

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



**“EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE
DISTRIBUYE ANDA EN LOS SECTORES DE SAN BARTOLO, SANTA LUCIA Y
SAN MARTÍN”**

Trabajo de Graduación Presentado por

Rene Amilcar, Contreras Moreno.
Eva María, Romero Hernández.

Para optar al grado de

Licenciatura en Química y Farmacia

Mayo 2004

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rectora

Dra. María Isabel Rodríguez.

Secretaria General

Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela.

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Decano

Lic. Salvador Castillo Arévalo.

Secretaria

MSc. Miriam del Carmen Ramos de Aguilar.

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Coordinadora General

Licda María C. Odette Rauda Acevedo.

Asesora de Área: Microbiología de alimentos.

Licda Evelyn Sánchez de Ramos.

Asesora de Area de Gestión y calidad ambiental.

Licda Cecilia Gallardo de Velásquez.

Docente Directora

Licda Coralia Figueroa de Murillo.

Docente Directora

Licda Patricia Flores de Ayala.

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS TODOPODEROSO por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria.

A NUESTRAS ASESORAS, Lic. Coralia Figueroa de Murillo y Lic. Patricia Ayala de Flores , por todos los valiosos aportes brindados a esta investigación, sobre todo por su paciencia y disposición durante el proceso.

AL COMITÉ DE PROCESO DE GRADUACIÓN: Lic. Odette Rauda, Lic. Evelyn de Ramos y Lic. Cecilia de Velásquez por orientarnos a través de sus evaluaciones a un mejor desarrollo de nuestro trabajo.

AL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD Y CONTAMINANTES EN EL AGUA DE ANDA, por su apoyo, cooperación y tiempo prestado.

Al señor Coreas: por su valiosa colaboración al desarrollo experimental de esta investigación.

René y Eva María.

DEDICATORIA:

A DIOS PADRE TODOPODEROSO Y A LA VIRGEN MARIA por guiar cada uno de mis pasos en la vida y haberme permitido llegar a la culminación de mi carrera.

A MIS PADRES, por su esfuerzo, dedicación, amor y comprensión que siempre me han brindado.

A MI HERMANO, David por su ayuda, aliento y amor brindado a lo largo de mi vida.

A MI FAMILIA, porque siempre me apoyaron y dieron consejos valiosos durante mis años de estudio.

A MI COMPAÑERO DE TESIS, por su perseverancia y ayuda a este trabajo, pero sobretodo por soportarme y brindarme su amistad durante los años de estudio.

A MIS AMIGOS, por su amistad sincera, compañía y consejo oportuno en cada momento compartido.

Eva María Romero Hernández.

DEDICATORIA:

A DIOS PADRE, por haberme ayudado a alcanzar cada triunfo de mi vida y por permitirme culminar mi carrera universitaria y estar presente siempre a mi lado.

A LA VIRGEN MARIA, por estar presente en cada momento de mi vida.

A MI MADRE, por su cariño, apoyo y comprensión.

A MIS PADRINOS: Gladis y René, por estar a mi lado y brindarme su apoyo, cariño y comprensión en cada momento bueno y malo de mi vida.

A MIS HERMANOS Y FAMILIA, por su apoyo y compañía a lo largo de mi vida.

A MI COMPAÑERA DE TESIS, por brindarme su amistad y tenerme paciencia a lo largo del desarrollo de esta trabajo de investigación y en mi vida personal, por darme buenos consejos.

A MIS AMIGOS, que hacen de mi vida un momento grato y especial.

René Amílcar Contreras Moreno.

ÍNDICE

Págs.

Capitulo I	
1.0 Introducción	xv
Capitulo II	
2.0 Objetivos	18
Capitulo III	
3.0 Marco teórico	20
3.1 Generalidades del agua	20
3.2 Microbiología del agua	21
3.2.1 Enfermedades transmisibles por el agua	24
3.2.1.1 Descripción y métodos de control de algunas enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada.	25
3.2.2 Tipos de bacterias presentes en el agua	33
3.2.3 Enterobacterias	37
3.2.3.1 Fermentadores de la lactosa.	38
a) Grupo coliforme total	38
b) Grupo coliforme fecal	
3.2.3.2 No Fermentadores de la lactosa	40
3.2.4 Bacterias heterótrofas	44
Capitulo IV	
4.0 Diseño metodológico	47
4.1 Investigación Bibliográfica	47
4.2 Investigación de campo	47

ÍNDICE DE ANEXOS:

- Anexo 1: Reporte microbiológico del MSPAS
- Anexo 2: Hoja de reporte de resultados microbiológicos
- Anexo 3: Tabla de NMP
- Anexo 4: Esquema de análisis
- Anexo 5: Valores recomendados por la NSO 13.07.01:99 para los
parámetros analizados
- Anexo 6: Tabla de interpretación de pruebas bioquímicas.
- Anexo 7: Representación de resultados de pruebas bioquímicas
- Anexo 8: Direcciones de los puntos de muestreo.

INDICE DE CUADROS

Págs:

CUADRO 1. Enfermedades transmisibles a través del agua	24
CUADRO 2. Tipos de bacterias presentes en el agua	33
CUADRO 3. Resultados del parámetro de cloro residual	64
CUADRO 4. Resultados del parámetro de turbidez	67
CUADRO 5. Resultados del recuento heterotrófico de bacterias	70
CUADRO 6. Resultados de cuantificación de bacterias coliformes totales	71
CUADRO 7. Resultados de bacterias coliformes fecales	73
CUADRO 8. Muestras con niveles de cloro residual dentro del rango o por arriba del permisible con presencia de bacterias.	75
CUADRO 9. Muestras con cloro residual por debajo del rango permisible con presencia de bacterias.	75
CUADRO 10. Resultados de Pseudomoma aeruginosa	77
CUADRO 11. Frecuencia de géneros de bacterias identificadas por pruebas bioquímicas en los tres sectores muestreados	79

INDICE DE FIGURAS	Págs.
FIGURA 1. Comparación de porcentajes de cloro residual menores de 0.5 mg / L.	65
FIGURA 2. Comparación de porcentajes de cloro residual mayores de 1.0 mg / L.	66
FIGURA 3. Resultados del parámetro de turbidez en el sector de San Bartolo.	68
FIGURA 4. Resultados del parámetro de turbidez en el sector de Santa Lucía.	68
FIGURA 5. Resultados del parámetro de turbidez en el sector de San Martín.	69
FIGURA 6. Porcentaje de resultados positivos de bacterias coliformes totales.	72
FIGURA 7. Porcentaje de resultados de bacterias coliformes fecales.	74
FIGURA 8. Comparación de muestras con presencia de bacterias y sus respectivos valores de cloro residual.	76
FIGURA 9. Porcentaje de resultados positivos de Pseudomona aeruginosa	78
FIGURA 10. Representación de géneros de bacterias encontradas por pruebas bioquímicas	80
FIGURA 11. Mapa de los sectores de San Bartolo y Santa Lucía	
FIGURA 12. Mapa del sector de San Martín	

INDICE DE TABLAS

Págs

TABLA 1. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua potable de acuerdo a la NSO 14.07.01 :99.	47
TABLA 2. Cantidad de muestras analizadas por sector de acuerdo al tamaño de la población.	48

ABREVIATURAS

ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

CDC: Centro de defensa para el consumidor.

Col. : Colonia.

CONACYT: Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología.

DPD – 1 : N, N – dietilparafenilendiamina.

ISSS: Instituto Salvadoreño del Seguro Social.

KCN: Tiocianato de potasio

LMX: Medio de cultivo fluorocult simple.

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

MUG: 4 – metilumberiferil - β - glucoronido.

NMP: Número más probable.

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONPG: o – Nitrofenil – D – galactopiranosido.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

P. B. : Planta de bombeo

Pje : Pasaje

PNC: Policía Nacional Civil

P. R. B. : Planta de rebombeo

RHP: Recuento Heterotrófico en placas.

RHB: Recuento heterotrófico de bacterias.

UNT: Unidad de Turbidez nefelométrica.

CAPÍTULO I.
INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCION

El agua es un recurso natural de gran importancia para la supervivencia de todo ser vivo, es por ello, que debe conservarse libre de contaminantes que afecten la salud de los seres humanos.

Entre estos contaminantes podemos mencionar: las bacterias patógenas que ocasionan enfermedades al ser humano; por lo cual es importante que el agua destinada al consumo humano y uso doméstico se encuentre potable.

En muchos países de Latinoamérica tales como Guatemala, México y Argentina se han realizado análisis físicos – químicos y microbiológicos al agua, con el fin de determinar su potabilidad y evitar así el peligro de contraer enfermedades gastrointestinales.

En El Salvador también surge la necesidad de realizar investigaciones encaminadas a evaluar la calidad del agua potable, por ello, en el presente trabajo se evaluó la calidad de la misma, en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín, debido a que dichos sectores presentan alta densidad poblacional y fueron reportados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en el año 2002 con alta incidencia de enfermedades gastrointestinales.

El Laboratorio de Control de Calidad Analítica y contaminantes en el agua de ANDA, principal institución encargada de analizar el agua potable que se distribuye en El Salvador, se interesa en la realización de evaluaciones microbiológicas completas del agua, que incluyan los análisis exigidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01 :99 para la calidad del agua potable, por lo cual apoyó la presente investigación que contiene algunos parámetros físico – químicos tales como: cloro

residual y turbidez, así también análisis microbiológicos como: la cuantificación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, que ya se realizaban de manera rutinaria en el laboratorio de ANDA, e incluye análisis que deben ser implementados en el Laboratorio tales como: recuento heterotrófico de bacterias, detección de *Pseudomona aeruginosa* y confirmación de bacterias gram negativas por medio de pruebas bioquímicas; cabe mencionar que los resultados de los diferentes parámetros han sido comparados con lo establecido con la NSO 13.07.01: 99 para el agua potable.

CAPÍTULO II.

OBJETIVOS

2.0. OBJETIVOS

1.0. Objetivo General:

Evaluar microbiológicamente la calidad del agua potable que distribuye ANDA en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

2.0. Objetivos específicos:

2.1. Realizar monitoreos y análisis microbiológicos del agua potable en los sectores de: San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

2.2. Determinar el cloro residual y la turbidez de las muestras en estudio.

2.3. Realizar el recuento de bacterias heterótrofas presentes en el agua potable.

2.4. Cuantificar bacterias coliformes totales y fecales e identificar patógenos (*Pseudomonas aeruginosa*) presentes en el agua potable.

2.5. Comparar los resultados de los análisis realizados de acuerdo con lo establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO :13. 07. 01 : 99, para conocer la calidad del agua potable.

CAPÍTULO III.
MARCO TEÓRICO

3.0. MARCO TEORICO.

3.1. GENERALIDADES DEL AGUA:

El agua se puede considerar como un sistema ecológico en equilibrio que presenta un cierto número de propiedades físicas, químicas y biológicas estrechamente relacionadas, constituyendo la base de todas las comunidades vivas o habitadas.

La cantidad de agua que existe en el mundo no varía , sino que permanece aproximadamente constante. El 98% se encuentra en el mar y el 2% restante constituye el reservorio de agua dulce, que en su mayor parte forma hielo de los casquetes polares.

Sólo se encuentra disponible las aguas superficiales de los ríos y lagos, las aguas subterráneas y el agua que se encuentra en suspensión en la atmósfera.

Las disponibilidades de agua constituyen un factor fundamental para el desarrollo económico y la salud pública. Los abastecimientos de agua se consideran en todos los países como inversiones básicas de interés general, en el sentido que posibilitan actividades humanas e industriales directamente productivas que influyen directamente en la tasa de crecimiento económico. ⁽⁸⁾ Así también, el agua potable tiene una importancia mucho mayor para la salud, ya que evita numerosas enfermedades y la pérdida de gran número de horas de trabajo, entendiéndose como agua potable, el agua apta para consumo humano la cual debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que pueden producir efectos fisiológicos perjudiciales. ⁽⁵⁾ La OMS calcula que alrededor de quinientos millones de personas al año contraen enfermedades incapacitantes transmitidas por el agua o relacionadas con ella, con 10 millones de defunciones, de las cuales aproximadamente el 50% ocurren en la población infantil.⁽⁸⁾

3.2. MICROBIOLOGÍA DEL AGUA:

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.⁽¹⁵⁾

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

Entre las enfermedades más conocidas cuyos microorganismos pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:

a) De origen bacterial:

Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*)

Fiebre paratifoidea (*Salmonella paratyphi*)

Cólera (*Vibrio cholerae*)

Disentería bacilar (*Shigella spt*)

Gastroenteritis (*Salmonella spp*)

Enfermedad de weil (*Leptospira icterohaemorrhagiae*)

Infecciones del oído (*Pseudomona aeruginosa*)

Las seis primeras son casi siempre el resultado de contaminación fecal.

La enfermedad de Weil ocurre esporádicamente entre trabajadores de alcantarillado; el reservorio de la infección son las ratas. Los microorganismos pueden introducirse al hombre a través de heridas pequeñas de la piel, la boca y la nariz. Infecciones del oído por *Pseudomona aeruginosa* se han encontrado en bañistas de aguas contaminadas.

b) Protozoos patógenos:

Disentería amibiana (*Entamoeba histolytica*)

Giardiasis (*Giardia lamblia*)

Meningoencefalitis (*Naegleria gruberi*)

Criptosporidiosis (*Cryptosporidium*)

La amibiasis es una importante causa de morbilidad y mortalidad, particularmente entre los infantes. La giardiasis es una enfermedad diarreica severa, en la cual, los individuos infectados pueden arrojar los quistes en sus excrementos, durante años, sin observar síntomas de la enfermedad.

c) Virus:

Los principales virus asociados con el agua son:

- Gastroenteritis Viral
- Diarrea Viral
- Hepatitis Infecciosa
- Virus del Polio (3 tipos)
- Virus Adeno (32 tipos)
- Virus Echo (34 tipos)
- Virus Coxsackie, grupo A (26 tipos)
- Virus Coxsackie , grupo B (6 tipos)
- Virus Reo (3 tipos)

El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Los demás son todos factores potenciales de epidemias de origen hídrico pues son arrojados en los excrementos humanos, aunque no existen pruebas evidentes de su diseminación en suministros de agua, hasta la fecha.

Los virus del grupo Adeno, generalmente, causan enfermedades del tracto respiratorio o los ojos; aunque no se ha comprobado su diseminación en suministros de agua, sí han existido algunas pruebas de diseminación en piscinas. Tanto los virus Echo como los Coxsackie deben también considerarse como agentes potenciales de enfermedades transmisibles por el agua. Los virus del polio causan poliomyelitis parálitica y meningitis aséptica; los virus Coxsackie producen herpangina, meningitis aséptica, parálisis pleurodinia y miocarditis infantil aguda; los virus Echo originan meningitis, fiebre y erupciones, diarrea y enfermedades respiratorias. Los virus no se pueden cultivar en medios artificiales en el laboratorio como se hace con las bacterias, pues deben desarrollarse sobre células vivas y su estudio requiere técnicas especializadas.⁽¹⁵⁾



3.2.1. PRINCIPALES ENFERMEDADES TRANSMISIBLES A TRAVÉS DEL AGUA ⁽¹⁵⁾.

Cuadro 1. 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.
Disentería bacilar	<i>Shigella</i>	Excrementos humanos.	Diarrea, fiebre, náuseas, vómitos y cólicos.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> <i>Serogrupo 01.</i>	Excrementos humanos.	Vómito, diarrea severa.
Diarrea del viajero	<i>Escherichia coli</i>	Excrementos humanos.	Diarrea acuosa, calambres y vómitos
Hepatitis infecciosa	<i>Virus de la Hepatitis A y E.</i>	Excrementos humanos y mariscos.	Piel amarilla, dolores.
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.

3.2.1.1 DESCRIPCION Y MÉTODOS DE CONTROL DE ALGUNAS ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA.

TIFOIDEA Y PARATIFOIDEA ⁽¹³⁾

Elemento infeccioso: *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi* tipos A, B y C respectivamente.

Signos y síntomas: Comienzo con fiebre continua, cefalalgia intensa, malestar general, anorexia, bradicardia relativa, esplenomegalia, manchas rosadas en el tronco (en un 25%), tos no productiva en los comienzos de la evolución y estreñimiento más comúnmente que diarrea (en los adultos).

Transmisión: Por alimentos o aguas contaminadas. Puede ser difundida por heces u orina de personas infectadas. Individuos asintomáticos a menudo diseminan la enfermedad, especialmente los manipuladores de alimentos.

En la fiebre tifoidea se han visto implicados leche, moluscos y crustáceos infectados.

Reservorio : Humano.

Período de incubación: De 3 días a 3 meses, pero más comúnmente de 1- 3 semanas en la fiebre tifoidea y de 1 – 10 días en la fiebre paratifoidea.

Período de transmisibilidad: Mientras persistan los bacilos en las heces, por lo común desde la primera semana hasta el final de la convalecencia.

Cerca del 10% de pacientes no tratados excretarán bacilos durante 3 meses después del inicio de los síntomas, y de 2 – 5 % serán portadores permanentes.

Métodos de control:

- Lavado de manos.
- Proporcionar instalaciones adecuadas para la medida anterior .
- Eliminación sanitaria de la excretas y mantener las letrinas a prueba de moscas.
- Proteger, purificar y clorar los abastecimientos públicos de agua.
- Proporcionar abastecimientos particulares higiénicos y evitar conexiones cruzadas entre los abastecimientos de aguas y las de flujo inverso del alcantarillado.
- Combatir las moscas
- Adecuada manipulación de los alimentos.
- Pasteurizar y hervir la leche y los productos lácteos.
- Excluir a los portadores tifóidicos de la manipulación de alimentos y de la atención directa de enfermos.

SHIGELOSIS ⁽¹³⁾

Elemento infeccioso: *Shigella dysenteriae, flexneri, boydii* y *sonnei* (bacterias).

Síntomas y signos: Infección bacteriana aguda que afecta el intestino grueso y la porción distal del intestino delgado, se caracteriza por diarrea, fiebre, náuseas, vómito, cólicos y tenesmo.

Las heces contienen sangre y moco.

Las convulsiones pueden ser una complicación importante en los niños de corta edad.

Transmisión: Fecal-oral directa o indirecta de un paciente o persona portadora.

Reservorio: Humano.

Período de incubación: De 12 – 96 horas e incluso de 1 semana en el caso de *S. dysenteriae*.

Período de transmisibilidad: Durante la fase aguda de la infección y hasta que ya no este presente en las heces el agente infeccioso, lo cual suele ocurrir en un lapso de 4 semanas después de la enfermedad.

Métodos de control: Los mismos que para la fiebre tifoidea.

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 ⁽¹³⁾

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.

HEPATITIS A y E

Elemento infeccioso: Virus de la hepatitis A y E.

Signos y Síntomas: Ictericia, fiebre de leve a intensa, malestar general que puede durar meses, anorexia, náuseas y molestias abdominales.

Transmisión: De persona a persona por vía fecal oral o por agua contaminada por heces humanas.

Reservorio: Humano.

Período de incubación: De 15 – 50 días, pero el promedio es de 28 – 30 días.

Métodos de control:

- Educación en salud .
- Desinfección del agua.
- Contar con sistemas adecuados de distribución y eliminación de Aguas servidas.
- Vacunación.

ENTERITIS POR ROTAVIRUS ⁽¹³⁾

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 ⁽¹³⁾

Elemento infeccioso: *Entamoeba histolítica* (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.

GIARDIASIS ⁽¹³⁾

Elemento infeccioso: *Giardia lamblia* (protozoario).

Síntomas y signos : Diarrea crónica, expulsión frecuente de heces laxas, pálidas y grasosas; además fatiga y pérdida de peso. Puede haber mal absorción de grasas y vitaminas liposolubles. Comúnmente no hay invasión extraintestinal, pero a veces surge artritis reactiva.

Transmisión: De persona a persona por vía fecal – oral, por agua, alimentos y por mecanismo mano-boca.

Han ocurrido brotes a través de fuentes de aguas contaminadas con heces. Las concentraciones de cloro utilizadas para el tratamiento común del agua no destruyen los quistes de giardias.

Reservorio: Humano.

Período de incubación: De 3 – 25 días.

Período de transmisibilidad: Todo el período que dura la infección.

Métodos de control:

- Filtrar y proteger el agua de los establecimientos públicos que estén expuestos a contaminación por heces del hombre (o animales).
- Educación sobre higiene personal.
- Eliminación sanitaria de excretas.
- Hervir el agua de consumo.⁽¹³⁾

3.2.2. TIPOS DE BACTERIAS PRESENTES EN EL AGUA: (4)

CUADRO 2. Tipos de bacterias presentes en el agua

Género:	Especie:	Enfermedad:
Pseudomona	aeruginosa	Infecciones cutáneas
	fluorescens	Intoxicación alimentaria
Alcaligenes	fecalis	Intoxicación alimentaria
Vibrio	cholerae	Diarrea profusa
Clostridium	perfringes	Náuseas, dolor de cabeza y diarrea.
Escherichia	coli	Diarrea del viajero e infecciones urinarias.
Citrobacter	freundii	Infecciones de vías urinarias.
Klebsiella	aerogenes	Infecciones de vías urinarias
Enterobacter	cloacae	Infecciones intestinales
Salmonella	typhi	Fiebre tifoidea
	dysenteriae	Disentería bacilar del Lejano Oriente
Shigella	flexneri	Disentería leve
	sonnei	
	boydii	
Proteus	vulgaris	Infecciones hospitalarias
	mirabilis	Infecciones de vías urinarias y gastroenteritis (dudoso)
Providencia	Providencia spp.	Infecciones de vía urinarias y diarreas.
Yersinia	enterocolítica	Causa enterocolitis aguda en humanos, con manifestaciones secundarias de eritema nodoso, poli artritis y menos a menudo septicemia.

Descripción de bacterias presentes en el agua: (4)***Pseudomonas:***

Los organismos de este género son bacilos gram -negativos no fermentadores y no esporulados de unos 3 μm por 0.5 μm , que se mueven mediante flagelos polares, que pueden producir un pigmento fluorescente, son oxidasa positivos, utilizan la glucosa oxidativamente y no forman gas. Tiene buen crecimiento en agar Mac Conkey,

Se hayan corrientemente en el suelo y en el agua. Algunas especies se identifican como patógenos para el hombre y los animales pero algunos otros, considerados al principio como saprofitos y comensales, se han implicado como patógenos oportunistas en infecciones adquiridas en hospitales y han llegado a colonizar aportes de agua destilada, jabones, desinfectantes, infusiones intravenosas y otros productos farmacéuticos. Las especies que colonizan las piscinas se han incriminado en infecciones de oído.

Especies de pseudomonas:***Pseudomona aeruginosa:***

Las colonias en medio de agar, 18 –24 horas de 25 –30 °C, son grandes, de superficie plana e irregular, de coloración verde grisáceo. El pigmento verdoso se difunde en el medio. Los cultivos en el caldo son de color azul verdoso.

Se forman dos pigmentos, piocianina y fluoresceína; ambos son hidrosolubles, aunque solamente la piocianina es soluble en cloroformo. El crecimiento tiene lugar a 42°C pero no a 5°C. Los organismos son muy resistentes a los antibióticos, salvo a la polimixina, gentamicina y carbenicilina.

Es un saprofito, que se haya en el suelo y en el agua, produce alteraciones de los alimentos entre ellas la “leche azul”, es patógeno para el hombre y los animales (“pus azul”), a menudo como infección secundaria y se haya con frecuencia en material clínico.

Es un importante agente de las infecciones cruzadas en hospitales y las cepas pueden tipificarse por la producción de piocianina. Está tipificación se hace generalmente en laboratorios de referencia.

Pseudomona fluorescens:

Las colonias sobre agar y sus propiedades bioquímicas son similares a las de *Pseudomona aeruginosa*, pero produce solamente un pigmento (fluoresceína). El crecimiento tiene lugar a 5°C pero no a 42°C. La reacción de la yema de huevo es positiva. Este organismo es un saprofito que se haya frecuentemente en el suelo, en el agua y en vertidos de alcantarillado. Es alterante de los alimentos. Puede gelificar la leche UHT si se conserva por encima de 5°C.

Alcaligenes:

Son bacilos gram negativos, oxidasa positivos, catalasa positivos, que dan reacción alcalina o no reaccionan en el medio de Hughleyson y una reacción alcalina en leche púrpura de bromocresol, crecen en agar de MacConkey y en medio con KCN. No hidrolizan la arginina y no licuan generalmente la gelatina. La mayoría de las cepas son resistentes a la penicilina.

Alcaligenes fecalis:

Es un microorganismo ureasa negativo; está ampliamente distribuida como saprofito y comensal.

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 (0/129). 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 0/129.

Clostridium perfringens

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

3.2.3. ENTEROBACTERIAS: (4)

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: (4)

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.

3.2.3.1.FERMENTADORES DE LA LACTOSA:

3.2.3.1.1. 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*.

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 e coliformes fecales.

3.2.3.1.2. 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. (17)

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 el intestino del hombre y animal y es natural suponer que su presencia en los alimentos indica reciente contaminación con heces. Sin embargo, *E. 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.

Es móvil, da reacción variable al indol, MR positivo, VP negativo y crece en medios de KCN y citrato. Produce sulfuro de hidrógeno pero es negativa la prueba de la lisina descarboxilasa. Es variable la utilización de malonato y no oxida al gluconato.

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

Klebsiella aerogenes:

Es inmóvil, indol negativo, MR negativo, VP positivo, crece en medio con KCN y citrato, no produce sulfuro de hidrógeno aunque es positiva la prueba de la lisina descarboxilasa .Es malonato y gluconato positivo. Es capsulado y la

mayoría de las cepas en agar Mac Conkey dan colonias grandes, mucoides y rojas habitualmente con la difusión de pigmento rojo hacia el agar circundante, lo que indica la fermentación de lactosa y producción de ácidos. 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, indol negativo, MR negativo, VP positivo, crece en medios con citrato y KCN y licua la gelatina (aunque esta propiedad puede estar latente, ser tardía o faltar). No produce sulfuro de hidrógeno y la prueba de la lisina decarboxilasa es negativa. Es variable el crecimiento en malonato y es positiva la prueba de gluconato. Se halla en aguas cloacales y en agua contaminada. 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.

Serratia marcescens

Es el miembro más importante del género *Serratia* y a menudo se asocia con variedad de infecciones humanas, en particular neumonía y septicemia en pacientes inmunosuprimidos. La *Serratia marcescens* puede ser un oportunista hospitalario de importancia.

3.2.3.2. NO FERMENTADORES DE LA LACTOSA:

Salmonella

El género *Salmonella* se ha dividido en cuatro subgéneros, numerados como I, II, III y IV. El subgénero I es el más importante porque contiene a la mayoría de los organismos patógenos humanos y animales.

Especies y serotipos de salmonella

Salmonella typhi.

Produce ácido pero no gas de la glucosa y manitol. Puede producir ácido de dulcitol pero no crece en medios citrato y KCN y no licua la gelatina. Decarboxila la lisina, pero no la ornitina. Es malonato y ONPG negativo. Las cepas recientemente aisladas pueden al principio no ser móviles. Este germen produce la fiebre tifoidea.

Otros serotipos.

Forman ácido y generalmente gas de glucosa, manitol y dulcitol (se presentan cepas anaerogénicas) y son raras las cepas que fermentan la lactosa. Crecen en citrato pero no en KCN y no licuan la gelatina. Decarboxilan la lisina y la ornitina (excepto *Salmonella paratyphi* A.) y son malonato y ONPG negativo. *Salmonella paratyphi* A, B y C pueden producir también fiebre tifoidea.

Especies de Shigella.

Algunas especies de Shigella en cultivos son no fermentadores de lactosa y tienden a ser bioquímicamente inertes. Es típico que no produzca gas a partir de hidratos de carbono, con excepción de ciertos biogrupos de *Shigella flexnerii* que son aerogénicos.

Shigella dysenteriae

Forma ácido pero no gas de glucosa, pero no fermenta el manitol. Los tipos 1, 3, 4, 5, 6, 9 y 10 son indol negativos. Los tipos 2, 7, y 8 son indol positivo. *Shigella dysenteriae* es responsable de la disentería basilar clásica del Lejano Oriente y es el serotipo más virulento y menos frecuente.

Shigella flexneri

Los serotipos 1-5 forman ácido pero no gas de la glucosa y manitol y son indol positivo. Algunas cepas del tipo 6 (cepas New castle) pueden no fermentar el manitol y ser indol negativas. Una burbuja de gas puede formarse en el tubo de glucosa. Este serotipo se produce a través de los medios de selenito

Shigella sonnei

Forma ácido pero no gas de la glucosa y del manitol, es indol negativo y decarboxila la ornitina. Produce la forma de disentería más común y más leve, que afecta principalmente a los lactantes y los niños pequeños y se difunde rápidamente en las escuelas y guarderías. Sobrevive en algunos medios de selenito.

Shigella boydii

Forman ácido pero no gas de glucosa y manitol; es variable la producción de indol. Se produce crecimiento en medio de KCN. Los 15 serotipos de esta especie se hallan ampliamente diseminados aunque no son corrientes y producen disentería leve.

Proteus

Estos organismos se hallan ampliamente diseminados. Algunas cepas se reconocen fácilmente por su capacidad para extenderse sobre la superficie de los medios de agar en una serie de oleadas sucesivas. Es éste un inconveniente en el diagnóstico bacteriológico, ya que la diseminación enmascara la presencia de otros organismos.

Especies de Proteus

Proteus vulgaris

Común en el suelo y vegetación y en el intestino de los animales. Contamina frecuentemente los alimentos, determinando su alteración y descomposición, aunque raramente se encuentra en cultivo puro. Es frecuente su hallazgo en infecciones hospitalarias.

Proteus mirabilis

Se asocia con sustancias animales y vegetales en putrefacción y descomposición. Es un agente dudoso de gastroenteritis, aunque se haya en infecciones hospitalarias, por ejemplo, en las infecciones de las vías urinarias y en lesiones supuradas.

Providencia spp.

Se hallan en infecciones de las vías urinarias y están relacionados probablemente con diarrea en el hombre. ⁽⁴⁾

Yersinia enterocolítica:

Es una bacteria gram – negativa que puede crecer en agar Mac Conkey y agar S-S y es posible recuperarlas de muestras fecales, en caso de enterocolitis porque por lo común los microorganismos se hallan con concentraciones relativamente altas.

Causa enterocolitis aguda en humanos, con manifestaciones secundarias de eritema nodoso, poli artritis y menos a menudo septicemia. El microorganismo se encuentra ampliamente distribuido en lagos y reservorios y se producen brotes de diarrea, neumonía y abortos espontáneos en diversos animales. Muchos animales salvajes, domésticos e industriales son depósitos de este microorganismo, como en el caso de hábitat acuático (castores, visones, ratas almizcleras, nutrias y mapaches). Debido a la existencia de la bacteria en

animales, la amplia y distribución y persistencia de *Yersinia* en aguas naturales y tratadas en al menos algunas zonas geográficas, las pruebas de los posible brotes epidémicos de transmisión hídrica y la falta de una información definitiva sobre su reducción luego de los procesos de tratamiento hacen que éste patógeno adquiera importancia potencial en las aguas potables. ⁽¹⁾

3.2.4. 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 placas (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 del 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, efectos de los cambios de temperatura en el agua y del cloro residual en la población bacteriana. ⁽¹²⁾

CAPÍTULO IV.

DISEÑO METODOLÓGICO

4.0. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Investigación bibliográfica :

4.1.1. Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.

4.1.2. Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

4.1.3. Biblioteca de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

4.1.4. Internet.

4.2. Investigación de Campo:

Tipo de estudio: Experimental y transversal.

Universo: Agua potable de los sectores de San Martín, Santa Lucía y San Bartolo.

Muestra: Los puntos de muestreo se escogieron aleatoriamente para asegurar la representatividad de las muestras, la cantidad de las mismas se estableció de acuerdo a la población servida (NSO: 13.07.01: 99 para la calidad del agua potable) lo cual se detalla en la siguiente tabla:

TABLA 1. Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriana del agua potable.

TAMAÑO DE POBLACIÓN (Habitantes)	NUMERO MINIMO 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.

Fuente: (5)

De acuerdo al tamaño de la población en cada sector estudiado se determinó el número de muestras a analizar, lo cual se detalla en el cuadro siguiente:

TABLA 2. Cantidad de muestras analizadas de acuerdo al tamaño de la población.

SECTOR	TAMAÑO DE POBLACIÓN (Habitantes)	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS / MES
San Martín	66,738	13
San Bartolo	81,349	16
Santa Lucía	43,386	8

El volumen de agua recolectado fue de 250 ml por muestra, para la posterior realización de los análisis.

Se realizaron 9 muestreos, cada uno en un período de 8 días en cada sector, durante los meses de Junio – Agosto del año 2003.

Los puntos de muestreo de cada sector están representados en los Mapas 1 y 2, y sus respectivas direcciones en los ANEXO No 8.

El proceso de análisis de las muestras se detalla esquemáticamente en el ANEXO 4.

4.2.1.Recolección de muestras de agua :

Las muestras se recolectaron en frascos pyrex 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 empaque, asegurándolo con cordel.

Procedimiento de toma de muestra:

1. Se procedió a limpiar el grifo, utilizando una tela limpia, frotando la boca del grifo para quitar cualquier suciedad que pudiera existir.
2. Se esterilizó el grifo durante un minuto con la llama encendida de una gasa remojada con alcohol .
3. Se abrió la válvula del grifo, hasta alcanzar el flujo máximo, dejando correr el agua durante uno o dos minutos, luego se disminuía la intensidad del flujo del agua, para la toma posterior de la muestra.
4. Se desamarró el cordón que ajusta la cubierta de papel y se desenroscó el tapón, teniendo el cuidado de no tocar la boca del frasco ni la parte interna del tapón. Posteriormente se procedió a llenar el frasco hasta el comienzo de los hombros, permitiendo así, una cámara de aire para facilitar la homogenización.
5. Se tapó 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.

Cada una de las muestras era identificada con la siguiente información: dirección, punto de muestreo, municipio, fecha, hora de toma de muestra, número de referencia de la muestra, observación, cloro residual, temperatura ambiente, temperatura del agua, y temperatura de preservación. (Ver formato en el Anexo 2).

Preservación y transporte de muestras:

Las muestras fueron preservadas a una temperatura de 4°C y no más de 10°C, transportándolas en hieleras conteniendo maquetas de hielo para conservar la

temperatura, luego eran llevadas al laboratorio de Control de calidad analítica del agua de ANDA, para su posterior análisis ,en un tiempo no mayor de 2 horas.

4.2.2.Toma de cloro residual:

FUNDAMENTO:

La determinación del cloro residual sirvió como parámetro para conocer si el agua se encontraba protegida de la proliferación de bacterias y dentro del rango establecido (0.5 -1 mg/L) en la Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad el agua potable NSO 13. 07. 01. :99. ⁽⁵⁾

TÉCNICA:

El cloro residual fue tomado en el lugar de muestreo, unos minutos antes de la toma de la muestra, procediendo de la siguiente manera:

1. Se abrió el chorro y se dejó correr el agua por al menos 3 minutos.
2. Se sacó el tubo de observación de color, del lado izquierdo, enjuagándolo completamente con agua limpia.
3. Se llenó el tubo de observación de color, con agua limpia, hasta la marca de 5 ml colocándolo en su lugar.
4. Se sacó el tubo de observación de color, del lado derecho y enjuagándolo con agua limpia, se llenó hasta la marca de 5 ml y posteriormente se agregó el reactivo de DPD-1, agitando para homogenizar.
5. Se colocó el tubo de observación de color en su sitio correspondiente y se rota el disco hasta obtener por comparación el color de la muestra, el valor obtenido era la lectura de cloro residual, dicha lectura no debía exceder más de 1 minuto.

4.3. Trabajo de Laboratorio:

4.3.1. Métodos de análisis.

4.3.1.1. Número más probable (NMP) :

FUNDAMENTO:

Este método proporciona una estimación de los organismos viables existentes en un sustrato, es un concepto estadístico derivado de la teoría de probabilidades aplicable a la enumeración de microorganismos bajo ciertas condiciones; el número más probable de bacterias viables se obtiene calculando el número que con más probabilidad hubiese dado la combinación de tubos positivos y negativos observados.

El valor del NMP podrá resultar mayor o menor que el número real de densidad bacteriana.

La densidad bacteriana se obtiene a través de las tabla de NMP (ANEXO 3) las cuales proporcionan limites de confianza de orden del 95 %₍₁₎.

Procedimiento normalizado de operación para la determinación simultánea de coliformes totales y Escherichia coli, por el método de tubos múltiples (NMP), utilizando la técnica del sustrato cromogénico y fluorogénico en agua potable.

Resumen del método:

El método consta de una sola etapa que consiste en colocar volúmenes determinados de muestras de agua en una serie de tubos conteniendo medio de cultivo fluorocult (caldo LMX) y luego son incubados a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

El caldo fluorocult contiene un cromógeno, 5-bromo-4-cloro-3-indol- β -D-galactopiranosido (x-Gal), el cual es hidrolizado por la enzima β - D-galactosidasa que

es producida por las bacterias coliformes totales, ocasionando un cambio de color en el caldo, de amarillo claro a azul - verde que indica y confirma una prueba positiva para coliformes totales dentro de 24 horas.

Así mismo, el caldo contiene un fluorogeno, 4- metilumberiferil- β -D- glucoronido (MUG), el cual es hidrolizado por la enzima β -D-glucoronidasa que es producida por la bacteria *Escherichia coli*, ocasionando una fluorescencia azul en el caldo bajo luz ultravioleta de onda larga (366 nm) que indica la presencia de *Escherichia coli*.

Para confirmar la presencia de *E. Coli* debe comprobarse la producción de indol en los tubos que presentan fluorescencia, utilizando el reactivo Kovacs indol (solución de p-dimetilaminobenzaldehído en alcohol amílico) ; el desarrollo de un anillo color rosado indica una reacción positiva.⁽²⁾

TÉCNICA:

Muestras de agua tratada.

1. Para cada una de las muestras se preparó una serie de 5 tubos conteniendo 10 ml de fluorocult de doble concentración.
2. Se identificó el tubo inicial de una línea de 5 tubos, anotando el número de referencia de la muestra, volumen inoculado, tipo de muestra y fecha.
3. Luego se inoculo 20 ml de muestra a cada tubo.
4. Posteriormente se incubó los tubos por 24 horas a $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Luego se separó y se examino los tubos de fluorocult positivos, es decir, aquellos que desarrollaron color azul –verde, estos se exponían a luz ultravioleta de onda larga (366 nm), aquellos que presentaron fluorescencia azul, se les agregaba

reactivo de Kovacs y si se formaba un anillo color rojo se confirmaba reacción positiva para *Escherichia coli*.

5. Los resultados se interpretaban de acuerdo a las tabla de NMP (ANEXO 3).
6. Los tubos que no poseían coloración azul ni fluorescencia pero sí turbidez, se les realizó la tinción de Gram y las pruebas bioquímicas.

4.3.1.2. Recuento de bacterias heterótrofas :

Luego de realizar el análisis para la cuantificación de bacterias coliformes totales e identificación de fecales por medio de tubos múltiples, se procedió a realizar el presente análisis.

FUNDAMENTO:

El recuento heterotrófico de bacterias proporcionó un indicativo sobre la contaminación de bacterias extrañas al ecosistema. El método se fundamenta en el recuento de las bacterias viables por mililitro de muestra, inoculadas en agar de recuento en placa para el crecimiento de este tipo de bacterias. ⁽¹²⁾

TÉCNICA:

1. Se fundió el agar para recuento en placa, llevando el medio a 44 - 46°C y controlando cuidadosamente su temperatura para que al mezclarlo con la muestra de agua no fueran inactivados los gérmenes que pudieran estar presentes.
2. Se agitó vigorosamente la muestra, para asegurar su homogeneidad , luego se pipeteó 1 ml y se adicionó a la placa de petri, esta operación se realizó por duplicado para cada una de las muestras.

3. Se agregó inmediatamente en las placas de petri de 10 –15 ml del agar para recuento en placa, previamente fundido.
4. Se mezcló el inóculo con el medio fundido inclinando y agitando la placa “en forma de ocho”.
5. Una vez solidificado el agar, se invierten las placas y se incuban a 35°C por 24 horas.

4.3.1.3. Determinación de turbidez por el método nefelométrico

Luego de realizar el recuento heterotrófico de bacterias, se procedía a la determinación de turbidez de cada una de las muestras recolectadas.

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 y defendiendo a los microorganismos de los desinfectantes presentes en el agua, que en otras condiciones garantiza el exterminio. ⁽¹²⁾

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) ⁽¹⁾

TÉCNICA

1. Se agitaba la muestra por lo menos cinco veces, para homogenizar.
2. Se agregaba en la celda de medición (15 ml. de muestra), posteriormente se agitaba y se colocaba en el turbidímetro HACH, modelo 2100 P, para luego leer la turbidez de la muestra y anotarla como lectura No 1.
3. Se sacaba la celda del turbidímetro y se agitaba nuevamente para obtener otra lectura, esta se anotaba como lectura No 2.
4. El promedio de ambas lecturas era el resultado de turbidez de la muestra.

4.3.1.4. Prueba para detección de *Pseudomona aeruginosa*:

FUNDAMENTO:

Para la detección de *Pseudomona aeruginosa* se utilizó el agar cetrímide, el cual es un agar selectivo para la identificación de esta bacteria, contiene N – cetil – N,N,N – trimetilamonio bromuro (cetrímide) el cual es un agente antibacteriano que sirve para conseguir una notable inhibición de la flora acompañante en la muestra, pero en cambio, no afecta a la *Pseudomona aeruginosa* permitiendo así el crecimiento y desarrollo de las colonias características de color verde azulado debido a la presencia de el pigmento Píocianina, siendo además fluorescentes ante la presencia de luz ultravioleta. ⁽¹¹⁾

TÉCNICA:

Luego de 24 horas de incubación de las muestras en el medio Fluorocult, se seleccionaba un tubo de cada una de las muestras, se sumergía un hisopo estéril en el tubo y posteriormente se estriaba sobre la superficie de una placa conteniendo agar cetrímide, se incubaban las placas por 24 horas a 35 °C, una coloración verde –

azulado de las colonias, indicaba la presencia de *Pseudomona aeruginosa*, que al observarla a través de luz ultravioleta eran colonias fluorescentes.

4.3.1.5. Aislamiento de bacterias :

Aislar bacterias permitió obtener colonia puras, para asegurar resultados confiables en las pruebas diferenciales.

Los tubos que presentaron turbidez por el método NMP a las 24 horas de incubación se les realizó el aislamiento de bacterias de la siguiente manera:

TÉCNICA:

1. Se agitaba el tubo que presentaba turbidez.
2. Se introducía un asa metálica estéril, y se estriaba sobre una placa conteniendo agar nutritivo.
3. Luego se incubaba a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ por 24 horas.
4. Si la placa presentaba diferentes tipos de colonias, se inoculaban aquellas colonias del mismo tipo en otra placa, siguiendo la técnica anterior (paso No 2 y 3), y así sucesivamente hasta obtener placas con colonias de morfología uniforme.
5. De esta placa, se tomaba para realizar la tinción al gram.

4.3.1.6. Identificación de bacterias

a)Tinción de Gram :

FUNDAMENTO:

La clasificación de la mayor parte de las bacterias esta dada en cuanto a la capacidad de ser coloreadas con el método de tinción de gram; se usa principalmente para el examen microscópico directo de muestras y subcultivos. El

cristal violeta (Violeta de genciana) sirve como colorante primario y se une a la pared celular bacteriana, luego de un tratamiento con una solución débil de yodo, que sirve como mordiente para la unión del colorante.

Algunas especies de bacterias, debido a la naturaleza química de sus paredes celulares, tienen la capacidad de retener el cristal violeta, incluso después del tratamiento con un decolorante orgánico como por ejemplo, una mezcla en partes iguales de alcohol etílico al 95% y acetona. Las bacterias que detienen el colorante se ven negro azuladas al microscopio y son denominadas grampositivas.

Algunas bacterias pierden la coloración primaria con cristal violeta cuando son tratadas con el decolorante, presumiblemente al alto contenido de lípidos de su pared celular. Estas bacterias decoloradas toman el colorante de contraste, la safranina, y se ven rojas cuando se observan al microscopio, denominándoseles gram negativas.

(10)

TÉCNICA:

Las preparaciones se realizaban de la siguiente manera:

1. Se colocaba una gota muy pequeña de solución salina en el centro de un portaobjetos.
2. Luego con la ayuda de un asa metálica, se colocaba una pequeña cantidad de crecimiento bacteriano, extendiendo el organismo en el líquido, se dejaba secar al aire o se agitaba el portaobjetos encima de un mechero bunsen, teniendo cuidado que éste no se calentará en exceso.
3. Se agregaban unas gotas del indicador cristal violeta y dejándolo en contacto con la bacteria por 1 minuto, luego se lavaba cuidadosamente con agua destilada, posteriormente se agregaban unas gotas de lugol y se dejaba en contacto con la

bacteria por 1 minuto, luego se lavaba con solución alcohol – acetona de 15 a 20 segundos y posteriormente con agua destilada.

4. Se adicionaban unas gotas de safranina durante 30 segundos.
5. Se lavaba cuidadosamente con agua destilada, absorbiendo el exceso de agua con papel toalla, para luego secarlo calentando ligeramente sobre la llama del mechero.
6. Se observaba la morfología de las bacterias en el microscopio y aquellas que se observaban de color rosado se identificaban como gram negativas y las de color azul como gram positivas.
7. Las bacterias gram negativas se inoculaban en agar Mac Conkey para luego realizar las pruebas bioquímicas.

b) Pruebas Bioquímicas :

FUNDAMENTO:

La diferenciación de especies no puede hacerse solo sobre la base de la tinción de Gram y morfología; por lo cual la diferenciación de las Enterobacteriaceae se basa principalmente en la presencia o ausencia de diferentes enzimas codificadas por el material genético de los cromosomas bacterianos.

Estas enzimas dirigen el metabolismo bacteriano a lo largo de una de diversas vías que pueden detectarse con medios especiales usados en técnicas de cultivo in vitro.

Los sustratos con los cuales pueden reaccionar estas enzimas se incorporan al medio de cultivo, junto con un indicador que puede detectar la utilización del sustrato o la presencia de productos metabólicos específicos. Eligiendo una serie de medios que evalúan diferentes características metabólicas de los microorganismos, es posible establecer un perfil bioquímico para hacer la identificación de especies.⁽¹⁰⁾

TÉCNICA:

Las pruebas bioquímicas que se utilizaron para hacer la identificación de bacterias son las siguientes:

Triple azúcar y hierro (TSI)

Fundamento:

La prueba de TSI se basa en detectar la fermentación de la glucosa con producción de ácido y a la vez producción de gas de algunas bacterias. El medio también es útil para detectar la habilidad de algunos microorganismos para producir ácido sulfhídrico a partir de la utilización de compuestos que contengan azufre. (10)

Técnica:

El tubo que contenía el medio en bisel, se estrió sobre la superficie con un asa de aro metálico conteniendo la bacteria en estudio.

Se incubó a 35°C durante 24 horas y se le realizó la lectura correspondiente. Si hay cambio de color de rojo a amarillo significa que la bacteria fermenta la glucosa, si hay formación de burbujas indica que la bacteria produce gas y si se observa una coloración negra al fondo del tubo la bacteria es productora de ácido sulfhídrico.

Rojo de metilo:

Fundamento:

Esta prueba consiste en la detección de ácidos mixtos producidos por ciertas bacterias, la cantidad de ácidos es suficiente para mantener un pH por debajo de 4.4 el cual es el límite del indicador de rojo de metilo.(10)

Técnica:

Al tubo que contenía el caldo MR - VP, se le inoculó la bacteria, se incubó por 24 horas a 35°C. Luego se le agregó 5 gotas de la solución de rojo de metilo, y posteriormente se observó si había cambio de color.

Voges Proskauer:**Fundamento:**

Se basa en la conversión de acetyl - methylcarbinol (acetoina) en diacetyl a través de la acción de KOH y oxígeno atmosférico. El diacetyl es convertido en un complejo rojo bajo la acción catalítica de α - naphthol y creatina.⁽¹⁰⁾

Técnica:

El cultivo de la bacteria en caldo MR-VP e incubado por 24 horas a 35°C, se le agregó 0.6 ml de solución de α - naphthol y 0.2 ml de solución de KOH, se observó si había cambio de color.

Citrato de Simmons:**Fundamento:**

El principio de la prueba es determinar la capacidad de un microorganismo para utilizar citrato de sodio como única fuente de carbono para metabolismo y crecimiento. ⁽¹⁰⁾

Técnica:

Al tubo que contenía el agar citrato de Simmons en forma de bisel, se le estriaba con la bacteria sobre la superficie con la ayuda de un asa metálica, se incubaba a 35°C por 24 horas, y se observaba si había cambios.

Un cambio del medio de color verde a azul era un indicativo de prueba positiva.

Movilidad:**Fundamento:**

Algunas bacterias se mueven por medio de flagelos, por lo cual, esta técnica es útil para detectar la movilidad de estas especies bacterianas.⁽¹⁰⁾

Técnica:

El tubo conteniendo el agar de movilidad se inoculó con un asa en punta con la bacteria en estudio. Se incubó a 35 °C por 24 horas. Si se observaba dispersión a los lados de la punción, la prueba era positiva.

Indol:**Fundamento:**

El indol es uno de los productos de degradación del metabolismo del aminoácido triptófano. Las bacterias que poseen la enzima triptofanasa son capaces de degradar el triptófano produciendo indol, ácido pirúvico y amoníaco. El indol puede detectarse en un medio de prueba con triptófano, observando la aparición de color rojo, luego de agregar una solución que contiene *p- dimetilaminobenzaldehído* (reactivo de Erlich o Kovacs).⁽¹⁰⁾

Técnica:

Al tubo contenía el caldo para la prueba de indol se le inoculaba la bacteria y se incubaba a 35 °C por 24 horas, luego se agregaba de 3 – 4 gotas de reactivo de Erlich. La prueba es positiva si un color rosado o rojo aparece y es negativa si no hay cambio de color.

Luego de la lectura del set de pruebas bioquímicas de cada una de las muestras, se procedía a la interpretación de los resultados por medio de la tabla del ANEXO 6 y para una mayor comprensión de los resultados de cada una de las pruebas, se presentan esquemáticamente en el ANEXO 7.

CAPÍTULO V.
RESULTADOS

5.0. RESULTADOS

CUADRO 3. Resultados del parámetro de cloro residual en los tres sectores durante los meses de Junio – Agosto de 2003:

CLORO RESIDUAL (mg/ L)			
Numero de muestra:	SAN BARTOLO:	SAN MARTÍN	SANTA LUCÍA
1	0.8	0.4	0.6
2	0.8	1.2	0.6
3	0.6	1.3	0.7
4	0.5	0.9	0.7
5	0.5	1.6	0.7
6	0.5	1.6	0.5
7	0.4	1.9	0.5
8	0.8	2.0	0.7
9	0.8	1.7	0.9
10	0.7	1.3	0.9
11	1.0	2.5	0.9
12	0.5	2.0	0.9
13	0.5	1.7	0.9
14	0.5	1.4	0.9
15	0.4	0.6	0.9
16	0.3	2.3	0.9
17	0.5	1.2	1.1
18	1.0	1.8	1.4
19	1.2	2.9	1.1
20	1.9	1.3	1.2
21	0.9	0.2	1.1
22	0.8	1.2	1.0
23	0.5	1.4	1.1
24	0.5	0.4	1.1
25	1.0	1.2	
26	0.8	2.0	
27	0.6	1.2	
28	1.2	1.0	
29	1.0	0.4	
30	1.0	0.3	
31	0.7	0.8	
32	0.4	1.3	
33	0.4	1.3	
34	0.7	1.4	
35	0.7	1.3	
36	0.5	0.3	
37	0.5	0.4	
38	1.0	1.3	
39	0.8	1.3	
40	0.9		
41	0.8		
42	0.4		
43	0.9		

De acuerdo a la NSO 13.07.01 :99 para agua potable.

Para Cloro Residual:

Valor recomendado: 0.5 mg/l .

Valor Admisible: 1.0 mg /l. (5)

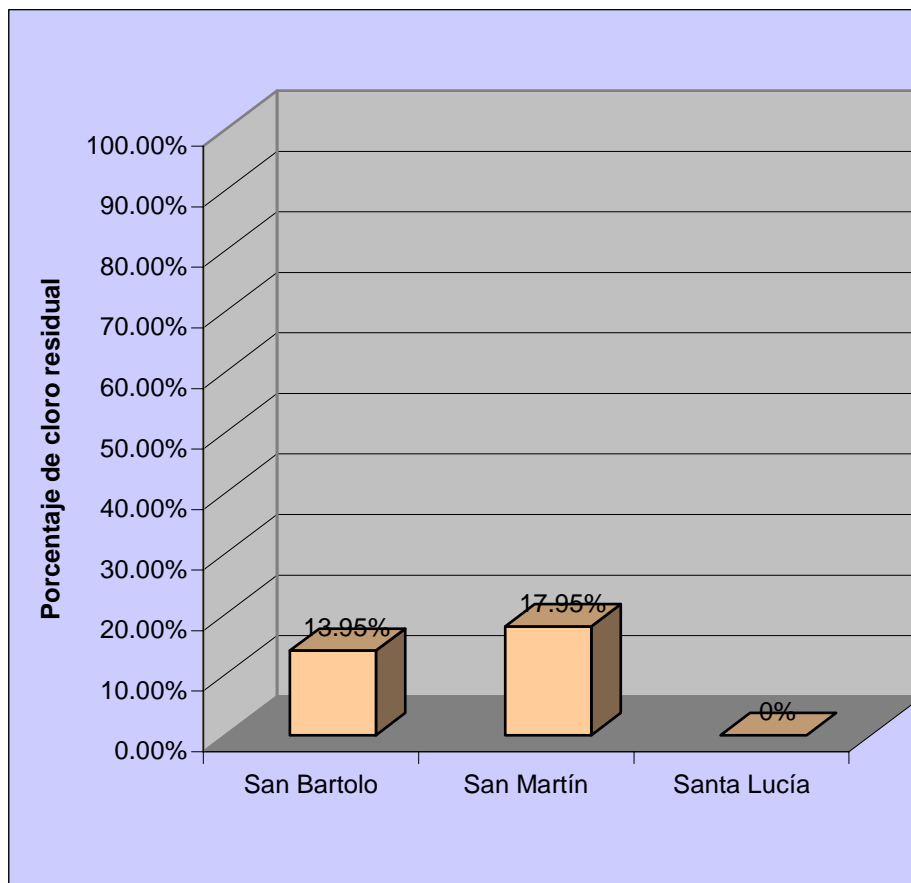


FIGURA 1. Comparación de porcentajes de cloro residual menor de 0.5 mg / l en cada uno de los sectores estudiados.

San Martín presentó el mayor porcentaje de lecturas de cloro residual menor de 0.5 mg / l, seguido de San Bartolo, mientras que Santa Lucía no presento ninguna lectura bajo del valor recomendado por la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01:99 para agua potable.

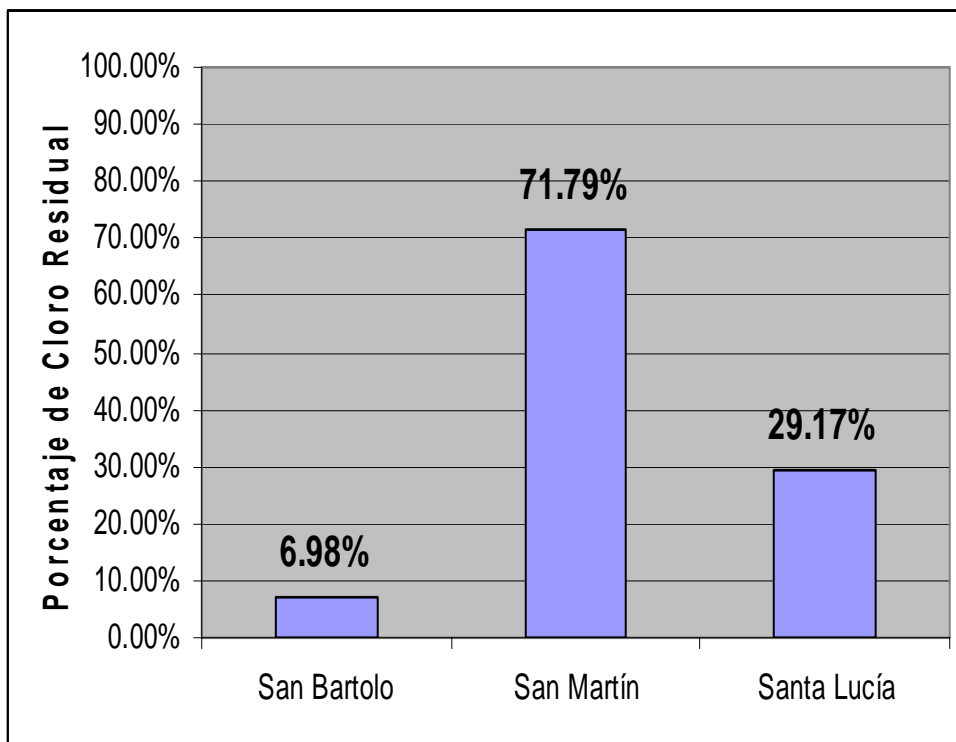


FIGURA 2. Comparación de porcentajes de cloro residual mayor de 1.0 mg/L en cada uno de los sectores estudiados.

Como se observa en el gráfico San Martín obtuvo el mayor porcentaje de lecturas arriba de 1.0 mg / l, seguido de Santa Lucía y San Bartolo, cabe mencionar que Santa Lucía presento altos valores de cloro residual en el tercer muestreo para 7 muestras de 8 que fueron recolectadas, mientras que en muestreos anteriores los valores estuvieron dentro del rango permisible.

CUADRO 4. Resultados de turbidez en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

Numero de muestra:	TURBIDEZ (UNT)		
	SAN BARTOLO:	SAN MARTÍN	SANTA LUCÍA
1	1.06	0.94	0.65
2	3.84	0.45	0.86
3	1.48	0.61	0.96
4	3.28	1.38	0.50
5	3.07	0.52	0.81
6	2.12	0.63	0.71
7	2.04	0.30	0.76
8	1.80	0.52	0.53
9	0.54	0.81	0.59
10	0.88	0.62	1.49
11	1.56	0.61	1.10
12	0.56	1.71	0.73
13	0.66	0.81	0.64
14	0.58	2.44	0.94
15	0.89	0.85	0.48
16	1.04	0.97	0.84
17	2.71	0.82	0.46
18	1.68	0.49	0.59
19	1.21	0.41	0.65
20	2.49	0.77	0.99
21	2.56	0.75	0.70
22	3.01	0.87	0.65
23	2.52	0.70	0.87
24	1.56	0.75	0.67
25	0.68	0.72	
26	0.65	0.66	
27	0.66	0.68	
28	0.74	0.94	
29	2.34	1.14	
30	0.89	0.64	
31	0.58	0.55	
32	0.48	0.82	
33	1.50	1.34	
34	0.65	0.99	
35	1.74	0.89	
36	1.16	0.77	
37	1.07	1.40	
38	0.65	0.51	
39	1.40	1.42	
40	1.78		
41	1.17		
42	1.50		
43	0.65		

De acuerdo a la NSO 13.07.01 :99 para agua potable.

Para Turbidez:

Valor recomendado: 1.0 UNT.

Valor Admisible: 5.0 UNT (5)

Resultados del parámetro de turbidez en los sectores analizados.

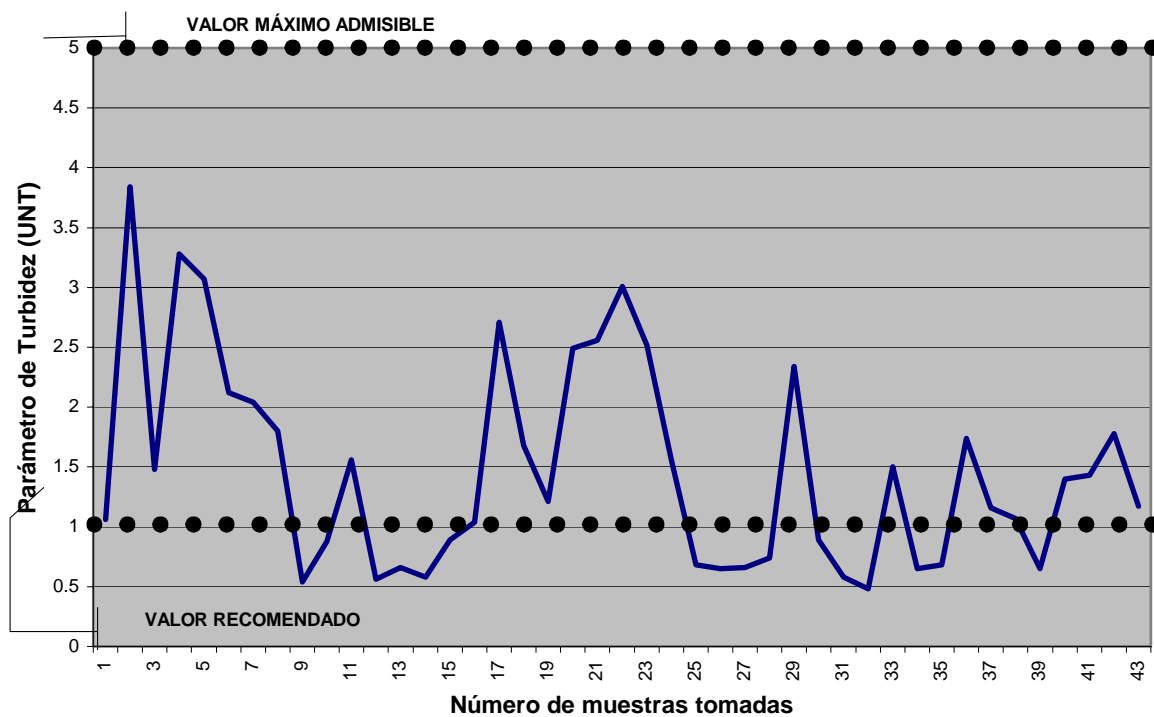


FIGURA 3. Sector de San Bartolo.

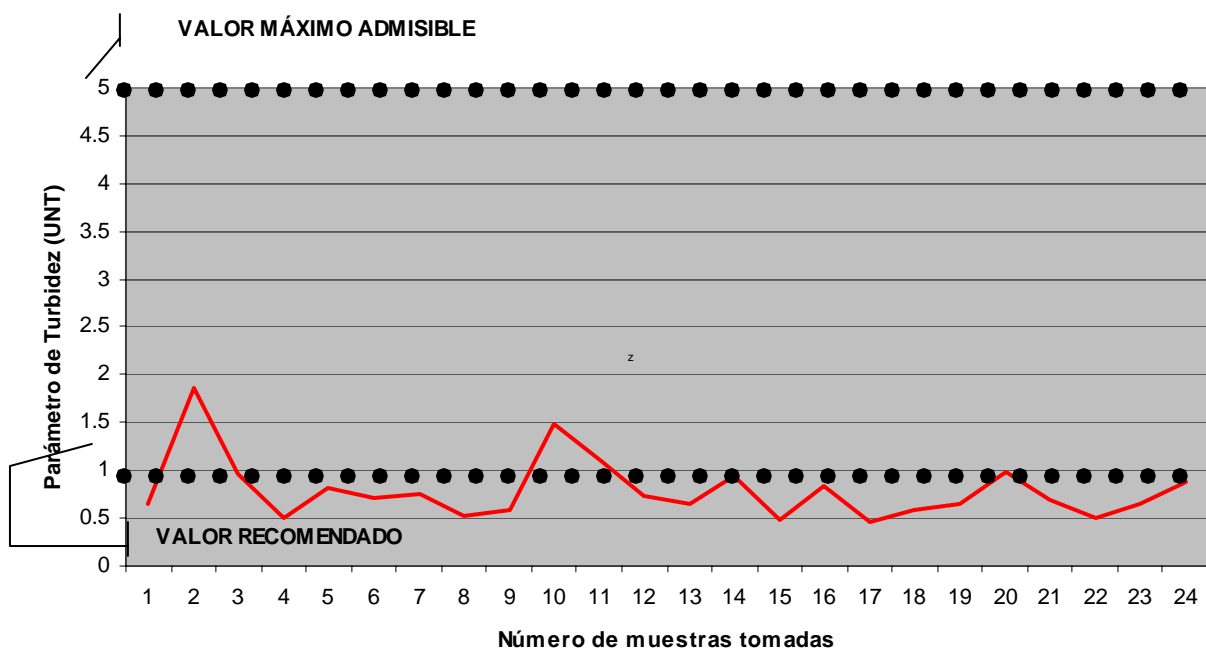


FIGURA 4. Sector de Santa Lucía

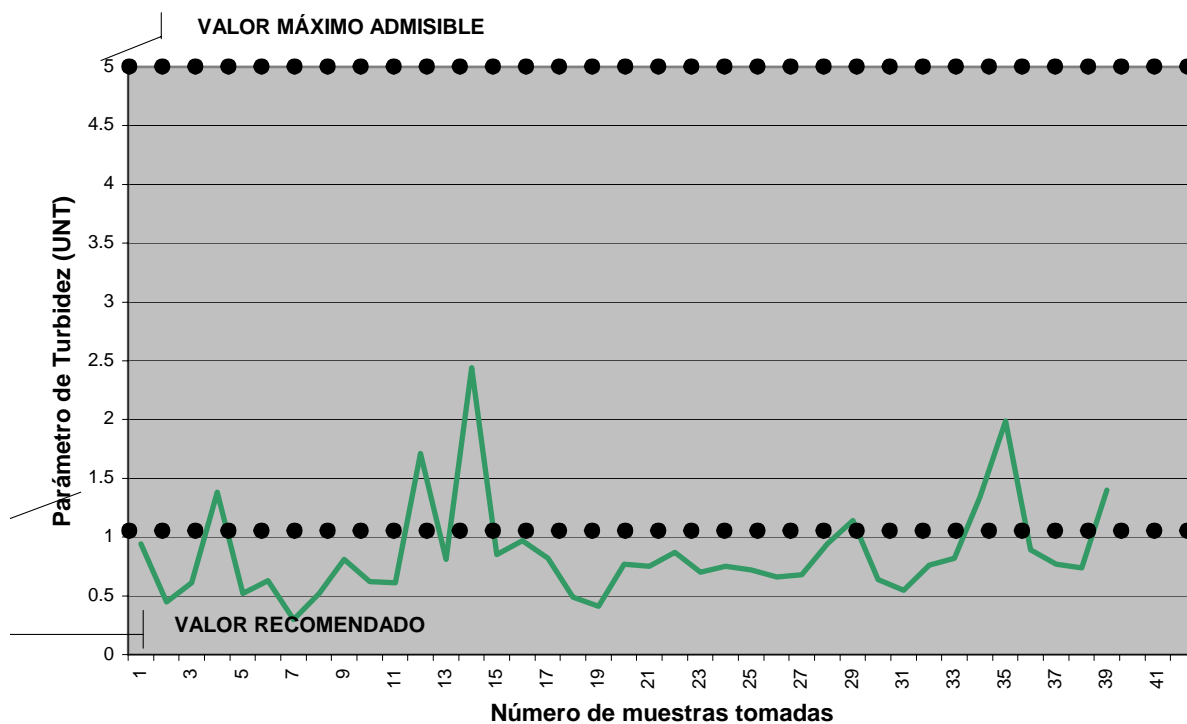


FIGURA 5. Sector de San Martín.

Se observa que la turbidez presente en los tres sectores muestreados registraron valores que oscilaron entre los rangos de 0.41 - 3.84 UNT., por lo cual se encontraron dentro de los rangos establecidos por la NSO 13.07.01:99 para agua potable durante los meses de Junio – Agosto del año 2003.

CUADRO 5. Resultados obtenidos en el recuento heterotrófico de bacterias en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

Numero de muestra:	RECUESTO HETEROTROFICO DE BACTERIAS (UFC / ml)		
	SAN BARTOLO:	SAN MARTIN	SANTA LUCIA
1	2	0	1
2	2	0	2
3	5	0	0
4	0	0	1
5	0	0	1
6	0	0	0
7	0	0	0
8	2	0	0
9	0	0	0
10	0	1	1
11	9	0	0
12	1	0	0
13	1	0	0
14	8	1	2
15	0	0	0
16	0	0	1
17	0	4	0
18	0	1	0
19	42	2	0
20	15	0	0
21	9	0	2
22	4	0	2
23	1	0	1
24	2	0	1
25	0	0	
26	1	1	
27	0	0	
28	0	0	
29	0	10	
30	0	0	
31	0	3	
32	0	0	
33	0	0	
34	140	0	
35	0	0	
36	0	0	
37	0	8	
38	0	0	
39	0	4	
40	0		
41	0		
42	0		
43	0		

De acuerdo a la NSO 13.07. 01: 99 para agua potable.

Método: Placa vertida

Valor máximo admisible: 100 UFC/ ml. (5)

CUADRO 6. Resultados obtenidos en la cuantificación de bacterias coliformes totales en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

Numero de muestra:	SAN BARTOLO	SAN MARTIN	SANTA LUCIA
	Bacterias Coliformes Totales (NMP /100 ml)		
1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
2	< 1.1	< 1.1	< 1.1
3	2.6	<1.1	<1.1
4	<1.1	<1.1	<1.1
5	<1.1	3.1	2.6
6	<1.1	<1.1	<1.1
7	<1.1	<1.1	<1.1
8	<1.1	<1.1	<1.1
9	4.6	<1.1	< 1.1
10	<1.1	<1.1	< 1.1
11	<1.1	<1.1	<1.1
12	<1.1	<1.1	<1.1
13	<1.1	<1.1	<1.1
14	<1.1	2.6	<1.1
15	>8.0	< 1.1	<1.1
16	<1.1	<1.1	<1.1
17	<1.1	<1.1	1.1
18	<1.1	<1.1	< 1.1
19	<1.1	<1.1	<1.1
20	<1.1	<1.1	<1.1
21	<1.1	<1.1	<1.1
22	<1.1	<1.1	<1.1
23	<1.1	8.0	<1.1
24	<1.1	>8.0	4.6
25	<1.1	<1.1	
26	<1.1	<1.1	
27	<1.1	<1.1	
28	<1.1	<1.1	
29	<1.1	<1.1	
30	<1.1	<1.1	
31	<1.1	<1.1	
32	>8.0	<1.1	
33	<1.1	1.1	
34	<1.1	<1.1	
35	>8.0	<1.1	
36	<1.1	<1.1	
37	<1.1	<1.1	
38	>8.0	<1.1	
39	<1.1	<1.1	
40	<1.1		
41	<1.1		
42	<1.1		
43	<1.1		

De acuerdo a la NSO 13.07. 01 :99 para agua potable.
 Para bacterias coliformes totales
 Valor Máximo Admisible: <1.1 NMP / 100 ml. (5)
 Técnica: Tubos múltiples.

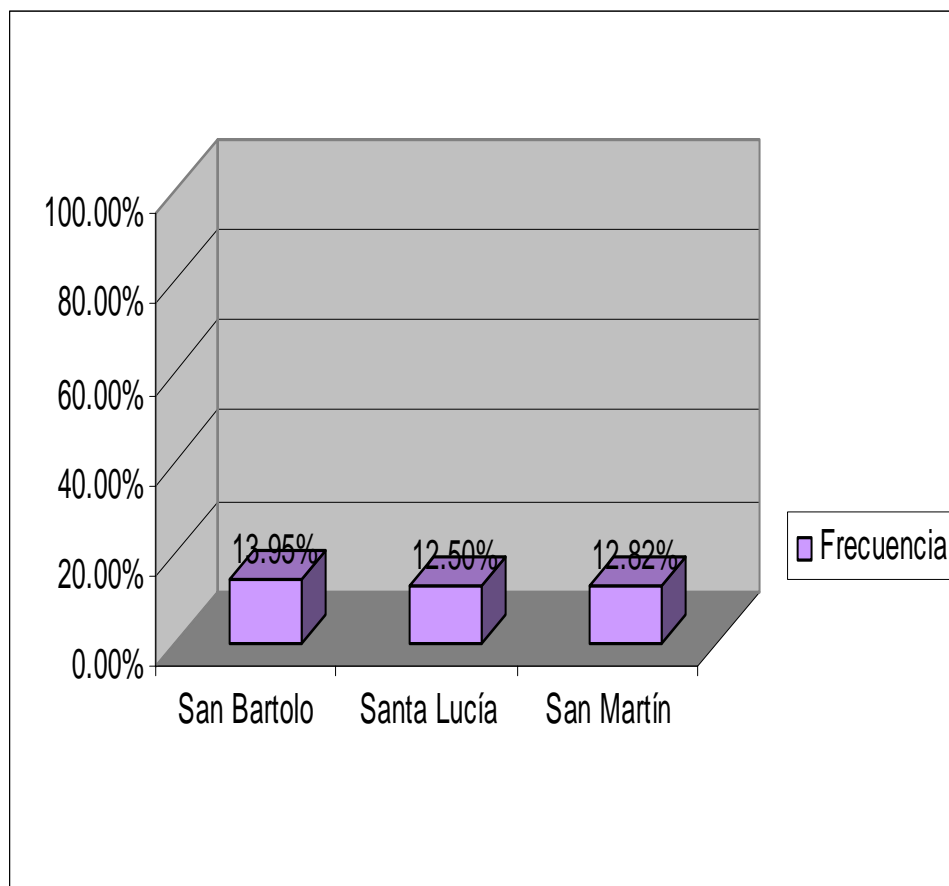


FIGURA 6. Porcentaje de resultados positivos de bacterias coliformes totales.

En esta figura, se puede observar que en la cuantificación de bacterias coliformes totales, el sector de San Bartolo, presentó mayor incidencia de resultados positivos (13.95%), posteriormente San Martín (12.82%) y Santa Lucía (12.50%) respectivamente.

CUADRO 7. Resultados obtenidos de bacterias coliformes fecales en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín.

	SAN BARTOLO	SAN MARTIN	SANTA LUCIA
Numero de muestra:	Bacterias Coliformes Fecales:		
1	Negativo	Negativo	Negativo
2	Negativo	Negativo	Negativo
3	Negativo	Negativo	Negativo
4	Negativo	Negativo	Negativo
5	Negativo	Negativo	Negativo
6	Negativo	Negativo	Negativo
7	Negativo	Negativo	Negativo
8	Negativo	Negativo	Negativo
9	Negativo	Negativo	Negativo
10	Negativo	Negativo	Negativo
11	Negativo	Negativo	Negativo
12	Negativo	Negativo	Negativo
13	Negativo	Negativo	Negativo
14	Negativo	Negativo	Negativo
15	Negativo	Negativo	Negativo
16	Negativo	Negativo	Negativo
17	Negativo	Negativo	Negativo
18	Negativo	Negativo	Negativo
19	Negativo	Negativo	Negativo
20	Negativo	Negativo	Negativo
21	Negativo	Negativo	Negativo
22	Negativo	Negativo	Negativo
23	Negativo	Negativo	Negativo
24	Negativo	Positivo	Negativo
25	Negativo	Negativo	
26	Negativo	Negativo	
27	Negativo	Negativo	
28	Negativo	Negativo	
29	Negativo	Negativo	
30	Negativo	Negativo	
31	Negativo	Negativo	
32	Positivo	Negativo	
33	Negativo	Negativo	
34	Negativo	Negativo	
35	Negativo	Negativo	
36	Negativo	Negativo	
37	Negativo	Negativo	
38	Positivo	Negativo	
39	Negativo	Negativo	
40	Negativo		
41	Negativo		
42	Negativo		
43	Negativo		

De acuerdo a la NSO 13.07. 01 :99 para agua potable.

Para bacterias coliformes fecales

Técnica: Tubos múltiples.

Valor máximo Admisible: Negativo.

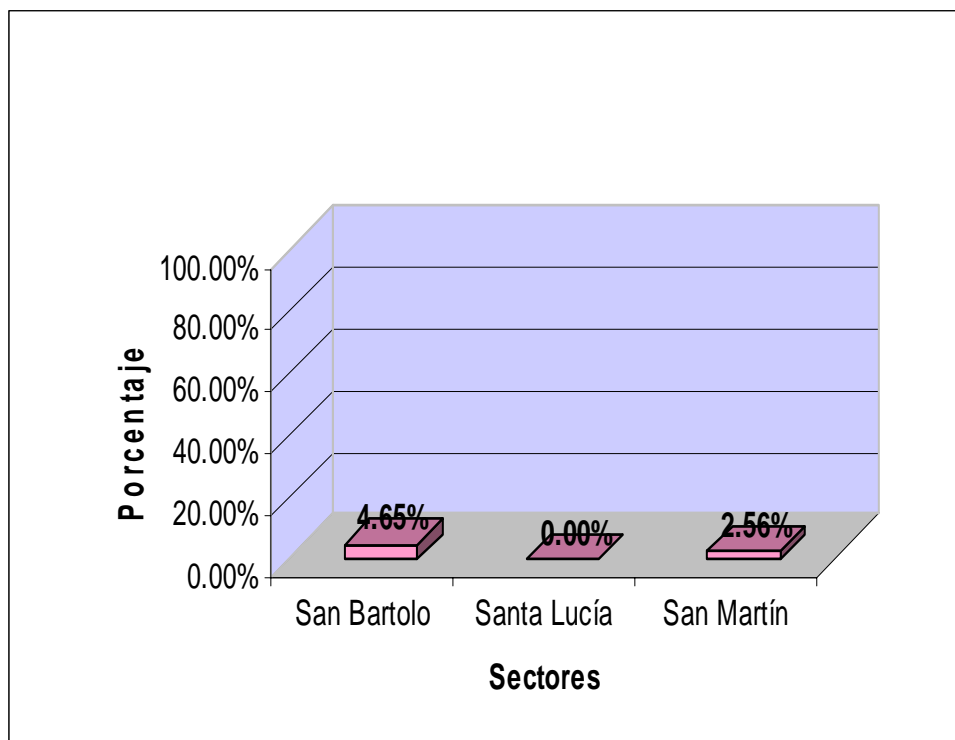


FIGURA 7. Porcentaje de resultados positivos de bacterias coliformes fecales.

Según los datos proporcionados por el gráfico los sectores de San Bartolo y San Martín, presentaron resultados positivos de coliformes fecales en un 4.65% y 2.56% respectivamente, mientras que en el sector de Santa Lucía, no se obtuvieron resultados positivos.

CUADRO 8 Muestras con niveles de cloro residual dentro del rango o por arriba del permisible con presencia de bacterias.

Sector:	Cloro residual (mg /L)	Coliforme total	Coliforme fecal	Pseudomona aeruginosa
SB	0.6	Positivo	Negativo	Negativo
SB	0.8	Positivo	Negativo	Positivo
SB	0.7	Positivo	Negativo	Negativo
SB	0.5	Positivo	Negativo	Negativo
SB	0.6	Positivo	Positivo	Negativo
SB	0.7	Positivo	Negativo	Negativo
SB	1.0	Positivo	Positivo	Positivo
SL	0.7	Positivo	Negativo	Negativo
SL	0.7	Positivo	Negativo	Negativo
SL	0.7	Positivo	Negativo	Negativo
SL	0.9	Positivo	Negativo	Negativo
SL	0.9	Positivo	Negativo	Negativo
SL	1.1	Positivo	Negativo	Negativo
SL	1.1	Positivo	Negativo	Negativo
SM	1.6	Positivo	Negativo	Negativo
SM	1.7	Negativo	Negativo	Positivo
SM	1.4	Positivo	Negativo	Negativo
SM	1.2	Positivo	Negativo	Negativo
SM	1.4	Positivo	Negativo	Negativo
SM	1.2	Positivo	Negativo	Positivo
SM	1.0	Positivo	Negativo	Positivo
SM	0.8	Negativo	Negativo	Positivo

CUADRO 9 Muestras con cloro residual por debajo del rango permisible con presencia de bacterias.

Sector:	Cloro residual (mg / L)	Coliformes totales	Coliformes fecales	Pseudomona aeruginosa
SB	0.4	Positivo	Negativo	Positivo
SB	0.4	Positivo	Positivo	Positivo
SB	0.3	Positivo	Positivo	Negativo
SB	0.4	Positivo	Negativo	Negativo
SB	0.5	Positivo	Negativo	Negativo
SB	0.4	Positivo	Negativo	Negativo
SM	0.4	Positivo	Negativo	Negativo
SM	0.2	Positivo	Negativo	Negativo
SM	0.5	Positivo	Negativo	Negativo
SM	0.4	Positivo	Negativo	Negativo

SM = San Martín. SB = San Bartolo. SL = Santa Lucía.

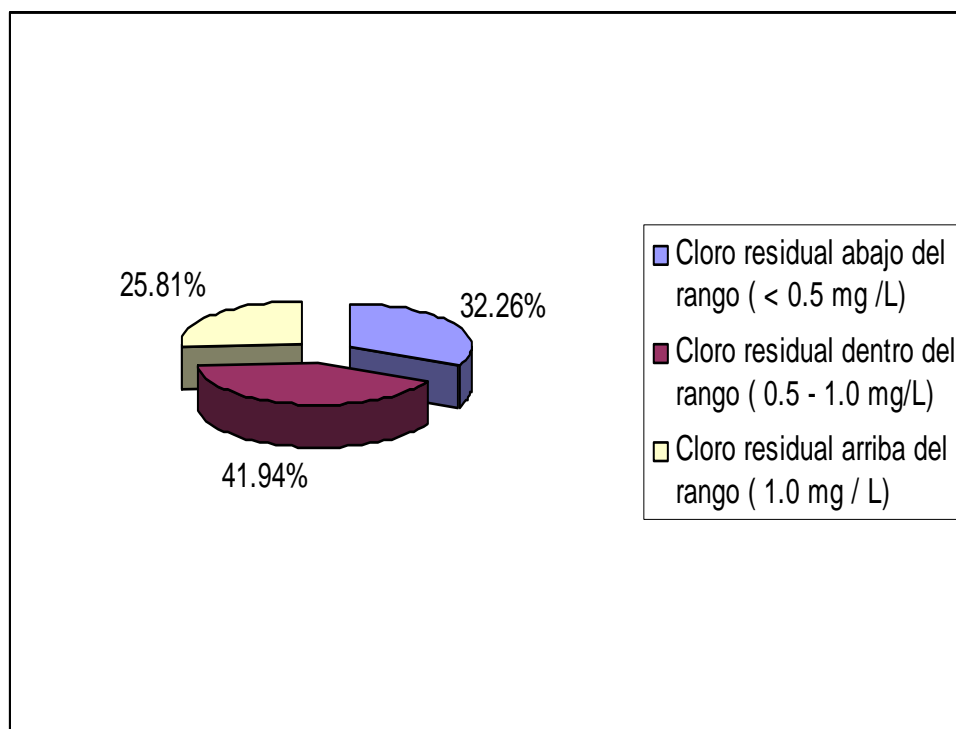


FIGURA 8. Comparación de muestras con presencia de bacterias y sus respectivos valores de cloro residual.

Del total de muestras contaminadas con bacterias un 41.92 % presentaron cloro residual dentro del rango permisible, mientras que 25.81% se encontró por arriba de éste, y solo un 32.26% de las contaminadas estaban por debajo del rango.

CUADRO 10. Resultados obtenidos para Pseudomona aeruginosa en los sectores de San Bartolo, Santa Lucía y San Martín:

Numero de muestra	SAN BARTOLO	SAN MARTIN	SANTA LUCIA
1	Ausencia	Ausencia	Ausencia
2	Ausencia	Ausencia	Ausencia
3	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	Ausencia	Ausencia	Ausencia
5	Ausencia	Ausencia	Ausencia
6	Ausencia	Ausencia	Ausencia
7	Ausencia	Ausencia	Ausencia
8	Ausencia	Ausencia	Ausencia
9	Presencia	Presencia	Ausencia
10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
11	Ausencia	Ausencia	Ausencia
12	Ausencia	Ausencia	Ausencia
13	Ausencia	Ausencia	Ausencia
14	Presencia	Ausencia	Ausencia
15	Presencia	Ausencia	Ausencia
16	Ausencia	Ausencia	Ausencia
17	Ausencia	Ausencia	Ausencia
18	Ausencia	Ausencia	Ausencia
19	Ausencia	Ausencia	Ausencia
20	Ausencia	Ausencia	Ausencia
21	Ausencia	Ausencia	Ausencia
22	Ausencia	Ausencia	Ausencia
23	Ausencia	Ausencia	Ausencia
24	Ausencia	Ausencia	Ausencia
25	Ausencia	Ausencia	
26	Ausencia	Ausencia	
27	Ausencia	Presencia	
28	Ausencia	Presencia	
29	Ausencia	Ausencia	
30	Ausencia	Ausencia	
31	Ausencia	Presencia	
32	Presencia	Ausencia	
33	Ausencia	Ausencia	
34	Ausencia	Ausencia	
35	Ausencia	Ausencia	
36	Ausencia	Ausencia	
37	Ausencia	Ausencia	
38	Presencia	Ausencia	
39	Ausencia	Ausencia	
40	Ausencia		
41	Ausencia		
42	Ausencia		
43	Ausencia		

De acuerdo a la NSO 13.07. 01 :99 para agua potable.
 Para Organismos patógenos (Pseudomona aeruginosa)
 Valor máximo Admisible: Ausencia.(5)

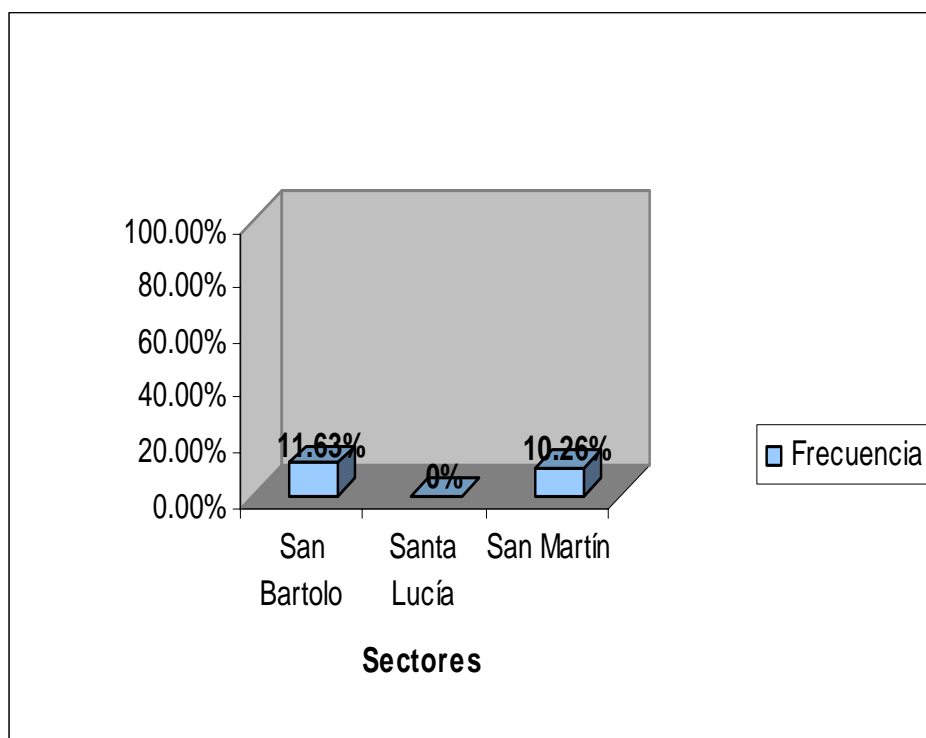


FIGURA 9. Porcentaje de resultados positivos de *Pseudomona aeruginosa*.

En la determinación de *Pseudomona aeruginosa*, el sector de San Bartolo presentó el mayor porcentaje de resultados positivos en este análisis (11.63%), San Martín (10.26%), mientras que Santa Lucía, no presenta resultados positivos de acuerdo a lo observado en el gráfico.

CUADRO 11. Frecuencia de géneros de bacterias identificadas por pruebas bioquímicas en los tres sectores muestreados.

Género:	San Bartolo:	Santa Lucía:	San Martín:	Total:
Serratia	2	1	2	5
Shigella	0	2	1	3
Salmonella	1	0	1	2
Pseudomona	5	0	4	9
Yersinia	2	0	0	2
Enterobacter	2	1	2	7
Klebsiella	2	2	3	3
Escherichia	2	0	1	1

De acuerdo a los resultados obtenidos por pruebas bioquímicas, aplicadas a todos los tubos turbios, se identificaron ocho géneros de bacterias gram negativas.

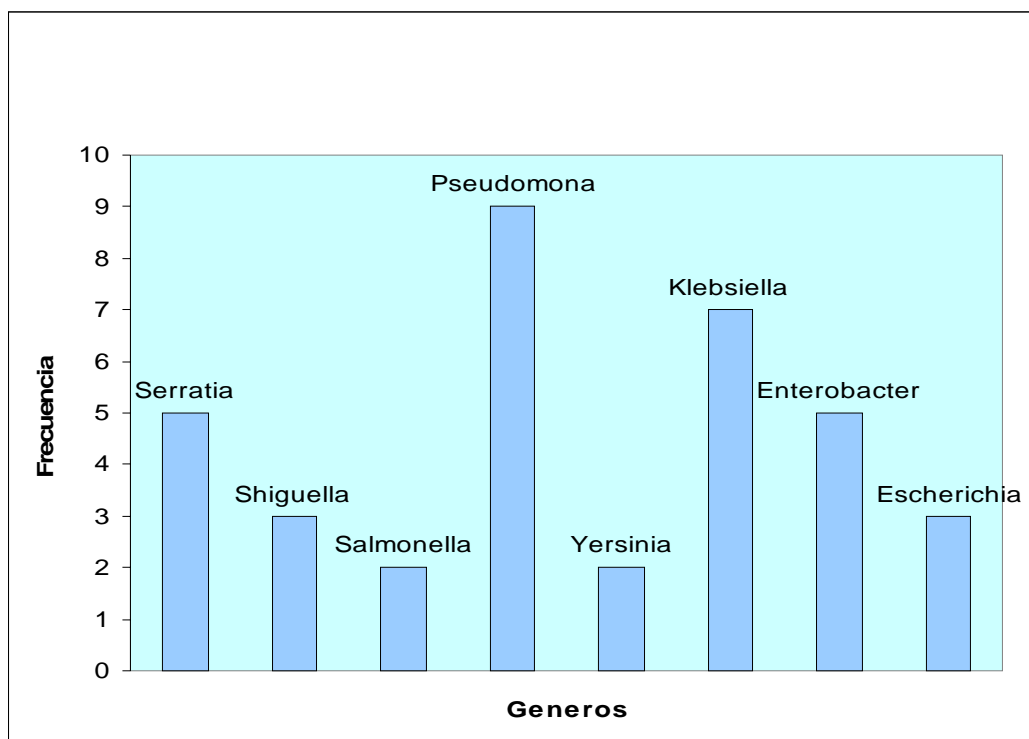


FIGURA 10. Representación de géneros de bacterias encontradas por pruebas bioquímicas.

De acuerdo a esta figura, se observa que la bacteria predominante en las muestras analizadas fue el género *Pseudomona*, en segundo lugar el género *Klebsiella*, y en tercer lugar los géneros *Serratia* y *Enterobacter*.

CAPITULO VI.
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.0. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

1. El sector de San Martín siempre obtuvo mayores porcentajes de incumplimiento tanto inferior como superior al rango establecido por la NSO 13.07.01 :99 para el parámetro de cloro residual.
2. A pesar de que los valores obtenidos en el parámetro de turbidez, están dentro de lo admitido por la NSO 13.07.01:99, ésta de preferencia debe ser menor de una unidad de turbidez nefelométrica, como lo demuestra el sector de Santa Lucía (FIGURA No 4), mientras que San Bartolo y San Martín presentan valores arriba de 2.0 UNT (Figura 3 y 5), esto puede ser un indicador de que la presencia de contaminación en algunos puntos de muestreo de estos sectores pudo deberse a que las bacterias se defienden del desinfectante residual a través de las partículas presentes en ella.
3. El recuento heterotrófico de bacterias de tres sectores estudiados, se encuentra dentro de lo establecido por la norma, ya que solamente una muestra de 108 recolectadas esta fuera del valor máximo admisible (100 UFC /ml).
4. En la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales utilizando la técnica de tubos múltiples (medio de cultivo fluorocult) el sector de San Bartolo, presento porcentajes de resultados positivos mayores a los otros sectores estudiados, seguido por San Martín, lo cual demuestra contaminación en el agua de la red de distribución, probablemente debido a un proceso de desinfección insuficiente en estos lugares.

5. Los sistemas de abastecimiento de agua de los sectores de San Bartolo y San Martín no son continuos, lo cual conlleva a un estancamiento del agua, permitiendo la proliferación de bacterias.
6. El cloro residual no fue un factor determinante para la ausencia o presencia de bacterias en algunas muestras, ya que muchas de éstas contenían cloro residual dentro del rango o por arriba de éste y presentaron contaminación con bacterias.
7. De las 108 muestras recolectadas en los tres sectores estudiados, 9 presentaron contaminación con la bacteria *Pseudomona aeruginosa*, de éstas 5 fueron recolectadas en el Hospital de San Bartolo y sus alrededores y 4 en el mercado de San Martín y lugares cercanos a éste.
8. En los análisis de pruebas bioquímicas para confirmación de bacterias en los tubos que presentaron turbidez en el medio de cultivo fluorocult, se evidenció la presencia de bacterias coliformes totales y fecales, que anteriormente habían dado resultados negativos para éstas bacterias en dicho medio; siendo una posibilidad de que las bacterias podrían haber estado presentes en pequeñas cantidades por lo que no lograron hacer reaccionar a los cromógenos y fluorógenos del medio de cultivo fluorocult.
9. Algunas de las bacterias identificadas por pruebas bioquímicas en los sectores analizados, son géneros pertenecientes al grupo coliforme total y fecal, de éstas las totales pueden encontrarse en el ambiente y en materia fecales de animales, mientras que las fecales son exclusivas del intestino del ser humano.

CAPÍTULO VII.
CONCLUSIONES

7.0. CONCLUSIONES:

1. El sector de San Martín presento mayores porcentajes de cloro residual fuera de norma en comparación con los otros sectores estudiados, por lo tanto en ese período de investigación se pudo haber estado dosificando de manera incorrecta el cloro en este sector.
2. Los sectores de San Bartolo y San Martín, donde los valores de turbidez fueron mayores de una unidad nefelométrica, coincidieron con los resultados positivos de bacterias, lo cual podría indicar que la turbidez es un factor que influye en la contaminación del agua.
3. La densidad general de la población bacteriana de los tres sectores estudiados se considera aceptable, en cuanto a los resultados obtenidos en el recuento heterotrófico de bacterias.
4. La contaminación de coliformes (totales y fecales) en ciertos puntos de los sectores analizados, pudieron ser introducidos a la red de distribución por infiltraciones de tuberías rotas o defectuosas en contacto con aguas servidas.
5. La cantidad de muestras con presencia de bacterias en el sector de San Bartolo puede deberse a que en este sector existe gran demanda de agua, ya que la población es grande, aumentando con ello las conexiones de nuevas colonias a las tuberías ya existentes, pudiendo llevar a contaminación por conexiones defectuosas.
6. Algunos de los puntos muestreados en los sectores de San Bartolo y San Martín, presentaron interrupción del servicio de agua potable, ello hace que se acumule materia orgánica en las tuberías de distribución, sirviendo de nutriente para la

proliferación de bacterias, lo cual pudiera explicar los resultados positivos de bacterias en estos sectores.

7. La presencia de bacterias para muestras con niveles de cloro residual dentro del rango o por arriba de éste, puede indicar que el cloro no esta desempeñando la acción bactericida o a la vez que las bacterias han desarrollado resistencia a este desinfectante.
8. Debido a que los puntos de muestreo donde se encontró la bacteria *Pseudomona aeruginosa* estaban cercanos entre sí se podría inducir, que un punto de muestreo puede estar contaminando a los lugares cercanos a éste.
9. La bacteria que se encontró con mayor frecuencia en las muestras analizadas por medio de pruebas bioquímicas fue *Pseudomona aeruginosa*, la cual es un patógeno oportunista resistente a los desinfectantes.
10. La detección de bacterias coliformes analizadas por la técnica de NMP (medio de cultivo fluorocult) podría presentar un límite de detección, ya que no detectó aquellas bacterias que se encontraban en pequeñas cantidades y que sí se determinaron por medio de pruebas bioquímicas.
11. La presencia de bacterias del grupo coliforme fecal evidenciadas por pruebas bioquímicas, es un indicativo de que el agua ha sido contaminada con materia fecal, ya que estas bacterias están presentes únicamente en el intestino del ser humano y de animales.
12. Dentro de las bacterias identificadas en este estudio, se encuentran aquellas que son causantes de enfermedades gastrointestinales, por lo cual el agua puede ser uno de los factores causantes de dichas enfermedades.

CAPÍTULO VIII.
RECOMENDACIONES

8.0. RECOMENDACIONES:

1. A la institución correspondiente, se le recomienda vigilar periódicamente la dosificación de cloro que se utiliza para la desinfección del agua, por medio de las lecturas de cloro residual que permitan tomar acciones correctivas en el momento.
2. Se recomienda un estudio de análisis de metales en los sectores investigados ya que los porcentajes de cloro residual superiores a la valor permisible por la NSO 13. 07. 01 :99 son perjudiciales para la población servida debido a que el exceso de cloro residual reacciona con los metales presentes en el agua pudiendo formarse cloraminas, los cuales son productos carcinógenos que presenta un peligro para el ser humano.
3. Realizar de manera regular purgas en las tuberías con el objeto de evitar acumulaciones de partículas ya sean de origen orgánico o inorgánico en las redes de distribución
4. Se recomienda que la institución abastecedora de agua implemente el recuento heterotrófico de bacterias y la detección de *Pseudomona aeruginosa* en el control microbiológico del agua potable, ya que son parte de los análisis exigidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para calidad del agua potable y porque son indicadores importantes en la determinación de la calidad del agua.
5. De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda una limpieza de tanques y mantenimiento de la red de tuberías de distribución de agua potable, para así erradicar el acumulo de materia orgánica y por consiguiente el alojamiento y la proliferación de bacterias.

6. Se recomienda una mayor frecuencia de muestreos y análisis de los sectores estudiados a fin de tomar en base a los resultados obtenidos las medidas correctivas que permitan disminuir la población bacteriana en estos lugares, así como también realizar otros estudios microbiológicos posteriores, ya que este es el primero que se lleva a cabo en estos sectores.
7. Debe realizarse una revisión minuciosa del estado en el que se encuentran las redes de distribución del agua potable a fin de evitar infiltraciones de material contaminante en el agua potable que se sirve a la población.
8. En futuros proyectos de investigación se debe realizar una comparación de la técnica de tubos múltiples usando los medios de cultivo fluorocult y el tradicional (bilis verde brillante y lauril sulfato triptosa) utilizados en los métodos de análisis para coliformes totales y fecales, para obtener la certeza y la confiabilidad en los resultados de ambos métodos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

- 1- APHA (American Public Health Association), AWWA (American waters works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16^a Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. Págs. 9 - 90.
- 2- ANDA (Administración Nacional de acueductos y alcantarillados) Febrero de 2002. Manual de Procedimientos Normalizados de Operación de análisis microbiológicos. San Salvador, El Salvador.
- 3- Block D. Thomas y otro. 1993. Microbiología. 6^a edición. México D.F. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Págs. 826 –828.
- 4- Collins C. H. y otros. 1989. Métodos microbiológicos. 5^a edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. Págs. 311-318, 323 – 344, 353 – 356.
- 5- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) , MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social), COSUDE (Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación). Enero 1999. Norma Salvadoreña para la calidad del agua potable. San Salvador, El Salvador. Págs. 8, 9, 17, 18, 20, 21, 27 – 29.
- 6- Facultad de Química y Farmacia. Departamento de Bioquímica y Contaminación Ambiental. Año 2001. Manual de Microbiología Aplicada I. Universidad de El Salvador.
- 7- Facultad de Química y Farmacia. Departamento de Bioquímica y Contaminación Ambiental. Año 2001. Manual de Microbiología Aplicada II. Universidad de El Salvador.

- 8- Guinea, Jesús y otros. 1979. Análisis microbiológico de aguas. Aspectos aplicados. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A. Págs. 33, 34, 67 – 69, 87 – 89.
- 9- Jawetz y otros. 1996. Microbiología Médica. 15^a edición. México D.F. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. Págs. 250- 251.
- 10-Koneman y otros. 1992. Diagnóstico Microbiológico. 3^a Edición. Buenos Aires, Argentina. Editorial Medica Panamericana. Págs. 215 – 221, 226 – 227, 230 – 238, 305.
- 11-Merck. Manual de medios de cultivos microbiológicos. 1994. Darmstadt, Alemania. Pág. 73.
- 12-OPS (Organización Panamericana de la Salud). Agosto, 1998. Manual de certificación de Microbiología. División de Contaminantes microbiológicos. Agencia de protección ambiental de Estados Unidos.
- 13-Reiff, Fred y otros. 1995. Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el caribe. Serie técnica No 30. Washington D. C. Organización Panamericana de la salud (OPS). Págs. 221 – 227.
- 14-Rodríguez, Dina Mabel y otros. Junio 1971. Estudio bacteriológico del agua del lago de Ilopango, pozos y fuentes del área Metropolitana. Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Págs. 1,3,4,13-16, 34, 50.
- 15-Romero Rojas, Jairo Alberto. 1999. Calidad del agua. México D.F. Alfa Omega, S.A. Págs. 154 – 156.

16-Talaro, Kathleen y otros. 1996. Foundations in microbiology. Second edition.
United States of America. Editorial Mc Graw Hill. Pág. 833.

17-Tortora, Gerard y otros. 1993. Introducción a la Microbiología. 3^a edición.
Zaragoza, España. Editorial Acribia, S. A. Págs. 679 – 682.

ANEXOS

**MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD – UNIDAD DE EPIDEMIOLOGIA.
 REPORTE EPIDEMIOLÓGICO SEMANAL. – ENFERMEDADES INTESTINALES, INFECCIOSAS Y PARASITARIAS- DIARREA,
 ENTERITIS Y GASTROENTERITIS. DESDE: 30/12/2001 HASTA: 28/12/2002 AÑO: 2002**

MUNICIPIOS	NÚMERO DE CASOS SEGÚN GRUPO DE EDAD												
	Menos de 1 año		De 1 - 4 años		De 5 - 9 años		De 10 - 19 años		De 20 - 59 años		De 60 años y más		TOTAL :
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
San Salvador													
San Salvador	5437	4354	8173	6880	2385	2110	1252	1338	7407	8698	954	1378	50,366
Mejicanos	1009	791	1609	1380	416	310	214	245	2238	3037	366	387	12,002
Soyapango	1468	1168	2540	2258	723	650	498	515	729	1585	119	404	12,657
Ciudad Delgado	452	425	1134	936	393	425	279	309	455	810	88	188	5,894
Cuscatancingo	139	123	294	259	83	77	49	55	160	284	50	73	1,646
Ayutuxtepeque	261	211	406	376	152	95	94	90	178	375	62	71	2,371
Tonacatepeque	177	132	312	231	71	75	37	41	44	114	16	31	1,281
Guazapa	205	144	257	270	52	53	20	53	24	83	10	29	1200
San Martín	411	345	746	694	178	165	104	112	218	429	40	70	3,512
Apopa	898	874	1668	1427	374	342	240	307	885	1669	100	189	8,973
Nejapa	159	135	184	171	31	39	29	25	307	171	28	15	1,294
Ilopango	1428	1131	2228	1863	580	516	264	335	3895	6186	155	312	18,893
El Paisnal	79	104	188	161	36	15	8	11	12	44	5	11	674
Aguilares	204	207	355	330	63	56	26	28	168	204	24	20	1,685
Santo Tomás	128	94	201	128	81	65	27	38	33	74	7	16	892
Panchimalco	249	229	516	506	132	121	68	69	51	187	22	49	2,199
Santiago Texacuangos	54	47	91	64	25	16	7	6	8	18	4	8	348
Rosario de Mora	89	66	172	163	31	31	15	22	16	37	6	9	657
San Marcos	201	287	408	376	184	152	103	109	84	204	22	28	2,158

ANEXO 1

ANEXO 2

HOJA DE REPORTE DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS:

Número de muestra:

Dirección de toma de muestra:

Nombre del muestreador:

Punto muestreado:

Sector:

Hora de recolección:

Fecha de recolección:

Hora de recepción:

Fecha de recepción:

Hora de análisis:

Fecha de análisis:

Temperatura de la
Muestra:

Tipo de agua analizada:

Temperatura ambiente:

OBSERVACIÓN:

Temperatura de
Preservación:

Determinación	Unidad:	Resultados	Límite permisible:
Cloro residual	Mg / L		0.5 - 1.0
Turbidez	NTU		1.0 - 5.0
Coliformes totales	NMP/ 100 ml.		<1.1 NMP/100ml
Coliformes fecales	NMP / 100 ml.		Negativo
Conteo de bacterias heterótrofas, aerobias y mesófilas	UFC/ ml		100 UFC / ml
Escherichia coli			Negativo
Pseudomona			Ausencia

Norma Salvadoreña obligatoria para la calidad del agua potable 13. 07. 01: 99.

ANEXO 3

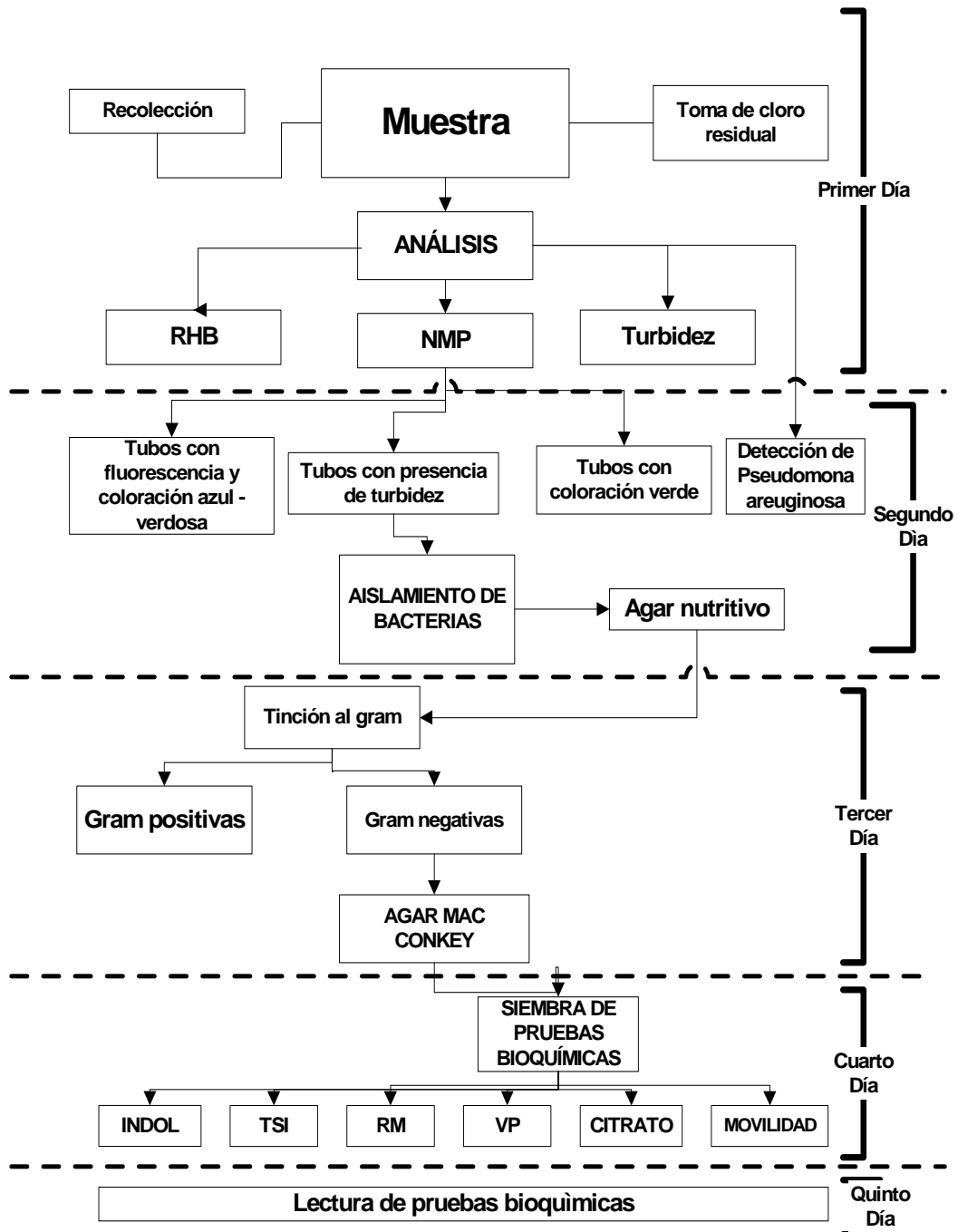
Tabla de NMP y Límites de confianza de 95% cuando se usan proporciones de 20 ml en 5 tubos:

Número de tubos con reacción positiva	NMP / 100 ml	Límite de Confianza del 95%	
		Inferior	Superior
0	<1.1	0	3.0
1	1.1	0.05	6.3
2	2.6	0.3	9.6
3	4.6	0.8	14.7
4	8.0	1.7	26.4
5	>8.0	4.0	infinito

Fuente: (1)

ANEXO 4

ESQUEMA DEL ANÁLISIS SEGUIDO A CADA UNA DE LAS MUESTRAS:



ANEXO 5

VALORES RECOMENDADOS PARA LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE SEGÚN LA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13. 07.01:97.

PARAMETRO	VALOR RECOMENDADO		
	TÉCNICA		
	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	TUBOS MÚLTIPLES	PLACA VERTIDA
Bacterias coliformes totales	0 UFC / 100 ml	< 1.1 NMP / 100 ml.	
Bacterias coliformes fecales	0 UFC / 100 ml	Negativo	
Escherichia coli	0 UFC / 100 ml	Negativo	
Conteo de bacterias heterótrofas	50 UFC / ml max		100 UFC / ml
Organismos patógenos	Ausencia		

VALORES PARA AGUA POTABLE

Requisitos de calidad Físico- químicos de los parámetros analizados.

PARAMETRO	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE:
Turbidez	1 UNT	5 UNT
Cloro residual libre	0.5 mg / l	1.0 mg / l

Fuente: (5).

PERFIL BIOQUÍMICO DE BACTERIAS

PRUEBAS BIOQUÍMICAS									
BACTERIA	TSI				Indol	MR	VP	Citrato	Movilidad
	Bisel	Fondo	Gas	Ácido Sulfhídrico					
Shigella	K	A	—	—	+ 0 -	+	—	—	—
Escherichia coli	A o K	A	+	+	+	+	—	—	+ 0 -
Salmonella tiphy	K	A	+	+	—	+ 0 -	—	+ 0 -	+
Klebsiella	A	A	+	—	+ 0 -	+	+ 0 -	+	—
Enterobacter cloacae	A	A	+	—	—	—	+	+	+
E. aerogenes	A	A	+	—	—	—	+	+	+
E. agglomerans	A o K	A	+ 0 -	—	+ 0 -	+ 0 -	+ 0 -	+ 0 -	+ 0 -
Serratia marcescens	K	A	—	—	+	+ 0 -	+	+	+
S. rubidaea	A	A	—	—	—	+ 0 -	+	+	+ 0 -
Yersinia enterocolitica	A	A	—	—	—	+	—	—	+
Pseudomona aeruginosa	K	K	—	—	—	—	—	+	+

- = Negativo
+ = Positivo

K= Alcalino (Rojo)
A= Acido (Amarillo)

MR = Rojo de metilo
TSI = Triple agar hierro azúcar
VP = Voges – Proskauer

Fuente: (3)

Bacteria	TSI _{HS}	Indol	Rojo de Metilo	Voges Proskauer	Citrato	Movilidad
Shigella	K/A					
Escherichia coli	A/A					
Salmonella	K/A					
Klebsiella	A/A					
Enterobacter	A/A					
Serratia	K/A					
Yersinia	A/A					
Pseudomona	K/A					

ANEXO 7

+ = positivo
- = negativo

ANEXO 8

DIRECCIONES DE LOS PUNTOS DE MUESTREO UBICADOS EN LA FIGURA 11:

San Bartolo

- A- Alcaldía Municipal de Ilopango. Calle 5 de Noviembre.
- B- Unidad médica ISSS. Calle Rafael Gutiérrez. Ilopango.
- C- Urbanización Jardines de San Bartolo. Centro Escolar.
- D- Reparto habitacional Las Cañas, pje. "E".
- E- Reparto Las Cañas. Av. Secundaria y calle ppal.
- F- Hospital de San Bartolo.
- G- Col. Santa Rosa y Blvd. San Bartolo.
- H- Despensa de Don Juan. San Bartolo.
- I- Reparto San Bartolo Ticsa.
- J-Colonia Villalobos. Diagonal El Sausalito.
- K- Comunidad Lomas de San Bartolo. Diagonal El Arenal.
- L- Col. Altavista. Puesto de PNC.
- M- Col. Altavista. Polígono 2. Pje. 26 Sur.
- N- Col. Altavista , Av. Ppal. No2. Colegio Cesar Brañas.
- O- Urbanización Nuevos Horizontes. Calle ppal.

Santa Lucía:

- P- Col Las Palmas. Pje. Aida. Santa Lucía.
- Q- Col. El Matazano I, acceso a pasaje L- 2.
- R- Col. El Matazano II, pje. 39, Santa Lucía
- S- Col. El Matazano III, calle El Guaje. Santa Lucía.
- T- Mercado Municipal Santa Lucía.

U- Col. Santa Lucía. Calle ppal. Ilopango.

V- Calle ppal. Pje “M”, Santa Lucía.

W- Residencial Santa Lucía, calle ppal. Ilopango.

X- Residencial Vista al lago, calle ppal,. Pol. “A”.

Y- Col. San Rafael, calle El Guaje. Block “D”.

Z- Repto. Valle Nuevo I, Santa Lucía.

AA- Repto. Valle Nuevo II, Calle ppal.

BB- Col Montecristo, calle ppal. Santa Lucía.

PLANTAS DE REBOMBEO:

San Bartolo:

1 A- P. B. San Felipe. Diagonal El Arenal.

2 A- P. R. B. IUSA. Calle al desvío de Apulo. San Bartolo.

3 A- P. R. B. Altavista, entrada ppal. Próximo a autopista de Oro.

4 A- P. R. B. Jardines de Selt Sult. Carretera Panamericana.

5 A- P. B. Nuevos Horizontes. Entrada a la colonia. Pozo No 1.

6 A- P. B. Nuevos Horizontes. Final Calle ppal. Pozo No 2.

Santa Lucía:

1 a – P. R. B. Santa Lucía, Ilopango.

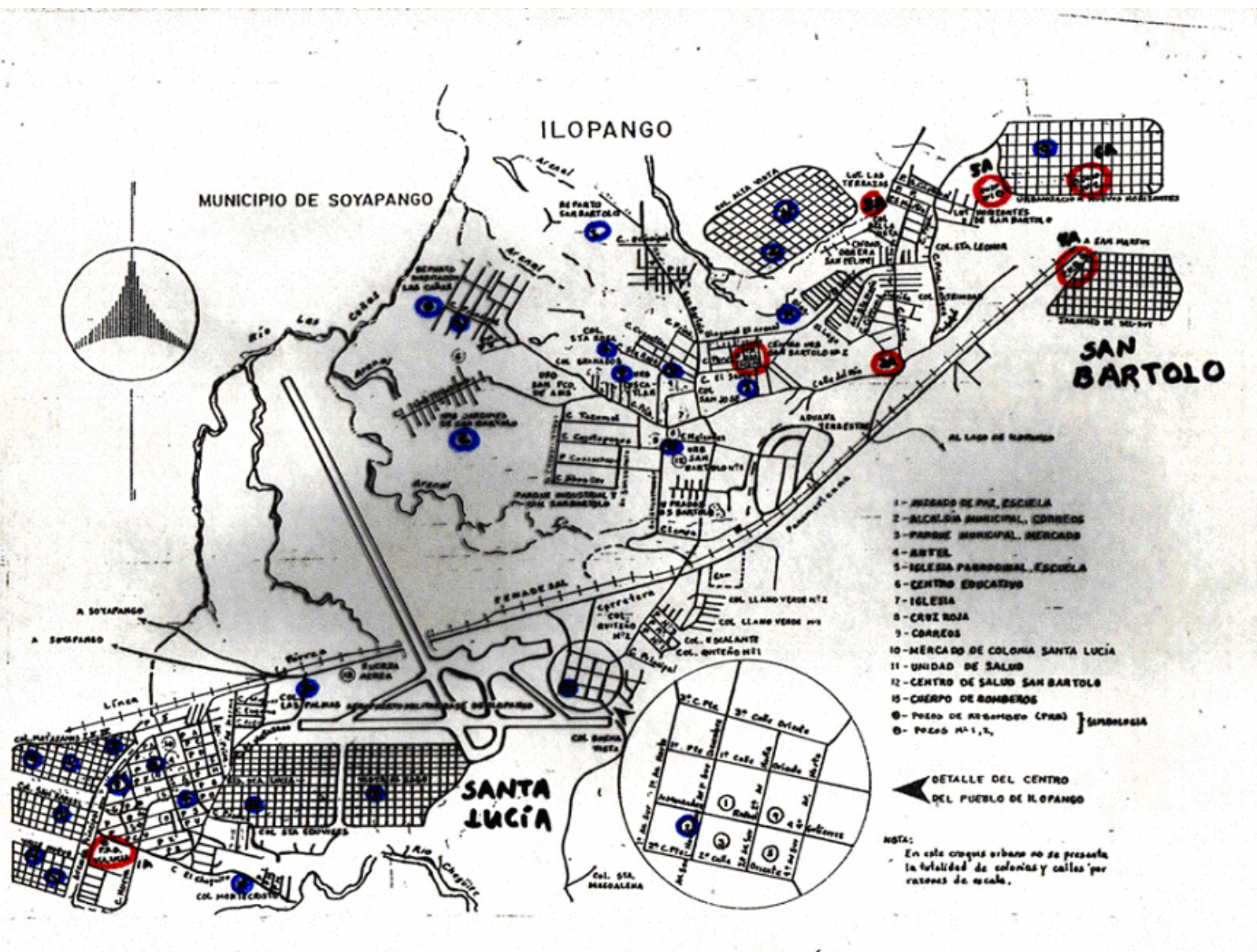


Figura 11. Mapa de los sectores de San Bartolo y Santa Lucía.

DIRECCIONES DE LOS PUNTOS DE MUESTREO UBICADOS EN LA FIGURA 12:

San Martín:

- A-** Repto. San Martín. Calle ppal.
- B-** Unidad de Salud de San Martín.
- C-** Col. Providencia. Calle ppal. San Martín.
- D-** Barrio El Calvario. 6^a calle pte. Comedor Sussy.
- E-** Col. San José. Pje. 2.
- F-** Casa comunal de San Martín.
- G-** Col. San Francisco. Calle ppal.
- H-** 2^a calle oriente. Barrio El Centro.
- I-** PNC San Martín. Calle Miguel Román Peña.
- J-** Col. San Luis. Polígono "B". Pasaje No 3.
- K-** Col. Las Peñitas. Calle ppal.
- L-** Centro Urbano San Martín. Carretera a Suchitoto.
- M-** Colonia Rosa Linda. Calle ppal. Block "C".
- N-** Colonia San Ignacio. Block "A". Calle a Suchitoto.

PLANTAS DE REBOMBEO:

- 1A-** P. R. B. La Palma. Carretera Panamericana. Km. 15 ¹/₂.
- 2A-** P. B. San Martín. Pozo No 3. Calle a Suchitoto. Km. 21 ¹/₂.

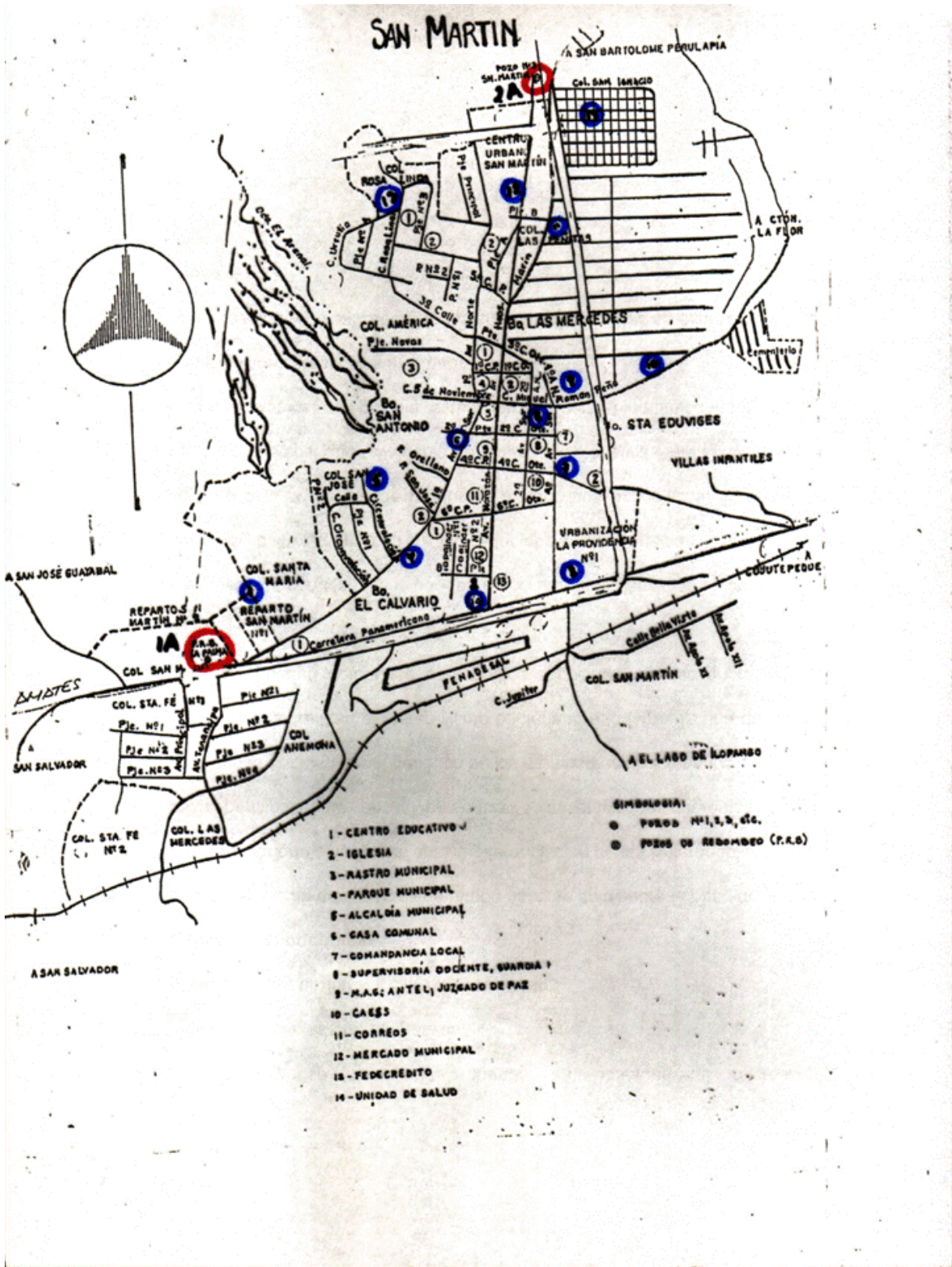


Figura 12. Mapa del sector de San Martín.