, por lo que es necesario determinar todos los parámetros que exige la Norma NSO 13.17.01:04 para asegurar que el agua que potable y embolsada es la causante de estas afecciones.

VII. RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Monitorear continuamente el agua potable distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque, para verificar si existen cambios significativos en los resultados de los parámetros realizados y así también realizar todos los parámetros exigidos por la Normativa.
2. Que la alcaldía de Sensuntepeque proporcione los servicios de aguas negras y tren de aseo a la población para evitar una mayor contaminación del río Tronalagua.
3. Que la municipalidad en conjunto con unidad de salud, y centros educativos de la Ciudad de Sensuntepeque, participen en fomentar la importancia de practicar los buenos hábitos higiénicos, ya que los dolores estomacales y diarreas que se están dando, pueden deberse a la falta de higiene en la preparación de alimentos o el mal uso de los servicios sanitarios. Así también iniciar un proyecto ambiental en pro del rescate del río Tronalagua.
4. Que las entidades de gobierno competentes u otras organizaciones no gubernamentales, monitoreen y analicen otras posibles fuentes de contaminación que puedan ser las responsables de los dolores estomacales y diarreas en la población.
5. Que las instituciones competentes exijan el registro del agua embolsada sin marca que esta siendo distribuida en la Ciudad de Sensuntepeque por la empresa responsable, y así brindar una mayor seguridad hacia la población.

6. Que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) asigne inspectores que monitoreen periódicamente la empresa donde embolsan el agua, para constatar que se está cumpliendo con las leyes gubernamentales, y que se estén siguiendo las Buenas Prácticas de Manufactura (BMP).
7. Que el material de empaque (plástico) utilizado para el agua embolsada sin marca, sea analizado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) para asegurar que cumple con las especificaciones requeridas.
8. Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos incluyendo patógenos en estudios posteriores al agua potable de la Ciudad de Sensuntepeque para determinar que no existe contaminación y también verificar que no exista la presencia de parásitos.
9. Que la empresa que envasa el agua embolsada, debe capacitar constantemente al personal en las Buenas Prácticas de Manufactura (BMP).

BIBLIOGRAFIA

1. APHA. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición número 17. Ediciones Díaz de santos S.A. 1992 Madrid España 28006. Pág. 2-5, 2-6, 2-7, 2-14, 2-19, 2-20, 2-21, 2-22, 2-23, 2-24, 2-25, 3-7, 3-8, 3-14, 3-15, 4-99, 4-100.
2. Brooks G. Microbiología médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. Edición número 18. Editorial el manual moderno. 2005. Bogota Colombia. Pág. 247, 248.
3. Contreras, R. y otros. Mayo de 2004. Evaluación microbiológica de la calidad del agua potable que distribuye ANDA en los sectores de San Bartolo, Santa Lucia y San Martín. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Pág.21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53.
4. Colocho, M. y otros. Noviembre de 1983. Evaluación Físico Químico del Agua Potable que abastece San Salvador, y las Ciudades Principales de la Zona Central y Occidental del país. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Pág. 60, 75, 76, 77, 78 y 79.
5. CONACYT. Norma Salvadoreña para la Calidad del Agua Potable, Primera actualización NSO 13.17.01:04, San salvador, El Salvador 2001.Pág.: 44, 45, 46, 47.
6. Espellman F. Manual de agua potable. Editorial acribia.S.A. 2000. Zaragoza 50080. España. Pag.138, 139, 148, 183, 184, 185, 215.

7. Editorial grupo Océano. Diccionario de La Lengua Española. S. A. Barcelona 08017, España. Pág. 757.
8. Fuentes, M. y otros. Octubre de 2007. Determinación de la Calidad Físico-Químico y Bacteriológico del Agua del Lago de Guija. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Pág. 66, 67, 68, 80, 81.
9. García, O. y otros. Diciembre de 2001. Estudios De La Contaminación Del Río San Antonio en Nejapa, Mediante Análisis Físicoquímico y Microbiológico. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Pág. 84 y 85.
10. Guzmán P. Monografía del departamento de Cabañas y sus municipios. Impreso en los talleres litográficos del instituto geográfico nacional. Abril de 1998. El Salvador. Pág. 58, 59, 65, 66, 67, 69, 70.
11. Instituto Nacional de Agua, Procedimientos Normalizados del Instituto Nacional de Agua de la Universidad de El Salvador, facultad Multidisciplinaria de Occidente, apartado 1908, Santana, final avenida Fray Felipe de Jesús Moraga sur, Santa Ana, El Salvador, procedimientos equivalentes a 9222-B de Método estándar.
12. Juárez C. y otros, Manual de Química Aplicada. Primera edición, México 1966. Pág. 155 y 156.
13. Letterman R. Calidad y tratamiento del agua. 5^a Edición en inglés. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Edificio Valrealty, 1^o planta. Basauri, 17 Aravaca Madrid. Pág. 61,62, 80.

14. Organización mundial Para la Salud (OMS), Guías para la calidad del agua potable, volumen 3, Publicación Científica N° 508 , organización mundial de la salud 1985, Washington, DC, 20037, EUA. Pág. 32, 33, 76,77, 78, 79, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 126.
15. Chaidez. C de. 2002. Agua embotellada y su calidad bacteriológica (en línea). Sinaloa, México. Consultado 11 de dic. 2007. Disponible en: www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/9-10-02aguaemb.pdf
16. <http://www.hidritec.com/doc-parametros1.htm>. Consultado 20 de dic.2007
17. http://www.wateryear2003.org/es/ev.phpURL_ID=5226&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html. Consultado 20 de dic. 2007.
18. <http://www.qb.fcen.uba.ar/microinmuno/SeminarioAguas.htm>. Consultado 13 ene. 2008.
19. http://respyn.uanl.mx/viii/3/articulos/calidad_de_agua.htm. Consultado 20 ene.2008.
20. Sánchez. H. y otros de. 1998. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas (en línea). Chiapas, México. Consultado 20 ene. 2008. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/106/10642507.pdf>
21. Soto. J. y otros, de 2006. Presencia de microorganismos indicadores, patógenos y oportunistas en agua potable de zonas de Culiacán y navolato, Sinaloa (en línea). Sinaloa, México. Consultado 20 ene. 2008. Disponible en : http://archivos.diputados.gob.mx/Comisiones/Ordinarias/Medio_Ambiente/xv_congreso/pdf/156_johana_soto_beltran.pdf

22. <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/PH/pH.htm>. Consultado 06 feb.2008.
23. <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>. Consultado 14 feb. 2008.
24. <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguaConHuman/home.htm>. Consultado 09 ene. 2008.
25. http://www.mspas.gob.sv/regulacion/pdf/norma/norma_obligatoria_agua_ensvasada.pdf . Consultado 17 feb. 2008.
26. <http://www.octoberhome.com/water-esp.html>. Consultado 24 may. 2008
27. <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/na.htm>. Consultado 25 may. 2008.
28. <http://www.lenntech.com/espanol/sodio-y-agua.htm> Consultado 25 may. 2008.
29. www.censos.gob.sv. Consultado 23 may. 2008.
30. www.Ministeriodesaludpublicayasistenciasocial.com. Consultado 24 may. 2008.
31. <http://www.nmenv.state.nm.us/dwb/Documents/Public%20Info/Sulfate17%20spanish%20final.pdf>. Consultado 25 may. 2008.
32. <http://www.diccionariodelvino.com/index.php/palatabilidad/>. Consultado 01 abril. 2009.
33. <http://www.wordreference.com/es/en/frames.asp?es=l%C3%A9gamo>. Consultado 01 abril. 2009.
34. <http://es.wikipedia.org/wiki/Geolog%C3%ADa>. Consultado 01 abril. 2009.

GLOSARIO

- Turba: combustible fósil de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos. (7)
- Bacterias Heterótrofas: son bacterias que obtienen el carbono a partir de compuestos orgánicos. (5)
- Colonias: grupos discretos de microorganismos sobre una superficie, en oposición a crecimiento disperso en un medio de cultivo líquido. (5)
- Grupo coliformes total: son bacterias en forma de bacilos, anaerobios facultativos, gram negativo no formadores de esporas. Es indicador de contaminación microbiana. (5)
- Grupo coliforme fecal o termotolerantes: son bacterias coliformes que se multiplican a $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. en su mayoría provienen de contaminantes fecales de humanos y animales de sangre caliente. (5)
- ***Escherichia coli***: bacterias aerobias o anaerobias facultativas, gram negativas, no formadoras de esporas. Es un indicador de contaminación fecal. (5)
- Palatabilidad: Conjunto de características organolépticas de un alimento, independientemente de su valor nutritivo, que hacen que para un determinado individuo dicho alimento sea más o menos placentero. (32)
- Légamo: Cieno, lodo o barro pegajoso. Parte arcillosa de las tierras de labor. (33)
- Geología: (del griego geo, tierra, y logos, estudio) es la ciencia que estudia la forma interior del globo terrestre, la materia que la compone, su

mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que ésta ha experimentado desde su origen, y la textura y estructura que tiene en el actual estado. (34)

ANEXOS

ANEXO N° 1

CENSO 2007 DEL DEPARTAMENTO DE CABAÑAS.

Cuadro N° 19 Población total por área de residencia, sexo, índice de masculinidad y porcentaje urbano, según departamento y municipio. Censo 2007 ⁽²⁸⁾

DEPARTAMENTOS Y MUNICIPIOS	Población									IM	% Urbano
	Total			Área							
				Urbana			Rural				
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres		
07 - CUSCATLÁN	231,480	111,096	120,384	96,692	45,313	51,379	134,788	65,783	69,005	92.3	41.8
01- Cojutepeque	50,315	23,571	26,744	41,072	19,111	21,961	9,243	4,460	4,783	88.1	81.6
02- Candelaria	10,090	4,867	5,223	3,598	1,663	1,935	6,492	3,204	3,288	93.2	35.7
03- El Carmen	13,345	6,414	6,931	2,075	955	1,120	11,270	5,459	5,811	92.5	15.5
04- El Rosario	4,220	2,002	2,218	425	193	232	3,795	1,809	1,986	90.3	10.1
05- Monte San Juan	10,224	4,885	5,339	1,606	740	866	8,618	4,145	4,473	91.5	15.7
06- Oratorio de Concepción	3,578	1,760	1,818	859	407	452	2,719	1,353	1,366	96.8	24.0
07- San Bartolomé Perulapía	8,058	3,900	4,158	4,682	2,214	2,468	3,376	1,686	1,690	93.8	58.1
08- San Cristóbal	8,316	4,046	4,270	865	430	435	7,451	3,616	3,835	94.8	18.4
09- San José Guayabal	9,300	4,628	4,672	2,871	1,405	1,466	6,429	3,223	3,206	99.1	30.9
10- San Pedro Perulapán	44,730	21,559	23,171	14,988	7,110	7,878	29,742	14,449	15,293	93.0	33.5
11- San Rafael Cedros	17,069	8,007	9,062	5,356	2,514	2,842	11,713	5,493	6,220	88.4	31.4
12- San Ramón	6,292	2,997	3,295	1,261	604	657	5,031	2,393	2,638	91.0	20.0
13- Santa Cruz Anakuito	2,585	1,283	1,302	1,807	881	926	778	402	376	98.5	69.9
14- Santa Cruz Michapa	11,790	5,584	6,206	6,659	3,120	3,539	5,131	2,464	2,667	90.0	56.5
15- Suchitoto	24,786	12,217	12,569	7,654	3,558	4,096	17,132	8,659	8,473	97.2	30.9
16- Tenancingo	6,782	3,376	3,406	914	408	506	5,868	2,968	2,900	99.1	13.5
09 - CABAÑAS	149,326	70,204	79,122	49,694	22,616	27,078	99,632	47,588	52,044	88.7	33.3
01- Sensuntepeque	40,332	18,696	21,636	15,395	6,867	8,528	24,937	11,829	13,108	86.4	38.2
02- Cinquera	1,467	749	718	454	220	234	1,013	529	484	104.3	30.9
03- Dolores	6,347	3,064	3,283	1,413	663	750	4,934	2,401	2,533	93.3	22.3
04- Guacotecti	5,550	2,592	2,958	2,419	1,096	1,323	3,131	1,496	1,635	87.6	43.6
05- Tlbasco	61,510	28,976	32,534	23,778	10,878	12,900	37,732	18,098	19,634	89.1	38.7
06- Jutiapa	6,584	3,127	3,457	627	309	318	5,957	2,818	3,139	90.5	9.5
07- San Isidro	7,796	3,769	4,027	1,551	735	816	6,245	3,034	3,211	93.6	19.9
08- Tejutepeque	7,114	3,338	3,776	2,745	1,248	1,497	4,369	2,090	2,279	88.4	38.6
09- Victoria	12,626	5,893	6,733	1,312	600	712	11,314	5,293	6,021	87.5	10.4

ANEXO N° 2
PREPARACIÓN DE REACTIVOS

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

- Sodio estándar: Disuelva 0.2542 g de cloruro de sodio, NaCl, secado a 140 °C, en agua. Añádanse 10 mL de HNO₃ concentrado y llévese hasta 1000 mL; 100 mL = 100 µg Na. ⁽¹⁾
- Hierro estándar: Disuélvase 0.100 g de alambre de hierro en una mezcla de 10 mL de HCl 1+1 y 3 mL de HNO₃ concentrado. Añádanse 5 mL de HNO₃ concentrado y dilúyase con agua hasta 1L; 1.00 mL = 100 µg de Fe. ⁽¹⁾
- Solución tampón: Disuélvase 16.9 g de cloruro de amonio en 143 mL de hidróxido de amonio concentrado. Añádase 1.25 g de sal de magnesio de EDTA y dilúyase hasta 250 mL de agua destilada. Si no se dispone de sal magnésica de EDTA: Disuélvase 1.179 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético dihidrato (grado reactivo analítico) y 780 mg de sulfato magnésico (MgSO₄ · 7H₂O) ó 644 mg de cloruro magnésico (MgCl₂ · 6H₂O) en 50 mL de agua destilada. ⁽¹⁾
- Negro de ericromo T: Sal sódica del ácido 1-(1-hidroxi-2-naftilazo)-5-nitro-2-naftol-4-sulfónico, nº 203 en el índice de color. Disuélvase 0.5 g de colorante en 100 g de 2,2', 2''-nitrolotrietanol ó 2-metoximetanol. Añádanse 2 gotas por 50 mL de solución a titular. Si es necesario ajústese el volumen. ⁽¹⁾
- Solución de titulante EDTA estándar 0.01M: Pesar 3.723 g de etilendiaminotetracetato disódico trihidrato, grado reactivo analítico, disolver en agua destilada hasta 1L. Estandarícese frente a solución de calcio estándar. ⁽¹⁾

- Solución estándar de calcio: Pesar 1,0g de polvo de carbonato de calcio anhidro en un erlenmeyer de 500mL. Colóquese un embudo en el cuello del matraz y añádase, poco a poco, 1+1 de HCl hasta la disolución total del CaCO_3 . Añádanse 200mL de agua destilada y hágase hervir durante unos minutos para expeler el CO_2 . Enfrié, transvátese cuantitativamente y dilúyase hasta 1L con agua destilada; un mL = 1.0 mg de CaCO_3 . Esta solución se utiliza para estandarizar la solución de EDTA 0.01M. ⁽¹⁾
- Solución de cloruro de bario: Disuélvase 100 g de $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, en un L de agua destilada. Fíltrese a través de un filtro de membrana o papel filtro duro antes de usarla; un mL es capaz de precipitar aproximadamente 40 mg de SO_4^{2-} . ⁽¹⁾
- Reactivo de nitrato de plata- ácido nítrico: Disuélvase 8.5 g de AgNO_3 y 0.5 mL de HNO_3 concentrado en 500 mL de agua destilada.
- Solución de Calcio: Disuélvanse 630 mg de CaCO_3 , en 50 mL de HCl 1 + 5. Llévese a ebullición suave si es necesario, para obtener una disolución completa. Enfriese y dilúyase con agua hasta 1L. ⁽¹⁾

ANEXO N° 3
EQUIPO, MATERIAL Y REACTIVOS

EQUIPO, MATERIAL Y REACTIVOS.

- Equipo:

Balanza analítica

pHmetro

Espectrofotómetro

Espectrómetro de absorción atómica

Turbidímetro

Campana de extracción de gases

Cámara de flujo laminar

Incubadora de 35.0 y 44.5 °C

Estufa

Mufla

Bomba de vacío

Agitador magnético

Baño María

Cocina eléctrica

Cuenta colonias

Autoclave

- Material:

Erlenmeyer de 50, 100, 125 y 250 mL

Bureta de 50 mL

Balón volumétrico de 50 mL

Probeta de 10 y 25 mL

Soporte para Bureta, Completo.

Pipeta volumétrica de 10.0, 5.0 y 2.0 mL

Pipeta de mort de 10 mL

Frasco de filtrado

Beaker de 100 y 250 mL

Micro espátula

Frascos autoclavables de 250 mL

Frascos de polietileno de 1000 mL

Platillos petri de plástico

Pinzas

Embudo de filtro (100 mL de capacidad)

Soporte poroso para filtro

Soporte del filtro

Vaso de succión

- Reactivos:

Negro de ericromo T

Ácido etilen diamino tetracético 0.01M (EDTA)

Carbonato de calcio

Cloruro de amonio

Hidróxido de amonio concentrado

Etanol al 95 %

Ácido clorhídrico 1+1

HNO₃ concentrado

Tíosulfato de sodio al 10 %

Cloruro de bario

Nitrato de plata

Cloruro de sodio

Caldo MFC con ácido rosólico

Medio cromogénico coliblu

ANEXO N° 4
IMÁGENES DE AGUA EMBOLSADA.



Figura N° 1 agua embolsada parte de enfrente



Figura N° 2 agua embolsada parte de atrás

ANEXO Nº 5

TOMA DE MUESTRA DE CORRIENTE.

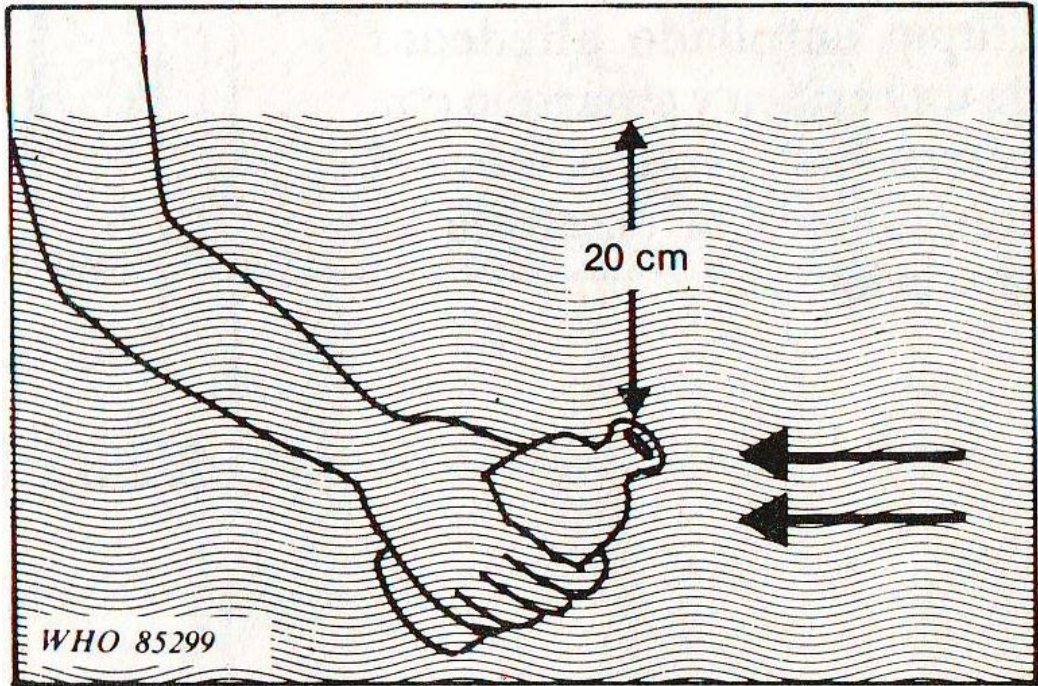


Figura Nº 3 Toma de Muestra de corriente o un depósito de agua (11).



Figura Nº 4 Toma de muestra de río.

ANEXO N° 6

LISTA DE MORBILIDAD DEPARTAMENTO DE CABAÑAS.

Cuadro N° 20. Lista de morbilidad (perfil MSPAS) por sexo. Período del 01/01/2007 al 31/12/2007 departamento de Cabañas (29).

Municipio de SENSUNTEPEQUE						
Grupo de Causas	Consultas Masculinas	Tasa x 10,00 hab.	Consultas Femeninas	Tasa x 10,00 hab.	Total de Consultas	Tasa x 10,00 hab.
Infecciones Agudas de las vías respiratorias Superiores (J00-J06) y (J30.0-J39.9)	7.842	4273,6	16.022	9229,3	23.864	6682,7
Factores que influyen en el estado de salud y contacto con los servicios de salud (Z00-Z99.9)	5.575	3038,1	15.621	8998,3	21.196	5935,6
Enfermedades del Sistema Circulatorio (I00-I99)	1.654	901,4	5.535	3188,4	7.189	2013,2
Enfermedades del Sistema Urinario (N30-N39.9)	1.140	621,3	4.143	2386,5	5.283	1479,4
Enfermedades del Sistema Digestivo (K00-K92.9)	1.334	727,0	3.779	2176,8	5.113	1431,8
Enfermedades del Sistema Osteomuscular y del tejido conjuntivo (M00-M99)	1.359	740,6	3.717	2141,1	5.076	1421,5
Trastornos extrapiramidales y del movimiento (G20-G98)	970	528,6	3.146	1812,2	4.116	1152,6
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos (R00-R99)	1.230	670,3	2.649	1525,9	3.879	1086,3
Diarrea (A09)	1.365	743,9	2.026	1167,1	3.391	949,6
Enfermedades de la Piel y del Tejido subcutáneo (L00-L98.9)	1.257	685,0	2.106	1213,1	3.363	941,8
Demás causas	10.167	5540,6	20.312	11700,5	30.479	8535,1
Totales	33.893	18470,3	79.056	45539,2	112.949	31629,5

ANEXO N° 7

IMÁGENES DE PARTE EXPERIMENTAL

IMÁGENES DE PARTE EXPERIMENTAL
RECONOCIMIENTO Y TOMA DE MUESTRA



Figura N° 5 Nacimiento del río.



Figura N° 6 Río a 70 mts antes de planta de ANDA.



Figura N° 7 Piscina de planta de ANDA.

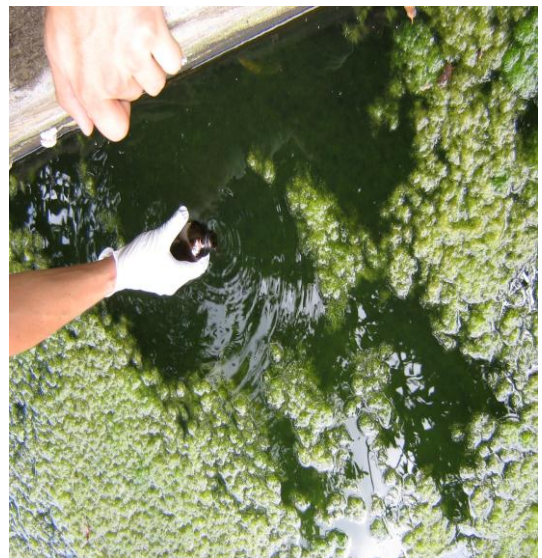


Figura N° 8 Toma de muestra de piscina.



Figura N° 9 Toma de muestra de agua de grifo.



Figura N° 10 Cisterna de la planta de ANDA



Figura N° 11 Fábrica de agua embolsada.



Figura N° 12 Ciudad de Sensuntepeque.

PROCESOS DE ANALISIS



Figura N° 13 Lectura de Color verdadero.



Figura N° 14 Lectura de Turbidez.



Figura N° 15 Titulación para Dureza.

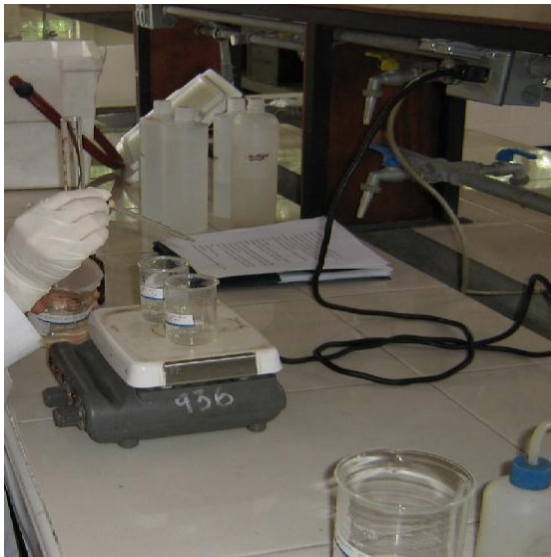


Figura N° 16 Determinación de Sulfatos.



Figura N° 17 Determinación de Sólidos Totales.

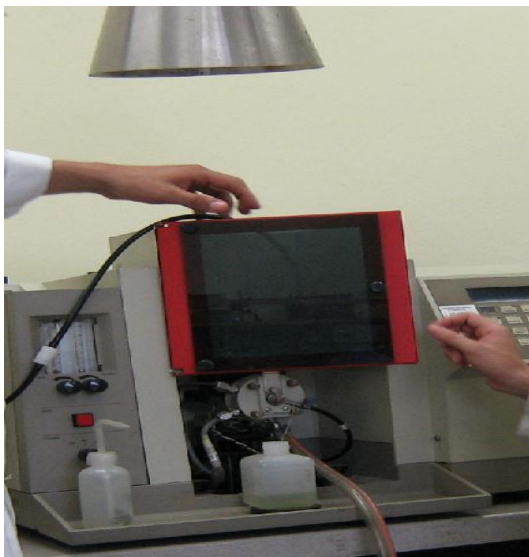


Figura N° 18 Determinación de Hierro por absorción atómica.

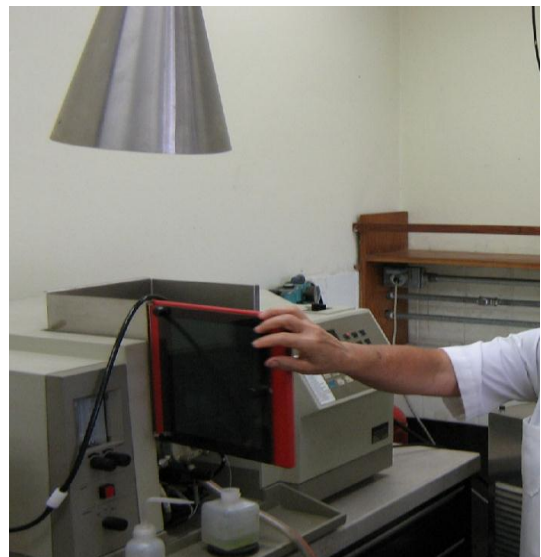


Figura N° 19 Determinación de Sodio por emisión de llama.



Figura Nº 20 Filtración de la muestra.



Figura Nº 21 Lectura de colonias Coliformes Totales y *E. Coli*

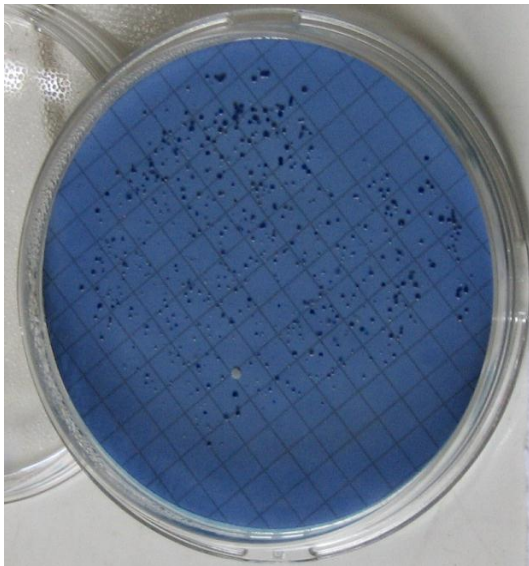


Figura Nº 22 Coloración de colonias Coliformes fecales.

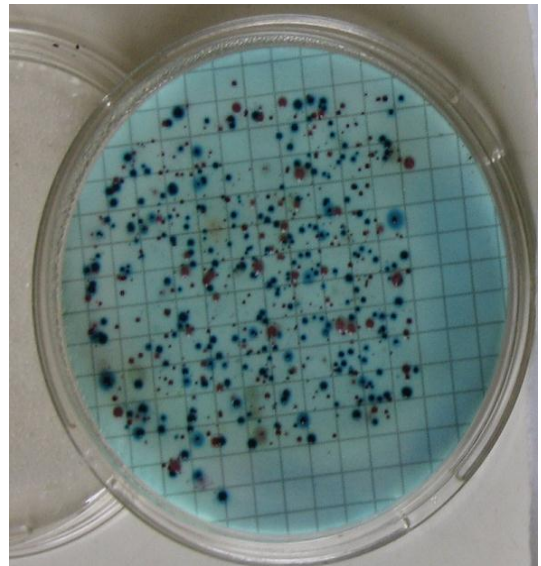


Figura Nº 23 Coloración de colonias Coliformes totales y *E. coli*

ANEXO N° 8
CÁLCULOS

CÁLCULOS.

DUREZA:

Mx1: Muestra N°1

$$\text{Dureza (EDTA) como mg de CaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A= mL de titulación para la muestra, y

B= mg de CaCO₃ equivalente a 1,0 mL de titulante EDTA.

1.22 mg de CaCO₃ es equivalente a 1.0 mL de titulante EDTA

Volumen 1= 1.0 mL

Volumen 2 = 1.0 mL

Dureza (EDTA)

$$\text{como mg de CaCO}_3/\text{L} = \frac{1.0 \text{ mL} \times 1.22 \text{ mg de CaCO}_3 / 1 \text{ mL de EDTA} \times 1000}{10.0 \text{ mL}}$$

Dureza (EDTA) como mg de CaCO₃/L = 122 mg de CaCO₃/L

SÓLIDOS TOTALES SECADOS A 103 – 105°C

$$\text{mg de sólidos totales/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{vol. de muestra, mL}}$$

Donde:

A = Peso de residuo seco + capsula, mg, y

B = Peso de la cápsula, mg.

Muestra:

A= 44263.7mg

B = 44262.6 mg

$$\text{mg de sólidos totales/L} = \frac{(44263.7 \text{ mg} - 44262.6 \text{ mg}) \times 1000}{10.0 \text{ mL}}$$

mg de sólidos totales/L = 110 mg/L

Replica de muestra:

A R= 39526.3 mg

B R= 39525.1 mg

mg de sólidos totales/L = $\frac{(39526.3 \text{ mg} - 39525.1 \text{ mg}) \times 1000}{10.0 \text{ mL}}$

mg de sólidos totales/L = 120 mg/L

$W = \frac{(\text{muestra} + \text{muestra replica})}{2}$

$W = \frac{(110 + 120) \text{ mg/L}}{2}$

W = 115 mg/L

ANEXO N° 9
GUÍA DE PRUEBA DE OLOR

GUÍA DE PRUEBA DE OLOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

Nombre: _____ Carné: _____

Objetivo: Percibir el olor de las diferentes muestras por medio del sentido del olfato, según el siguiente cuadro descriptivo.

Naturaleza del olor	Descripción	Olor como a
Aromático	Especiado	1) Alcanfor, lavanda, clavo, limón
Balsámico	Floral	2) Geranio, violeta, vainilla
Químico	Vertidos industriales Cloroso	3) Cloro
	Hidrocarburos	4) Vertidos de refinería
	Medicinal	5) Fenol, yodo
	Sulfuroso	6) Sulfuro de hidrógeno (huevos podridos)
Desagradables	Pescado	7) Algas o peces muertos
	Gallina	8) Algas
	Séptico	9) Aguas estancadas
Terroso	Tierra almacenada Carbonoso	10) Turba
Herbal	Hierva aplastada	11) Mohoso
Mohoso	Paja descompuesta moho	
Vegetal	Raíces vegetales	
Inodora	Sin olor	12) Inodora

Indicación: Coloque el numero a cada muestra según el olor percibido.

Mx1:____ Mx1D:____ Mx2:____ Mx2D:____ Mx3:____ Mx3D:____ Mx4:____ Mx4D:____

Mx5:____ Mx5D:____ Mx6:____ Mx6D:____ Mx7:____ Mx7D:____ Mx8:____ Mx8D:____

Mx9:____ Mx9D:____ Mx10:____ Mx10D:____ Mx11:____ Mx11D:____ Mx12:____

Mx12D:____ Mx13:____ Mx13D:____ Mx14:____ Mx14D:____

Mx1: Muestra de agua potable No 1

Mx1D: Muestra de agua Potable No 1 duplicado

Mx2: Muestra de agua potable No 2

Mx2D: Muestra de agua Potable No 2 duplicado

Mx3: Muestra de agua Potable No 3

Mx3D: Muestra de agua Potable No 3 duplicado

Mx4: Muestra agua potable No 4

Mx4D: Muestra de agua Potable No 4 duplicado

Mx5: Muestra agua embolsada No 1 (Tienda)

Mx5D: Muestra agua embolsada No 1 duplicado (Tienda)

Mx6: Muestra agua embolsada No 2 (Tienda)

Mx6D: Muestra agua embolsada No 2 duplicado (Tienda)

Mx7: Muestra agua embolsada No 3 (Tienda)

Mx7D: Muestra agua embolsada No 3 duplicado (Tienda)

Mx8: Muestra agua embolsada No 4 (fabrica)

Mx8D: Muestra agua embolsada No 4 duplicado (fabrica)

Mx9: Muestra de nacimiento de río (mes de Julio)

Mx9D: Muestra de nacimiento de río duplicado (mes de Julio)

Mx10: Muestra de río a 70 mts antes de Planta de ANDA (mes de Julio)

Mx10D: Muestra de río a 70 mts antes de Planta de ANDA duplicado (mes de Julio)

Mx11: Muestra de nacimiento de río (mes de Agosto)

Mx11D: Muestra de nacimiento de río duplicado (mes de Agosto)

Mx12: Muestra de río a 70 mts antes de Planta de ANDA (mes de Agosto)

Mx12D: Muestra de río a 70 mts antes de Planta de ANDA duplicado (mes de Agosto)

Mx13: Muestra de Cisterna.

Mx13D: Muestra de Cisterna duplicado.

Mx14: Muestra de Piscina.

Mx14D: Muestra de Piscina duplicado.

Cuadro N° 21 Tabulación de resultados de guía de olor.

Muestras	Número del olor descrito por las personas	Número de personas que coinciden con el olor descrito	Resultado de olor con respecto al cuadro descriptivo.
Mx1	12	10 Personas	Inodora
Mx1D	12	10 Personas	Inodora
Mx2	12	10 Personas	Inodora
Mx2D	12	10 Personas	Inodora
Mx3	12	10 Personas	Inodora
Mx3D	12	10 Personas	Inodora
Mx4	12	10 Personas	Inodora
Mx4D	12	10 Personas	Inodora
Mx5	12	10 Personas	Inodora
Mx5D	12	10 Personas	Inodora
Mx6	12	10 Personas	Inodora
Mx6D	12	10 Personas	Inodora
Mx7	12	10 Personas	Inodora
Mx7D	12	10 Personas	Inodora
Mx8	12	10 Personas	Inodora
Mx8D	12	10 Personas	Inodora
Mx9	7, 8, 9	4 personas del N° 7, 4 personas del N° 8 y 2 personas del N° 9	Desagradable
Mx9D	7, 8, 9	4 personas del N° 7, 4 personas del N° 8 y 2 personas del N° 9	Desagradable
Mx10	7, 8, 9	2 personas del N° 7, 1 persona del N° 8 y 7 personas del N° 9	Desagradable
Mx10D	7, 8, 9	2 personas del N° 7, 2 personas del N° 8 y 6 personas del N° 9	Desagradable
Mx11	7, 8	2 personas del N° 7 y 8 personas del N° 8	Desagradable

Continuación de cuadro N° 22

Mx11D	7, 8, 9	5 personas del N° 7, 1 persona del N° 8 y 4 personas del N° 9	Desagradable
Mx12	7, 8, 9	4 personas del N° 7, 2 personas del N° 8 y 4 personas del N° 9	Desagradable
Mx12D	7, 8, 9	4 personas del N° 7, 4 personas del N° 8 y 2 personas del N° 9	Desagradable
Mx13	12	10 Personas	Inodora
Mx13D	12	10 Personas	Inodora
Mx14	8 y 9	6 personas del N° 8 y 4 personas del N° 9	Desagradable
Mx14D	7, 8, 9	3 personas del N° 7, 3 personas del N° 8 y 4 personas del N° 9	Desagradable

12: Olor inodora; 7: Olor a algas o peces muertos; 8: Olor a algas;
 9: Olor a aguas estancadas

ANEXO N° 10
MUNICIPIO DE SENSUNTEPEQUE

ANEXO N° 11
CIUDAD DE SENSUNTEPEQUE

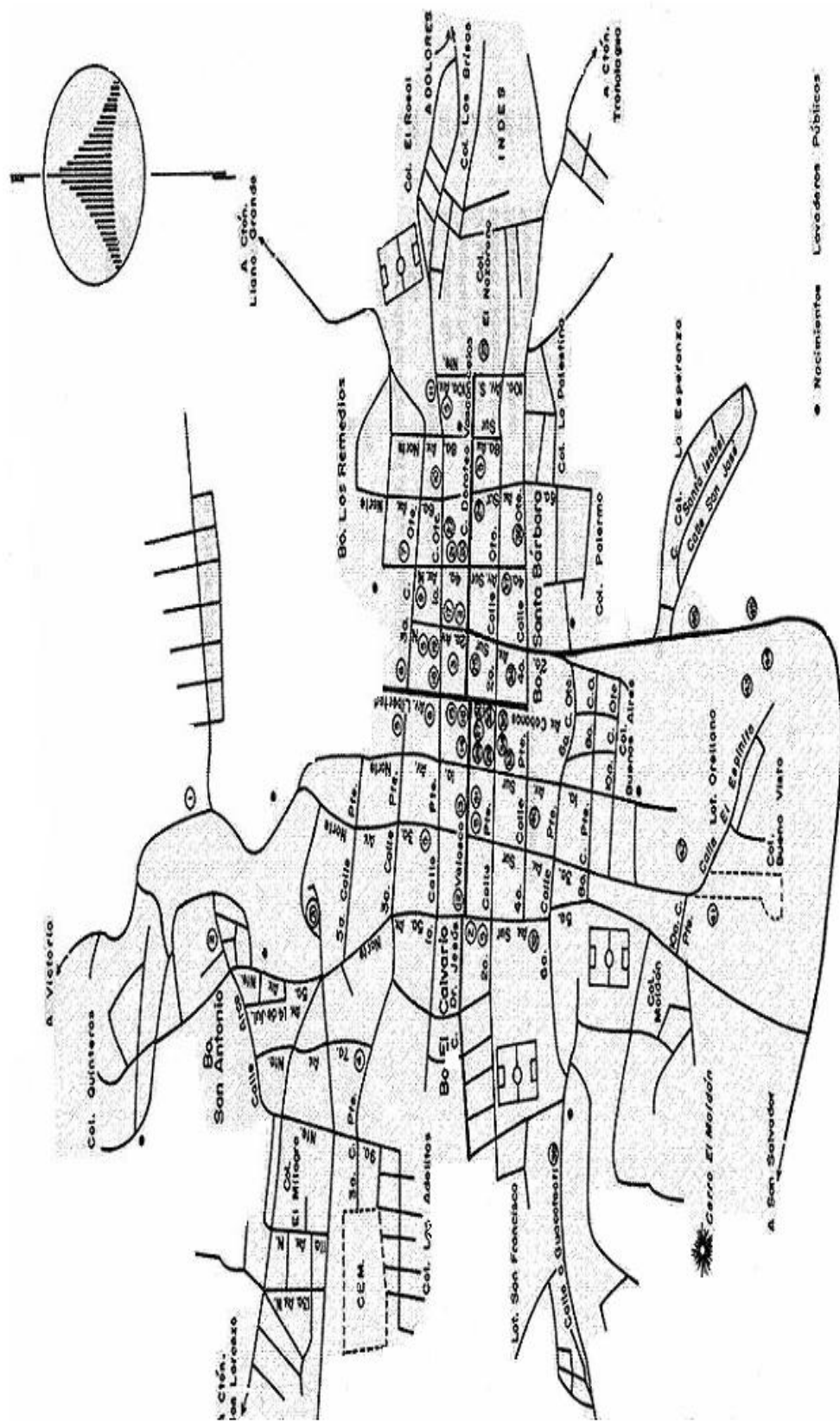


Figura Nº 25 Ciudad de Sensuntepeque. (9)