

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA DE POZOS Y RÍOS DEL MUNICIPIO DE  
NUEVA TRINIDAD, CHALATENANGO, EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**NORMA MARILU MENJÍVAR PINEDA**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2020.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA DE POZOS Y RÍOS DEL MUNICIPIO DE  
NUEVA TRINIDAD, CHALATENANGO, EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:  
NORMA MARILU MENJÍVAR PINEDA

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

ASESORA:  
LIC. ÁNGELA GUEDELIA PORTILLO DE PÉREZ

TRIBUNAL CALIFICADOR:  
LIC. RODOLFO FERNÁNDO MENJÍVAR  
M.SC. CORALIA DE LOS ANGELES GONZÁLEZ VELÁSQUEZ

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2020.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA

FISCAL GENERAL

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

SECRETARIO GENERAL

ING. FRANCISCO ALARCÓN

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

DECANO

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA

VICEDECANA

M.Sc. ZOILA VIRGINIA GUERRERO

SECRETARIO

LICDO. JAIME HUMBERTO SALINAS ESPINOZA

DIRECTORA INTERINA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERON

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por cuidarme en todo momento.

A mis padres Juan Menjívar Pineda y Mirtala Pineda por ser mi mayor inspiración para ser profesional y por estar pendientes desde el primer día que inicie mi estudio hasta el último y brindarme ánimos en todos mis momentos de angustia.

A mis hermanos Rafael Menjívar Pineda por confiar, creer en mí y darme el apoyo económico, a Jaime Menjívar y Yamileth Menjívar por siempre estar ahí en todas las fases de mi estudio y ser mi equipo de investigación en la fase de campo.

Mis ángeles abuelo José María Pineda y mi abuela Fermina Pineda que con Dios y la Virgen de Guadalupe siempre me cuidaron desde el cielo en todo mi estudio.

A mi familia por siempre apoyarme y estar pendientes de todo el proceso de mi desarrollo profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarme y permitirme terminar esta carrera.

La asesora Ángela Gudelia Portillo de Pérez por sus orientaciones, sugerencias, consejos y conocimientos que enriqueció esta investigación.

Los jurados Lic. Rodolfo Fernando Menjívar y M.Sc. Coralia de los Angeles González Velásquez por sus observaciones y sugerencias brindadas como parte de jurado de investigación.

Alcaldía de Nueva Trinidad y al alcalde Teófilo Córdova por su apoyo en la logística de los muestreos de la fase de campo.

Al Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico de Alimentos, Medicamentos y Aguas del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) y al personal del laboratorio M.Sc Amy Elieth Morán, Zoilita y Elliot Josué; por brindarme sus conocimientos, materiales y el equipo necesario para realizar la fase de laboratorio de esta investigación, por fomentar el interés por la microbiología y convertirse en una familia.

La Organización PRO-VIDA y su personal en especial Ronald Cortés y Carlos Cruz por apoyarme desde el inicio de mi tesis y prestarme los materiales para toma de parámetros físicos-químicos.

Al Programa DHP y todos los compañeros con los que compartí vivienda en el transcurso de mi formación profesional por hacerme sentir en familia y por los consejos brindados.

A la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador, por la formación académica durante la carrera.

Mi Familia en especial Marvin Pineda por animarme a terminar este proceso.

A mis amigos que conocí desde el principio al final de la carrera que me apoyaron en la formación académica y estuvieron pendientes de mi proceso. Especialmente Vivian Matal que se convirtió en mi compañera de tesis hasta el final de la investigación. Sofía Figueroa por prestarme el termómetro y Miguel Ángel Rojas por su amor y consejos durante todo el proceso.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	15
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. OBJETIVOS .....	18
2.1. Objetivo general .....	18
2.2. Objetivos específicos .....	18
III. MARCO TEÓRICO .....	19
3.1. Antecedentes .....	19
3.2. Agua.....	22
3.2.1. Características físicas y químicas del agua. ....	23
3.2.2. Características biológicas del agua.....	23
3.3. Importancia del agua.....	24
3.4. Problemática del agua.....	24
3.4.1. Concepto de contaminación.....	24
3.4.2. Contaminación del agua .....	25
3.4.3. Causas de contaminación del agua .....	25
3.4.3.1. Contaminación natural .....	25
3.4.3.2. Contaminación artificial.....	26
3.4.4. Tipos de contaminantes del agua .....	27
3.4.4.1. Contaminantes biológicos.....	27
3.4.4.2. Contaminantes químicos.....	28
3.4.4.3. Contaminantes físicos.....	28
3.5 Contaminación de las aguas superficiales .....	28
3.6. Contaminación de agua subterránea y de pozo .....	29
3.7. Generalidades de las bacterias .....	30
3.7.1. Coliformes totales .....	30
3.7.2. Coliformes fecales.....	30
3.7.3. <i>Escherichia coli</i> .....	31
3.8. Enfermedades transmitidas por bacterias mediante el agua.....	31
IV. METODOLOGÍA.....	32
4.1. Descripción del área de estudio .....	32

4.1.1. Ubicación geográfica.....	32
4.1.2. Área de estudio .....	33
4.2. Metodología de campo.....	33
4.2.1. Muestra analizada.....	33
4.2.2. Descripción de puntos de muestreo.....	35
4.2.3. Toma de muestra.....	45
4.2.3.1. Toma de muestra de pozo sin bomba.....	45
4.2.3.2. Toma de muestra de grifo.....	46
4.2.3.3. Toma de muestras de ríos .....	46
4.2.4. Toma de parámetros físicos.....	46
4.2.4.1. Turbidez.....	47
4.2.4.2. Temperatura .....	47
4.2.4.3. pH .....	47
4.2.5. Conservación y transporte .....	47
4.3.1. Análisis de muestra.....	48
4.3.1.1. Preparación de muestra.....	48
4.3.1.2. Determinación de coliformes totales .....	48
4.3.1.3. Determinación de coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i> .....	48
4.3.1.4. Confirmación de <i>Escherichia coli</i> .....	49
V. ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	50
5.1. Recuento Total bacteriano (RTB).....	50
5.2. Diseño Estadístico.....	50
5.2.1. Correlación de Pearson .....	50
5.2.2. Prueba de t de Student .....	50
VI. RESULTADOS.....	51
6.1. Concentración de coliformes totales .....	51
6.1.1. Concentración de coliformes totales en pozos.....	51
6.1.2. Concentración de coliformes totales en ríos. ....	53
6.1.3. Concentración de coliformes totales en pozos y ríos.....	55
6.2. Concentración de coliformes fecales.....	57
6.2.1. Concentración de coliformes fecales en pozos.....	57
6.2.2. Concentración de Coliformes fecales en ríos.....	59

6.2.3. Concentración de coliformes fecales en pozos y ríos. ....	61
6.3. Concentración de <i>Escherichia coli</i> . ....	63
6.3.1. Concentración de <i>Escherichia coli</i> en pozos. ....	63
6.3.2. Concentración de <i>Escherichia coli</i> en ríos. ....	65
6.3.3. Promedios de <i>Escherichia coli</i> en pozos y ríos. ....	67
6.4. Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en pozos. ....	69
6.4.1. Concentraciones de bacterias en los pozos en el período de abril-agosto del año 2018. ....	71
6.5. Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en ríos. ....	73
6.5.1 Concentraciones de bacterias en los ríos en el período de abril-agosto del año 2018. ....	75
6.6. Factores físicos. ....	77
6.7. Análisis estadístico ....	78
6.7.1. Correlación de Pearson ....	78
6.7.2. T Student ....	79
VII. DISCUSIÓN ....	80
VIII. CONCLUSIONES. ....	86
IX. RECOMENDACIONES ....	87
X. BIBLIOGRAFIA ....	88
XI. ANEXOS ....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites máximos permisibles para la calidad microbiológica de agua potable CONACYT (2009).....	27
<b>Tabla 2:</b> Concentraciones de coliformes totales en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	51
<b>Tabla 3:</b> Concentraciones de coliformes totales en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	53
<b>Tabla 4:</b> Concentraciones de coliformes totales en pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	55
<b>Tabla 5:</b> Concentraciones de coliformes fecales en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	57
<b>Tabla 6:</b> Concentraciones de coliformes fecales en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	59
<b>Tabla 7:</b> Concentraciones de coliformes fecales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	61
<b>Tabla 8:</b> Concentraciones de Escherichia coli en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	63
<b>Tabla 9:</b> Concentraciones de Escherichia coli en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	65
<b>Tabla 10:</b> Concentraciones de Escherichia coli en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	67
<b>Tabla 11:</b> Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018.....	69
<b>Tabla 12:</b> Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	71
<b>Tabla 13:</b> Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	73

**Tabla 14:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018..... 75

**Tabla 15:** Factores físicos del agua de pozo y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango en el período de abril-agosto de 2018..... 77

**Tabla 16:** Resultados de correlación de Pearson en pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 ..... 78

**Tabla 17:** Resultados de estadístico T Student en pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 ..... 79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Puntos de muestreo. Fuente: Qgis 2.18. Marilu Menjívar, diciembre, 2017. .	34
<b>Figura 2:</b> Pozo Las Lajitas (P1) .....	35
<b>Figura 3:</b> Pozo Centro del Bajío (P2) .....	35
<b>Figura 4:</b> Pozo Los Orellana, Bajío (P3) .....	36
<b>Figura 5:</b> Pozo Carasque, arriba del centro escolar (P4).....	36
<b>Figura 6:</b> Pozo Carasque, calle a Nueva Trinidad (P5).....	37
<b>Figura 7:</b> Pozo Carasque, Los Menjívar (P6).....	37
<b>Figura 8:</b> Pozo Carasque, Los Pinedas (P7).....	38
<b>Figura 9:</b> Pozo Huizúcar, El Roble (P8).....	38
<b>Figura 10:</b> Pozo Huizúcar, Zenón (P9) .....	39
<b>Figura 11:</b> Pozo El Sitio (P10) .....	39
<b>Figura 12:</b> Río Gualsinga, San Lucía (R1).....	40
<b>Figura 13:</b> Río Gualsinga, El Bajío (R2).....	40
<b>Figura 14:</b> Río Gualsinga, Carasque (R3) .....	41
<b>Figura 15:</b> Río Gualsinga, Los Pozos (R4) .....	41
<b>Figura 16:</b> Río Gualsinga, Los Navarretes (R5).....	42
<b>Figura 17:</b> Río Guayampoque, El Rincón 1 (R6) .....	42
<b>Figura 18:</b> Río Guayampoque, El Rincón 2 (R7) .....	43
<b>Figura 19:</b> Río Guayampoque, El Rincón 3 (R8) .....	43
<b>Figura 20:</b> Río Guayampoque, Calle a Manaquil (R9).....	44
<b>Figura 21:</b> Río Guayampoque, Calle a los Morales (R10) .....	44
<b>Figura 22:</b> Toma de muestras. A: Pozo sin bomba, B: Grifos, C: Ríos.....	45
<b>Figura 23:</b> Toma de parámetros físicos. A. Turbidez y B: Temperatura de agua, ambiente y pH. ....	46

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Concentración de coliformes totales en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	52
<b>Gráfico 2:</b> Concentración de coliformes totales en puntos en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	54
<b>Gráfico 3:</b> Promedios de coliformes totales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad en los meses de abril- agosto del año 2018 .....	56
<b>Gráfico 4:</b> Concentración de coliformes fecales en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	58
<b>Gráfico 5:</b> Concentración de coliformes fecales en ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 .....	60
<b>Gráfico 6:</b> Promedios de coliformes fecales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, por meses de abril- agosto del año 2018 .....	62
<b>Gráfico 7:</b> Concentración de <i>Escherichia coli</i> en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	64
<b>Gráfico 8:</b> Concentración de <i>Escherichia coli</i> en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	66
<b>Gráfico 9:</b> Promedios de <i>Escherichia coli</i> en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril- agosto del año 2018 .....	68
<b>Gráfico 10:</b> Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril- agosto de 2018 ...	70
<b>Gráfico 11:</b> Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i> en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018.....	72
<b>Gráfico 12:</b> Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en los ríos del Municipio Nueva Trinidad, Chalatenango en los meses de abril- agosto de 2018. ....	74
<b>Gráfico 13:</b> Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i> en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Viñeta para identificación de muestra.....	96
<b>Anexo 2:</b> Técnica de filtración por membrana. ....	97
<b>Anexo 3:</b> Procedimiento para preparación de la muestra.....	98
<b>Anexo 4:</b> Confirmación de <i>Escherichia coli</i> .....	99
<b>Anexo 5:</b> Bitácora de resultados.....	100
<b>Anexo 6:</b> Conteo de bacterias .....	100
<b>Anexo 7:</b> Norma Salvadoreña de agua potable CONACYT 2009.....	101

## RESUMEN

El agua es un recurso de vital importancia para la vida. En el municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, se ha convertido en un bien muy preciado dado que las fuentes de agua potable se han secado y las personas ingieren agua de los ríos Gualsinga y Guayampoque y de pozos cercanos a sus viviendas sin conocer la calidad del agua que estos poseen. El estudio se desarrolló durante el período de abril a agosto del año 2018. Se analizaron veinte puntos de muestreos: cinco puntos en el río Gualsinga, cinco puntos en río Guayampoque y diez pozos distribuidos en diferentes comunidades.

El análisis de microorganismos se realizó mediante la técnica de Filtración por Membrana utilizando placas con medios de cultivos selectivos para la identificación de bacterias. Así mismo, se aplicó la correlación de Pearson y el estadístico T de Student para conocer si existe diferencia significativa entre las concentraciones de bacterias en pozos y ríos. El objetivo fundamental de esta investigación fue realizar un análisis microbiológico de agua de pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador y determinar las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos y ríos del municipio.

Los resultados obtenidos durante el estudio se encontraron altas concentraciones de bacterias en el agua de los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad. En los pozos los puntos Carasque Los Menjívar, Las Lajitas y Huizúcar El Roble fueron los que presentaron mayores concentraciones de bacterias. Mientras tanto, en los ríos, los puntos muestreados en el río Gualsinga poseen las mayores concentraciones de bacterias en comparación con el río Guayampoque. Se realizó un análisis de correlación de Pearson y un análisis estadístico T de Student el cual registró una diferencia significativa en las concentraciones de bacterias entre los ríos y pozos, siendo los ríos quienes presentaron mayores concentraciones en comparación con los pozos del municipio. Se concluye que en ambos sitios de muestreos (pozos y ríos) existe contaminación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, superando los límites máximos permitidos por la norma salvadoreña para la calidad de agua potable NSO 13.07.01:08, siendo el agua del municipio de Nueva Trinidad no apta para el consumo humano.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo y para el desarrollo económico, por eso se ha convertido en un bien muy preciado (Sancho 2011). Se sabe que más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos, del 3% restante, un 2,38% aproximadamente, se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible, el resto, un 0,62%, se encuentra en ríos, lagos, aguas subterráneas y los demás cuerpos de agua dulce (Felez 2009). En la actualidad, más de 80 países que albergan a 40% de la población mundial sufren una escasez grave de agua, las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, en la medida que aumente la población y que el cambio climático global perturbe los regímenes de precipitaciones (FEA 2006).

En el municipio de Nueva Trinidad del departamento de Chalatenango hay un total de 335 familias que son afectadas por escasez de agua, dado que el nacimiento del cual se abastecían de agua potable se ha secado y han optado por consumir agua de pozos y de los ríos (Gualsinga y Guayampoque) cercanos a sus viviendas para satisfacer sus necesidades de agua para consumo, actividades domésticas y agrícolas (Abrego 2017, Guzmán 2017).

Desde el año 2016 las consultas más atendidas en la Unidad de Salud de Nueva Trinidad son por enfermedades causadas por bacterias; entre ellas diarrea y vómito teniendo como resultado en 2016 sesenta y ocho casos de diarrea y veinticuatro casos de vómito, en 2017 sufrió un aumento desde enero hasta junio; con un total de sesenta casos de diarrea y quince de vómito, lo cual preocupa a la población y a las autoridades sobre el incremento (MINSAL 2017).

Se realizó un análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador, con el objetivo de determinar las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* para conocer la calidad de agua que consumen los habitantes del municipio, así mismo, correlacionar los resultados de concentraciones de bacterias entre los pozos y ríos. Para la identificación de bacterias se analizaron un total de 20 puntos de muestreo distribuidos en: cinco puntos en el río Gualsinga, cinco puntos en río Guayampoque y diez pozos en diferentes comunidades,

tomando en cuenta donde existe mayor número de población que consume agua de ellos. También se registraron in situ parámetros físicos (pH, temperatura y turbidez). La investigación se realizó durante el período de abril a agosto del año 2018 realizando un muestreo cada mes en todos los puntos.

Para el análisis se utilizó la metodología de Filtración por Membrana, con medios de cultivos selectivos Agar ENDO para identificar coliformes totales y fecales, Agar Violeta Red Bile (V.R.B.A. WITH MUG) para identificación de *Escherichia coli* y se aplicó el estadístico T de Student con la ayuda del programa SPSS para conocer si hay diferencia significativa en las concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* entre pozos y ríos del municipio.

En la investigación se determinaron altas concentraciones de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en todos los pozos muestreados, siendo los puntos Carasque Los Menjívar, Las Lajitas y Huizúcar El Roble los que presentaron mayores concentraciones de bacterias y los pozos Centro del Bajío y Huizucar Zenón los que menores promedios de bacterias presentaron. Así mismo, los puntos localizados en el río Gualsinga presentaron mayores promedios de concentraciones de bacterias en comparación con los puntos en el río Guayampoque. En el período de investigación los meses que mayores concentraciones de bacterias presentaron fueron mayo y junio y los meses que menores promedios de contaminación fueron julio y agosto. El análisis estadístico T de Student mostró diferencia significativa en las concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* entre los ríos y pozos del municipio de Nueva Trinidad, debido a que los ríos en todos los meses estudiados presentaron mayores promedios de bacterias en comparación con las encontradas en los pozos.

Entre las principales fuentes de contaminación del agua del municipio se encuentran la ganadería, el uso de fertilizantes, la cercanía de desechos sólidos, heces de animales y humano cerca de los ríos y pozos. De los resultados se concluye que tanto el agua de los pozos y los ríos del municipio de Nueva Trinidad presentan altas concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* y al compararlo con la norma salvadoreña de calidad de agua potable NSO 13.07.01:08 estas aguas no son aptas para el consumo humano.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Realizar análisis microbiológico de agua de pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador.

### 2.2. Objetivos específicos

Determinar las concentraciones de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli*, del agua de pozos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango.

Identificar las concentraciones de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli*, del agua de los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango.

Correlacionar los resultados de las concentraciones Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli* obtenidos en el agua de pozos con los obtenidos en el agua de los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes

De acuerdo con estudios realizados anteriormente en agua de pozos y ríos, la contaminación ha degradado la calidad del agua en muchos países del mundo y esto ha reducido efectivamente el suministro de agua potable en muchas comunidades.

Sánchez et al. (2000), analizaron la “*Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación en Chiapas, México*” determinando que en 36 de 46 muestras dieron positivo a coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*, encontrando niveles de contaminación de agua no apta para el consumo humano. Así mismo Félix et al. (2007), estudiaron la “*Calidad microbiológica de agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora México*” y determinaron que el 100% de los pozos analizados poseen coliformes totales y sobrepasan los límites permitidos por la norma mexicana.

Posteriormente, Ávila y Estupiñán (2011), “*Analizaron el agua de consumo humano de zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundimarca, Colombia*” y determinaron que el agua de la zona urbana es apta para el consumo humano, sin embargo, ninguna muestra de agua analizada en la zona rural se encontró apta para el consumo humano. Un año después ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012), estudiaron la “*Calidad de fuentes utilizadas para el consumo humano en Apurímac y Cusco en Lima Perú*” y sus resultados mostraron que las bacterias coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* sobrepasan los límites establecidos por el reglamento de calidad de agua y los valores establecidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS).

El mismo año, Romeu et al. (2012), evaluaron la “*Calidad microbiológica de aguas de los ríos Luyanó, La Habana, Cuba*”, donde determinaron presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* en el agua, por lo que recomiendan que el agua no debe ser utilizada para consumo humano, actividades recreativas y para riego de cultivos. Un año después Coello et al. (2013), analizaron la “*Calidad de agua de los ríos Azogoché, Pichahuiña y Pomacocho en el Parque Nacional Sangay Ecuador*” en el cual establecieron que los ríos presentaban “muy buena” calidad de agua, según el Índice de Calidad de Agua (ICA).

Además, Venegas et al. (2014), *evaluaron la “Calidad microbiológica del agua para consumo humano y agua residual de una población en Bogotá, Colombia”* determinando la presencia de *Escherichia coli* en los recipientes de almacenamiento de agua en las viviendas estudiadas, con valores no permitidos en la norma colombiana y muestran que dicha contaminación de agua está dada por la mala manipulación de los recipientes que utiliza la población para almacenar el agua de consumo.

En Centro América también han desarrollado trabajos referentes a la calidad del agua, entre ellos el realizado por Hernández (2012), quien analizó la *“Calidad bacteriológica de agua de pozos para el consumo humano del departamento de Chiquimula en Guatemala”* encontrando presencia de coliformes totales y fecales, con un total de 77% de muestras analizadas con valores arriba de los permitidos por la norma de Guatemala y 23% de muestras con valores permitidos en dicha norma.

También Hernández (2016), realizó una *“Evaluación de la calidad de agua para consumo humano y una propuesta de alternativas tendiente a la mejora en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, Costa Rica”* y determinó que el agua de los pozos no es apta para el consumo humano porque posee presencia de bacterias coliformes totales y fecales debido a que los pozos analizados se encuentran muy cercanos a las letrinas y existe muy poca inversión en mejora de infraestructura de fuentes captadoras de agua.

En El Salvador la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES) y el Fondo de la Iniciativa para las Américas (FIAES) (2000), *analizaron “La contaminación del Río Lempa y sus principales afluentes: ríos Suquiapa, Acelhuate y Quezalapa”* determinando que se encuentran contaminados por aportaciones provenientes de los alcantarillados de la zona urbana y lixiviados de los desechos sólidos. Además, Portillo (2003), determinó que las concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales encontradas en la cuenca media del Río Grande de San Miguel sobrepasan los límites permisibles en un cuerpo hídrico receptor, lo que indica una alteración biológica y ecológica del recurso y dicha contaminación está dada porque el río recibe las aguas domésticas e industriales a lo largo del recorrido.

Un año después el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004), desarrolló una “*Evaluación de la calidad de agua de la cuenca alta del río Lempa en época seca 2003-2004*”, y según el Índice de Calidad de Agua (ICA), clasifica el agua como de “regular” calidad. Así mismo Cordero et al. (2005), realizaron un “*Diagnóstico de la calidad de agua en época seca en el canal principal del río Jiboa*” y determinaron que el agua del río posee una “regular” calidad, pero mientras sigue su recorrido, la calidad del agua se convierte en “mala” calidad siendo no apta para el consumo humano ni para riego de hortalizas.

De la misma forma, Flamenco y Henríquez (2009), “*Evaluaron la calidad del agua en la subcuenca sur del río Acelhuate*”, determinando que el agua del río presenta alta contaminación y que el principal factor de dicha contaminación es la alta tasa de crecimiento poblacional humano.

Así mismo Pérez et al. (2010), realizaron la “*Clasificación de la calidad del agua de los principales ríos de El Salvador y su relación con las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos*”, analizando la región hidrográfica del río Lempa entre los cuales se encuentra la subcuenca del río Sumpul de Chalatenango en el cual analiza tres puntos en la subcuenca y de acuerdo a la norma de calidad de agua potable les asignan la categoría de “buena” calidad para el agua del punto 1; “mala” calidad para el punto 2 y “regular” calidad para el punto 3 y con los resultados concluyen que en el país el 5.4% de los ríos se ubican en la categoría de buena calidad; el 21.4% se clasifican como “regular”. Más de la mitad de los puntos o sitios estudiados se ubican en las categorías de “regular-pobre” (26.8 %), “pobre” (33.9%) y un 12.5% se clasificaron como “muy pobre”.

De igual importancia Laínez y Trejo (2012), evaluaron la “*Calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, Municipio de San Miguel, departamento de San Miguel*”, determinando que el agua presenta contaminación por coliformes fecales, *Escherichia coli* y bacterias mesófitas aerobias, y al realizar una comparación entre las dos épocas del año, la época lluviosa presenta mayor contaminación con respecto a la época seca. En el mismo año López (2012), “*Analizó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de pozos del barrio San Sebastián, municipio de Jocoro,*

*departamento de Morazán*”, determinando que el 100% de las muestras analizadas están contaminadas por bacterias mesófitas aerobias, coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* por lo que las personas que consumen el agua están expuestas a la proliferación de enfermedades gastrointestinales.

Posteriormente García (2013), “*Analizó la calidad del agua del río Sucio en la zona del Valle de San Andrés*” determinando que la mayoría de los puntos muestreados poseen un agua de “pésima” calidad, con un Índice de Calidad de Agua (ICA) muy bajo, presentando altos índices de contaminación microbiana y fisicoquímica, por lo cual, las aguas del Río Sucio no son aptas para consumo humano.

En el mismo año, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN (2013), “*Evaluó de calidad del agua, mediante la aplicación del Índice de Calidad de Agua (ICA) en 122 sitios de monitoreo distribuidos en 55 ríos del país*”, y determinó que: el 5% de los sitios evaluados presenta “BUENA” calidad de agua, el 73% de los sitios evaluados posee una “REGULAR” calidad de agua, el 17% una “MALA” calidad de agua y el 5% una “PESIMA” calidad de agua, lo que indica que para estos últimos sitios la calidad de agua presenta serias condiciones que impiden el desarrollo de vida acuática.

Además, Acosta (2015), realizó un “*Análisis físico-químico y microbiológico del agua del río San Sebastián y pozos del caserío San Sebastián, municipio de Santa Rosa de Lima, departamento de La Unión*” y determina que el agua no es apta para el consumo humano ni animal, porque sobrepasan los límites permitidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.08.

### **3.2. Agua**

Es una sustancia inodora, insípida, en pequeñas cantidades incolora y verdosa o azulada en grandes masas, es el componente más abundante en la superficie terrestre, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos, el agua es considerada como uno de los recursos naturales fundamentales para el desarrollo de la vida, y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo (Félez 2009).

### **3.2.1. Características físicas y químicas del agua.**

La molécula de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno enlazados con un átomo de oxígeno y se representa químicamente por la molécula H<sub>2</sub>O, es la única sustancia capaz de existir en los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) (Iraheta y Pérez 2006).

De acuerdo a Barba (2002), el punto de fusión del agua pura es de 0 °C y el punto de ebullición es de 100 °C, se expande al congelarse, es decir aumenta de volumen, de ahí que la densidad del hielo sea menor que la del agua a tiempo, además alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C (1g/cc), normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella.

### **3.2.2. Características biológicas del agua**

Para Félez (2009), el agua es esencial para todos los tipos de vida, ya que es un excelente disolvente de sustancias tóxicas, compuestos bipolares e incluso moléculas biológicas no solubles, como lípidos, formando dispersiones coloidales, también participa como agente químico reactivo en las reacciones de hidratación, hidrólisis y redox; así mismo, permite la difusión, es decir, el movimiento en su interior de partículas sueltas, constituyendo el principal transporte de muchas sustancias nutritivas.

El agua es fundamental para prácticamente todas las funciones del organismo porque constituye un excelente termorregulador, permitiendo la vida de organismos en una amplia variedad de ambientes térmicos, dado que ayuda a regular el calor de los animales y tiene un importante papel como absorbente de radiación infrarroja y es crucial en el efecto invernadero, por otra parte, interviene en el mantenimiento de la estructura celular, proporciona flexibilidad a los tejidos, actúa como vehículo de transporte en el interior de un ser vivo y como medio lubricante en sus articulaciones y finalmente la existencia de esta abundante sustancia en sus formas líquida, gaseosa y sólida ha sido sin duda un importante factor en la colonización por formas de vida adaptadas a los diferentes ambientes de la Tierra (Félez 2009 y Carbajal y González 2012).

### **3.3. Importancia del agua**

El agua es un recurso natural indispensable para la vida y para la salud, por ello se considera uno de los derechos humanos básicos (Sancho 2011). Según Contreras et al. (2008), el agua es fundamental para diversas actividades entre ellas: la producción de alimento, crecimiento de animales y plantas, el desarrollo económico y para el buen vivir del hombre. Se sabe que más del 97% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, del 3% restante, un 2,38% aproximadamente, se encuentra en estado sólido, resultando prácticamente inaccesible y el resto, un 0,62%, se encuentra en ríos, lagos y aguas subterráneas (Félez 2009).

Así mismo, el agua de los ríos, subterránea, de lluvia y para consumo, contiene sustancias disueltas que, aún en cantidades reducidas, aportan cualidades organolépticas y nutritivas, por lo que el agua también se debe considerar como un alimento, un componente más de nuestra dieta y un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias (Carbajal 2013).

Para León y Pacheco (2010) y Sancho (2011), el agua es un elemento básico para la vida siendo un bien económico y social, que se debe usar de forma racional, debido a que progresivamente por las acciones del hombre va perdiendo su calidad y está sufriendo el problema de contaminación y escasez.

### **3.4. Problemática del agua**

#### **3.4.1. Concepto de contaminación**

De acuerdo a Albert (2004), la contaminación es la introducción o presencia de sustancias y organismos en ambientes o sustratos a los que no pertenecen y son introducidos en cantidades superiores a las propias de dicho sustrato, y estas sustancias interfieren en la salud y bienestar de las personas, dañan los recursos naturales y alteran el equilibrio ecológico de la zona.

### **3.4.2. Contaminación del agua**

Se entiende por contaminación del medio hídrico o contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad (Bermúdez 2010).

En la actualidad existen muchas preocupaciones por el incremento de problemas de contaminación en general y en particular del agua; la contaminación del agua ocurre en diversos puntos del abastecimiento tales como: zona de desagüe, ríos, pozos y en el transporte al lugar de consumo (Brock 1993). Según Barba (2002), estudios demuestran que el 90% de los ríos de El Salvador se encuentran contaminados por materia fecal, siendo las zonas rurales del país las más propensas a contaminación del agua por la disposición a campo abierto de las heces fecales por la falta de letrinas, eso provoca una severa contaminación de bacterias coliformes, microorganismos parásitos y patógenos en aguas subterránea, pozos y manantiales.

### **3.4.3. Causas de contaminación del agua**

Para Albert (2004), la contaminación del agua puede ser causada por dos factores: contaminación natural y contaminación artificial.

#### **3.4.3.1. Contaminación natural**

Los cuerpos de agua como ríos, lagos, agua subterránea y acuíferos se pueden contaminar de forma natural mediante las escorrentías que transporta nutrientes, materia orgánica e inorgánica y pesticidas a los cuerpos de agua, provocando malos olores y sabores a las fuentes de captación de aguas, por ejemplo, dentro de la materia orgánica se encuentran las heces de humanos y animales de sangre caliente en las cuales se transportan las bacterias y llegan al agua encargándose de descomponer rápidamente la materia orgánica en ausencia de oxígeno, anaeróticamente originando productos tóxicos tales como sulfuro de hidrógeno, nitrito y metano; dicha descomposición de la materia orgánica está influenciada por factores como: temperatura, pH y turbidez (Escobar 2002, Talavera et al. 2004).

También otro mecanismo de contaminación natural del agua según Escobar (2002), es la erosión del suelo puesto que eleva los niveles de turbidez en las aguas superficiales,

provocando la pérdida de cauces y lechos, pérdida de hábitat, disfunción y cambios en el régimen hidrológico (a menudo con pérdida de cauces de agua menores) y pérdida de fuentes de agua para consumo humano.

La contaminación natural ocurre cuando el agua entra en contacto con contaminantes que se vierten en la corteza terrestre (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro y otros) sin acción del hombre y son transportados para ríos, lagos, lagunas, agua subterránea y mares (Albert 2004, Sanchon 2011).

### **3.4.3.2. Contaminación artificial**

La contaminación artificial es producida por la consecuencia de las actividades humanas y el desarrollo industrial, esto ha provocado la presencia de componentes que son peligrosos en los cuerpos de agua, entre ellos se encuentran: químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, aguas domésticas no tratadas y desechos finales de la explotación minera, por lo que, producen alteración de las funciones ecológicas, daño a los hábitats acuáticos, reducción de la diversidad biológica y finalmente producen contaminación de los ecosistemas marinos (Escobar 2002, Sanchon 2011).

Para Cuellar (2001), los vertidos residuales domésticos e industriales, así como la disposición inadecuada de los lixiviados y la aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura en diversos territorios del país son fuentes permanentes de contaminación del agua, los distintos estudios y análisis de la calidad del agua reiteran que los desechos domésticos, industriales, agroindustriales y agrícolas son las principales fuentes de contaminación. Además, los vertimientos de aguas residuales no tratadas han degradado más del 90% de los ríos en el país principalmente los ríos Acelhuate, Suquiapa, Sucio y Quezalapa (Escobar 2002),

De acuerdo a Janet et al. (2012), entre los contaminantes emergentes en las aguas se incluyen los pesticidas, productos farmacéuticos, drogas ilícitas, compuestos de “estilo de vida” y de cuidado personal, detergentes, entre muchos más, los cuales, por sus bajas concentraciones, no son eliminados eficazmente con los tratamientos de agua convencionales; estos pueden ser acumulados y causar un gran impacto en la salud y el medioambiente.

### 3.4.4. Tipos de contaminantes del agua

Para Barba (2002) y Bermúdez (2010) hay un gran número de contaminantes del agua entre ellos los principales:

#### 3.4.4.1. Contaminantes biológicos

La contaminación biológica ocurre cuando un microorganismo se encuentra en un sustrato donde no pertenece en concentraciones que exceden a las naturales (Albert 2004). Son principalmente microorganismos patógenos entre ellos bacterias, virus, protozoos que pueden transmitir enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis entre otras (Barba 2002).

Según Félez (2009), uno de los parámetros principales para determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua son los contaminantes microbiológicos ya que se refieren a los índices de contaminación fecal, empleado para el conocimiento de la calidad del agua potable.

La Norma Salvadoreña para medir la calidad de agua potable **NSO 13.07.01:08** tiene los siguientes requisitos microbiológicos (Tabla 1).

**Tabla 1:** Límites máximos permisibles para la calidad microbiológica de agua potable CONACYT (2009).

Parámetro	Límite máximo permisible		
	Técnicas		
	Filtración por membranas	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias Coliformes Totales	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
Bacterias Coliformes Fecales o Termotolerantes	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófitas	100 UFC/ ml	-----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

#### **3.4.4.2. Contaminantes químicos**

Son una serie de productos químicos de diferentes niveles de toxicidad, procedentes de la industria, los domicilios y la producción agropecuaria que son depositados en los diferentes cuerpos de agua superficiales y en los mantos acuíferos subterráneos y entre estos se encuentran compuestos de nitratos y fosfatos, sales de plomo, mercurio, otros metales pesados, fertilizantes, pesticidas, agroquímicos, pinturas, desinfectantes, jabones, detergentes, petróleo y sus derivados, entre otros, por lo tanto los contaminantes químicos son aquellos que alteran la composición del agua y reaccionan con ella (Bermúdez 2010).

#### **3.4.4.3. Contaminantes físicos**

Los sedimentos, materiales suspendidos, arrancados del suelo y arrastrados a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión son en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua, entre ellos se encuentra: la turbidez que en el agua dificulta la vida de algunos organismos, los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales y ríos, la temperatura, el agua caliente disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Barba 2002). Los contaminantes físicos son contaminantes que no reaccionan con el agua, pero pueden dañar la vida en el ecosistema (Bermúdez 2010).

### **3.5 Contaminación de las aguas superficiales**

De acuerdo a Sergi (2009), los problemas sociales asociados al uso del agua no son algo nuevo, gran número de patógenos tienen sus vectores en organismos acuáticos y la baja calidad del agua ha estado asociada a epidemias de enfermedades infecciosas, especialmente en asentamientos humanos densos; la contaminación de los ríos, aumentó en gran medida con la revolución industrial, en la época en que los avances tecnológicos aparecen mucho más importantes que los daños ambientales que pudieran producirse, la tala, destrucción y modificación de la vegetación de riberas, reducen la calidad del hábitat fluvial y el funcionamiento del ecosistema, tales como el procesado de materia orgánica y la incorporación de nutrientes.

### **3.6. Contaminación de agua subterránea y de pozo**

Un pozo de agua o una perforación es una obra de captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo denominada acuífero (Flicoteaux et. al 2019). El abastecimiento de agua subterránea potable dulce proveniente de pozos y vertientes está disponible a lo largo de todo El Salvador, los pozos poco profundos son más susceptibles de estar contaminados, así mismo la contaminación de acuíferos de poca profundidad por patógenos se da por la disposición indebida de desperdicios animales y humanos (Cuerpo de Ingenieros de los estados Unidos de América 1998).

Para Sigler y Bauder (2012), las posibles fuentes de contaminación del agua de pozo son las siguientes:

- Pozos localizados en suelos arenosos donde el agua superficial se mueve rápidamente al agua subterránea.
- Pozos localizados muy cerca del sistema séptico o cerca de residuos de origen animal.
- Pozos localizados donde pueden ser inundados por escorrentía o donde el agua fluye hacia el pozo.
- Pozos que no han sido apropiadamente forrados y sellados para mantener agua, animales o insectos afuera.
- Contaminación durante la instalación o mantenimiento del pozo.
- Cañerías con fugas que permiten entrada de bacterias en las líneas de suministro.
- Sistema de tratamiento que no ha sido mantenido y está albergando bacterias.

### **3.7. Generalidades de las bacterias**

Para la vigilancia y la evaluación microbiana del agua se utilizan como indicadores los organismos del grupo coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* (Madigan et al. 2009).

#### **3.7.1. Coliformes totales**

Son un grupo muy empleado para la identificación de contaminación microbiana del agua, (Madigan 2009). Este grupo de bacterias, son aerobias o anaerobias facultativas, tienen forma de bacilos y son Gram negativos, oxidasa negativos, fermentan la lactosa a 35 °C en 24-48 horas produciendo ácido láctico y gas, pertenecen a este grupo los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* y se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, pero también ampliamente distribuidos en la naturaleza, especialmente en el suelo, semillas y vegetales, se utilizan para evaluar la calidad bacteriológica de sistemas de agua servidas y para su identificación se utilizan las técnicas de filtración por membrana, conteo del número más probable y conteo por medio de placas (Hajdenwurcel 1998, Castro 2009).

#### **3.7.2. Coliformes fecales**

El grupo de coliformes fecales o termotolerantes, poseen la capacidad de soportar temperaturas muy elevadas, tienen forma de bastones, no esporuladas anaeróbicas facultativas son un subgrupo de los coliformes totales, están constituido por bacterias gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 24-48 horas de incubación a  $44.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Enterobacter*, *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*, también, este grupo de coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de supervivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que el grupo coliforme se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua (Camacho et al. 2009, Madigan et al. 2009).

### 3.7.3. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* es un bacilo corto gram negativo que se encuentra clasificado dentro de la familia Enterobacteriaceae (bacterias entéricas) y se asocia a múltiples enfermedades, que incluyen la gastroenteritis e infecciones extraintestinales, como las ITU y meningitis entre ellas se encuentran *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) *E. coli* enteroadherente difusa (DAEC) y están implicadas en intoxicaciones causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados (Camacho et al. 2009). Son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 35°C +/- 2°C, con producción de ácido, gas y aldehído en un lapso de 18 a 48 horas, son oxidasa negativa, reduce el nitrato a nitrito, también es capaz de producir indol a partir de triptófano a una temperatura de 44°C +/-05 en un tiempo de 21+/- 3 horas (Apella y Araujo 2006, Navarro 2007)

### 3.8. Enfermedades transmitidas por bacterias mediante el agua

Existen muchas enfermedades transmitidas por agua contaminada entre ellas de acuerdo Brock (2005) se destacan:

- **Disentería bacilar:** Es una infección bacteriana aguda que afecta al intestino grueso y la porción distal del intestino delgado causada por un grupo de bacterias gram negativas llamadas *Shigella* estas bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, causando dolor abdominal severo, fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones (Fernández 2004).
- **Enfermedades diarreicas:** Son usualmente ocasionadas por la bacteria *Escherichia coli*, esta bacteria vive y crece de forma natural en el tracto gastrointestinal de los seres humanos y los animales, pero si entra en el lugar equivocado en el cuerpo, por ejemplo, los riñones o la sangre, puede causar enfermedad entre ellas enfermedades gastrointestinales (GI), infecciones de los ojos, irritaciones de la piel, oído, nariz, infecciones de garganta y enfermedades de las vías respiratorias (Fernández 2004 , Rock y Rivera 2014).

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Descripción del área de estudio

#### 4.1.1. Ubicación geográfica

Nueva Trinidad, es un municipio del departamento de Chalatenango; está limitado al **Norte** por el Municipio de Arcatao y la República de Honduras; al **Este** por el municipio de Arcatao; al **Sur** por el municipio de San Antonio la Cruz; y al **Oeste** por los municipios de San José Las Flores y Ojos de agua; posee una extensión de 46.26 Km<sup>2</sup> y está dividido en seis cantones (Carasque, Zacamil, Huizúcar, El Sitio, Manaquil y Jaguataya), está ubicado aproximadamente a 19 km de la cabecera departamental de Chalatenango y a 549 msnm (Valmore y Machado 1998, Mi pueblo y su gente 2014).

Nueva Trinidad posee 1,673 habitantes entre ellos mujeres y hombres de los cuales 221 viven en la zona urbana y 1,452 en zona rural, por lo tanto, posee un total de 36 personas por km<sup>2</sup> (Censo de población y vivienda 2007).

El municipio se encuentra ubicado desde el punto de vista climático en la sabana tropicales calientes o tierra caliente, con temperatura máxima de 28 grados centígrados y la mínima de 15 grados centígrados, además, el tipo de suelo que presenta son latosoles arcilloso rojizo, litosoles, alfisoles, y regosoles, con una geología de rocas piroclásticas intermedias hasta intermedias básicas, epiclásticas volcánicas, efusivas subordinadas (Valmore y Machado 1998).

El monto pluvial anual oscila entre 1,200 y 1,800 mm, la flora constituida por bosque húmedo subtropical y las especies arbóreas más notables son: "morro", "pepeto", "madrecacao", "nance", "pino", "roble" y "chaparro", asimismo en el municipio se encuentra una gran diversidad de fauna entre ellos: mamíferos, aves, reptiles, peces (Hernández et al. 2005).

Hidrografía: En el municipio se encuentran un total de cuatro ríos; río Pacacio limita el país de Honduras, río Sumpul limita el municipio de San José Las Flores y en su interior se encuentran el río Gualsinga y río Guayampoque (Mi pueblo y su gente 2014).

#### **4.1.2. Área de estudio**

El estudio se realizó en el municipio de Nueva Trinidad del Departamento de Chalatenango y se analizaron dos ríos que cruzan el interior del municipio y diez pozos distribuidos en las distintas comunidades del municipio.

Los ríos estudiados son el río Gualsinga que nace en Honduras a 7.5 Km al NE de Arcatao, su longitud en El Salvador es de 13.5 Km, corre de NE a SW en el cual recorre pequeña parte de Arcatao, después Nueva Trinidad y desemboca en el río Sumpul, su caudal permanece en verano y posee pozas de hasta dos metros o más de profundidad (Martínez 2006).

El río Guayampoque nace en las montañas del municipio de Arcatao, con una longitud de 10 km, recorre el municipio de Nueva Trinidad, San Antonio de La Cruz y desemboca en el río Sumpul conformado por la quebrada el Jute y Seca y su caudal es muy reducido en verano, con pozas de profundidad de dos metros.

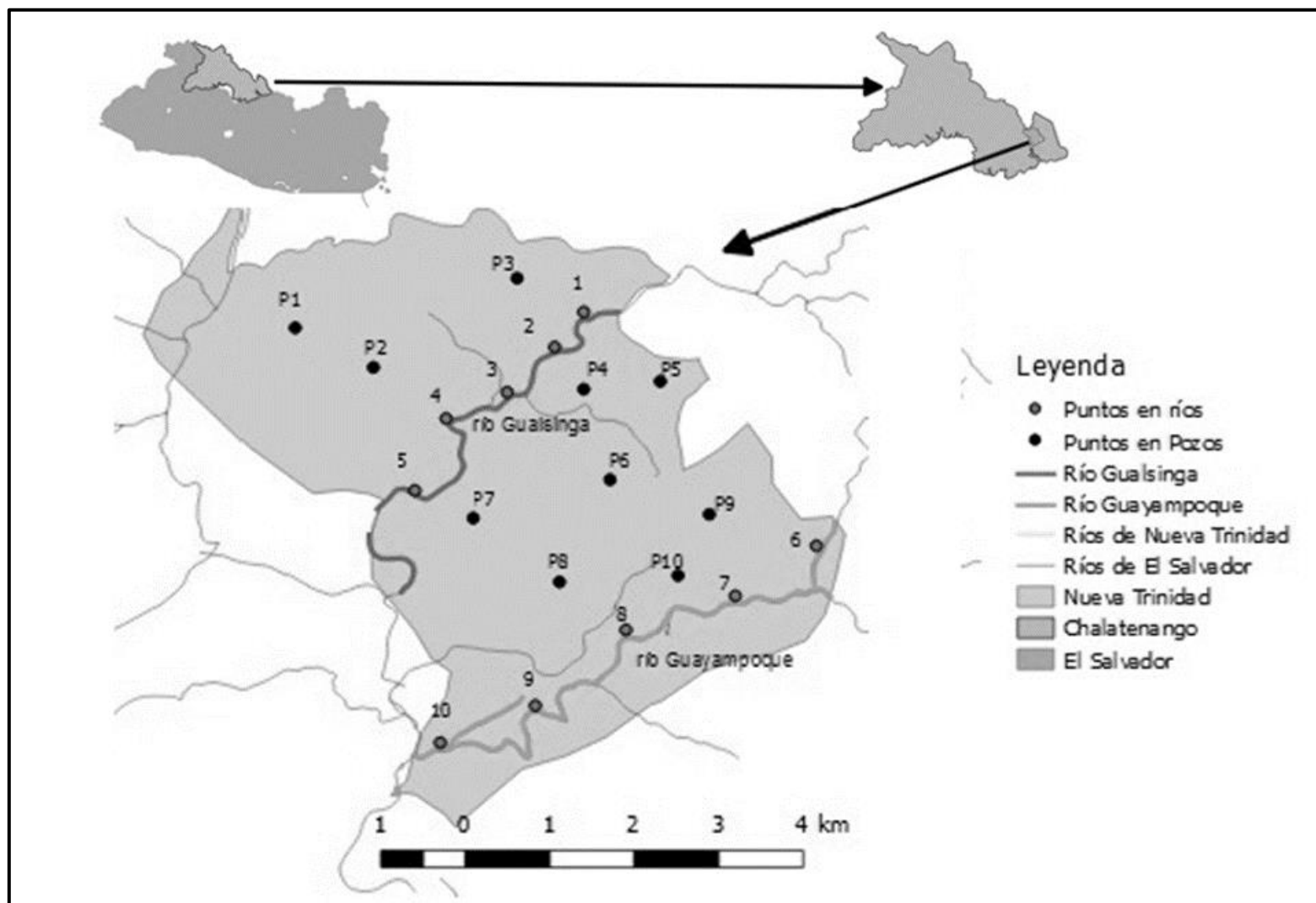
En ambos ríos de estudio se analizaron cinco puntos de muestreo con distancia de aproximadamente dos kilómetros entre ellos.

El municipio de Nueva Trinidad posee un total de 15 pozos y se analizaron diez, que fueron elegidos tomando en cuenta el uso que se les da, el número de familias que se abastecen para consumo humano, la mayor concentración de población y la distancia entre ellos (Figura 1).

### **4.2. Metodología de campo**

#### **4.2.1. Muestra analizada**

Las muestras analizadas fueron el agua de los ríos Gualsinga y Guayampoque, además el agua de diez pozos en diferentes comunidades del municipio de Nueva Trinidad, donde se analizó mensualmente una muestra en cada punto durante el período de abril-agosto del año 2018, haciendo un total de 100 muestras en todo el estudio.



**Figura 1:** Puntos de muestreo. Fuente: Qgis 2.18. Marilu Menjivar, diciembre, 2017.

## 4.2.2. Descripción de puntos de muestreo

### 4.2.2.1. Pozos

#### Pozo 1. Las Lajitas (P1)

Ubicado en el caserío Las Lajitas con coordenadas de  $(14^{\circ}5.7'82'' N 88^{\circ}47.3'44''O)$ , posee 25 familias a su alrededor que se abastecen de agua para consumo, oficios domésticos, balneario y para lavar ropa. Se encuentra a la intemperie, con presencia de ganado y aves de corral cerca. Posee una profundidad de un metro (Figura 2).

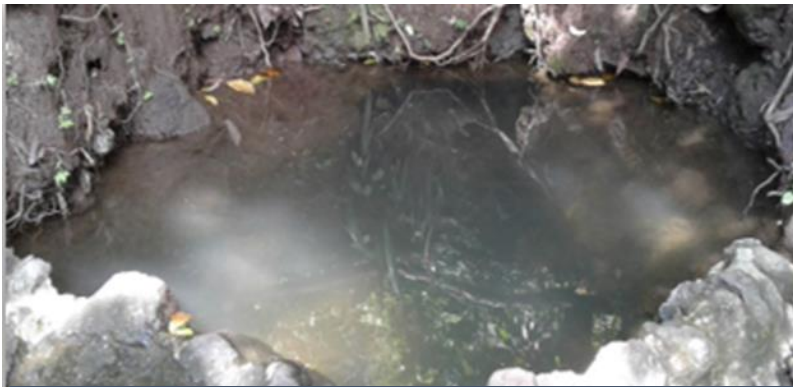


Figura 2: Pozo Las Lajitas (P1)

#### Pozo 2. Centro del Bajío (P2)

Ubicado en el Centro del Caserío El Bajío con coordenadas de  $(14^{\circ}5.3'40'' N 88^{\circ}47.3'97''O)$ , posee 40 familias beneficiadas que usan el agua para consumo, lavar ropa y balneario. Se caracteriza porque está protegido con concreto, posee dos lavaderos, cercano a él limita una quebrada muy caudalosa, con bastante vegetación cercana y con profundidad de un metro y medio (Figura 3).



Figura 3: Pozo Centro del Bajío (P2)

### **Pozo 3. Los Orellana, Bajío (P3)**

Ubicado en el sector Los Orellana del caserío el Bajío con coordenadas de ( $14^{\circ}4.8'39''$  N  $88^{\circ}47.0'58''$  O), y posee 20 familias que usan el agua para consumo humano, oficios domésticos y lavar ropa. Se caracteriza por estar protegido con concreto, se encuentra a un costado de la calle, posee asentamientos poblacionales en su alrededor y tiene una profundidad de un metro (Figura 4).



**Figura 4:** Pozo Los Orellana, Bajío (P3)

### **Pozo 4. Carasque, arriba del centro escolar (P4)**

Ubicado arriba del Centro Escolar Cantón Carasque con coordenadas de ( $14^{\circ}5.0'79''$  N  $88^{\circ}47.5'56''$  O), posee 12 familias y la población de estudiantes del Centro Escolar que usan el agua únicamente para consumo humano. Se caracteriza por: estar protegido con concreto, alrededor hay presencia de ganado y tierra de agricultura, población muy alejada y con profundidad de un metro (Figura 5).



**Figura 5:** Pozo Carasque, arriba del centro escolar (P4)

### **Pozo 5. Carasque, calle a Nueva Trinidad (P5)**

Ubicado en la comunidad de Cantón Carasque con coordenadas de ( $14^{\circ}4.9'21''N$   $88^{\circ}47.5'47''O$ ), con un total de 32 familias que se benefician y usan únicamente el agua para consumo humano. Se caracteriza por: estar muy protegido con concreto, posee un grifo a un costado de la calle para facilitar a las personas el transporte de agua ya sea en carro o a pie, posee asentamientos poblacionales alejados, presencia de ganado en la parte superior del pozo y con profundidad de tres metros (Figura 6).



**Figura 6:** Pozo Carasque, calle a Nueva Trinidad (P5)

### **Pozo 6. Carasque, Los Menjívar (P6)**

Ubicado en el caserío los Menjívar de la comunidad de Carasque, con coordenadas de ( $14^{\circ}4.8'53'' N$   $88^{\circ}47.7'75''O$ ), con un numero de 10 familias que utilizan el agua para consumo humano, oficios domésticos y hortalizas. Se caracteriza por: estar protegido con concreto, asentamientos poblacionales cercanos y con profundidad de dos metros (Figura 7)



**Figura 7:** Pozo Carasque, Los Menjívar (P6)

### **Pozo 7. Carasque, Los Pinedas (P7)**

Ubicado en el caserío Los Pineda de la comunidad de Carasque con coordenadas de  $(14^{\circ}3.6'33'' N 88^{\circ}47.3'41'' O)$ , con un total de 15 familias que se abastecen y usan el agua para consumo humano, hortalizas, oficios domésticos y balneario. Se caracteriza por: estar expuesto al aire libre sin ninguna protección de animales, no posee asentamientos poblacionales cercanos, está rodeado de terrenos de pastoreo de ganado, el agua es transportada mediante tuberías hasta los hogares y posee una profundidad de un metro y medio (Figura 8).



### **Pozo 8. Huizúcar El Roble (P8)**

Ubicado en la comunidad de Huizúcar con coordenadas de  $(14^{\circ}4.3'96'' N 88^{\circ}48.2'80'' O)$ , con un total de 25 familias que se abastecen y usan el agua únicamente para consumo humano. Se caracteriza por: estar sin protección de animales, no posee asentamientos poblacionales cerca, con presencia de ganado a su alrededor y profundidad de un metro (Figura 9).



### **Pozo 9. Huizúcar, Zenón (P9)**

Ubicado en la comunidad de Huizúcar con coordenadas de  $(14^{\circ}4.1'99'' N 88^{\circ}48.3'49'' O)$ , con un número de 17 familias que usan su agua para consumo humano, lavar ropa, ganadería, oficios domésticos y balneario. Se caracteriza por: estar expuesto al aire libre sin protección contra animales, poseer población y ganadería alejada, es el pozo más pequeño de todo el estudio con 50 centímetros de profundidad (Figura 10).



### **Pozo 10. El Sitio (P10)**

Ubicado en el caserío del sitio con coordenadas de  $(14^{\circ}3.6'13'' N 88^{\circ}47.3'50'' O)$ , con un número de 10 familias que usan el agua para consumo humano, lavar ropa, balneario y hortalizas. Se caracteriza por: estar descubierto sin protección contra los animales, rodeado de gran finca, con mucha vegetación y población cercana. Tiene una profundidad de un metro (Figura 11).



## 4.2.2.2. Ríos

### 4.2.2.2.1. Río Gualsinga

#### Punto 1: Santa Lucía (R1)

Ubicado entre el municipio de Arcatao y Nueva Trinidad con coordenadas de ( $14^{\circ} 05'58''$  N  $88^{\circ}47'38''$ O), y población cercana en sus riberas que utiliza el agua para consumo humano, animal, usos domésticos, balneario y pesca. Se caracteriza por: tener un caudal amplio, y presencia de vegetación riberena. En este punto se encuentran tanques de almacenamiento de agua que abastecen a cuatro comunidades para ser utilizada para consumo humano (Figura 12).



#### Punto 2: El Bajío (R2).

Ubicado en el caserío El Bajío con coordenadas de ( $14^{\circ}05'46''$  N  $88^{\circ}47'40''$ O), agua utilizada para consumo humano, usos domésticos, balneario, pesca y abrevadero de ganado. Se caracteriza por tener un caudal amplio y poseer grupos poblacionales en su ribera y alrededor (Figura 13).



### **Punto 3: Carasque (R3)**

Ubicado en la comunidad de Carasque con coordenadas de  $(14^{\circ}05'23''\text{ N } 88^{\circ}48'09''\text{ O})$ , agua utilizada para consumo humano, usos domésticos, balneario, pesca y abrevadero de ganado. Se caracteriza por tener caudal amplio, esta es la zona con más afluencia de personas ya que es muy utilizado en todas las épocas del año para recreación (Figura 14).



**Figura 14:** Río Gualsinga, Carasque (R3)

### **Punto 4: Los Pozos (R4)**

Ubicado en la comunidad de Los pozos con coordenadas de  $(14^{\circ}05'21''\text{ N } 88^{\circ}48'23''\text{ O})$ , agua utilizada para consumo, acuicultura, pesca y balneario. Se caracteriza por poseer grupos poblacionales alejado de sus riberas, está cerca de cinco peceras de cultivo de tilapia, posee un caudal amplio, bastante materia orgánica en descomposición y rocas con diámetros menores a 30 cm (Figura 15).



**Figura 15:** Río Gualsinga, Los Pozos (R4)

### **Punto 5: Los Navarrete (R5)**

Ubicado en el caserío Los Navarrete con coordenadas de  $(14^{\circ} 04'31'' N 88^{\circ}48'59''O)$ , con grupos poblacionales alejados de sus riberas y alrededores, agua utilizada para consumo humano y animal, pesca y balneario, presenta un caudal muy amplio, este punto está cerca de la desembocadura al río Sumpul, con gran cantidad de peces y presenta mucha vegetación adyacente (Figura 16).



### **4.2.2.2. Río Guayampoque**

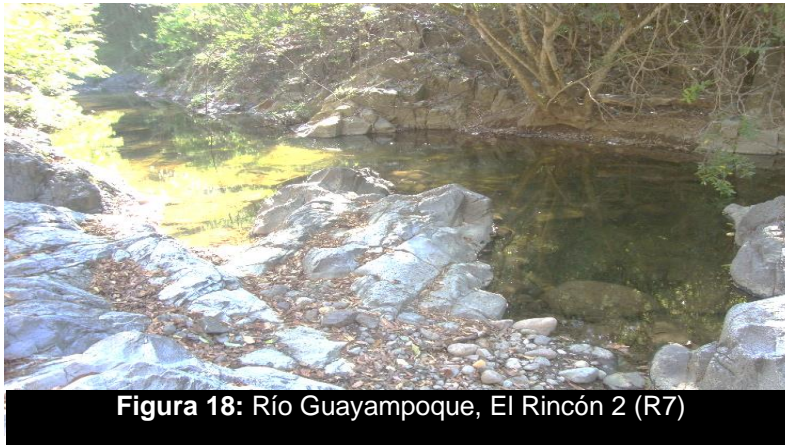
#### **Punto 6: El Rincón 1 (R6)**

Ubicado en la comunidad El Rincón con coordenadas de  $(14^{\circ}05'58'' N 88^{\circ} 47'38''O)$ , se caracteriza por: tener pocos grupos poblacionales alrededor, agua utilizada para consumo humano, abrevadero de ganado, pesca, posee caudal pequeño, abundancia de material orgánico en descomposición, gran cantidad de piedras en su alrededor. El agua es transportada mediante mangueras hasta sus casas (Figura 17).



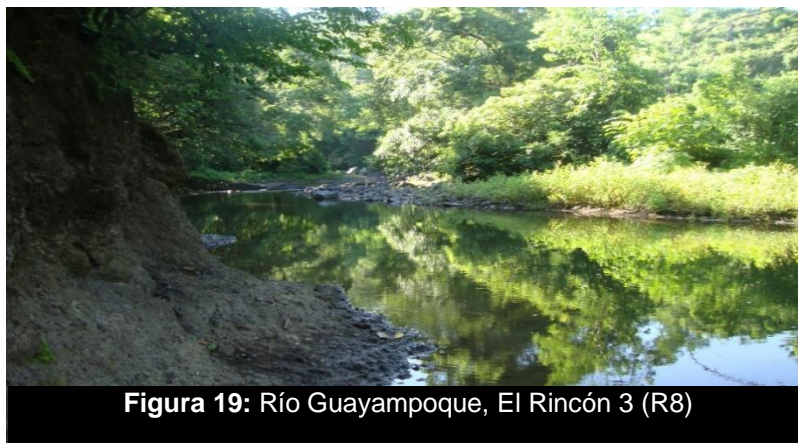
### **Punto 7: Rincón 2 (R7)**

Ubicado en la comunidad El Rincón con coordenadas de  $(14^{\circ}05'46'' N 88^{\circ}47'40''O)$ , se caracteriza por poseer poca población en sus riberas, es utilizado para consumo humano, para lavar ropa, balneario y pesca. Posee un caudal pequeño, agua lenta, con mucha vegetación en sus riberas y gran cantidad de materia orgánica en descomposición (Figura 18).



### **Punto 8: Rincón 3 (R8)**

Ubicado en la comunidad el Rincón con coordenadas de  $(14^{\circ}05'23'' N 88^{\circ} 48'09''O)$ , se caracteriza por poseer un caudal mediano, gran cantidad de asentamientos poblacionales en su alrededor, utilizado para consumo humano, lavar ropa, pastoreo de ganado y pesca (Figura 19).



### **Punto 9: Calle a Manaquil (R9)**

Ubicado cerca de la calle hacia la comunidad de Manaquil con coordenadas de  $(14^{\circ}05'21'' \text{ N } 88^{\circ} 48'23'' \text{ O})$ , se caracteriza por poseer un caudal mediano, agua muy lenta, con presencia de población en sus riberas, utilizado el agua para consumo humano, lavar ropa, pastoreo y pesca (Figura 20).



### **Punto 10: Calle a los Morales (R10)**

Ubicado cerca de la calle que conduce a la comunidad Los Morales de San Antonio de la Cruz con coordenadas de  $(14^{\circ}04'31'' \text{ N } 88^{\circ}48'59'' \text{ O})$ , se caracteriza por poseer un caudal muy pequeño, poca población en sus riberas, utilizado para consumo humano, lavar ropa, pastoreo y pesca (Figura 21).



### 4.2.3. Toma de muestra.

Durante la toma de la muestra se emplearon tres metodologías: para muestras en pozos sin bomba, muestra en grifos y muestras en ríos, para lo cual se siguió la metodología planteada por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA (1999) y Andino y Lorenzana (2004) (Figura 22).



**Figura 22:** Toma de muestras. A: Pozo sin bomba, B: Grifos, C: Ríos.

#### 4.2.3.1. Toma de muestra de pozo sin bomba

Se realizó con la ayuda de un cordel resistente de un metro de largo, al cual se le colocó en un extremo un recipiente tipo balde de vidrio previamente esterilizado con papel toalla y alcohol 70%. Antes de sumergir el recipiente en el pozo se desenroscó el tapón y lentamente se dejó descender con cuidado de no tocar las paredes hasta llegar al fondo del pozo. Cuando estaba completamente lleno se sacó y se colocó el agua en el frasco estéril, previamente rotulados (anexo 1), teniendo cuidado de no contaminarlo.

#### 4.2.3.2. Toma de muestra de grifo

Se limpió con torundas con alcohol al 70% completamente el grifo, se abrió y se dejó caer el agua durante dos a tres minutos, después se procedió a abrir el frasco estéril previamente rotulado, con mucho cuidado evitando no tocar la boca y se llenó dejando un espacio para facilitar la homogenización de la muestra.

#### 4.2.3.3. Toma de muestras de ríos

Se sumergió el frasco a una profundidad de 15-30 cm en la parte céntrica de cauce del río tomando la muestra en dirección contraria a la corriente del río.

#### 4.2.4. Toma de parámetros físicos.

En cada uno de los puntos de recolección de las muestras se tomaron los parámetros físicos: pH, turbidez, temperatura ambiente y temperatura del agua.

Para la toma de valores se utilizó la metodología de Fundación Nacional de la Salud (2013), Andino y Lorenzana (2014) y PRO-VIDA (2017) (Figura 23).



A: Turbidez

B: pH y Temperatura del agua

**Figura 23:** Toma de parámetros físicos. A. Turbidez y B: Temperatura de agua, ambiente y pH.

#### **4.2.4.1. Turbidez**

La determinación de la turbidez se realizó utilizando el disco secchi, con mucho cuidado se sumergió al interior de los pozos y ríos, se observó la profundidad en la cual se visualizaba el disco y se registraban los valores en la base de datos.

#### **4.2.4.2. Temperatura**

La temperatura ambiente se registró con ayuda de un termómetro graduado de mercurio, sin embargo, la temperatura del agua se determinó con un pHmetro HACH SENSION1 con electrodo modelo 51910 introduciendo el electrodo dentro del agua y el dato que marco el aparato se registró en la tabla de datos.

#### **4.2.4.3. pH**

El pH se calculó con un pHmetro HACH SENSION1 con electrodo modelo 51910. El cual se introdujo en el pozo y puntos en los ríos y luego dicho resultado marcado en el aparato se registró en la tabla de datos.

#### **4.2.5. Conservación y transporte**

Las muestras fueron preservadas a temperatura de 4°C centígrados, en hielera conteniendo maquetas de hielo y trasladadas al Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico de Alimentos del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) para su posterior análisis.

### **4.3. Metodología de laboratorio**

#### **4.3.1. Análisis de muestra.**

**Técnica de filtración por membrana:** es un método altamente utilizado para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestra y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de los tubos múltiples (APHA 1989, Paez 2008).

En el análisis de las muestras se realizó mediante la metodología de filtración por membrana (FM), usando membranas estériles de nitrato de celulosa (Sartorius, con un tamaño de poro de 0,45  $\mu\text{m}$  y 47 mm de diámetro) y utilizando placas Petri plásticas estériles (47mm) con medios selectivos para la identificación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*. Realizando duplicados para cada análisis (anexo 2).

##### **4.3.1.1. Preparación de muestra.**

Se agitó la muestra en forma de arco durante 25 veces hasta su homogenización y luego se realizaron las diluciones, transfiriendo con pipetas estériles 10 ml de agua de muestra a un frasco de dilución conteniendo 90 ml de agua peptonada al 0.1 % para obtener la dilución  $10^{-1}$ . Después se homogenizó y de la dilución anterior, se transfirió 10 ml a un frasco de dilución conteniendo 90 ml de agua peptonada al 0.1 % para obtener la dilución  $10^{-2}$ . La dilución que se filtró fue la  $10^{-2}$  (anexo 3).

##### **4.3.1.2. Determinación de coliformes totales**

Luego de terminar la filtración con ayuda de una pinza estéril se transfirió la membrana con la rejilla hacia arriba en el medio de cultivo ENDO y se incubaron a temperatura de  $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 24 y 48 horas. Transcurridas las 24 horas las colonias con color rojas-rosadas intenso se reportaron como coliformes totales.

##### **4.3.1.3. Determinación de coliformes fecales y *Escherichia coli***

Luego de terminar la filtración con ayuda de una pinza estéril se transfirió la membrana con la rejilla hacia arriba en el medio de cultivo ENDO y se incubaron a una temperatura de  $44.5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 24 y 48 horas. Las colonias de color rojo-rosado intenso se reportaron como coliformes fecales y colonias con color rosado y brillo metálico fueron reportadas como *Escherichia coli*.

#### **4.3.1.4. Confirmación de *Escherichia coli***

##### **4.3.1.4.1. Agar V.R.B.A. WITH MUG**

Para confirmar la presencia de *Escherichia coli* en las muestras de agua las colonias que presentaron brillo metálico en medio ENDO en temperatura de  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  fueron sembradas en medio Agar Violeta Red Bile Agar (V.R.B.A. WITH MUG) e incubadas a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Transcurridos las 24 horas si se observaba crecimiento color rosado, se colocaban en una cámara de oscuridad con luz ultravioleta y las muestras que presentaron fluorescencia confirmaban la presencia de *Escherichia coli* (Acumedia 2017) (anexo 4).

##### **4.3.1.4.2. Caldo EC**

Las colonias que presentaron crecimiento en V.R.B.A. WITH MUG y fluorescencia fueron aisladas a caldo EC e incubadas a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Transcurrido las 24 horas las muestras que presentaban presencia de gas y turbidez se reportaban como positivos a caldo EC.

##### **4.3.1.4.3. Prueba Bioquímica Indol**

Las colonias que presentaron fluorescencia en medio V.R.B.A WITH MUG se les agregó tres gotas de Alcohol Isoamilo, p-dimetilaminobenzaldehído y ácido clorhídrico concentrado (reactivo de Kovacs) y las que formaron un anillo de color rojo a su alrededor fueron reportadas como positivas a la prueba bioquímica.

##### **4.3.1.4.4. Prueba Índice Analítico del Perfil (API 20E).**

Se aislaron colonias que habían dado positivos en todas las series de pruebas para confirmar presencia de *Escherichia coli* y fueron sembradas en Trypticasein Soy Agar (TSA) a temperatura de  $37 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Luego las dos muestras que habían crecido más representativo se les aplicó la prueba bioquímica API 20 E. La prueba se realizó con colonias completamente aisladas y se siguió la metodología establecida por el fabricante Biomerieux. Dichos resultados fueron registrados en una tabla de datos (anexo 5).

## V. ANÁLISIS DE LOS DATOS

### 5.1. Recuento Total bacteriano (RTB)

El conteo de colonias de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* se realizó con la ayuda de un contador de colonias digital marca Stuart (anexo 6). Después se realizó la conversión de colonias a UFC/100 ml utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{UFC/100ml} = \frac{\text{Numero de colonias por placa} \times \text{factor de dilucion } 10^{-2}(100)}{100 \text{ ml de la muestra sembrada}}$$

Colonias en placa: 30

Factor de dilución: 100

Ejemplo:  $\frac{30 \times 100}{100 \text{ ml}} = 3,000 \text{ UFC/100 ml}$

### 5.2. Diseño Estadístico

#### 5.2.1. Correlación de Pearson

Es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. Se le conoce también como coeficiente producto-momento (Sampieri et al. 2010). Nos servirá para conocer si existe una diferencia directa positiva o negativa en las concentraciones de bacterias Coliformes Totales, Fecales y *Escherichia coli* entre el agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango .

#### 5.2.2. Prueba de t de Student

Según Sampieri et al. (2010), la t de Student es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Se utilizó para analizar si los valores de las medias totales de los pozos y las medias totales de los puntos de los ríos difieren de manera significativa las variables (concentración de Coliformes Totales, Fecales y *Escherichia coli*). El estadístico se realizó utilizando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

## VI. RESULTADOS

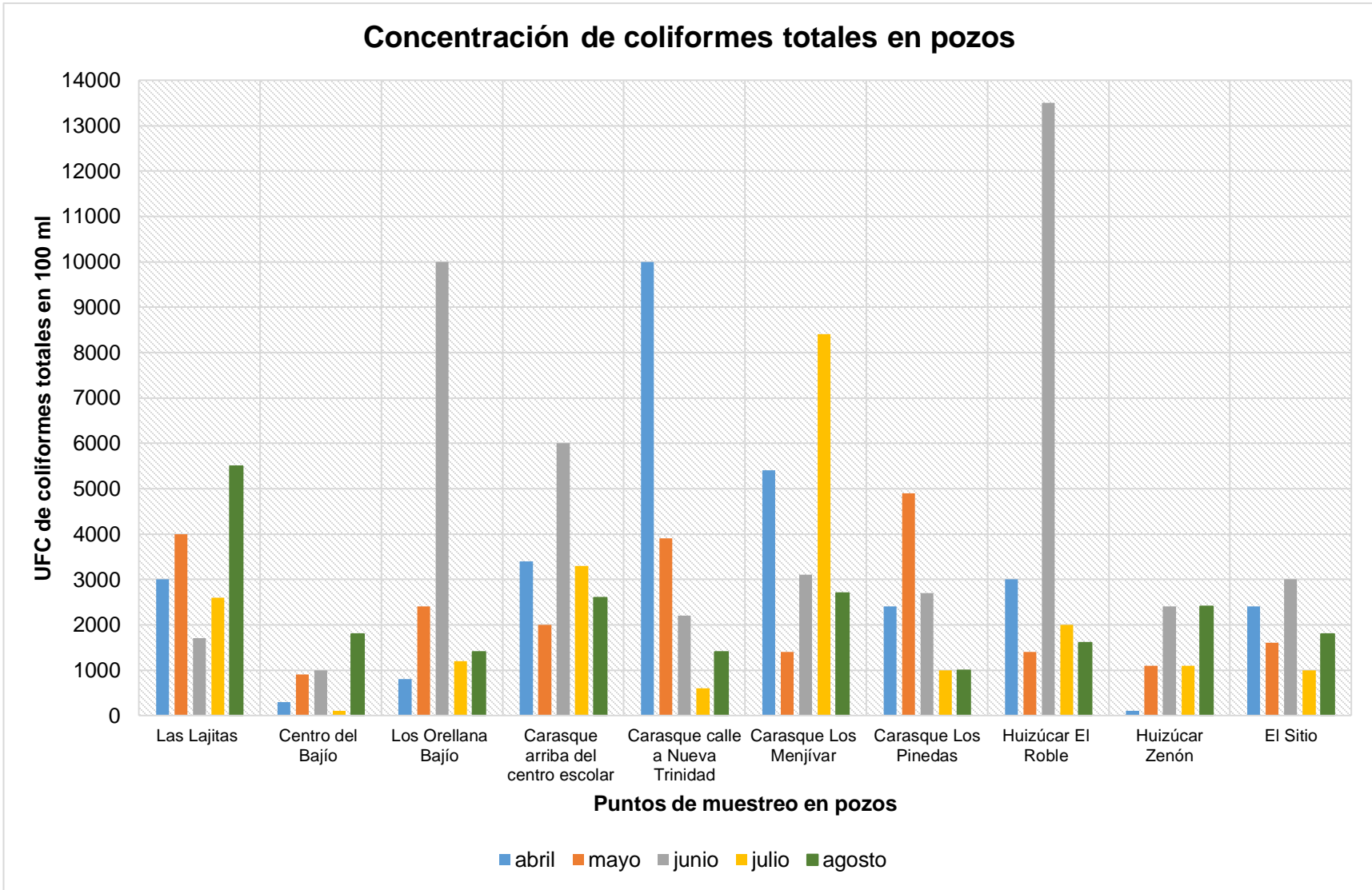
### 6.1. Concentración de coliformes totales

#### 6.1.1. Concentración de coliformes totales en pozos.

Los datos de coliformes totales encontrados en los diez pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, durante el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 2 y gráfico 1. Las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales se presentaron en los pozos: Huizúcar El Roble con 13,500 UFC/100 ml seguido de Los Orellana Bajío y Carasque calle a Nueva Trinidad con valores de 10,000 UFC/100 ml. También, los puntos que presentaron las menores concentraciones de bacterias coliformes totales fueron: Huizucar Zenón con un total de 100 UFC/100 ml y Centro del Bajío con registro de 300 UFC/100 ml.

**Tabla 2:** Concentraciones de coliformes totales en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Meses UFC/100ml	abril	mayo	junio	Julio	agosto
Pozos					
Las Lajitas	3,000	4,000	1,700	2,600	5,500
Centro del Bajío	300	900	1,000	100	1,800
Los Orellana Bajío	800	2,400	10,000	1,200	1,400
Carasque arriba del centro escolar	3,400	2,000	6,000	3,300	2,600
Carasque calle a Nueva Trinidad	10,000	3,900	2,200	600	1,400
Carasque Los Menjívar	5,400	1,400	3,100	8,400	2,700
Carasque Los Pinedas	2,400	4,900	2,700	1,000	1,000
Huizúcar El Roble	3,000	1,400	13,500	2,000	1,600
Huizúcar Zenón	100	1,100	2,400	1,100	2,400
El Sitio	2,400	1,600	3,000	1,000	1,800



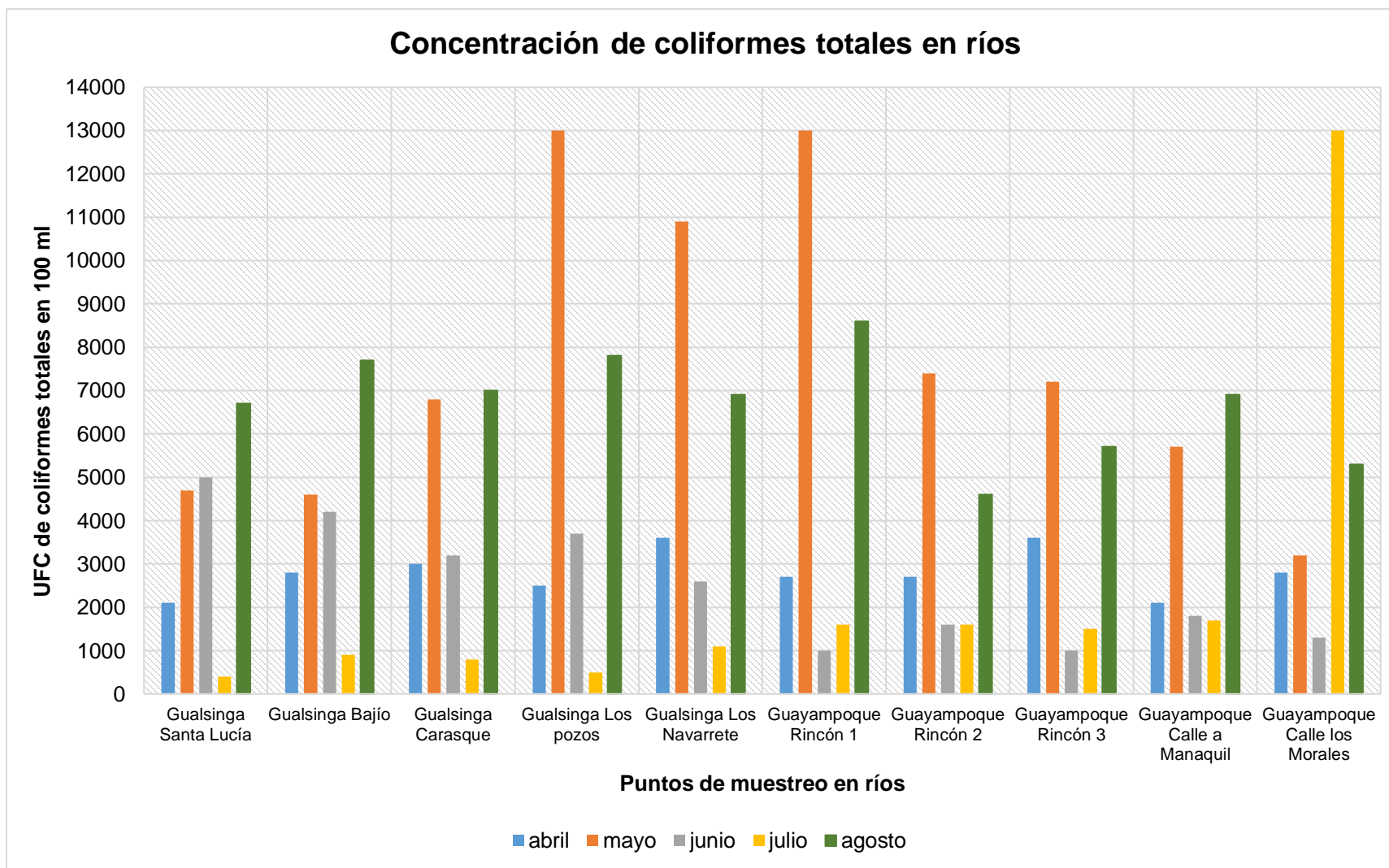
**Gráfico 1:** Concentración de coliformes totales en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018

### 6.1.2. Concentración de coliformes totales en ríos.

Los datos de coliformes totales encontrados en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, durante el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 3 y el gráfico 2. La mayor concentración de coliformes totales en el río Gualsinga se encontró en el punto Los Pozos con registro de 13,000 UFC/100 ml, y la menor concentración en el punto Santa Lucía con 400 UFC/100 ml. En el río Guayampoque los puntos que presentaron mayores concentraciones de coliformes totales fue Rincón 1 y calle a los Morales con 13,000 UFC/100 ml y los puntos con las menores concentraciones de coliformes totales fueron Rincón 1 y Rincón 3 con un valor de 1,000 UFC/100ml. Al comparar las concentraciones de coliformes totales las mayores observaciones se registraron en el río Gualsinga con 112,500 UFC/100 ml en comparación con el río Guayampoque que posee 107,100 UFC/100 ml.

**Tabla 3:** Concentraciones de coliformes totales en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Meses UFC/ 100ml	abril	mayo	junio	julio	agosto	Total	Total por río
Puntos en ríos							
Gualsinga Santa Lucía	2,100	4,700	5,000	400	6,700	18,900	112,500
Gualsinga Bajío	2,800	4,600	4,200	900	7,700	20,200	
Gualsinga Carasque	3,000	6,800	3,200	800	7,000	20,800	
Gualsinga Los pozos	2,500	13,000	3,700	500	7,800	27,500	
Gualsinga Los Navarrete	3,600	10,900	2,600	1,100	6,900	25,100	
Guayampoque Rincón 1	2,700	13,000	1,000	1,600	8,600	26,900	107,100
Guayampoque Rincón 2	2,700	7,400	1,600	1,600	4,600	17,900	
Guayampoque Rincón 3	3,600	7,200	1,000	1,500	5,700	18,600	
Guayampoque Calle a Manaquil	2,100	5,700	1,800	1,700	6,900	18,100	
Guayampoque Calle los Morales	2,800	3,200	1,300	13,000	5,300	25,600	



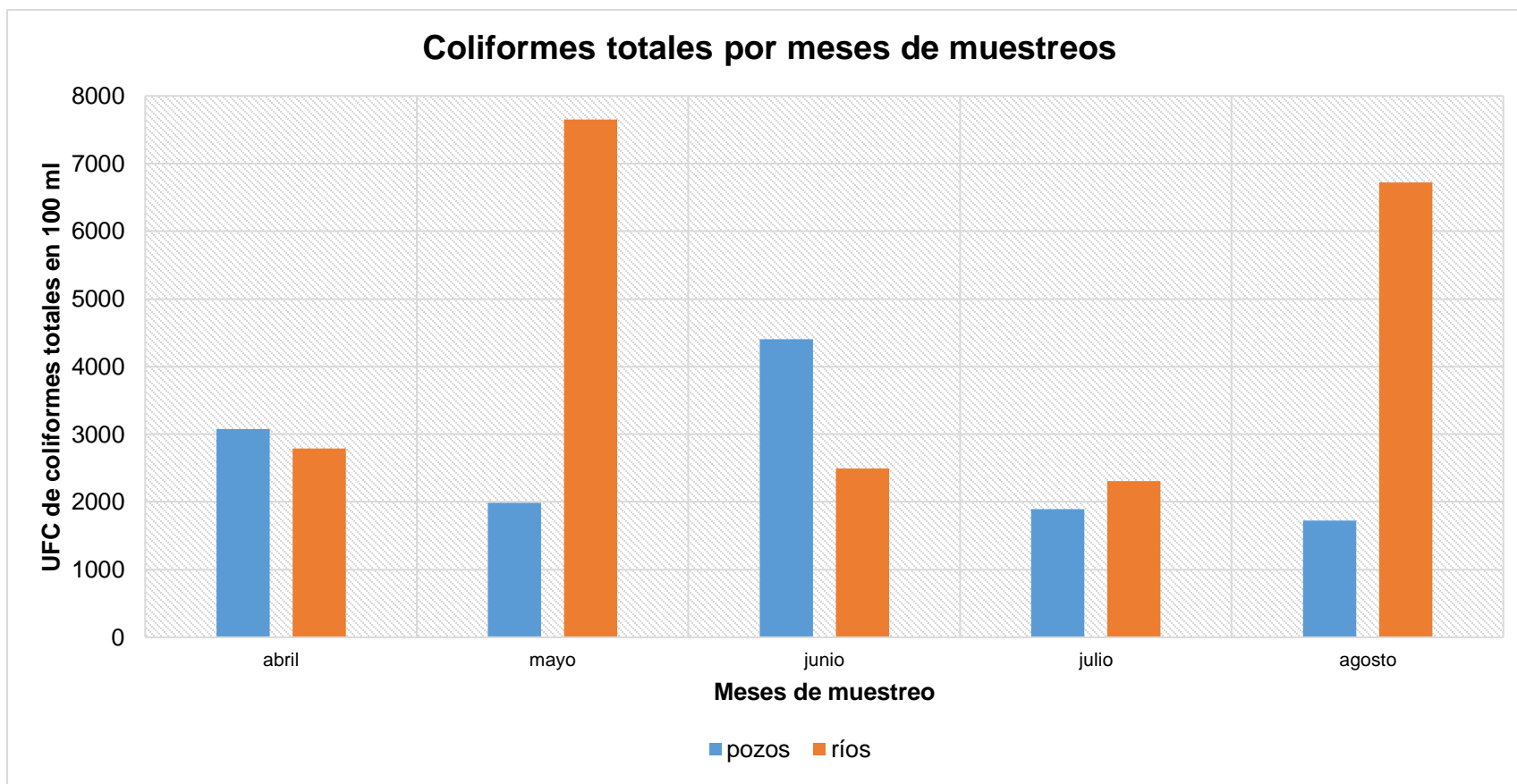
**Gráfico 2:** Concentración de coliformes totales en puntos en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.

### 6.1.3. Concentración de coliformes totales en pozos y ríos.

En la tabla 4 y gráfico 3 se presentan las concentraciones de coliformes totales obtenidos en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de coliformes totales en los pozos se presentó el mes de junio, con un valor de 4,400 UFC/100 ml. Mientras tanto, en los ríos la mayor concentración fue en mayo con un registro de 7,600 UFC/100 ml. Sin embargo, las menores concentraciones en los pozos se presentaron en agosto con 1,700 UFC/100 ml y en los ríos se observaron en julio con un total de 2,300 UFC/100 ml. Al comparar las concentraciones de coliformes totales entre ríos y pozos, los ríos presentaron los mayores valores con 4,400 UFC/100 ml y los pozos con 2,600 UFC/100 ml registraron las menores concentraciones.

**Tabla 4:** Concentraciones de coliformes totales en pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Mes	Pozos UFC/100 ml	Ríos UFC/100 ml
Abril	3,100	2,800
Mayo	2,000	7,600
Junio	4,400	2,500
Julio	1,900	2,300
Agosto	1,700	6,700
<b>Total</b>	<b>13,100</b>	<b>21,900</b>
<b>Promedio</b>	<b>2,600</b>	<b>4,400</b>



**Gráfico 3:** Promedios de coliformes totales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad en los meses de abril- agosto del año 2018

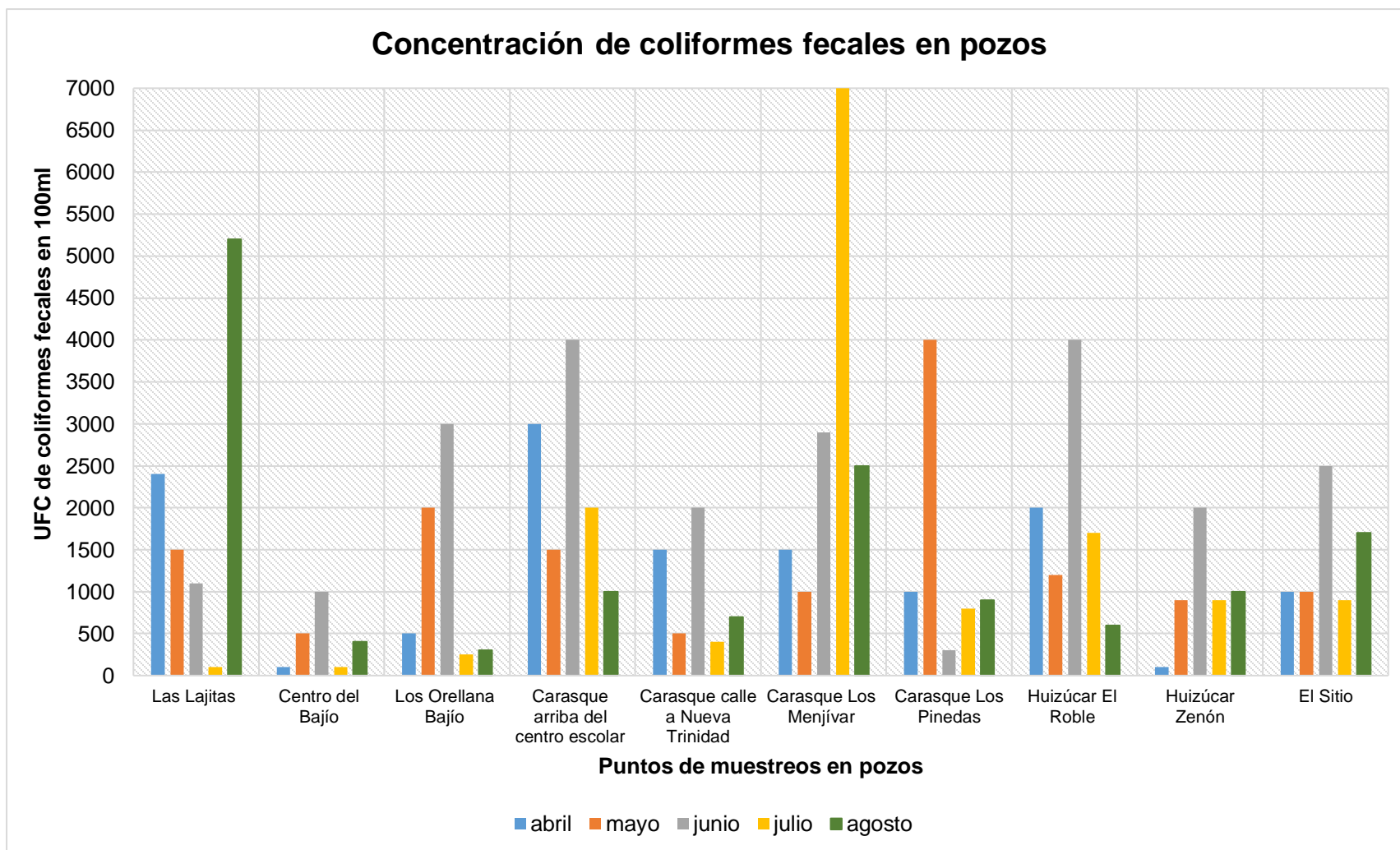
## 6.2. Concentración de coliformes fecales

### 6.2.1. Concentración de coliformes fecales en pozos.

Los datos de coliformes fecales en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, durante el período de abril-agosto en el año 2018 se presentan en la tabla 5 y el gráfico 4. Donde se observa que las mayores concentraciones de bacterias coliformes fecales se registraron en los sitios de muestreo Carasque Los Menjívar con 7,000 UFC/100 ml y Las Lajitas con valores de 5,200 UFC/100 ml. Sin embargo, las menores concentraciones las presentaron Centro del Bajío, Las Lajitas y Huizúcar Zenón con registro de 100 UFC/100 ml.

**Tabla 5:** Concentraciones de coliformes fecales en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Meses UFC/100ml	abril	mayo	junio	julio	agosto
Pozos					
Las Lajitas	2,400	1,500	1,100	100	5,200
Centro del Bajío	100	500	1,000	100	400
Los Orellana Bajío	500	2,000	3,000	200	300
Carasque arriba del centro escolar	3,000	1,500	4,000	2,000	1,000
Carasque calle a Nueva Trinidad	1,500	500	2,000	400	700
Carasque Los Menjívar	1,500	1,000	2,900	7,000	2,500
Carasque Los Pinedas	1,000	4,000	300	800	900
Huizúcar El Roble	2,000	1,200	4,000	1,700	600
Huizúcar Zenón	100	900	2,000	900	1,000
El Sitio	1,000	1,000	2,500	900	1,700



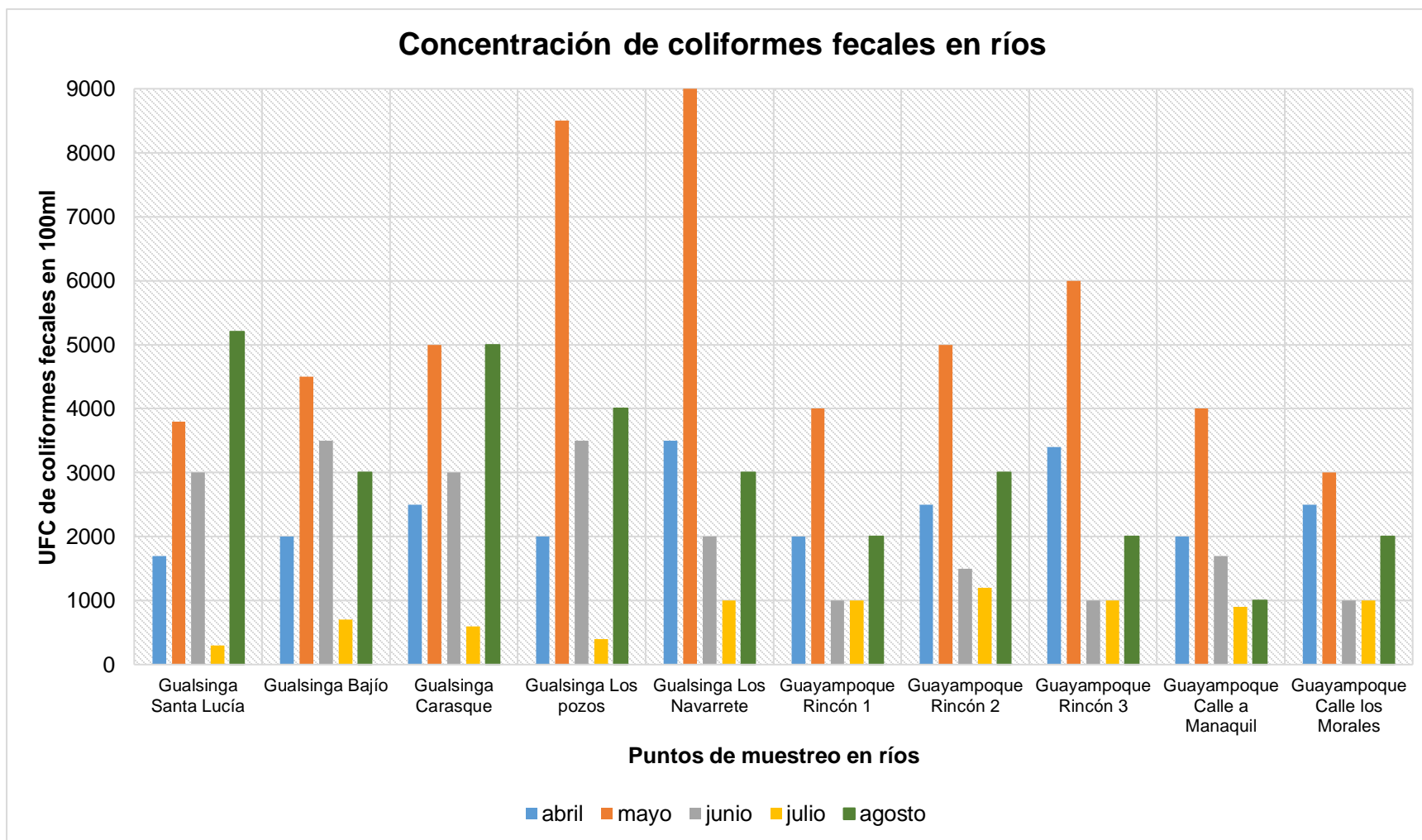
**Gráfico 4:** Concentración de coliformes fecales en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.

### 6.2.2. Concentración de Coliformes fecales en ríos.

Las concentraciones de coliformes fecales encontradas en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, desde abril–agosto del año 2018 se detallan en la tabla 6 y gráfico 5. La mayor concentración de coliformes fecales en el río Gualsinga se encontró sitio de muestreo Los Navarrete con un valor de 9,000 UFC/100 ml y la menor concentración en Santa Lucía con un valor de 300 UFC/100 ml. Además, en el río Guayampoque la mayor concentración se encontró en el punto Rincón 3 con 6,000 UFC/100 ml y la menor en Calle a Manaquil con presencia de 900 UFC/100 ml. Al comparar las concentraciones encontradas el río Gualsinga posee los mayores valores con 80,700 UFC/100 ml y el río Guayampoque se encontró 55,700 UFC/100 ml.

**Tabla 6:** Concentraciones de coliformes fecales en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Meses UFC/100 ml	abril	mayo	junio	julio	agosto	Total	Total en ríos
Puntos en ríos							
Gualsinga Santa Lucía	1,700	3,800	3,000	300	5,200	14,000	80,700
Gualsinga Bajío	2,000	4,500	3,500	700	3,000	13,700	
Gualsinga Carasque	2,500	5,000	3,000	600	5,000	16,100	
Gualsinga Los pozos	2,000	8,500	3,500	400	4,000	18,400	
Gualsinga Los Navarrete	3,500	9,000	2,000	1,000	3,000	18,500	
Guayampoque Rincón 1	2,000	4,000	1,000	1,000	2,000	10,000	55,700
Guayampoque Rincón 2	2,500	5,000	1,500	1,200	3,000	13,200	
Guayampoque Rincón 3	3,400	6,000	1,000	1,000	2,000	13,400	
Guayampoque Calle a Manaquil	2,000	4,000	1,700	900	1,000	9,600	
Guayampoque Calle los Morales	2,500	3,000	1,000	1,000	2,000	9,500	



**Gráfico 5:** Concentración de coliformes fecales en ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018

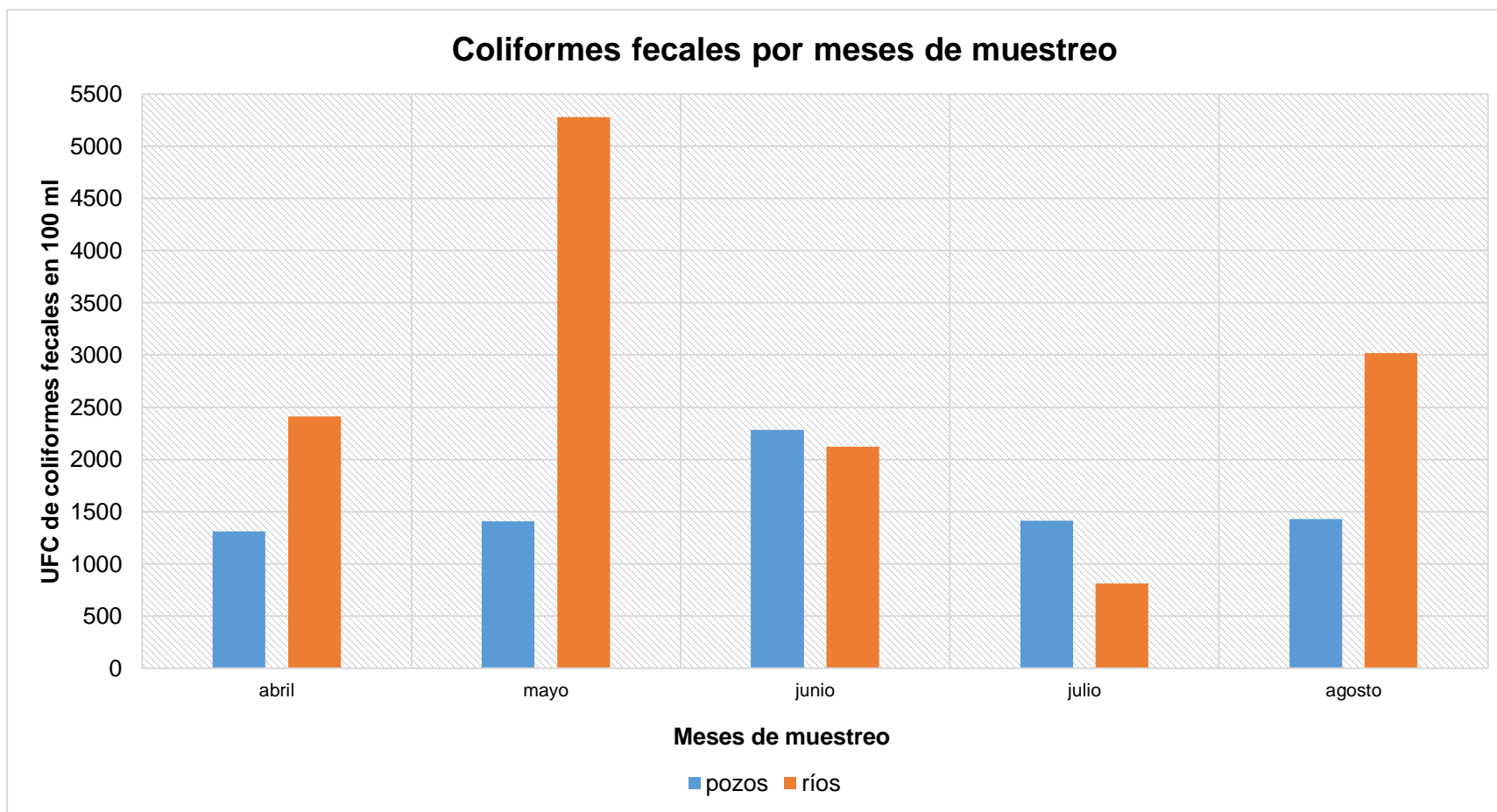
### 6.2.3. Concentración de coliformes fecales en pozos y ríos.

En la tabla 7 y el gráfico 6 se presentan los promedios de coliformes fecales obtenidos en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de coliformes fecales encontradas en los pozos fue durante el mes de junio, observándose un total de 2,300 UFC/100 ml. Mientras tanto, en los ríos se presentó en mayo con un valor de 5,300 UFC/100 ml. También, las menores concentraciones en los pozos se presentaron en abril con 1,300 UFC/100 ml y para los ríos se presentaron en julio con 800 UFC/100 ml.

Durante el estudio los ríos registraron las mayores concentraciones de coliformes fecales con un promedio de 2,700 UFC/100 ml y los pozos presentaron las menores concentraciones con 1,600 UFC/100 ml en toda la investigación.

**Tabla 7:** Concentraciones de coliformes fecales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Mes	Pozos UFC/100 ml	Ríos UFC/100 ml
Abril	1,300	2,400
Mayo	1,400	5,300
Junio	2,300	2,100
Julio	1,400	800
Agosto	1,400	3,000
$\Sigma X$	7800	13600
$\bar{X}$	1,600	2,700



**Gráfico 6:** Promedios de coliformes fecales en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalateno, por meses de abril- agosto del año 2018

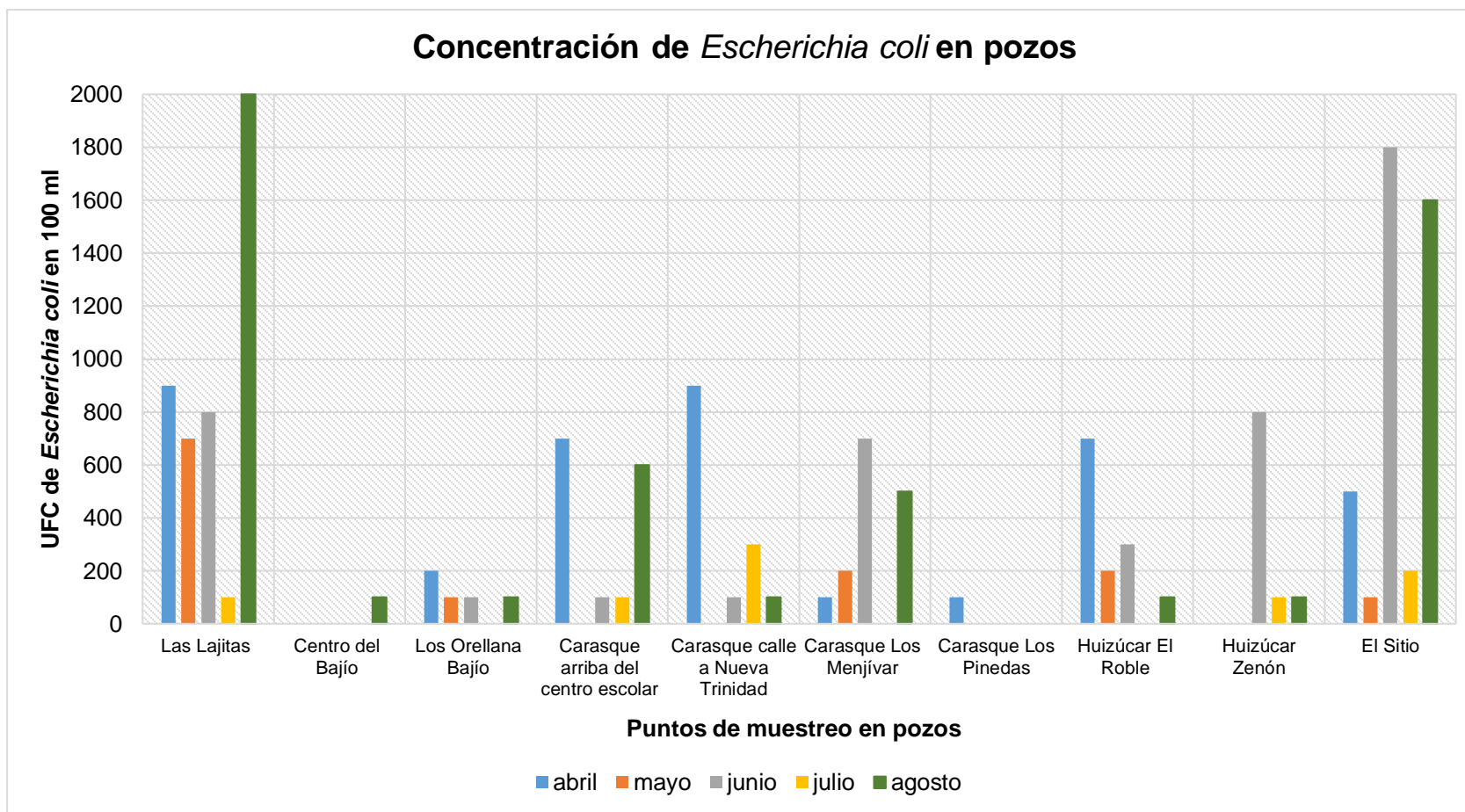
### 6.3. Concentración de *Escherichia coli*.

#### 6.3.1. Concentración de *Escherichia coli* en pozos.

Los datos de *Escherichia coli* encontrados en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 8 y gráfico 7. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de *Escherichia coli* se presentaron en los puntos Las Lajitas con valor de 2,000 UFC/100 ml y El Sitio con total de 1,800 UFC/100 ml. Sin embargo, los puntos Centro del Bajío y Carasque Los Pinedas obtuvieron presencia de *Escherichia coli* solamente en un mes con un valor de 100 UFC/100 ml durante el estudio.

**Tabla 8:** Concentraciones de *Escherichia coli* en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Meses UFC/100 ml	abril	mayo	junio	julio	agosto
Pozos					
Las Lajitas	900	700	800	100	2,000
Centro del Bajío	0	0	0	0	100
Los Orellana Bajío	200	100	100	0	100
Carasque arriba del centro escolar	700	0	100	100	600
Carasque calle a Nueva Trinidad	900	0	100	300	100
Carasque Los Menjívar	100	200	700	0	500
Carasque Los Pinedas	100	0	0	0	0
Huizúcar El Roble	700	200	300	0	100
Huizúcar Zenón	0	0	800	100	100
El Sitio	500	100	1,800	200	1,600



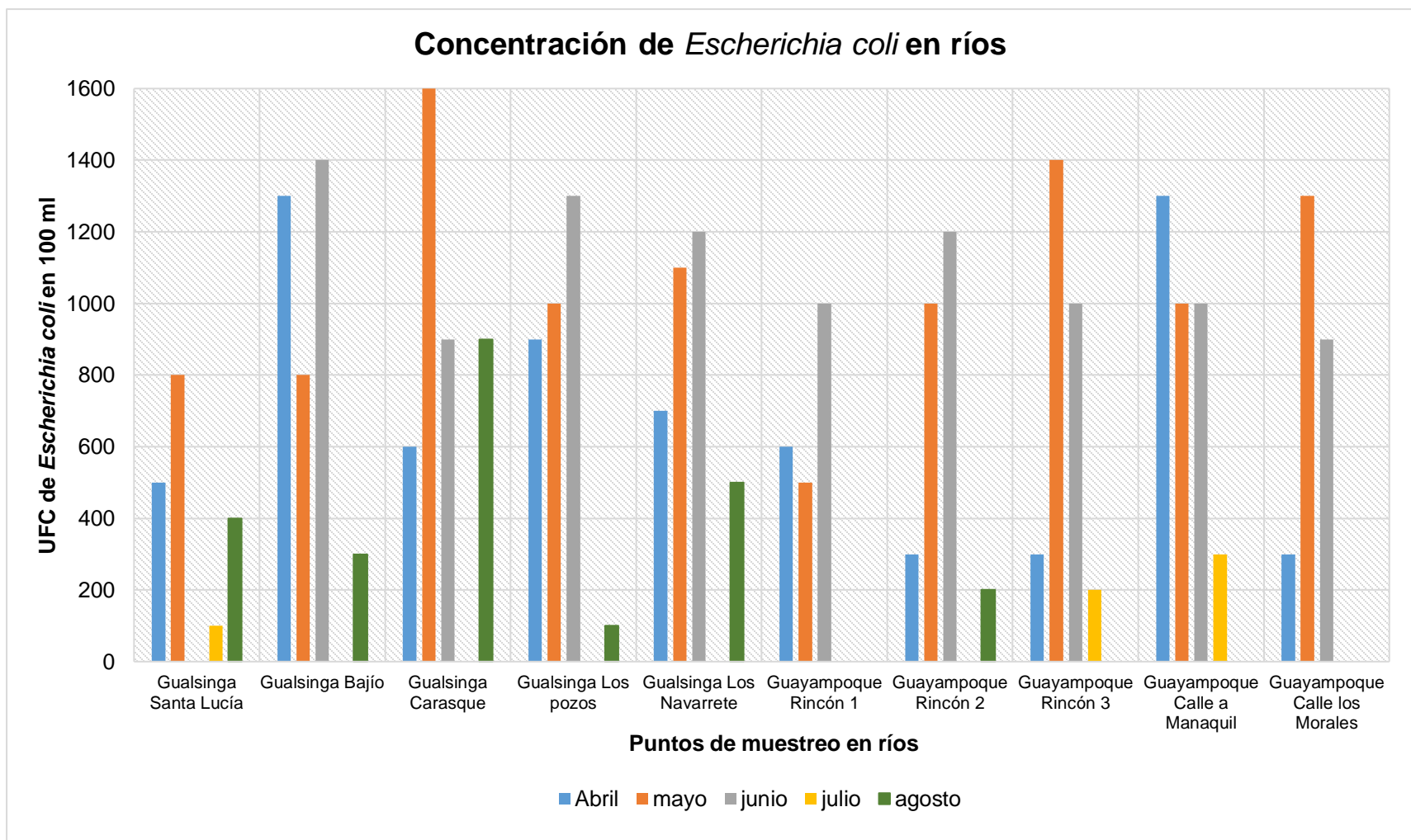
**Gráfico 7:** Concentración de *Escherichia coli* en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018

### 6.3.2. Concentración de *Escherichia coli* en ríos.

Los datos de *Escherichia coli* encontrados en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 9 y el gráfico 8. Los resultados muestran que en el río Gualsinga los puntos que presentaron la mayor concentración de *Escherichia coli* fue Gualsinga Carasque con total de 1,600 UFC/100 ml. Sin embargo, en el río Guayampoque las mayores concentraciones se presentaron en los puntos Calle a Manaquil con valores de 1,400 UFC/100 ml. Al comparar los dos ríos el río Gualsinga presentó un total de 16,400 UFC/100 ml y el río Guayampoque 13,800 UFC/100 ml.

**Tabla 9:** Concentraciones de *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Meses UFC/100 ml	Abril	mayo	junio	julio	agosto	Total	Total, en río
Puntos en ríos							
Gualsinga Santa Lucía	500	800	0	100	400	1,800	16,400
Gualsinga Bajío	1,300	800	1,400	0	300	3,800	
Gualsinga Carasque	600	1,600	900	0	900	4,000	
Gualsinga Los pozos	900	1,000	1,300	0	100	3,300	
Gualsinga Los Navarrete	700	1,100	1,200	0	500	3,500	
Guayampoque Rincón 1	600	500	1,000	0	0	2,100	13,800
Guayampoque Rincón 2	300	1,000	1,200	0	200	2,700	
Guayampoque Rincón 3	300	1,400	1,000	200	0	2,900	
Guayampoque Calle a Manaquil	1,300	1,000	1,000	300	0	3,600	
Guayampoque Calle los Morales	300	1,300	900	0	0	2,500	



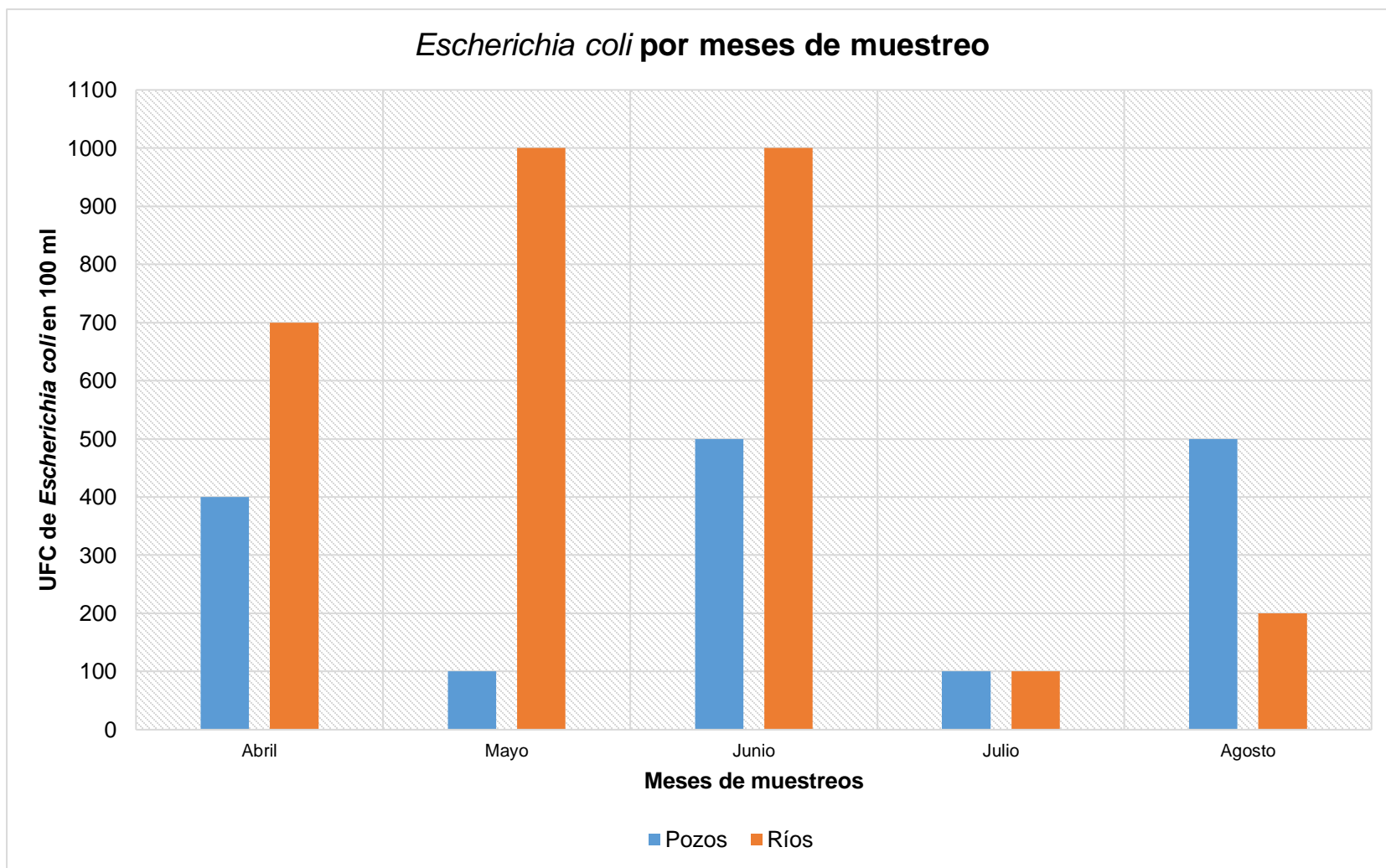
**Gráfico 8:** Concentración de *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018

### 6.3.3. Promedios de *Escherichia coli* en pozos y ríos.

Los promedios de *Escherichia coli* obtenidos en pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril- agosto del año 2018 se presentan en la tabla 10 y el gráfico 9. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de *Escherichia coli* encontradas en los pozos fue durante los meses de junio y agosto con valor de 500 UFC/100 ml, y en los ríos fue durante los meses de mayo y junio registrando 1,000 UFC/100 ml. Sin embargo, en ambos sitios las menores concentraciones se presentaron en el mes de julio encontrando en pozos y ríos 100 UFC/100 ml. Al comparar los sitios de estudio los pozos poseen menores concentraciones de *Escherichia coli* con promedios de 300 UFC/100 ml en comparación con los puntos en ríos que obtuvieron 600 UFC/100 ml.

**Tabla 10:** Concentraciones de *Escherichia coli* en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Mes	Pozos UFC/100 ml	Ríos UFC/100 ml
Abril	400	700
Mayo	100	1,000
Junio	500	1,000
Julio	100	100
Agosto	500	200
<b>Total</b>	<b>1,600</b>	<b>3,000</b>
<b>Promedio</b>	<b>300</b>	<b>600</b>



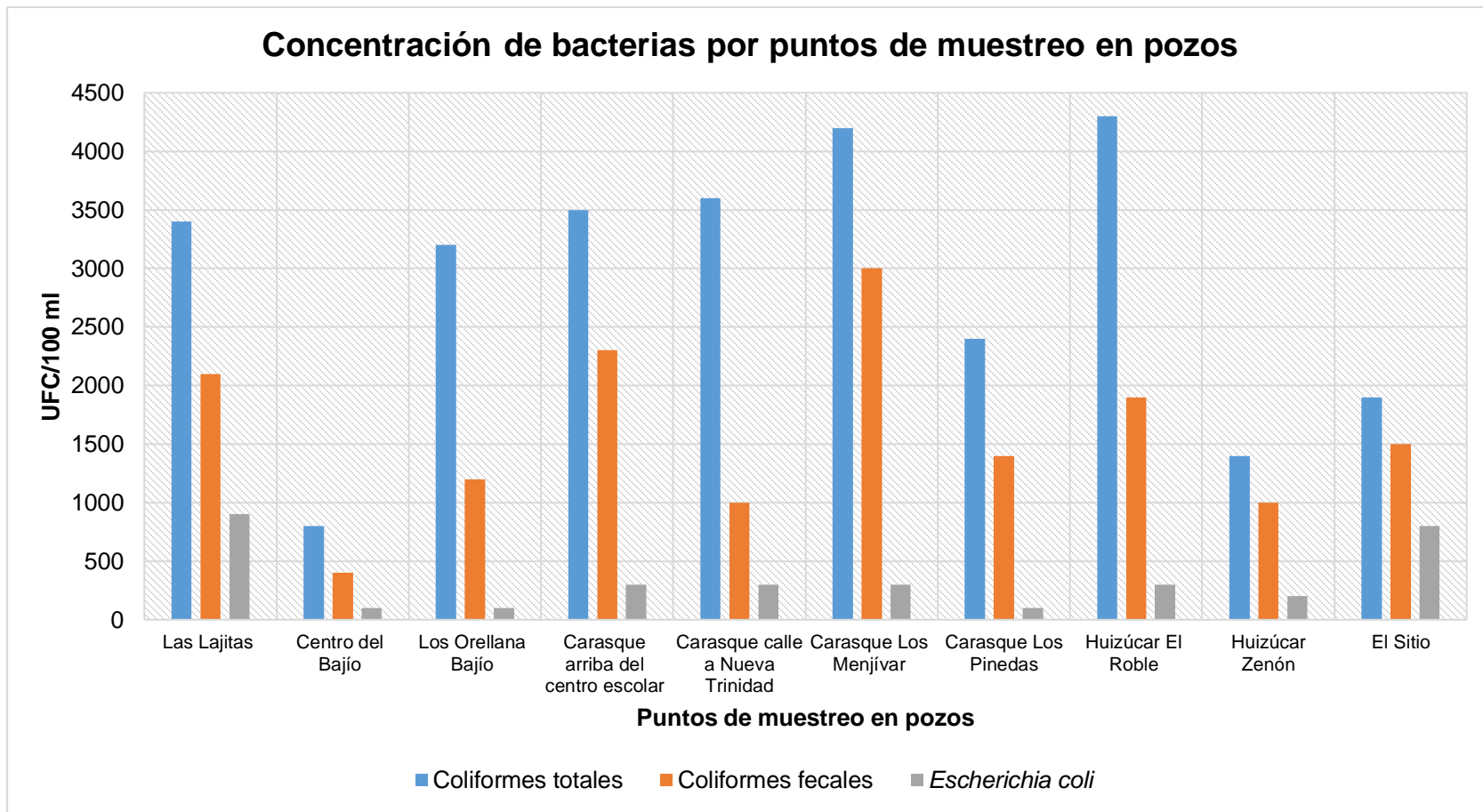
**Gráfico 9:** Promedios de *Escherichia coli* en los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril- agosto del año 2018

#### 6.4. Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en pozos.

Los datos de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los puntos de muestreo en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 11 y gráfico 10. Los resultados nos muestran que las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* los presentaron los puntos: Carasque Los Menjívar 7,500 UFC/100 ml, Huizúcar El Roble con valores de 6,500 UFC/100 ml y Las Lajitas con 6,400 UFC/100 ml. Sin embargo, los pozos que menores concentraciones de bacterias presentaron fueron: Centro del Bajío con registro de 1,300 UFC/100 ml y Huizúcar Zenón con 2,600 UFC/100 ml.

**Tabla 11:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto de 2018

Bacterias UFC/100 ml	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Total
Pozos				
Las Lajitas	3,400	2,100	900	6,400
Centro del Bajío	800	400	100	1,300
Los Orellana Bajío	3,200	1,200	100	4,500
Carasque arriba del centro escolar	3,500	2,300	300	6,100
Carasque calle a Nueva Trinidad	3,600	1,000	300	4,900
Carasque Los Menjívar	4,200	3,000	300	7,500
Carasque Los Pinedas	2,400	1,400	100	3,900
Huizúcar El Roble	4,300	1,900	300	6,500
Huizúcar Zenón	1,400	1,000	200	2,600
El Sitio	1,900	1,500	800	4,200



**Gráfico 10:** Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril- agosto de 2018

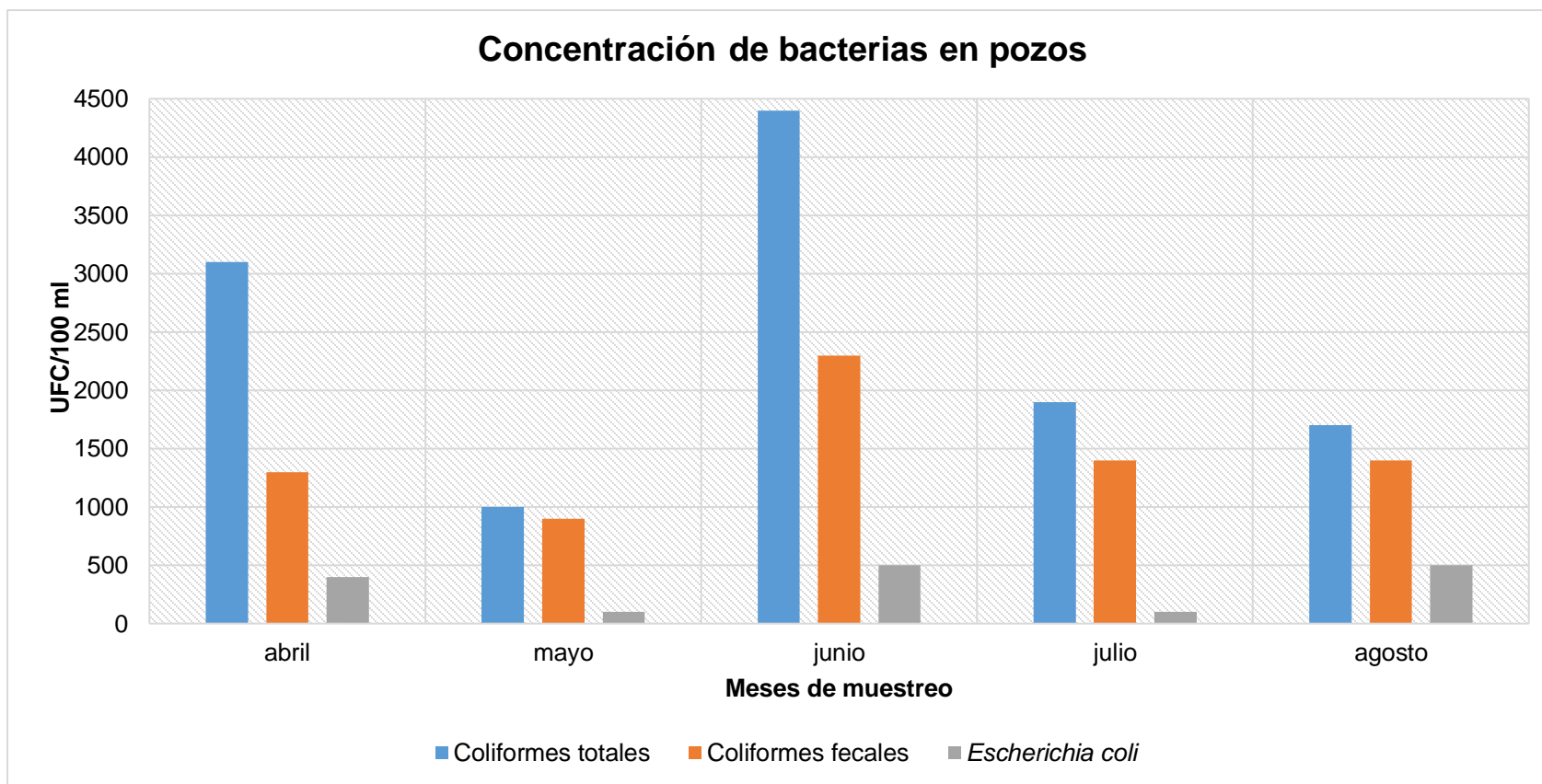
#### 6.4.1. Concentraciones de bacterias en los pozos en el período de abril-agosto del año 2018.

Los datos de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los meses de muestreo en pozos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 12 y gráfico 11.

Las mayores concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* se registraron en el mes de junio con un total de 7,200 UFC/100 ml y el mes en que menores concentraciones se registraron fueron en mayo con un valor de 2,500 UFC/100 ml.

**Tabla 12:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Bacterias UFC/100 ml	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Total
Mes				
abril	3,100	1,300	400	4,800
mayo	1,000	900	100	2,500
junio	4,400	2,300	500	7,200
julio	1,900	1400	100	3,400
agosto	1,700	1,400	500	3,600



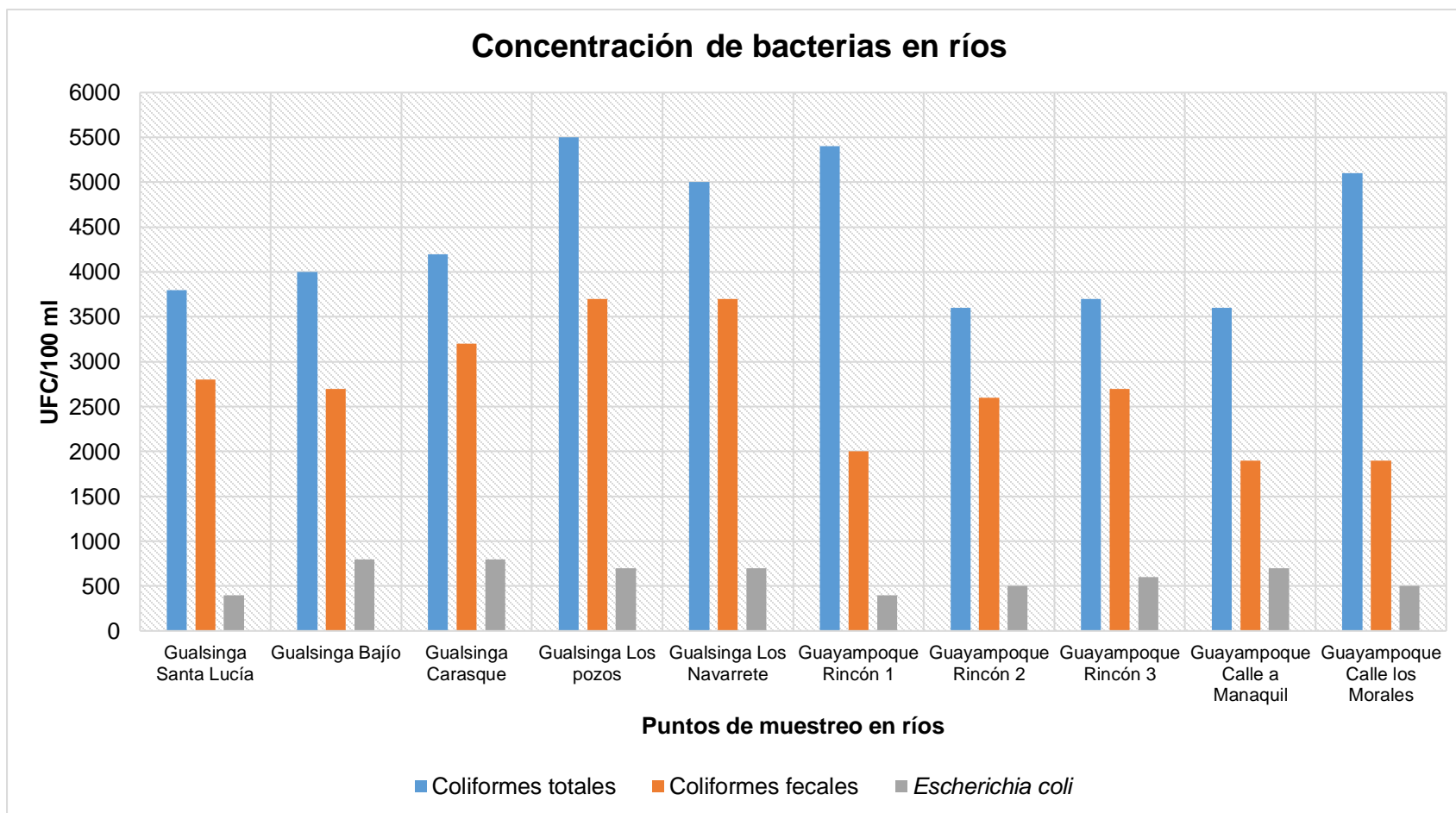
**Gráfico 11:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los pozos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

## 6.5. Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en ríos.

Los datos de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* por puntos de muestreo en los ríos Gualsinga y Guayampoque del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 13 y gráfico 12. El punto en el río Gualsinga que presentó la mayor contaminación de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* fue: Los Navarrete con 9,900 UFC/100 ml y el punto con la menor concentración fue Santa Lucía con un total de 7,000 UFC/100 ml. Sin embargo, en el río Guayampoque el punto que obtuvo la mayor concentración fue Rincón 1 con valor de 7,800 UFC/100 ml y la menor concentración la presentó Calle a Manaquil con registro de 6,200 UFC/100 ml.

**Tabla 13:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Bacterias UFC/100 ml	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Total
Puntos en ríos				
Gualsinga Santa Lucía	3,800	2,800	400	7,000
Gualsinga Bajío	4,000	2,700	800	7,500
Gualsinga Carasque	4,200	3,200	800	8,200
Gualsinga Los pozos	5,500	3,700	700	9,900
Gualsinga Los Navarrete	5,000	3,700	700	9,400
Guayampoque Rincón 1	5,400	2,000	400	7,800
Guayampoque Rincón 2	3,600	2,600	500	6,700
Guayampoque Rincón 3	3,700	2,700	600	7,000
Guayampoque Calle a Manaquil	3,600	1,900	700	6,200
Guayampoque Calle los Morales	5,100	1,900	500	7,500



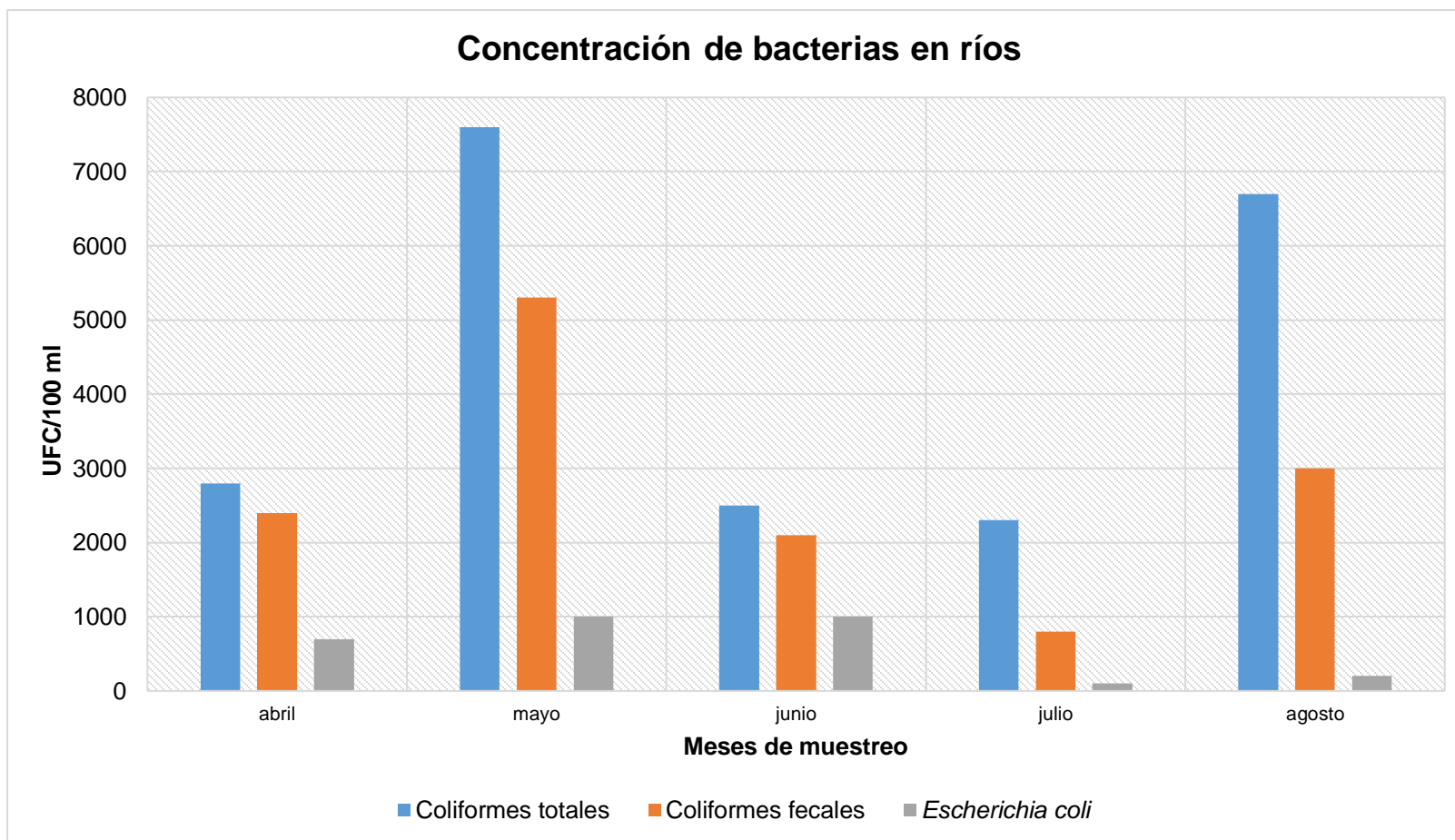
**Gráfico 12:** Concentraciones de bacterias por puntos de muestreo en los ríos del Municipio Nueva Trinidad, Chalateno en los meses de abril-agosto de 2018.

### 6.5.1 Concentraciones de bacterias en los ríos en el período de abril-agosto del año 2018.

Los datos de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los meses de muestreo en ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018 se presentan en la tabla 14 y gráfico 13. Los resultados muestran que las mayores concentraciones de bacterias fue el mes de mayo con registro de 13,900 UFC/100 ml, sin embargo, el mes con menor concentración de bacterias registradas en el estudio fue julio con un valor de 3,200 UFC/100 ml.

**Tabla 14:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto de 2018

Bacterias UFC/100 ml	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	Total
Meses				
abril	2,800	2,400	700	5,900
mayo	7,600	5,300	1,000	13,900
junio	2,500	2,100	1,000	5,600
julio	2,300	800	100	3,200
agosto	6,700	3,000	200	9,900



**Gráfico 13:** Concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en los meses de abril-agosto del año 2018.

## 6.6. Factores físicos.

Los resultados de los parámetros físicos encontrados en el agua de pozo y ríos del municipio de Nueva Trinidad se presentan en la tabla 15, encontrando en pozos valores de pH entre 3.3-10.2, con respecto a la turbidez menor a 5 NTU, la temperatura de agua 22.4-36.2 °C y temperatura del ambiente entre 22.6-29.0 °C. Así mismo, en los ríos se encontraron valores de pH entre 4.0-10.9, turbidez menor a 10 NTU, temperatura de agua 23.2-28.0 °C y temperatura del ambiente entre 23.0-30.0 °C.

**Tabla 15:** Factores físicos del agua de pozo y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango en el período de abril-agosto de 2018.

Sitios	pH	Turbidez	Temperatura de agua	Temperatura ambiental
<b>Pozos</b>				
Las Lajitas	6.5-10.2	< 5 NTU	26.2-28.5 °C	23.0-27.0 °C
Centro del Bajío	3.8-9.1	< 5 NTU	27.5-27.7 °C	23.0-26.0 °C
Los Orellana Bajío	7.3-9.3	< 5 NTU	24.0-26.2 °C	23.5-27.0 °C
Carasque arriba del centro escolar	7.3-8.8	< 5 NTU	24.7-26.1 °C	22.6-26.0 °C
Carasque calle a Nueva Trinidad	6.2-9.1	< 5 NTU	24.5-24.9 °C	24.0-27.0 °C
Carasque Los Menjívar	5.0-8.3	< 5 NTU	24.9-26.1 °C	24.0-25.0 °C
Carasque Los Pinedas	6.1-8.6	< 5 NTU	23.4-27.9 °C	23.0-29.0 °C
Huizúcar El Roble	5.5-9.9	< 5 NTU	22.4-36.2 °C	24.0-27.0 °C
Huizúcar Zenón	3.3-9.2	< 5 NTU	23.0-26.6 °C	23.5-27.0 °C
El Sitio	4.5-7.6	< 5 NTU	25.1-25.8 °C	23.0-27.0 °C
<b>Ríos</b>				
Gualsinga Santa Lucia	7.3-10.9	< 10 NTU	24.0-27.0 °C	23.0-27.0 °C
Gualsinga Bajío	7.4-10.4	< 10 NTU	24.4-27.3 °C	23.0-26.0 °C
Gualsinga Carasque	4.0-9.5	< 10 NTU	24.3-27.1 °C	23.5-27.0 °C
Gualsinga Los pozos	8.6-10.7	< 10 NTU	24.4-27.7 °C	24.0-28.0 °C
Gualsinga Los Navarrete	4.7-10.4	< 10 NTU	24.5-28.0 °C	23.0-27.0 °C
Guayampoque Rincón 1	7.6-10.4	< 10 NTU	23.2-26.0 °C	26.0-28.0 °C
Guayampoque Rincón 2	5.8-10.2	< 10 NTU	24.0-26.1 °C	25.0-28.5 °C
Guayampoque Rincón 3	6.3-10.1	< 10 NTU	23.5-26.8 °C	25.0-28.0 °C
Guayampoque Calle a Manaquil	5.1-9.9	< 10 NTU	23.7-26.8 °C	25.0-30.0 °C
Guayampoque Calle los Morales	5.8-10.2	< 10 NTU	24.0-27.3 °C	26.0-30.0 °C

## 6.7. Análisis estadístico

### 6.7.1. Correlación de Pearson

Se realizó una prueba de correlación de Pearson para establecer si en cada grupo de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* existe una correlación positiva o negativa entre los pozos y los ríos del municipio de Nueva Trinidad. Estos resultados se presentan en la siguiente tabla 16:

Tabla 16: Resultados de correlación de Pearson en pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018

BACTERIA	Sitio	Valor calculado de correlación de Pearson	Tipo de correlación
Coliformes totales	Pozos	0.33	Correlación positiva media
	Ríos		
Coliformes fecales	Pozos	0.47	Correlación positiva media
	Ríos		
<i>Escherichia coli</i>	Pozos	0.88	Correlación positiva muy fuerte
	Ríos		

Según Sampieri et al. 2010, el coeficiente  $r$  de Pearson puede variar de  $-1.00$  a  $+1.00$  y en la presente investigación se encontraron los valores calculados dentro del rango de  $0-1.00$  y eso determinan que, si existe una correlación positiva en las concentraciones de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* entre los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad. Por ende, a mayores concentraciones de bacterias coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en los pozos mayores fueron las concentraciones encontradas en los ríos.

### 6.7.2. T Student

Mediante el análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018, donde se planteó como hipótesis de investigación que si existe diferencia significativa en las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* entre el agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango; proponiendo como hipótesis nula que al analizar el agua de pozos y ríos no existiría diferencia significativa en las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Para comprobar las hipótesis se realizó el análisis estadístico T Student en el programa SPSS y los resultados se presentan en la tabla 16.

**Tabla 17:** Resultados de estadístico T Student en pozos y ríos del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango, en el período de abril-agosto del año 2018

BACTERIA	Sitio	Media	Valor de T	T (valor de significancia)
Coliformes totales	Pozos	2870	3.38	0.003
	Ríos	4390		
Coliformes fecales	Pozos	1580	3.56	0.002
	Ríos	2720		
<i>Escherichia coli</i>	Pozos	340.00	2.65	0.016
	Ríos	610.00		

Con el 95% intervalo de confianza.

El estadístico muestra que todas las variables (bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*) presentan valores de significancia menores de 0.05% por lo cual se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis del trabajo de investigación, determinando que, si existe diferencia significativa en las concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* entre el agua de los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad.

## VII. DISCUSIÓN

En la presente investigación el 100% de pozos muestreados presentaron contaminación por coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*; estos resultados concuerdan con Félix et al. (2007), donde estudiaron la “*Calidad microbiológica de agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora México*” y determinaron que el 100% de los pozos analizados poseen coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*. También, Avila-Estuñipan (2011), evaluaron la calidad de agua de la zona rural (agua natural o cruda) y de la zona urbana (agua de grifos clorada) del municipio de Guatavita, Cundimarca, Colombia, donde analizaron cinco muestras de agua de zona urbana y ocho muestras de agua de zona rural registrando que el agua de zona urbana clorada es apta para consumo humano y el agua de zona rural presentó valores de coliformes totales de 264 UFC/cm<sup>3</sup> y *Escherichia coli* de 157 UFC/cm<sup>3</sup> demostrando que el 100 % del agua de la zona rural no es apta para consumo humano.

Los estudio de Félix et al. (2007) y Avila y Estuñipan, así como los resultados encontrados en el agua del Municipio de Nueva Trinidad presentan la característica que se han realizado en zona rural del país, con similares condiciones en el ambiente entre ellas; las zonas rurales presentan fuentes de contaminación principalmente por vertimientos de abonos, pesticidas (insecticidas y herbicidas) por la agricultura, el uso de detergentes por las personas que llegan a lavar y bañarse en los pozos provocando eutrofización y eso favorece el número de microorganismos en el agua (Iglesias 2003, Aguilar 2014, Rodríguez et al. 2014), también, la contaminación puede deberse a la falta de servicio de agua residuales y presencia de fosa sépticas cercana a pozos (López 2012), y por excretas ganaderas que directamente a través de escurrimientos e infiltraciones llegan a los pozos ( Pino et al. 2012, Sigler y Bauler 2012).

Los pozos que presentaron menor contaminación de bacterias en el transcurso de la investigación fueron: centro del Bajío con

valor de 1,300 UFC/100 ml y Huizucar Zenón con registro de 2,600 UFC/100 ml, estos sitios tienen la característica que se encuentran alejados de asentamientos poblacionales y de presencia de ganadería. Este estudio concuerda con Perdomo et al. (2001), donde analizaron la contaminación de agua subterráneas en Uruguay y evaluaron 355 muestras

de agua subterránea y de pozo en el cual midieron la significancia de la distancia de pozos con la población, demostrando que los pozos que se encuentran más cercanos a los asentamientos poblacionales y animales poseen mayor contaminación que los pozos que se encuentran alejados a 50 metros de distancia. Así mismo, los pozos alejados de residuos de origen animal presentan menor contaminación (Sigler y Bauler 2012).

En los pozos del municipio de Nueva Trinidad en el período de abril-agosto del año 2018, el mes con mayor concentración de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* fue junio con un total de 7,200 UFC/100 ml estos resultados concuerdan con Quintero-Herrera (2009), quienes evaluaron la calidad bacteriológica del agua subterráneas del municipio de Valledupar-Cesar encontrando que las mayores concentraciones de coliformes totales y fecales fue durante mayo y junio, así mismo Félix et al. (2007), en su estudio de calidad microbiológica de agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora de México determinaron que los meses donde la época de lluviosa inicia, aumentaron las concentraciones de bacterias en el agua de sus pozos analizados, mismo comportamiento que los pozos del municipio de Nueva Trinidad, porque durante la época lluviosa aumentaron las concentraciones de bacterias en los pozos debido a las escorrentías, que trasladan desechos de animales y humanos, provocan erosión de los suelos y trasladan gran cantidad de nutrientes a las aguas de pozos (Corrales et al. 2014).

Las concentraciones registradas en los ríos del municipio de Nueva Trinidad Chalatenango en el período de abril-agosto del año 2018 fue de la siguiente manera: coliformes totales presentó 21,900 UFC/100 ml, coliformes fecales un valor de 13,600 y *Escherichia coli* un total de 3,000 UFC/100 ml, resultando que el 100% de los puntos muestreados en los ríos del municipio se encuentran contaminados; estos resultados concuerdan con Martínez et al. (2009), en el cual realizaron un monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del río Nazas, México encontrando el 100% de las muestras contaminadas con coliformes totales y *Escherichia coli*, de igual manera concuerda con Portillo (2003), quien realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de coliformes en la cuenca media del río Grande de San Miguel registrando que todos los puntos analizados presentan contaminación de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli*.

Otros estudios también concuerdan con los resultados encontrados en el municipio de Nueva Trinidad entre ellos se encuentran Barrientos et al. (2005), en su análisis de la calidad microbiológica del agua y los riesgos de dos acueductos rurales en el estado de Vargas, Venezuela, analizaron 9 muestras en cada río y registraron que el 100% de las cuencas presentan contaminación por coliformes totales y fecales. También, la investigación del municipio de Nueva Trinidad concuerda con Cordero et al. (2005), donde realizaron un diagnóstico de la calidad de agua en la época seca en el canal principal del río Jiboa analizando ocho puntos de muestreo, encontrando “regular” calidad de agua y conforme va aumentando el recorrido su composición provoca descenso y se convierte a “mala” calidad de agua.

Estos estudios demuestran que la contaminación de los ríos está aumentando en todas partes del mundo y según Barba (2002), el 90% de ríos de El Salvador se encuentran contaminados por materia fecal siendo las zonas rurales del país las más propensas a la contaminación por la expansión de la agricultura y ganadería, la mala disposición de heces de humanos y desechos de origen animal de sangre caliente que son transportados a las riberas de los ríos (Cuellar 2001, Escobar 2002).

Las mayores concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en los ríos del municipio de Nueva Trinidad se presentaron en el mes de mayo; estos resultados concuerda con (Acosta 2015), quien analizó la calidad de agua del río San Sebastián del caserío San Sebastián municipio de Santa Rosa de Lima departamento de La Unión muestreando un punto en la parte media del río en época lluviosa y en época seca, encontrando que en época lluviosa incrementan las cantidades de bacterias por el aumento del cauce y escorrentías, así mismo Rivera et al. (2004), analizaron la calidad de agua de los ríos Cautín e Imperial IX Región de Chile determinado que en época de invierno se registraron mayores concentraciones de bacterias. Eso debido a la variabilidad climática implicando fuertes lluvias de poca duración que no permite que existe mucha infiltración trasladando los sedimentos de prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas a los ríos y océanos (CESTA 2011).

En el río Gualsinga las mayores concentraciones de bacterias se encontraron en los puntos situados cercano a la desembocadura al río Sumpul siendo los puntos río

Gualsinga Los Pozos con 9,900 UFC/100 ml y Los Navarrete con total de 9,400 UFC/100ml, esta investigación concuerda con Chan y Peña (2014), en el cual analizaron la calidad de agua de tres ríos utilizada para consumo humano encontrando que los puntos localizados en las cabeceras de los ríos presentaron los valores de coliformes totales y fecales bajos. Mientras; los puntos localizados en la desembocadura de los ríos presentaron promedios mayores de concentraciones de bacterias. Así mismo los resultados encontrados, concuerda con MARN (2004), en su análisis de la calidad de agua de la cuenca alta del río Lempa El Salvador, reportando que las aguas del río se van deteriorando mientras va avanzando sus cauces, dicha contaminación es principalmente por las heces de origen animal y humano al aire libre cerca de los ríos, uso de agroquímicos en la agricultura y pastoreo de ganados, en sus cauces (Acosta 2015, Cuerpo de Ingenieros 1998).

Mientras tanto en el río Guayampoque no se comportó de la misma manera ya que el primer punto muestreado Guayampoque Rincón 1 fue el que presentó las mayores concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* con un total de 7,800 UFC/100 ml y el punto con menores concentraciones fue Guayampoque calle a Manaquil con un valor de 6,200 UFC/100 ml, no concordando con el estudio de Chan y Peña (2014), en el cual encontraron mayor contaminación en las partes bajas que en la cabecera de los ríos pero concuerda con Portillo (2003), quien analizó el agua de la parte media del río Grande de San Miguel concluyendo que el río posee un mecanismo de autodepuración y eso conlleva a que no aumente la contaminación hasta la desembocadura.

En el punto Rincón 1 del río Guayampoque se observó gran presencia de ganadería en su cauce y eso conlleva a que la mayoría de terrenos a las orillas de los ríos son convertidos en pasto para ganado realizando tala, destrucción y modificación de la vegetación de las riberas, reduciendo la calidad del hábitat fluvial y el funcionamiento del ecosistema (Sergi 2009), esos nutrientes orgánicos que los animales dejan en el cauce del río sirven como alimento para bacterias aeróbicas y provocan una proliferación de las poblaciones acuáticas naturales de estos microorganismos (Valencia et al. 2007).

Las concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* fueron mayores en el río Gualsinga comparado con el río Guayampo que esto puede deberse a que el río Gualsinga posee mayor cantidad de núcleos poblacionales en su recorrido, su cauce es mucho más grande y es utilizado principalmente como abrevadero para ganado en comparación con el río Guayampo que posee poca población en su ribera, cauce más pequeño y poco utilizado como abrevadero de ganado; estos resultados concuerdan con Portillo (2003), quien encontró que los ríos más contaminados son los que poseen en su cauce presencia de ganadería y gran cantidad de núcleos poblacionales, también, Coello et al. (2013), encontraron que mientras más actividad ganadera y población cercana a las cuencas mayor contaminación poseen los ríos, así mismo, Chan-Peña (2014), determinaron que los ríos con menos cuenca y longitud poseen menor exposición a contaminación.

Al realizar el análisis estadístico t-Student las concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en los sitios de muestreo presentaron una diferencia significativa entre las los pozos y los ríos, registrando en los ríos los mayores promedios en las concentraciones de bacterias y en los pozos los menores promedios. Este estudio concuerda con Acosta (2015), donde determino la calidad de agua de la parte media del río San Sebastián y dos pozos artesanales, realizando un muestreo en época lluviosa y uno en época seca registrando los promedios de concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales más altos en los ríos que en los pozos. También la presente investigación concuerda con Prieto (2017), en su análisis de cuatro fuentes de aguas naturales, un pozo y un río, encontrando que las fuentes naturales y el pozo usencia de microorganismos indicadores de contaminación y en el río los parámetros microbiológicos superaron el decreto 140/2003.

Esta contaminación diferencial en los sitios de muestreos pueda deberse a la exposición que presentan los ríos en comparación de los pozos, ya que en los ríos vierten desechos de origen animal sin control, se usan como recreación, depositan cuerpos de animales en sus cauces y existe el pastoreo de bovinos (Escobar 2002, Cordero 2005).

Según Madigan et al. (2009), la temperatura promedio para que un microorganismo se reproduzca y crezca es de 25.0-40.0 °C, la temperatura que se registró en el agua de los pozos fue de 22.4-36.2 °C y la temperatura en el ambiente de 23.0-29.0 °C, mientras que, los ríos presentaron una temperatura de agua de 23.5-28.0 °C y temperatura de ambiente de 23.0- 30.0 °C, datos que se encuentran en su mayoría dentro del rango, siendo este un factor que favorece la presencia de los microorganismos en el agua de los pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad. Así mismo, se estudió el pH en cada uno de los sitios de muestreo, encontrando un rango de 3.3-10.2, entre ellos los pozos Centro del Bajío y Huizúcar Zenón presentaron los valores de pH más bajos respectivamente 3.3 y 3.8. Apella y Araujo (2005) exponen que el crecimiento de microorganismo se ve favorecido por un pH entre 6.0-7.0, mientras que un pH ácido o básico afectan la estabilidad de la membrana plasmática de los microorganismos, inhiben enzimas, y reduce el crecimiento de las bacterias; por ende, este es un factor vinculante con los registros obtenidos en estos pozos debido que fueron los que presentaron menores concentraciones de bacterias durante toda la investigación.

Otro factor importante es la turbidez que presentaron los pozos de <5 NTU y ríos <10 NTU, tomando en cuenta, la norma salvadoreña de calidad de agua potable NSO 13.07.01:08 (anexo 7) la turbidez no debe ser >5 NTU porque aumenta la probabilidad de encontrar mayor cantidad de microorganismos dado que eso indica que las aguas poseen gran cantidad de materia orgánica que es aprovechada por ellos, este puede ser un factor que influye en la presencia de mayor cantidad de microorganismos en los ríos en comparación con los pozos.

## VIII. CONCLUSIONES

El agua de los pozos del municipio de Nueva Trinidad mediante el análisis microbiológico el agua no es apta para el consumo humano debido que presentó concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* superiores a los niveles permitidos en la norma de calidad de agua potable **NSO 13.07.01:08**.

Los pozos que presentaron las menores concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* fueron los que se encontraban más alejados de la población, agricultura y pastoreo de ganado.

Los pozos que registraron las mayores concentraciones de bacterias son los que se encuentran a la intemperie, asentamientos poblacionales y pastoreo de ganado cerca de las fuentes de agua.

El agua de los ríos del municipio de Nueva Trinidad presenta altas concentraciones de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* y al compararlo con los parámetros microbiológicos mencionados en la norma de calidad de agua potable **NSO 13.07.01:08** el agua no es apta para el consumo humano.

En el transcurso de la investigación en el período de abril-agosto de 2018 el mes con mayores concentraciones de bacterias en los ríos fue mayo, favorecido por el inicio de época lluviosa y las escorrentías.

EL río Gualsinga posee mayores concentraciones de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* con respecto al río Guayampoque, debido a que posee muchos asentamientos poblacionales en su cauce, es utilizado principalmente como abrevadero de ganado y recreación.

El agua de los pozos y ríos presentaron una diferencia significativa en sus concentraciones de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* siendo los ríos los más contaminados por la mayor exposición que presentan a la contaminación antropogénica y natural en comparación con los pozos.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Gestionar un proyecto de agua potable para los habitantes del municipio para asegurar el acceso al vital líquido.

Realizar un estudio físico-químico del agua del municipio de Nueva Trinidad para conocer su calidad, y tomar acciones para proteger las fuentes de aguas.

Gestionar un proyecto junto con la alcaldía para mejoramiento de pozos y su área perimetral, para evitar el contacto de animales (aves, reptiles, anfibios, mamíferos y otros) con el agua que consumen los habitantes del municipio.

Que la unidad de salud realice visitas periódicamente por casas para verificar el estado de pozos y vigile que las personas practiquen métodos fáciles y efectivos como la ebullición, cloración y puríagua SODIS para así asegurar la reducción de microorganismos como bacterias que causan enfermedades gastrointestinales.

Realizar charlas a las personas del municipio sobre la importancia de mantener las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas en los pozos y sus alrededores.

Coordinar con la unidad de salud del municipio y los líderes comunales actividades educativas encaminadas a promover la protección de los recursos naturales y del medio ambiente a fin de lograr concientizar a la población sobre el cuidado del agua y así proteger la salud pública.

## X. BIBLIOGRAFIA

- Acosta DM. 2015. "Determinación de la calidad del agua del Rio San Sebastián y su impacto en la salud y calidad de vida de los habitantes del caserío San Sebastián, municipio de Santa Rosa de Lima, Departamento de La Unión". Tesis para obtener el grado de Maestra en Gestión Integral del Agua. San Salvador: Universidad de El Salvador. 156pp.
- Albert AL. 2004. Capítulo 4. Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. Sociedad Mexicana de toxicología. Xahalapa, México. 200pp.
- Andino MJ y Lorenzana JC. 2004. "Aplicación del método de desinfección solar (sodis) del agua utilizada a nivel doméstico en el Caserío Cerro Partido, Chalatenango". Tesis para optar al grado de Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Apela MC y Araujo PZ. 2006. Capítulo 2. Microbiología del agua conceptos básicos. Solar Safe wáter. 18pp.
- Ávila NS y Estupiñán TS. 2011. Calidad bacteriológica del agua de consumo de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundimarca, Colombia. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 50(2). Págs. 163-168.
- Barba LE 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 51pp.
- Barrientos Y, Suarez C, Pacheco H, Ruiz S, Devia B, Perdomo Y. 2005. Calidad microbiológica del agua y riesgo sanitario de dos acueductos rurales en el estado Vargas, Venezuela. Investigación y Postgrado, Vol. 20. Nº 1. 115-141pp.
- Bermúdez M 2010. Contaminación y turismo sostenible. CETD SA. 25pp.
- Brock DT y Madigan MT 1993. Microbiología. Prentice may Hispanoamericana S.A Mexico. 210-375pp.
- Brock DT, Madigan MT, Martingo JM, Parket J. 2005. Biología de los Microorganismos. Décima edición. Pearson Prentice Hall. Southern Illinois University Carbondale. 1089pp.
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B y Velázquez O. 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México. 17pp.

- Carbajal AA y González MF 2012. Capítulo 3. Propiedades y funciones biológicas del agua. Agua para la salud pasado, presente y futuro. Edit. CSIC. Universidad de Madrid. 63-78pp.
- Carbajal AA 2013. Manual de Nutrición y dietética. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. 367pp.
- Castro CM 2009. Coliformes: Calidad de agua. Ingeniería en auditoría y control de gestión medio Ambiente. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. 11pp.
- Centro Salvadoreño de Tecnologías Apropriadadas CESTA. 2011. La problemática del agua. Programa de educación en agua. Modulo 2. 24pp.
- Chán SM, Peña W. 2014. Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Icán, Guatemala. UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED, vol. 7, No. 1.pags 19-23.
- Coello RJ, Ormaza MR, Déley AR, Recalde GC, Ríos AC. 2013. Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Vol. 15.No.30. 66-71 pp.
- Contreras K, Contreras J, Corti M, De Sousa J, Duran M y Escalante M. 2008.El Agua un recurso para preservar. Departamento de medicina preventiva y social, Universidad de los Andes, Mérida. 27pp.
- Cordero MR, Franco LA, Hernández RA. 2005. “Diagnóstico de la calidad de agua en época seca en el canal principal del Río Jiboa y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes, en una zona critica”. Tesis de Ingeniería Química. San Salvador: Universidad de El Salvador.191pp.
- Corrales RL, Sánchez LL, Escucha RF. 2014. Determinación de la presencia de bacterias patógenas para el humano en aguas de riego en la cuenca alta de la sabana de Bogotá; D.C. Colombia. NOVA. 2014; 12 (21): 179–186pp.
- Cuellar N. 2001. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. Prisma 43. 16pp.
- Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América 1998. Evaluación de recursos de agua de la república de El Salvador. Distrito de Mobile y por el Centro de Ingeniería Topográfica de la Armada de los Estados Unidos.75pp.

- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. 2012. Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para el consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. Fondo para el logro de los ODM. 105pp.
- Escobar J. 2002. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas. Santiago Chile. Serie No. 50. 68pp.
- Félez SM, 2009. Situación actual del estado de la depuración biológica. Trabajo final de la carrera Explicación de los métodos y sus fundamentos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 186pp.
- Félix FA, Campas BM, Aguilar AM, Meza MM. 2007. Calidad Microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora (México). Revista de Salud Pública y Nutrición. Volumen 8 No.3. 13pp.
- Fernández CA. 2004. Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Universidad de Buenos Aires. 269pp.
- Flamenco NVC, Henríquez JC. 2009. "Evaluación de la calidad del agua en la Subcuenca Sur del Río Acelhuate conformada por los Ríos Ilohuapa y El Garrobo, y propuesta de mitigación de fuentes contaminantes". Tesis en Ingeniero Químico. San Salvador: Universidad de El Salvador.154pp.
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FEA). 2006. El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. México 96pp.
- Fundación Nacional para la Salud. 2013. Manual Práctico de Análisis de Agua. Cuarta edición. Brasilia. Brasil.
- FUSADES-FIAES. 2000. Investigación de la contaminación del río Lempa y sus afluentes, ríos Suquiapa, Acelhuate y Quezalapa. ECO-CONSULT S.A. de C.V. San Salvador.
- Hajdenwurcel RJ. 1998. Atlas de microbiología de Alimentos. FONTE Sao Paulo, Brasil. Revista Industrias de Lactinios. Vol. 1. 58pp.
- Hernández CH. 2012. Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula Guatemala. Proyecto de investigación para entrar al grado de Química-Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala. 60pp.

- Hernández MR, Palacios BG, Yáñez GA. 2005. Diseño de un modelo de sistema agroturístico para contribuir al desarrollo socio económico del Departamento de Chalatenango. Tesis para optar al grado de Ingeniero Industrial. San Salvador: Universidad de El Salvador. 585pp.
- Hernández VC.2016. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. Proyecto de graduación para optar al grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias. Universidad Nacional Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Heredia. Costa Rica.130pp.
- Iglesias GM. 2003. La contaminación del agua y su uso en zonas rurales. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Foro regional: "Problemática del agua. Un desafío para las instituciones de educación superior". Presentación de cartel.7pp.
- Iraheta EA y Pérez AA.2006. Propuesta de monitoreo de fuentes contaminantes en el Rio Titihuapa. Tesis en Ingeniero Químico. San Salvador: Universidad de El Salvador.192pp.
- Janet GM, Soto AM, Usma JI, Gutiérrez OD. 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Revista P+L. Vol.7. No.2. págs.52-73.
- Jiménez OF 1999. Agua dulce: un enfoque de la situación centroamericana. Problemática de agua en Centro América. Vol. 2. Número 2. Centro América. 28pp.
- Lainez KS, Trejo WM. 2012. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia la Carmenza, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel. Tesis de Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador: Universidad de El Salvador.166pp.
- León FE, Pacheco JH. 2010. Manual de capacitación a las familias," Cuidemos el agua es fuente de vida y Salud". Fondo para el desarrollo de las ODM.18pp.
- López HB.2012. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua de pozos del barrio san Sebastián, municipio de Jocoro, departamento de Morazán. Tesis de Licenciatura en Química y Farmacia. San Salvador: Universidad de El Salvador.180pp.

- Martínez MM 2006. Evaluación del potencial turístico de la microrregión oriente de Chalatenango. Tesis para optar al grado de Maestro en administración de empresas y consultoría empresarial. Universidad de El Salvador. San Salvador. 102pp.
- Martínez RA, Gómez KF, Sánchez OJ, García LC. 2009. Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. Revista. Química Viva - Número 1, año 8, abril 2009.
- Madigan MT, Martinko JM, Dunlap PV, Clark DP. 2009. Broch Biología de Los microorganismos. Duodécima edición. Pearson educación. Madrid, España. 1296 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente Y Recursos Naturales (MARN). 2004. Evaluación de la calidad de agua del Rio Lempa en la cuenca alta época seca 2003-2004. San Salvador. 8pp.
- Ministerio de Medio Ambiente Y Recursos Naturales (MARN). 2013. Informe de la calidad del agua de los ríos El Salvador / 2012 – 2013. San Salvador. 89pp.
- Navarro MO 2007. Determinación de *Escherichia coli* y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia. 17pp.
- Paez Sanabria LJ. 2008. Validación secundaria del método de filtración por membrana para la detección de coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de agua para consumo humano analizadas en el laboratorio de salud pública de Huila. Tesis para optar al grado de Microbióloga Industrial. Bogotá. Colombia. 134pp.
- Perdomo CH, Casanova ON, Ciganda SV. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia. Vol. V. Numero 1. 10-22 pp.
- Pérez D, Serrano Cervantes L, Sermeño Chicas JM, Springer M, Paniagua Cienfuegos MR, Hernández Martínez MA, Rivas Flores AW, Monterrosa Urías AJ, Bonilla de Torres BL, Carranza Estrada FA, et al 2010. Clasificación de la calidad del agua de los principales ríos de El Salvador y su relación con las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos. En: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 84 pág.

- Pino RJ, García LJ, Peña AL, Rendon HJ, González GC, Tristán PF. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia* 46: 359-370pp.
- Portillo AG. 2003. Análisis cualitativo y cuantitativo de coliformes en la cuenca media del Río Grande de San Miguel, departamento de San Miguel, El Salvador. Tesis de Licenciatura en Biología. San Salvador: Universidad de El Salvador. 100pp.
- PRO-VIDA 2017. Sistema de gestión de la calidad procedimiento técnico de determinación de *Escherichia coli* y coliformes totales. Versión 1. 12pp.
- Prieto Sierra D. 2017. Análisis microbiológico de aguas naturales. Trabajo final de grado para Biología. España. 20pp.
- Quintero RD, Herrera VI. 2009. Microbiología de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar-Cesar. Tesis para optar al grado de microbiólogo. Universidad Popular del Cesar. Colombia. 75pp.
- Rivera NR, Encina F, Muñoz PA, Mejías P. 2004. La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información Tecnológica-Vol. 15 N°5-2004*, págs.: 89-101pp.
- Rock C, Rivera B. 2014. La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Cooperative Extension. 5pp.
- Rodríguez AM, Suárez TS, Palacio AD. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 2014;52 (3):372-387pp.
- Romeu ÁB, Larrea MJ, Lugo-MD, Rojas-HN, Heydrich-PM. 2012. Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba". *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 43 (3). 10pp.
- Sampieri HR, Collado CF, Baptista MP. 2010. Metodología de la Investigación. Quinta edición por: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México 656pp.
- Sánchez-Pérez HJ, Vargas-Morales MG, Méndez-Sánchez JD. 2000. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública Mex* 2000;42:397-406.

- Sanchon MS 2011. Tema 11: contaminación del agua. Salud pública y atención primaria de salud. Universidad de Cantabria. España. 7pp.
- Sergi AE 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Primera edición. Fundación BBVA. Editorial Rubes. España. 462pp.
- Sigler WA, Bauder J 2012. Coliforme Total y la Bacteria *E. coli*. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad de Agua. Estados Unidos. 2pp.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA). 1999. American Public Health Association. 541pp.
- Talavera V, Zapata LM, Sánchez D 2004. Las bacterias y la descomposición de materia orgánica en los estanques de cultivo de camarón de mar. Boletín Nicovita. Volumen 1. Edición uno. 2pp.
- Valencia QR, Sánchez AJ, Ortiz OE, Gómez OJ. 2007. La contaminación de los ríos, otro punto de vista. Primera parte. Revista de ciencia y tecnología de la UACJ. Volumen V, No. 1. Impresa en México. Pp. 35-49.
- Valmore PA y Machado RA. 1998. Diagnóstico del Municipio de Nueva Trinidad Chalatenango. Con apoyo de FUNDE y OXFAN Gran Bretaña. 44 pp.
- Venegas CB, Mercado RM, Campos C. 2014. Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá (Colombia). Revista Biosalud. Vol.13(2): págs. 24-35.

## **SITIOS DE INTERNET**

- Abrego O 2017. Agobiados por falta de agua en nacimientos en Nueva Trinidad Chalatenango. LPG. Disponible en:  
<http://www.laprensagrafica.com/2017/04/13/agobiados-por-falta-de-agua-en-nacimientos>.
- ACUMEDIA 2017, Violet Red Bile Agar W/ MUG (7359): disponible en:  
[http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia\\_pi/7359\\_pi.pdf](http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia_pi/7359_pi.pdf).
- Aguilar CS 2014. Contaminación ambiental en zonas rurales de Puno: disponible en:  
<https://www.monografias.com/trabajos101/contaminacion-ambiental-zonas-rurales-puno/contaminacion-ambiental-zonas-rurales-puno.shtml>.

Censo de Población y vivienda 2007. Población por área y sexo. Consultado el 10 de octubre de 2017. Disponible en:

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/01\\_Poblacion\\_Total\\_por\\_Area\\_Sexo.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/01_Poblacion_Total_por_Area_Sexo.pdf).

CONACYT (Centro Nacional de Ciencia y Tecnología). 2009. Norma salvadoreña de Agua potable (segunda actualización). El Salvador. Disponible en:

<https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/AGUA/NSO13.07.01.08AGUA%20POTABLE.pdf>.

Flicoteaux.P, Foudja.F y Flicoteaux. B. WIKIWATER 2019.Los diversos tipos de pozos y perforaciones. Disponible en: <https://wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y>.

García AV. 2013. La calidad del agua del Río Sucio en la Zona del Valle de San Andrés. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Santa Tecla. El Salvador. 5pp. Disponible en:

<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/496/1/Calidad%20del%20agua%20.pdf>.

Guzmán V. 2017. Las autodefensas del agua en Nueva Trinidad, Chalatenango. Sexto sentido. LPG. Disponible en: <http://7s.laprensagrafica.com/las-autodefensas-del-agua.html>

Ministerio de Salud (MINSAL) 2017. Unidad de salud de Nueva Trinidad. Disponible en: <http://www.salud.gob.sv/>.

Mi pueblo y su gente 2014.Disponible en:

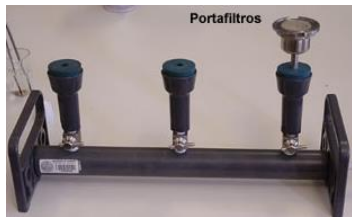
<http://www.mipuebloysugente.com/apps/blog/show/41926659-nueva-trinidad-chalatenango>.

## XI. ANEXOS

*Anexo 1: Viñeta para identificación de muestra.*

	Colector: _____
	Fecha: _____
	Hora: _____
	N° punto: _____
	Rio/pozo: _____
	T° ambiental: _____
	T° del agua: _____
	pH: _____
	Turbidez: _____

**Anexo 2:** Técnica de filtración por membrana.



Armar el equipo de filtración por membrana dentro de cámara de flujo laminar.



Colocar los filtros en el portafiltras.

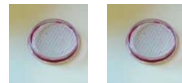
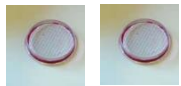


Colocar el embudo de filtración y la pinza de sostén.



Verter 100 ml de la dilución  $10^{-2}$

CT. 37 °C



CF y EC.  
44.5-45 °C



Incubar medios de cultivos

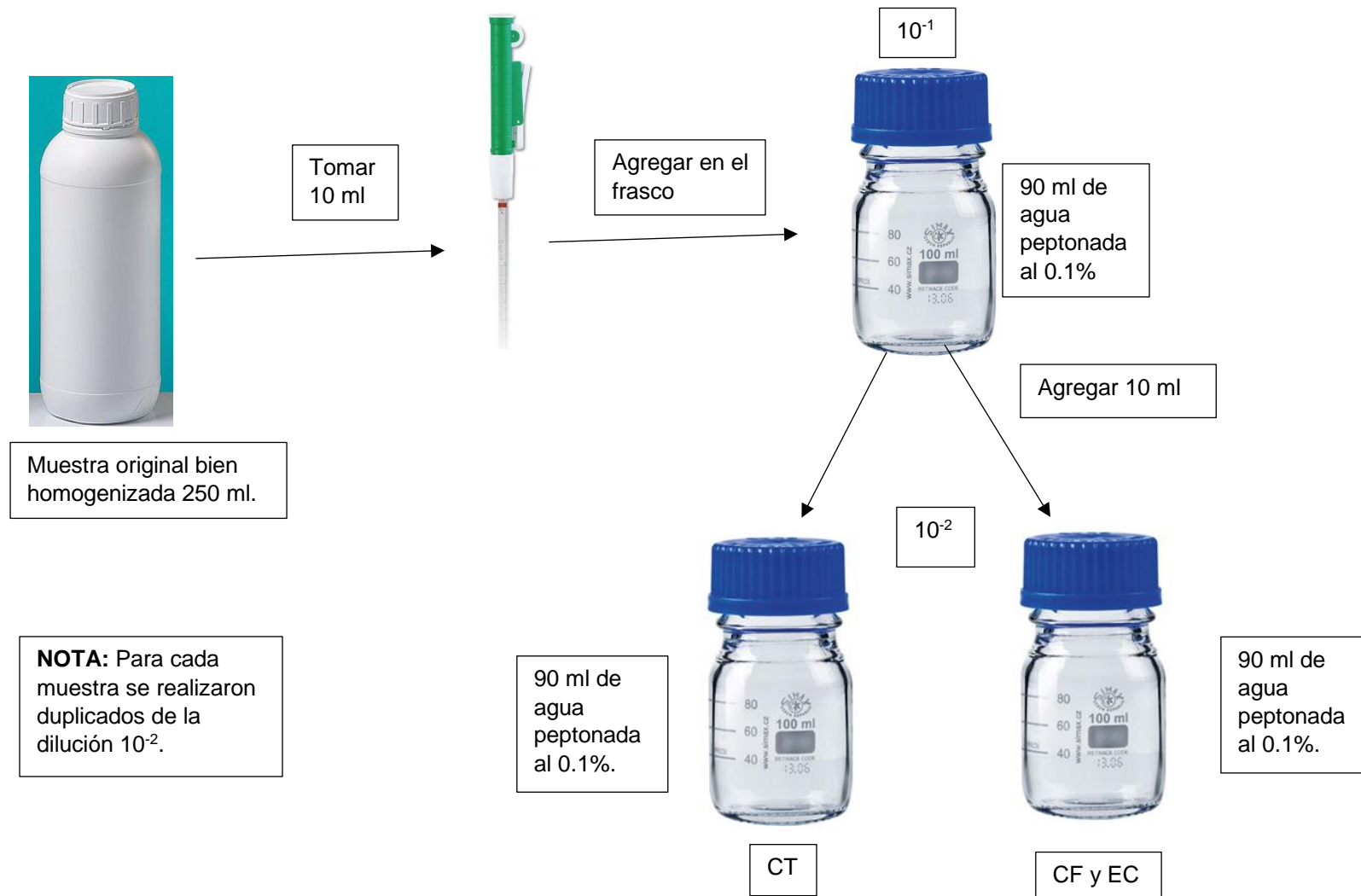


Quitar el filtro y colocarlo en la placa de medio de cultivo Endo Agar, por duplicado.

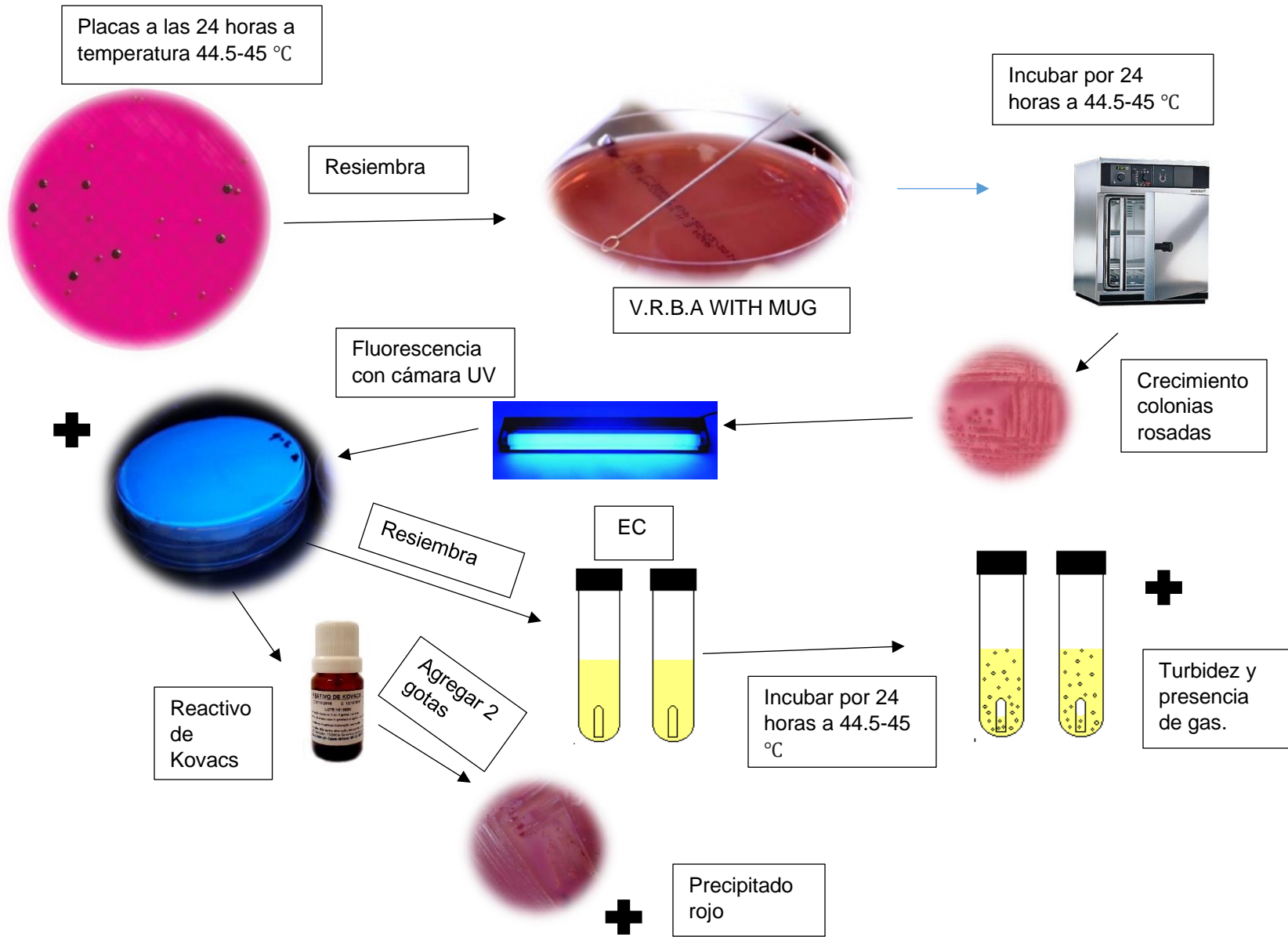


Encender bomba de vacío para realizar la filtración.

**Anexo 3:** Procedimiento para preparación de la muestra.



Anexo 4: Confirmación de *Escherichia coli*.



**Anexo 5: Bitácora de resultados**

Muestreo: _____ Fecha: _____				Confirmación de <i>Escherichia coli</i>		
Puntos en Ríos o Pozos	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>	V.R.B.A. WITH MUG	Caldo EC	Prueba de Indol
Punto 1						
Punto 2						
Punto 3						
Punto 4						
Punto 5						
Punto 6						
Punto 7						
Punto 8						
Punto 9						
Punto 10						

**Anexo 6: Conteo de bacterias**



**NORMA  
SALVADOREÑA**

**NSO 13.07.01:08**



---

**AGUA. AGUA POTABLE. (Segunda actualización).**

---

**CORRESPONDENCIA:** Esta norma es una adopción no equivalente de la Tercera Edición de la Guía para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud.

ICS 13.060.20

---

Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, Colonia Médica, Avenida Dr. Emilio Álvarez, Pasaje Dr. Guillermo Rodríguez Pacas, # 51, San Salvador, El Salvador, Centro América. Tel: 2226-2800, 2225-6222; Fax.: 2226-6255; e-mail: [info@conacyt.gob.sv](mailto:info@conacyt.gob.sv).

---

**Derechos Reservados.**

## 4. REQUISITOS

## 4.1 REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS.

Tabla 1. Límites máximos permisibles para calidad microbiológica

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

## 4.2 REQUISITOS DE CALIDAD FÍSICOS Y QUÍMICOS

Tabla 2. Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Parámetro	Unidades	Límite máximo permisible
Color verdadero	Pt-Co	15
Olor	-	No rechazable
pH	-	8,5 <sup>1)</sup>
Sabor	-	No rechazable
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000 <sup>2)</sup>
Turbidez	UNT	5 <sup>3)</sup>
Temperatura	°C	No rechazable

<sup>1)</sup> Límite mínimo permisible 6,0 unidades<sup>2)</sup> Por las condiciones propias del país.<sup>3)</sup> Para el agua tratada en la salida de planta de tratamiento de aguas superficiales, el límite máximo permisible es 1.