

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**

**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**UCSS**



**TESIS DE INVESTIGACIÓN**

**“CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES,  
TERMOTOLERANTES Y *Escherichia coli* Escherich, EN EL RÍO  
QUIROZ, CASERÍO PUENTE QUIROZ-SUYO-AYABACA-ABRIL-  
JULIO 2018”**

**EJECUTOR:**

**Bach. Yeyner Tocto Saguma**

**ASESOR:**

**Ing. Iván Rivas Arica**

**COASESOR:**

**Ing. César Sánchez Sánchez**

**Chulucanas – Perú**

**2019**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 006-2019/UCSS/FIA

Siendo las 04:00 pm, del día 28 de junio de 2019, en el Auditorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae de la Filial Morropón: Chulucanas, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Ing. Pedro Miguel Palacios Farfán     | Presidente      |
| 2. Ing. Janet del Milagro Zúñiga Trelles | Primer Miembro  |
| 3. Ing. José Martín Rodríguez Sandoval   | Segundo Miembro |
| 4. Ing. Iván Joel Rivas Arica            | Asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, TERMOTOLERANTES Y *Escherichia coli* Escherich, EN EL RÍO QUIROZ, CASERÍO PUENTE QUIROZ-SUYO-AYABACA-ABRIL-JULIO 2018", que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, el Sr. Yeyner Tacto Saguma cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.


Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar acuerda:


APROBAR


DESAPROBAR


La tesis, con el calificativo de MUY BUENA, y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Firmado en Chulucanas, 28 de junio de 2019.

  
Ing. Pedro Miguel Palacios Farfán  
PRESIDENTE

  
Ing. Janet del Milagro Zúñiga Trelles  
1° MIEMBRO

  
Ing. José Martín Rodríguez Sandoval  
2° MIEMBRO

  
Ing. Iván Joel Rivas Arica  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme y estar conmigo cada día de mi vida, y permitirme alcanzar mi objetivo. A mi madre Socorro Saguma Abad, por el amor que me da, el apoyo incondicional que siempre tengo por parte de ella y porque siempre estuvo guiándome en mi camino universitario. A mi padre Sergio Tocto Alberca, por el apoyo constante y porque, sin el esfuerzo y sacrificio que hace por sus hijos, no lo hubiera logrado. A mi familia, por respetarme, apoyarme, comprenderme y por confiar en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, que siempre me guía, me protege y me impulsa a salir adelante, y a las personas que hicieron posible, con su apoyo, la realización de esta investigación.

Al Ing. Iván Rivas Arica, asesor del presente trabajo, por el asesoramiento constante durante la realización y culminación de la tesis.

A los profesores de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, quienes, con sus enseñanzas, me orientaron para poder culminar mi carrera universitaria.

A los ingenieros César Sánchez Sánchez y Gonzalo Pósito Díaz, por el apoyo desinteresado en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Víctor Córdor Evaristo, porque a través de su consultora EQUAS S.A., me brindó las facilidades económicas para realizar mis análisis.

A todos mis familiares y amigos, por su apoyo incondicional.

# ÍNDICE GENERAL

## **Pág.**

ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. BASES TEÓRICAS ESPECIALIZADAS .....	9
1.2.1. El agua .....	9
1.2.2. Calidad microbiológica del agua .....	11
1.2.3. La contaminación del agua .....	12
1.2.4. Usos del agua.....	14
1.2.5. Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua.....	15
1.2.6. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales .....	16
1.2.7. Bacterias .....	17
1.2.8. Parámetros físicos del agua .....	18
1.2.9. Caudal.....	19
1.2.10. Río Quiroz .....	21
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. Área de estudio .....	22
2.1.3. Características de las estaciones de muestreo.....	24
2.2. MATERIALES .....	27
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	29
2.3.1. Trabajo de campo .....	29
2.3.2. Muestreo .....	29
2.3.3. Transporte y envío de muestras .....	31

2.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA DEL LABORATORIO EQUAS S.A.....	31
2.4.1. Determinación del número más probable de Coliformes Totales .....	32
2.4.2. Determinación del número más probable de Coliformes Termotolerantes .....	33
2.4.3. Determinación del número más probable de <i>Escherichia coli</i> .....	34
<b>2.5. ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
3.1.1. Parámetros físicos.....	36
3.1.2. Parámetros microbiológicos .....	37
3.1.3. Comparación de los resultados de cada una de las estaciones de muestreo en el periodo abril a julio del 2018.....	42
3.1.4. Evaluación de la calidad microbiológica del agua del río Quiroz mediante estándares de calidad ambiental (ECA) para agua.....	55
<b>3.2. DISCUSIONES .....</b>	<b>63</b>
3.2.1. Temperatura.....	64
3.2.2. pH .....	64
3.2.3. Coliformes Totales .....	65
3.2.4. Coliformes Termotolerantes .....	65
3.2.5. <i>Escherichia coli</i> .....	65
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>
<b>TERMINOLOGÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Tiempo y distancia del distrito de Piura al caserío Puente Quiroz</i> .....	23
Tabla 2. <i>Materiales para muestra</i> .....	27
Tabla 3. <i>Equipos para registro (in situ)</i> .....	28
Tabla 4. <i>Valores promedio del caudal del río Quiroz</i> .....	36
Tabla 5. <i>Valores promedio de la temperatura superficial del río Quiroz</i> .....	37
Tabla 6. <i>Valores de pH en las cuatro estaciones durante los cuatro meses de muestreo</i> ...	37
Tabla 7. <i>Resultados del muestreo del mes de abril de 2018</i> .....	38
Tabla 8. <i>Resultados del muestreo del mes de mayo de 2018</i> .....	39
Tabla 9. <i>Resultados del muestreo del mes de junio de 2018</i> .....	40
Tabla 10. <i>Resultados del muestreo del mes de julio de 2018</i> .....	41
Tabla 11. <i>Consolidado de los resultados del muestreo durante los meses de abril a julio de 2018</i> .....	42
Tabla 12. <i>Resultados de Coliformes Totales del río Quiroz, caserío Puente Quiroz</i> .....	51
Tabla 13. <i>Estadísticos descriptivos de Coliformes Totales, por estación y mes de muestreo</i> .....	52
Tabla 14. <i>Resultados de Coliformes Termotolerantes del río Quiroz, caserío Puente Quiroz</i> .....	52
Tabla 15. <i>Estadísticos descriptivos de Coliformes Termotolerantes, por estación y mes de muestreo</i> .....	53
Tabla 16. <i>Resultados de Escherichia coli del río Quiroz, caserío Puente Quiroz</i> .....	54
Tabla 17. <i>Estadísticos descriptivos de Escherichia coli, por estación y mes de muestreo</i> .....	55
Tabla 18. <i>Resultados de los valores de Coliformes Totales, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”</i> .....	56
Tabla 19. <i>Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”</i> .....	57
Tabla 20. <i>Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación”</i> .....	58
Tabla 21. <i>Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales”</i> .....	59
Tabla 22. <i>Resultados de los valores de Escherichia coli, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”</i> .....	60

Tabla 23. Resultados de los valores de <i>Escherichia coli</i> , comparado con los ECA subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación” .....	61
Tabla 24. Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales” .....	62



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica del caserío Puente Quiroz.....	22
<i>Figura 2.</i> Ubicación de la estación CAG-01 “Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur”.....	24
<i>Figura 3.</i> Ubicación de la estación CAG-02 “Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz”.....	25
<i>Figura 4.</i> Ubicación de la estación CAG-03 “Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz”.....	26
<i>Figura 5.</i> Ubicación de la estación CAG-04 “Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz”.....	27
<i>Figura 6.</i> Ubicación de las estaciones de muestreo.....	29
<i>Figura 7.</i> Proceso para determinar el número más probable de Coliformes Totales.....	32
<i>Figura 8.</i> Proceso para determinar el numero más probable de Coliformes Termotolerantes.....	33
<i>Figura 9.</i> Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de abril.....	38
<i>Figura 10.</i> Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de mayo.....	39
<i>Figura 11.</i> Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de junio.....	40
<i>Figura 12.</i> Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de julio.....	41
<i>Figura 13.</i> Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de abril.....	43
<i>Figura 14.</i> Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de abril.....	44
<i>Figura 15.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> entre estaciones de muestreo del mes de abril.....	44
<i>Figura 16.</i> Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de mayo.....	45
<i>Figura 17.</i> Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de mayo.....	46
<i>Figura 18.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> entre estaciones de muestreo del mes de mayo.....	46
<i>Figura 19.</i> Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de junio.....	47

<i>Figura 20.</i> Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de junio.....	48
<i>Figura 21.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> entre estaciones de muestreo del mes de junio .....	48
<i>Figura 22.</i> Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de julio.....	49
<i>Figura 23.</i> Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de julio.....	50
<i>Figura 24.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> entre estaciones de muestreo del mes de julio .....	50
<i>Figura 25.</i> Concentración de Coliformes Totales por estación y mes de muestreo .....	51
<i>Figura 26.</i> Concentración de Coliformes Termotolerantes por estación y mes de muestreo. ....	53
<i>Figura 27.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> por estación y mes de muestreo .....	54

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Apéndice 1. Fotografías.....	76
Apéndice 2. Cadena de custodia.....	84
Apéndice 3. Resultados de la medición de temperatura.....	85
Apéndice 4. Resultados de la medición del pH.....	86
Apéndice 5. Resultados del laboratorio del mes de abril.....	87
Apéndice 6. Resultados del laboratorio del mes de mayo.....	88
Apéndice 7. Resultados del laboratorio del mes de junio.....	89
Apéndice 8. Resultados del laboratorio del mes de julio.....	90
Apéndice 9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)-Subcategoría a: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	91
Apéndice 10. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)- Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.....	92
Apéndice 11. Estándares Nacionales de calidad Ambiental para el Agua (ECA)-Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	93

## RESUMEN

El río Quiroz suministra gran volumen de agua a lo largo de su cauce a las diferentes poblaciones; sin embargo, la calidad microbiológica del agua está siendo alterada, por lo que la población aledaña a la ribera del río está expuesta a muchas enfermedades microbiológicas transmisibles por el agua. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la concentración de Coliformes Totales y Termotolerantes, y *Escherichia coli* en el río Quiroz, Caserío Puente Quiroz-Suyo-Ayabaca, para evaluar la calidad microbiológica del agua en función de los estándares de calidad ambiental (ECA) y determinar su uso, según las categorías 1 y 3. La parte de recolección de resultados se desarrolló en el periodo de abril a julio del 2018. Para ello, se realizó un muestreo por mes en el tramo correspondiente al caserío Puente Quiroz. En cuanto a la evaluación de la contaminación microbiológica, se realizaron 16 muestras de agua, comprendidas en 4 estaciones y 4 fechas de muestreo: abril, mayo, junio y julio del 2018. Asimismo, se tomaron parámetros *in situ*, como el pH, el cual registró valores entre 8,09 y 8,73; temperatura, con variaciones entre las fechas de muestreo, comprendidas en un mínimo de 22,7 °C y un máximo de 27,0 °C. Los resultados para Coliformes Totales fueron muy variados. Específicamente, en el mes de mayo del 2018, en la estación río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz, se presentó la mayor concentración con un valor de 5400 NMP/100 ml. Por otro lado, los resultados de Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* fueron muy variados. Al respecto, en junio del 2018, en la estación río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz, se presentó la mayor concentración, con un valor de 1600 NMP/100 ml para ambos. Después de realizar un análisis de los parámetros determinados, se concluye que las concentraciones de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* en el río Quiroz son altas y sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua, aprobados mediante el Decreto supremo N° 004-2017-MINAM (2017), para las categorías 1 (poblacional/recreacional) y 3 (riego de vegetales y bebidas de animales). Sobre la base de los resultados, se recomienda monitorear la calidad del agua periódicamente en toda la cuenca del río Quiroz, desarrollar actividades de educación ambiental que involucren a la población, autoridades y centros de salud. Se debe buscar el correcto funcionamiento de las lagunas de oxidación de la ciudad de Paimas, asimismo se debe realizar proyectos de protección de cuencas en el río Quiroz.

**Palabras clave:** Contaminación microbiológica, río Quiroz, Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli*.

## ABSTRACT

The Quiroz River supplies a large volume of water along its channel to the different populations; however, the microbiological quality of the water is being altered, so that the population bordering the river is exposed to many microbiological diseases transmissible by water. The objective of this research work is to determine the concentration of total Coliforms and Thermotolerant and *Escherichia coli* in the Quiroz river, Puente Quiroz hamlet - Suyo - Ayabaca, to evaluate the microbiological quality of the water in accordance with the Environmental Quality Standards - ECAs for the determination of its use, according to categories 1 and 3. The results collection part was developed in the period from April to July 2018. For this, sampling was carried out per month in the section corresponding to the Puente Quiroz hamlet. With regard to the evaluation of microbiological contamination, 16 water samples were taken, included 4 stations and 4 sampling dates: April, May, June and July 2018. Likewise, in situ parameters were taken, such as pH, which registered values between 8,09 and 8,73; temperature, with variations between the sampling dates, comprised of a minimum of 22,7 °C and a maximum of 27,0 °C. The results for Total Coliforms were very varied. Specifically, in the month of May 2018 at the Quiroz river station, under the bridge of the Puente Quiroz hamlet, the largest concentration with a value of 5400 NMP/100 ml was presented. On the other hand, the results of Thermotolerant Coliforms and *Escherichia coli*, were very varied. In this regard in June 2018, at the Quiroz river station, 200 meters downstream from Puente Quiroz hamlet, the highest concentration was presented, with a value of 1600 NMP/100 ml for both. After making an analysis of the determined parameters, it is concluded that the concentrations of Total Coliforms, Thermotolerant Coliforms and *Escherichia coli* in the Quiroz River are high and exceed the Environmental Quality Standards for water, approved by Supreme Decree N° 004-2017-MINAM (2017), for the categories 1 (Population / recreational) and 3 (Irrigation of Vegetables and Animal Beverages). Based on the results, it is recommended to monitor the water quality periodically throughout the Quiroz river, basin and to develop environmental education activities involving the population, authorities and health posts.

**Key words:** Microbiological contamination, Quiroz River, Total Coliforms, Thermotolerant Coliforms, *Escherichia coli*.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua puede verse afectada por diversos factores, como son el crecimiento poblacional, el vertimiento de productos químicos usados en las diversas industrias y a esto se le suma el cambio climático. Hoy en día el crecimiento económico y el aumento de la población, no solo ha provocado un mayor uso de los recursos hídricos, además, en muchas partes, se ha puesto en peligro la calidad del agua; aunque dicho recurso ha demostrado tener una gran capacidad de recuperación, pero cada vez son más vulnerados. Asimismo, en la actualidad, no toda la población conoce con detalle las diferentes condiciones específicas que debe de cumplir este importante recurso para que pueda ser consumido por los seres humanos, sin contar que, a simple vista, el agua parezca limpia y transparente.

El río Quiroz tiene su origen en las alturas de los cerros Misal, Muchcapán y Viejos. A lo largo del cauce del río, se encuentran centros poblados que hacen uso de este y causan una posible contaminación con sus diferentes actividades como la agricultura, la recreación, la doméstica, extracción de agregados y la ganadería. Por eso, conforme el río hace su recorrido la calidad de sus aguas va disminuyendo respecto a su origen, es decir, va adquiriendo componentes que la contaminan. Por tales motivos, en el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis microbiológico de las aguas del río Quiroz, en el tramo del caserío Puente Quiroz del distrito de Suyo. Los resultados de los análisis fueron comparados con los estándares de calidad ambiental vigentes en la normativa del Perú para determinar si se encuentran dentro de los parámetros ya establecidos. De esta manera, se espera orientar a los pobladores del caserío en cuanto al uso adecuado del agua y así contribuir con la mejora de la calidad de vida de los moradores.

Finalmente, se espera que las aguas del río Quiroz sirvan de sostén a generaciones futuras de los diferentes caseríos asentados al borde de este, así como también puedan preservarse su flora y fauna ya sea acuática o terrestre. Por lo tanto, se pueda seguir practicando sus actividades como: La agricultura, la recreación, la pesca y la ganadería, sin perjudicar su calidad.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Determinar la concentración de Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia coli* en aguas del río Quiroz, caserío Puente Quiroz, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, en el periodo abril-julio de 2018.

### Objetivos Específicos

- Determinar la presencia de Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia coli* en las aguas del río Quiroz, caserío Puente Quiroz, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, en el periodo abril-julio de 2018.
- Comparar los niveles de concentración de Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia coli* en cada uno de los puntos de muestreo del río Quiroz en el caserío Puente Quiroz, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca.
- Comparar los resultados obtenidos del monitoreo para evaluar la calidad microbiológica de las aguas del río Quiroz en función de los estándares de calidad ambiental (ECA), para la determinación de su uso, según las categorías 1 y 3.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. ANTECEDENTES

Saracho, Segura, Moyano, Rodríguez y Carignano (2006) realizaron un estudio sobre la calidad del agua en la cuenca del río del Valle, Catamarca, Argentina, en las zonas entre el dique Las Pirquitas y Tres Puentes para determinar si la calidad bacteriológica del agua se ajustaba a las exigencias de las normativas vigentes. Este estudio se realizó en 10 estaciones de monitoreo durante seis meses. En dicho estudio, se analizaron un total de 60 muestras de aguas superficiales desde diciembre del año 2002 a mayo del año 2003, las que fueron extraídas con frecuencia mensual.

Estos investigadores emplearon como indicador de la calidad bacteriológica la *Escherichia coli* y, para ello, siguieron la normativa de la USEPA, la cual fija en 126 colonias /100 ml el valor de la densidad media geométrica de *Escherichia coli* en dicho medio. También consideraron las normativas europeas que establecen que el 95 % de las muestras no deben superar los 10 000 Coliformes Totales/100 ml, como límite imperativo y que el 80 % de las muestras no debe superar 500 CT/100 ml, como límite recomendado. Se basaron en las normas de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, para utilizar la técnica de la membrana filtrante y así expresar sus resultados de los indicadores bacterianos como número de colonias por 100 ml. A partir de esto, los autores concluyeron que según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los resultados obtenidos de la concentración de bacterias *Escherichia coli* de los cuatro puntos monitoreados, están por debajo de los límites establecidos para agua de recreación. Asimismo, en cuanto a los Coliformes Totales, los cinco puntos monitoreados del tramo dentro del trabajo de investigación se ajustaban a lo recomendado por las normas europeas (Saracho et al., 2006).



Tananta (2009) elaboró un trabajo de investigación para determinar la concentración de Coliformes fecales y Totales en el río Mayo, por incidencia de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Moyobamba, Perú. En este caso, se planteó como objetivo determinar la concentración microbiana de Coliformes fecales y Totales como indicador de contaminación del río. Para ello, empleó el método de filtración de membranas, y determinó que las concentraciones bacteriológicas (CF y CT) 50 metros aguas arriba del vertedero superaban los ECA:  $(1,3 \times 10^5)$  para CT y  $(1,0 \times 10^4)$  para CF.

Asimismo, este investigador analizó la incidencia o aporte bacteriológico del vertedero al río Mayo mediante el método de regresión lineal simple. A partir de este se determinó que existía una relación de moderada a significativa para Coliformes Totales, mientras que, para Coliformes fecales, la relación de causa efecto fue medianamente aceptable. Por otro lado, se hizo evidente que 50 metros aguas abajo del punto de vertimiento las concentraciones en promedio disminuyen a  $(1,6 \times 10^6)$  para CT y  $(1,0 \times 10^5)$  para CF, demostrándose así la alta capacidad de depuración natural del río Mayo (Tananta, 2009).

Martínez, Fonseca, Ortega y García-Lujan (2009) realizaron un monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del río Nazas, México. Para conocer la evolución de la calidad del agua en el sistema. Fueron seleccionados ocho sitios de muestreo, y las muestras fueron tomadas una vez cada dos meses, entre las 8:00 a.m. y las 6:00 p.m. aproximadamente, en el periodo de un año, y se realizaron recuentos de Coliformes Totales y Coliformes fecales.

En este trabajo, los investigadores utilizaron el método de sustrato cromogénico para identificar al grupo Coliforme y así conocer la influencia de la actividad agrícola o de la afectación de los suelos a través del impacto de los nutrientes y la afectación ambiental. Detectaron que hubo contaminación por Coliformes Totales en el 100 % de las muestras. Fueron las estaciones 5, 6, 7 y 8 las que sobrepasaron el límite máximo de detección por este método durante todo el año y, también, demostraron que, en la mayoría de las muestras, hubo presencia de Coliformes fecales, pero esta no sobrepasó el límite máximo permitido por la norma. Los investigadores concluyeron que, para evitar la contaminación del agua, se

deben aplicar las normas que garanticen la calidad del agua mediante el establecimiento de rangos permisibles de contaminación, los cuales buscan asegurar que el agua para consumo humano no sea dañina; el agua no tiene sustituto y no se conoce forma de vida que prescindiera de ella (Martínez et al., 2009).

Terleira (2010) realizó una evaluación del nivel de contaminación fecal del agua superficial a través de un análisis microbiológico del agua del río Shilcayo, ubicado entre la bocatoma y el asentamiento humano Villa Autónoma, en Tarapoto, Perú. Para su estudio, realizó análisis de Coliformes Totales y Termotolerantes a través del método de tubos (NMP). Este autor determinó los valores de los parámetros microbiológicos del agua del río en cuatro puntos estratégicos y, según los análisis de Coliformes Totales, registraron los siguientes valores: el más bajo fue ( $12 \times 10^4$  NMP/100 ml), y el más alto ( $28 \times 10^5$  NMP/100 ml). Asimismo, en cuanto a Coliformes Termotolerantes, el más bajo fue ( $31 \times 10^2$  NMP/100 ml), y el más alto ( $68 \times 10^3$  NMP/100 ml). Concluyó que los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos mostraban que, en los puntos de muestreo, el agua presentaba poca contaminación fecal, y que estaba dentro de los estándares de calidad para aguas.

Romeu-Álvarez, Larrea, Lugo, Rojas y Heydrich-Pérez (2012) realizaron un estudio en el río Luyanó, La Habana, Cuba, el cual recibe a lo largo de su trayectoria vertimientos de aguas residuales urbanas e industriales sin tratamiento alguno, lo que provoca un deterioro de la calidad de sus aguas. El trabajo estableció como objetivo determinar la magnitud de los indicadores físico-químicos, temperatura y pH en un tramo de 5 km en el curso inferior del río y evaluar la calidad microbiológica de sus aguas.

Los indicadores físico-químicos como pH y temperatura fueron medidos *in situ*, estuvieron dentro de los intervalos 7,3 - 7,7 y 24,9 - 27,3 °C. Los investigadores para la cuantificar los Coliformes Termotolerantes utilizaron la técnica de filtración por membrana y emplearon los medios agar Lactosa Tergitol con cloruro de trifetil- 2,3,5- tetrazolio (TTC), y agar Chromocult para *Escherichia coli*. Las concentraciones de *Escherichia coli* y Coliformes Termotolerantes oscilaron entre  $1,1 \times 10^4 - 2,9 \times 10^5$  y  $1,2 \times 10^5 - 5,7 \times 10^6$  unidades formadoras de colonias/100 ml respectivamente, lo cual era superior al límite máximo permisible. Los

autores concluyen en el estudio que las aguas del río Luyanó no son aptas para actividades recreativas y riego agrícola (Romeu-Álvarez et al., 2012).

Linares (2013) realizó un trabajo de investigación para determinar la calidad de agua de la quebrada de la microcuenca Asunción Saldaña, perteneciente al distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, Perú. Realizó la enumeración de Coliformes Totales utilizando el método del número más probable, recomendado por APHA (American Public Health Association) (1999), y para la enumeración de Coliformes Termotolerantes utilizó el medio caldo *Escherichia coli* contenidos en tubos de 150 x16 mm. La concentración de Coliformes Totales, en la quebrada Asunción Saldaña, equivale, en la parte baja, a 322,5 UFC/ml, seguido por la parte media con 150,8 UFC/ml, y finalmente, la parte alta con 17,0 UFC/ml. Por otro lado, en cuanto al género *Escherichia coli*, la parte alta tuvo el valor más bajo con 4,8 UFC/ml, por lo contrario, la parte baja tuvo un valor muy alto de 263,3 UFC/ml, finalmente la parte media tuvo un valor de 108,3 UFC/ml. Este investigador concluyo que los resultados estuvieron muy por encima del límite permisible para consumo directo según los estándares nacionales de la calidad para el agua.

Ayllón y Pérez (2015) elaboraron un trabajo de investigación que abarco desde el tramo la Boca del río hasta el centro poblado Cahuide, provincia de Maynas, Loreto, Perú. Establecieron como objetivo determinar la presencia de microorganismos patógenos en el cuerpo de agua del río Itaya y evaluar la relación referente a la salud de la población. Encontraron contaminantes microbiológicos en el agua del río (en media creciente y vaciante), como: Coliformes Termotolerantes (80 - 80000 NMP/100 ml), *Escherichia coli* (2 - 5000 NMP/100 ml), y Coliformes Totales (300 - 900000 NMP/100 ml), con una concentración elevada en la localidad Cahuide y en boca de río Itaya. Determinaron que la contaminación microbiologica está presente en todo el tramo del río, en todas las fases hidrológicas y con mayor relevancia en la época de estiaje, debido a que los resultados sobrepasaron los límites máximos permisibles, es por ello que los autores concluyeron que había una fuerte interrelación entre los agentes patógenos y la enfermedad prevalente de la población (diarreicas, 67 %); asimismo (52 %, para el aseo y limpieza personal, actividades productivas y las tareas domésticas) y se asociaba con la falta de los servicios básicos y el

mal manejo sanitario sobre el agua para consumo (redes, conexiones domiciliarias y el almacenamiento con un alto peligro de contaminación de 70 %).

Frías y Montilla (2016) realizaron un trabajo de investigación, donde el objetivo de su estudio fue evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y comparar con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua en la categoría 4: Conservación del ambiente acuático y posteriormente puedan elaborar una propuesta para minimizar el nivel de contaminación en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto, Perú. Establecieron tres puntos de muestreo, recolectando una muestra por punto, en el mes de diciembre del año 2014, en el mes de julio y en el mes de diciembre del 2015. El análisis microbiológico se efectuó a través de la técnica de los tubos múltiples de fermentación NMP; los resultados del muestreo de la fecha de diciembre del 2014, para Coliformes Totales presento el valor fue de 240 NMP/100 ml y en Termotolerantes fue de 93 NMP/100 ml; para el mes de julio del año 2015, para Coliformes Totales obtuvieron un valor de 845 NMP/100 ml y para Coliformes Termotolerantes obtuvieron un valor de 616 NMP/100 ml; para el mes de diciembre del año 2015, el resultado para Coliformes Totales fue de  $41 \times 10$  NMP/100 ml y el resultado para Coliformes Termotolerantes fue 255 NMP/100 ml. Por lo tanto, concluyen que según el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM (2015), se encuentran por encima de los límites permisibles los parámetros microbiológicos como Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales.

Pari (2017) determinó la calidad del agua del río Ilave, zona urbana del distrito de Ilave, Puno, Perú. Cuyo objetivo fue evaluar el nivel de contaminación mediante la determinación de los parámetros fisicoquímicos y evaluar la presencia de microorganismos biológicos. La metodología que utilizaron para el desarrollo del estudio fue el análisis fisicoquímico y microbiológico, establecieron cuatro puntos de muestreo, la distancia entre cada punto de muestreo fue de 1 500 m, en un tramo de 6 km aproximadamente que forma parte de la zona urbana del distrito de Ilave y las muestras fueron tomadas en épocas de estiaje, transición (seco a lluvioso) y de precipitación.

En el estudio se determinó el promedio de los valores de temperatura para el mes de noviembre fue de 15,2 °C, seguido del mes de diciembre con 14,4 °C y finalmente el mes de enero con 14 °C; los valores promedio de oxígeno disuelto fueron: 4,9 mg/l, 4,4 mg/l y 5,7 mg/l; los valores promedio para conductividad eléctrica, para el mes de noviembre fue de 765 uS/cm, para el mes de diciembre fue de 693 uS/cm y finalmente para el mes de enero fue de 393 uS/cm; los valores promedios para sólidos totales disueltos, en el mes de noviembre fue 380 ppm, seguido del mes de diciembre con 347,5 ppm y finalmente el mes de enero con 197,5 ppm; los valores promedio para el pH, en el mes de noviembre fue 7,9 mg/l, en el mes de diciembre fue 7,8 mg/l y por último para el mes de enero fue 7,5 mg/l; los valores promedio para fosfato en los tres meses fueron: 0,16 mg/l, 0,94 mg/l y 0,64 mg/l; los valores promedio de DBO, para el mes de noviembre fue 56,25 mg/l, para el mes de diciembre fue 82 mg/l y para el mes de enero fue 22,98 mg/l, asimismo los valores promedio para DQO, en el mes de noviembre fue 146,25 mg/l, seguido del mes de diciembre con 184,75 mg/l y finalmente el mes de enero con 56,47 mg/l; los valores promedio de nitrato para el mes de noviembre fue 1,3 mg/l, seguido del mes de diciembre con 2,5 mg/l y finalmente el mes de enero con 0,9 mg/l y los resultados promedio de Coliformes fecales, del mes de noviembre fue 599 NMP/100 ml, seguido del mes de diciembre con 1023 NMP/100 ml y finalmente el mes de enero con 575 NMP/100 ml, este resultado fue superior a los ECA's en la categoría III para aguas; lo que indica que las aguas del río estaban siendo afectados por microorganismos patógenos. Concluyeron que el vertimiento de las aguas de las lagunas de oxidación son la principal fuente de contaminación, debido a que no son tratadas adecuadamente vertiéndolas de esta manera al río con gran carga contaminante, afectando la salud de los animales por bioacumulación, ya que es la única fuente de consumo de agua de los animales que son pastados en las riberas del río (Pari, 2017).

Rodríguez, Retamozo, Aponte y Valdivia (2017) realizaron un diagnóstico microbiológico de los cuerpos de agua del área de conservación regional (ACR) Humedales de Ventanilla, Lima, Perú. En las muestras que se colectaron, se cuantificaron Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis*. Asimismo, se determinó de manera cualitativa la presencia o ausencia de *Vibrio* spp. y *Salmonella* spp. en cuatro estaciones a las que la población tenía mayor acceso. Para la obtención de los límites máximos permisibles (LMP), se utilizaron los estándares peruanos de calidad ambiental para el agua (ECA) del año 2008.

De las 15 estaciones monitoreadas, seis de ellas presentaron un promedio anual de Coliformes Totales mayor al LMP ( $>2000$  NMP/100 ml), y para el caso de los Coliformes Termotolerantes, dos estaciones sobrepasaron los LMP ( $>1000$  NMP/100 ml). Asimismo, la presencia de *Vibrio* spp. fue constante en tres de las cuatro estaciones evaluadas, *Salmonella* spp. estuvo ausente en todos los puntos. Los resultados evidencian que las actividades humanas están alterando los cuerpos de agua, ya que los convierten en un reservorio de microorganismos patógenos para la salud de la población que los utiliza (Rodríguez et al., 2017).

Samamé y Saldaña (2017) realizaron un estudio sobre la influencia de las actividades de la población en la calidad del agua del río Amojú del Distrito de Jaén – Cajamarca, Perú. Para realizar el estudio se tomaron 5 puntos estratégicos de muestreo en un periodo de un mes, aplicando un muestreo aleatorio simple y analizaron parámetros fisicoquímico y microbiológico del agua del río. Obtuvieron un  $DBO_5$  promedio de 23,7 ppm, Coliformes Totales con promedio 2 933,3 NMP/100 ml y Coliformes Termotolerantes con promedio de 2 433,3 NMP/100 ml. Posteriormente hicieron un análisis estadístico donde evaluaron y compararon con la Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, aprobado según D.S. N° 015-2015-MINAM en su categoría I y categoría IV, resultando que dichos valores superan a los límites máximos permisibles. Además, utilizaron el método del diagrama de Leopold para medir la influencia de las actividades humanas en la calidad de agua del río Amojú y concluyeron que existe influencia de las actividades de la población en la calidad del agua del río, ya que presenta elevados valores promedios de los parámetros:  $DBO_5$ , Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, por lo tanto proponen dos planes de mitigación los cuales consiste en una planta de tratamiento de aguas residuales y una gestión adecuada de residuos sólidos.

Ibana y Sihuay (2018) realizaron un estudio sobre la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos en seis fuentes como son el lago Túpac Amaru, tramos del río Madre de Dios y Tambopata, las quebradas Herrera, Loboyoc y Chonta; ubicadas alrededor de la ciudad de Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú. Este estudio se realizó en ocho estaciones de monitoreo. La metodología que emplearon para el estudio es descriptiva, las muestras microbiológicas fueron analizadas en EMAPAT (Empresa

Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata); con los resultados de los parámetros evaluados que obtuvieron, concluyeron que los ríos y afluentes de Tambopata y Madre de Dios registraron los niveles más altos de contaminación respecto a la calidad de sus aguas, lo que indicaba que estaban sufriendo un deterioro ambiental por la intervención antrópica en sus riberas y por lo tanto están catalogados como las fuentes de agua peor conservadas de toda la zona, además determinaron que tenían elevados los contenidos de materia orgánica y Coliformes, sobrepasando los LMP, que imposibilitan su uso para consumo humano, recreación, agrícola y pecuario; las quebradas Herrera, Chonta, Loboyoc y el lago Túpac Amaru, presentaron los índices de calidad moderadamente saludables e indican que esto se debió al impacto reducido de los pobladores aledaños; por lo que determinaron que la calidad de las aguas era moderada a crítica.

Gianoli (2018) realizó una investigación para determinar la contaminación existente en la bahía de Sechura en seis distintos puntos (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi y el Dren de Sechura). Recolectaron sus muestras siguiendo el protocolo N° PTE-010-09-SANIPES utilizado por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), y se basaron en el protocolo publicado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) 1991, para analizar sus muestras y así poder determinar la presencia de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes, utilizando la técnica de número más probable (NMP).

A partir de su investigación, Gianoli (2018) determinó que todas las estaciones muestreadas presentaron valores por encima de los estándares de calidad ambiental, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017) en algunos meses del monitoreo. Por lo tanto, con los resultados que obtuvo preciso que, en varios meses del año, Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos y fue considerado en su investigación como la estación con mayor carga bacteriana y con más probabilidad de representar un riesgo para el ser humano. Por lo contrario, determinaron que hubo una estación con menos carga bacteriana, que fue Las Delicias. Asimismo, establecieron que los factores fisicoquímicos encontrados en el área de estudio, están por debajo de los resultados de Coliformes hallados en el trabajo de investigación. El investigador concluyó que la bahía es un ecosistema que se encuentra muy

contaminado y representa un riesgo constante para la salud de la población y el medio ambiente.

## **1.2. BASES TEÓRICAS ESPECIALIZADAS**

### **1.2.1. El agua**

El agua es una sustancia, cuya molécula está compuesta por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrogeno. Esta molécula es muy estable, ya que está unida por enlaces covalentes muy fuertes, posee una distribución irregular de la densidad electrónica, ya que cerca de los átomos de hidrógeno se concentra una carga positiva y alrededor del átomo de oxígeno se acumula la carga negativa. El agua es un componente principal e imprescindible para el cuerpo del ser humano (Carbajal y Gonzáles, 2012).

El agua cumple un papel muy importante en los ecosistemas. Los animales y plantas necesitan de este recurso para sobrevivir y desarrollarse y además es el elemento principal en los ecosistemas acuáticos, como: En los ríos, quebradas, lagos y mares; debido a que un ecosistema implica la integración de distintos organismos que trabajan conjuntamente. Para Barrenechea (2004), las características físicas que posee el agua, son llamadas así porque pueden causar una impresión a los sentidos (gusto, vista y olfato), ya que tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua, considerándose importantes las siguientes:

- **Turbiedad**

La turbiedad es causada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.). La turbiedad es originada por las partículas que forman la suspensión coloidal; es decir, cuanto mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el agua se reduce la transparencia del líquido en un grado ya sea menor o mayor.

- **Color**

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados.



Esta característica del agua está asignada comúnmente a la existencia de ácidos fúlvicos, lignina, taninos, ácidos grasos y ácidos húmicos.

- **Olor y sabor**

El olor y el sabor están completamente relacionados entre sí. Se basa en la percepción del ser humano sobre la calidad de agua y pueden generar mal olor y sabor a una fuente de agua como son las descargas de desechos industriales y compuestos orgánicos provenientes de las actividades de microorganismos. Se consideran cuatro sabores básicos en el agua: Amargo, ácido, dulce y salado.

- **Temperatura**

Es una característica física muy importante del agua, este parámetro por lo general influye en el retraso o incremento de la sedimentación y filtración, la formación de depósitos, la absorción de oxígeno, floculación, la actividad biológica, la desinfección, la precipitación de compuestos y los procesos de mezcla.

- **pH**

Es un parámetro muy común para conocer parte de la calidad del agua. Las fuentes de agua demasiado ácidas disuelven los metales (plomo, cobre, zinc) empleados en las conducciones, los cuales al ser ingeridos afectan negativamente a la salud y además los valores extremos de este parámetro pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta proceso de ulceración. En términos generales un cuerpo de agua natural sin presencia de contaminantes posee un pH en el rango de 6,5 a 8,5.

Fernández (2012) menciona que el 70 % de la superficie de la tierra esta recubierta por agua, se le puede encontrar en el suelo, lagos, océanos, ríos y en el vapor del aire contenido en la atmósfera. Posee características únicas que la hacen imprescindible para la vida, además tiene la capacidad de regular el clima y la fuerza formidable para modelar el paisaje y así mismo el planeta; es un material flexible, tiene una gran capacidad calorífica, es un solvente extraordinario y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela.

Además, según Fernández, el agua es de suma importancia para cualquier país del mundo, para la vida y su desarrollo económico, por eso es necesario asegurar su disponibilidad. Durante muchos años no se ha preservado adecuadamente los recursos naturales, pero si se ha explotado de manera irregular para cumplir con las necesidades que demanda la sociedad, por ello se debe empezar a distribuir de manera sostenible los recursos para que puedan seguir abasteciendo al hombre en el tiempo y cubrir las necesidades que el medio ambiente requiere. Es por ello cuando se hace una distribución entre los diferentes usos, la agricultura siempre aparece como el sector con mayor demanda, en la actualidad la industria, el turismo y la población cada vez vienen compitiendo más por tener acceso a un recurso que cada día disminuye.

### **1.2.2. Calidad microbiológica del agua**

La calidad microbiológica del agua es medida habitualmente a través de los microorganismos que están presentes en ella. Conocer su calidad microbiológica es de gran importancia, dado que existe el riesgo de consumirla contaminada con bacterias patógenas, protozoarios y otros microorganismos provenientes de las heces fecales de humanos y animales (García y Iannacone, 2014).

Larrea, Rojas, Romeu, Rojas y Heydrich (2013) afirmaron que la alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiológica del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal. Asimismo, Apella y Araujo (2005) mencionan que los requisitos para que los microorganismos indicadores de contaminación puedan crecer en el laboratorio deber ser fáciles de aislar y relativamente inocuos para animales y el hombre.

Tres tipos de bacterias que cumplen con dichos requisitos:

- Coliformes fecales: indican contaminación fecal.
- Aerobias mesófilas: determinan efectividad del tratamiento de aguas o calidad de agua después del tratamiento.
- Pseudomonas: señalan alteración de la calidad de un cuerpo de agua.

Los Coliformes se encuentran en el tracto intestinal de animales homeotermos, estas bacterias tienen la capacidad de fermentar lactosa a 35 °C. Los géneros que conforman este

grupo son *Edwardsiella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. El género *Escherichia* es de origen fecal y otros géneros pueden existir como microorganismos intestinales, o como saprofitas independientemente. Esto ha llevado a diferenciar entre Coliformes Termotolerantes (término que designa a los Coliformes de origen exclusivamente intestinal) que tienen la capacidad de fermentar lactosa a 44,5 °C y Coliformes Totales (grupo que incluye a todos los Coliformes de cualquier origen) que se desarrollan a 35 °C. La presencia de Coliformes Termotolerantes nos indica la existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal, los Coliformes Totales, sólo muestran la existencia de contaminación, sin poder determinar su origen (Apella y Araujo, 2005).

Para Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez (2005) el crecimiento de la población a nivel mundial ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con el vertido de agua de desecho de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los microorganismos de origen fecal y la materia orgánica está representada por los grandes porcentajes de residuos vertidos producto de las actividades domésticas. Para evaluar la presencia de microorganismos patógenos en el agua de consumo humano y en las aguas residuales, se requiere de un análisis microbiológico debido a que los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea.

### **1.2.3. La contaminación del agua**

Humpire (2017) definió la contaminación del agua como la aglomeración indeseable de aguas residuales, residuos sólidos, desechos químicos industriales y entre otros que alteran las características naturales de un sistema hídrico. Asimismo, en el Perú, el estado actual del recurso hídrico viene siendo afectado por vertimientos de aguas residuales crudas o insuficientemente tratadas que al entrar en contacto con el cuerpo receptor superan la capacidad de asimilación y/o autodepuración del mismo y generan concentraciones en el cuerpo de agua que exceden el estándar de calidad normado en la zona sometida a regulación.

Continuamente y de forma natural, entran al agua sedimentos, restos orgánicos, nutrimentos y calor. Los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas acuáticos soportan, durante cierto tiempo, cantidades variables de cada uno de estos materiales, debido a que poseen una capacidad de eliminación o destrucción de impurezas, lo que se conoce como capacidad de depuración. Asimismo, la eficiencia de esta propiedad depende de las características físicas, químicas, biológicas y morfológicas de cada cuerpo de agua en particular; sin embargo, cuando se le incorporan contaminantes más agresivos y en mayor cantidad y frecuencia, los procesos naturales de purificación son insuficientes. Ello origina un grave problema de contaminantes que modifica y altera el equilibrio de los sistemas (Adame, 2013).

Cabe añadir que la contaminación del agua es uno de los peores problemas ambientales que la naturaleza experimenta en la actualidad. Este se debe a que las personas contaminan cotidianamente el agua sin darse cuenta de que este es un recurso indispensable para la vida de todos los seres vivos del planeta. A pesar de ello, se arroja residuos sólidos a los ríos y lagos, tal como lo expresó (Terleira, 2010).

- **Fuentes de origen de contaminación de origen antropogénico**

Según Ramos, Sepúlveda y Villalobos (2003) expone tres fuentes de contaminación de origen antropogénico.

- **Fuentes urbanas**

Corresponde a la carga de residuos de origen doméstico y público que constituye las aguas residuales municipales (lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza, preparación de alimentos y lavado de loza). Las concentraciones urbanas de la población constituyen una de las mayores fuentes de contaminación, debido a los grandes volúmenes de aguas residuales domésticas producidas, las cuales, en su mayor parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado.

- **Fuentes industriales**

Son las descargas originadas por el desarrollo de actividades correspondientes a la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo y satisfactores para la población.

#### - **Fuentes agropecuarias**

Son los afluentes de instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, así como las aguas de retorno de los campos agrícolas. Como consecuencia del uso en la actividad agrícola de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes, para el control de plagas y aumento de la productividad, las aguas de retorno agrícola arrastran restos de estos compuestos hasta los cuerpos de receptores; esto sumado a los arrastres de las excretas de animales por los escurrimientos pluviales, produce una fuente considerable de contaminación que altera los ecosistemas acuáticos.

#### **1.2.4. Usos del agua**

El “uso” es un concepto relacionado con el provecho que se obtiene de las cosas. En términos hídricos, se aplica como sinónimo de utilización, consumo o demanda. De esta manera, las necesidades de agua varían de un usuario a otro; es decir, los usos del agua determinan la cantidad utilizada (Hernández, 2005).

Por otra parte, el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación (Ley de Recursos Hídricos N° 29338, 2009).

Finalmente, tomando en cuenta el objetivo del estudio, el agua según su uso se clasifica del siguiente modo:

- a. Para producción de agua potable: Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano.
- b. Para recreación: Son aquellas aguas destinadas al uso recreativo.
- c. Para riego de vegetales y bebidas de animales: Corresponde a aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales dependen de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales.

### **1.2.5. Estándares de calidad Ambiental (ECA) para el agua**

Los estándares de calidad ambiental para agua, actualmente aprobados mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017), establecen el nivel o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpos receptores, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Según el parámetro particular al que se refiera, la concentración o grado podrá expresarse en máximos, mínimos o rangos.

Asimismo, el uso del agua en el área donde se desarrollará la presente investigación se encuentra en las categorías 1 y 3. Cada una de estas categorías, según el uso del agua, presenta sus respectivos estándares de calidad ambiental. Descripción de las categorías de uso del agua en el área de estudio:

#### **- Categoría 1B: Población y recreacional**

Se encuentran, en esta categoría, las aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1), las que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2), las que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado (A3); y también las aguas superficiales destinadas al uso recreacional (B), que son los usos que la población le da a las aguas superficiales del río Quiroz, localidad Puente Quiroz, y, por lo tanto, son de interés del estudio de investigación.

Asimismo, con respecto a la subcategoría A, se trata de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, es decir, aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para el consumo humano. Por un lado, se considera la subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) si el agua presenta menos de 50 NMP/100 ml para Coliformes Totales, 20 NMP/100 ml para Coliformes Termotolerantes y 0 NMP/100 ml para *Escherichia coli*. Por otro lado, en cuanto a la subcategoría A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), si el agua presenta menos de 2 000 NMP/100 ml para Coliformes Termotolerantes, para Coliformes Totales y *Escherichia coli*, no aplican para esta subcategoría.

Asimismo, para la subcategoría A3 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado), si el agua presenta menos de 20 000 NMP/100 ml, para Coliformes

Termotolerantes, para Coliformes Totales y *Escherichia coli* no aplican para esta subcategoría.

La subcategoría B, aguas superficiales destinadas para recreación y dentro de estas se encuentran las aguas de contacto primario, son reconocidas como B1, y las aguas de contacto secundario, reconocidas como B2. En el presente proyecto de investigación, se tomó muestras de aguas para comparar con la subcategoría B, ya que el río Quiroz es una zona turística, donde existe uso recreacional de contacto primario. Las actividades recreativas que se desarrollan en estas aguas son: La natación y la pesca. Finalmente, para que el agua sea apta para estos usos, debe presentar menos de 200 NMP/100 ml, para contacto primario, y 1000 NMP/100 ml, para contacto secundario, para Coliformes Termotolerantes, y debe tener ausencia de *Escherichia coli*, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017).

- **Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Como su nombre lo indica, las aguas que se enmarcan en esta categoría son utilizadas para el riego de vegetales y para bebidas de animales. En el presente proyecto de investigación, se empleó los ECA aprobados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017).

Los ECA, para estos usos, forman una concentración bacteriológica de 2000 NMP/100 ml para Coliformes Termotolerantes, en el caso de riego de vegetales, y 1000 NMP/100 ml, para Coliformes Termotolerantes en bebida de animales. Asimismo, el parámetro *Escherichia coli* no aplica para estas subcategorías.

**1.2.6. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales**

En el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, plasmado en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (2016), se indicó que la creciente presión sobre los cuerpos naturales de aguas, originada por las actividades antropogénicas (poblacionales y productivas), puede afectar la calidad de los recursos hídricos. Ello ocurre porque impacta en los ecosistemas acuáticos y compromete la disponibilidad del recurso hídrico, dado que los usos de las aguas contaminadas constituyen un riesgo para la salud de las personas y para la calidad de los productos agropecuarios.

El presente protocolo brinda una metodología a seguir en el monitoreo orientado a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos. Además, conlleva un diagnóstico de su estado a través de la evaluación de indicadores químicos-físicos y microbiológicos, obtenidos a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las aguas continentales y marino-costeras. Estas mediciones se desarrollan a través de una metodología y procedimientos estandarizados que involucran la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el protocolo de monitoreo.

### **1.2.7. Bacterias**

Las bacterias entéricas son microorganismos que generalmente habitan en el tracto intestinal de personas y animales, cuando estas bacterias entran en contacto con cuerpos de agua y alimentos pueden ocasionar algunas enfermedades. Desde hace mucho tiempo se viene utilizando las bacterias Coliformes como indicadores de contaminación fecal, ya que para determinar su presencia es más sencilla y rápida (Arcos, 2005, citado por Vargas, 2016).

- **Coliformes Totales**

Es un grupo de bacterias que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y tienen una característica principal, que es la capacidad que poseen para fermentar la lactosa con producción de gas y ácido, en el transcurso de 48 horas y realizan su incubación en una temperatura que va en un rango entre 30 °C a 37 °C. Estas bacterias habitan en el intestino de los animales y del ser humano, pero también se encuentran en otros hábitats, tales como el agua, el suelo, las plantas, la cáscara de huevo, etc. (García y Prokopiuk, 2017).

- **Coliformes Termotolerantes**

Los Coliformes fecales son un subgrupo que se encuentran dentro del grupo de los Coliformes Totales. Los Coliformes Termotolerantes son capaces de fermentar la lactosa con producción de gas y ácido en un rango de 24 a 48 horas, con una temperatura comprendida entre 44 °C a 45 °C en presencia de sales biliares (García y Prokopiuk, 2017). Asimismo, están presentes de manera exclusiva en el excremento de animales homeotermos.

Los Coliformes fecales, son llamados así, porque son capaces de resistir temperaturas hasta de 44,5 °C, comprenden una cantidad muy reducida de microorganismos, su presencia indica que el agua de cualquier fuente ya sea natural o artificial está contaminada con heces o



desechos del sistema de alcantarillado. Están formados principalmente por *Escherichia coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter* Werkman & Gillen y *Klebsiella* Trevisan, estas últimas su origen normalmente es ambiental como son los suelos, la vegetación y las fuentes de agua y solo ocasionalmente, forman parte del microbiota normal (Narváez, 2008, citado por García y Prokopiuk et al., 2017, p. 26).

Por lo tanto, en la actualidad algunos autores y así como la normativa del estado peruano han sustituido el nombre de Coliformes fecales por Coliformes Termotolerantes (Chiroles, 2007, citado por García y Prokopiuk et al., 2017, p. 26).

- ***Escherichia coli***

*Escherichia coli* es una bacteria Gram-negativa, oxidasa-negativa, en forma de barra, de la familia *Enterobacteriaceae*. Puede crecer tanto aeróbicamente como anaeróbicamente, preferiblemente a 37 °C, y puede ser inmóvil o móvil, con flagelos peritrichosos. Esta bacteria se aísla fácilmente a partir de muestras fecales mediante cultivo en placas en medios selectivos (Croxen et al., 2013).

Asimismo, esta bacteria es el habitante comensal más prevalente del tracto gastrointestinal de humanos y de animales de sangre caliente, así como uno de los patógenos más importantes. Como comensal, vive en una asociación mutuamente beneficiosa con los huéspedes, y rara vez causa enfermedades (Kaper, Nataro y Mobley, 2004).

### **1.2.8. Parámetros físicos del agua**

- **pH**

Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, mediante el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Asimismo, los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida, y los que se encuentran por encima de 7, que es básica. Cuando una sustancia es neutra, el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno ( $H^+$ ) excede el número de átomos del oxhidrilo ( $OH^-$ ), la sustancia es ácida. La

concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia, tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como en las residuales (Murphy, 2007).

El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro. Es recomendable la medición *in situ*, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos debido al transporte o la permanencia prolongada en recipientes (cambia cuando es llevado al laboratorio). En precisión, el método aplicado *in situ* es el método electrométrico (Murphy, 2007).

- **Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como con respecto a la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es una característica principal del agua que influye en el comportamiento de otros parámetros, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas, algunos de estos componentes, son indicadores de la calidad del recurso hídrico. Es preciso indicar que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales. Es causa frecuente del oxígeno presente en las aguas superficiales, lo cual se reduce más en los meses de verano. En efecto, un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática (Murphy, 2007).

### **1.2.9. Caudal**

El caudal es la cantidad de agua que lleva el río en un punto y momento concreto de su recorrido por unidad de tiempo (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015). Entre los métodos más utilizados para medir caudales, se encuentran los siguientes:

- **Método del flotador**

Según la Resolución Directoral N° 2254-2007-DIGESA, 2007, este método permite medir la velocidad del agua de la superficie y se puede utilizar como material flotante cualquier objeto pequeño que flote: Como una botella, un corcho y una pequeña madera. Para utilizar el método del flotador se tiene que conocer la velocidad del agua y el área de la sección, este método se puede usar en los siguientes casos:

- Cuando no es accesible para el que efectúa el aforo.
- Cuando la integridad del correntómetro (aparato que sirve para medir la velocidad y la dirección de las corrientes del agua) está en riesgo.
- A falta de correntómetro.
- Excesiva velocidad del caudal del cuerpo de agua que dificulta el uso del correntómetro.
- Presencia frecuente de objetos extraños en el curso del agua, que dificulta el uso del correntómetro.

El cálculo consiste en:

$$Q = A \times V$$

$$V = e/t$$

V: es la velocidad en m/s

e: espacio recorrido en m del flotador

t: tiempo en segundos del recorrido del por el flotador

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal

- **Método volumétrico**

Según Bello y Pino (2000) este método permite medir pequeños caudales de agua, como son los que escurren en surcos de riego o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde) de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 o 3 veces y se promedia, con el fin de asegurar una mayor exactitud. No es recomendable en ríos.

- **Método del correntómetro**

En este método la velocidad del agua se mide por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la masa de agua. Existen varios tipos de correntómetros, siendo los más empleados los de hélice de los cuales hay de varios tamaños; cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del aparato. Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad sabiendo el número de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo. Estos correntómetros se calibran en laboratorios de hidráulica, lo cual está contemplado en la Resolución Directoral N° 2254-2007-DIGESA, 2007.

### **1.2.10. Río Quiroz**

El río Quiroz pertenece al sistema hidrográfico del río Chira y tiene sus orígenes en las alturas de los cerros Misal, Muchcapán y Viejos, sobre los 4 000 m.s.n.m. Nace con el nombre del río Shantaco; posteriormente, adopta los nombres de Palo Blanco, San Pablo, Santa Rosa y, a partir de su confluencia con el río Tulmán, toma el nombre del río Quiroz. La cuenca del río Quiroz cuenta con un área de drenaje total de 3 100 km<sup>2</sup>, hasta su desembocadura en el río Chira, y una longitud máxima de recorrido de 165 km.

El río Quiroz presenta, debido a sus características topográficas, una pendiente promedio de 2,3 %. La cuenca total tiene la forma de un cuerpo alargado que se estrecha a medida que el río se acerca al cauce principal del río Chira. El aprovechamiento hidráulico más importante, desde el punto de vista hidrológico, es la derivación del río Quiroz hacia la irrigación de San Lorenzo, por medio del canal Quiroz, que se encuentra en operación desde 1954 y tiene una capacidad máxima de 60 m<sup>3</sup>/s (Ariza, 2017).

## CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1. Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el caserío Puente Quiroz, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, departamento de Piura (Figura 1).

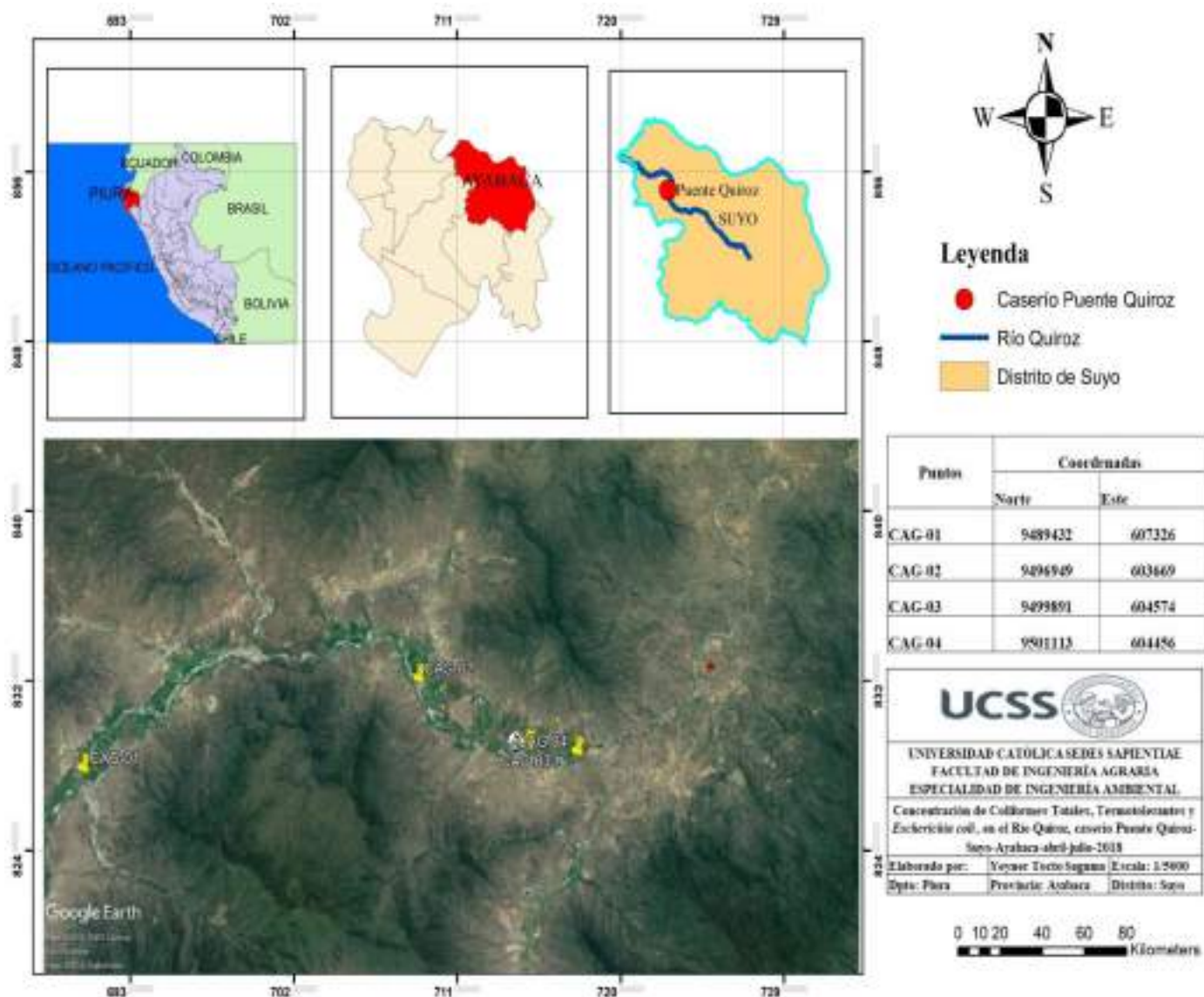


Figura 1. Ubicación geográfica del caserío Puente Quiroz.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.2. Selección de puntos de muestreo en el río Quiroz

En la selección de puntos de muestreo en el río Quiroz, se consideró los siguientes aspectos:

- **Identificación:** Los puntos de muestreo fueron identificados y reconocidos claramente, de manera que ello permitió su ubicación exacta en los muestreos siguientes. Para la determinación de la ubicación, se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el cual registró las coordenadas en UTM y en sistema WGS84.
- **Accesibilidad:** Fue un rápido y seguro acceso al lugar establecido para tomar la muestra (Tabla 1).
- **Representatividad:** Se eligieron los puntos donde el río estuvo más regular, accesible y uniforme en profundidad. Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados, para así poder retornar a ellos con facilidad. Además, se tomaron fotografías del lugar y notas de alguna característica geográfica permanente.
- **Registro de datos de campo:** Tal como se muestra en el Apéndice 1, se empleó en el monitoreo, una ficha de registro de campo, la cual contiene la siguiente información: (a) descripción de la estación de monitoreo, (b) código de muestra, (c) fecha y hora, y (d) ubicación en coordenadas UTM.

Tabla 1

*Tiempo y distancia del distrito de Piura al caserío Puente Quiroz*

<b>Destino</b>	<b>km</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Camino</b>	<b>Vehículo</b>
Piura-Puente Quiroz	256	3 horas	Carretera asfaltada	bus

*Fuente:* Elaboración propia.

### 2.1.3. Características de las estaciones de muestreo

- **Estación CAG-01**

Es la primera estación ubicada en el río Quiroz, a 300 metros aguas abajo del puente Jambur, que se encuentra a 6 km de la ciudad de Paimas y a 9 km del caserío Puente Quiroz, se hizo el monitoreo en esta estación para poder saber cómo llegaba el agua al caserío Puente Quiroz kilómetros arriba, debido que en la ciudad de Paimas se encuentre ubicada una PTAR y vierte sus aguas al río Quiroz. Se observo poca cantidad de vegetación arbórea y arbustiva; se encuentra en las coordenadas UTM 607326 Este, 9489432 Norte y a una altitud de 415 m.s.n.m. (Figura 2).



*Figura 2.* Ubicación de la estación CAG-01 “Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur”.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Estación CAG-02**

Es la segunda estación ubicada en el río Quiroz, a 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz, cerca de la bocatoma de captación para el riego de cultivos (arroz, maíz, maní, cacao, mango y otros), que la población del caserío produce. El área no presenta viviendas cercanas a menos de 300 metros, debido a que es una zona establecida para agricultura y se encuentra



Figura 3. Ubicación de la estación CAG-02 “Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz”.

Fuente: Elaboración propia.

- **Estación CAG-03**

Es la tercera estación ubicada en el río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz, con coordenadas UTM 604574 Este, 9499891 Norte y a una altitud de 326 m.s.n.m. (Figura 4).

Se encuentra en el centro del caserío donde existe mayor concentración de población por lo que utilizan este sitio para la pesca, balneario y actividades domésticas, es poco caudaloso. Asimismo, la contaminación existe en el caserío debido a la falta de un sistema de tratamiento de la excreta humana (letrinas), por el mal manejo de los residuos sólidos producto de la actividad doméstica y por la contaminación causada por el arrastre hidráulico a consecuencias de las lluvias.





*Figura 4.* Ubicación de la estación CAG-03 “Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz”.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Estación CAG-04**

Es la cuarta estación ubicada en el río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz y 50 metros aguas abajo del balneario el Arenal, como fuente de contaminación en dicho punto de muestreo. El agua en este punto presenta un movimiento lento ya que el terreno es mucho más plano que las estaciones anteriores, lo que permite que se formen pequeños estanques y pueda ser utilizado por el ganado caprino y porcino. Se observó poca cantidad de vegetación arbórea y arbustiva; se encuentra en las coordenadas UTM 604456 Este, 9501113 Norte y a una altitud de 317 m.s.n.m. (Figura 5).



Figura 5. Ubicación de la estación CAG-04 “Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz”.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. MATERIALES

En la Tabla 2 y Tabla 3, se exponen los materiales empleados en la presente investigación, como también se mencionan los materiales y equipos complementarios.

Tabla 2

### *Materiales para muestra*

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de envase</b>	<b>Cantidad (unidad)</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Almacenamiento máximo recomendado</b>
Coliformes Totales				
Coliformes Termotolerantes	Vidrio	40	300	24 horas
<i>Escherichia coli</i>				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

*Equipos para registro (in situ)*

<b>Parámetro</b>	<b>Materiales y equipos</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>
	Cinta métrica	Stanley	
Caudal	Wincha	Stanley	
	Flotadores de Tecnopor		
Temperatura y pH	Multiparámetro	Thermo Scientific	Orión Star 221

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Materiales complementarios**

- Tablero
- Gel pack
- Libreta de campo
- Lápices
- Lapiceros
- Muestreador manual
- Cinta de embalaje
- Soluciones buffer
- Soga
- Etiquetas
- Cadenas de custodia
- Registro de campo
- Marcador indeleble
- Caja de Tecnopor de 25 L
- Gorra

- **Equipos complementarios**

- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Cámara fotográfica
- Laptop
-

## 2.3. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

### 2.3.1. Trabajo de campo

Se realizó un recorrido prospectivo con la finalidad de conocer el área de estudio y así determinar los sitios de muestreo. Se eligieron cuatro estaciones, de las cuales se realizaron cuatro muestreos, uno por mes (abril, mayo, junio y julio del año 2018). En la Figura 6, se muestran los sitios de muestreo en el tramo del caserío Puente Quiroz.



Figura 6. Ubicación de las estaciones de muestreo.

Fuente: Google earth (2018).

### 2.3.2. Muestreo

La recolección de muestras fue realizada en función del protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, aprobado en el año 2016. Para ello, se adaptó el muestreo a las condiciones ambientales existentes.

Por ello los resultados de la investigación los valores de Coliformes Totales, Termotolerantes y *Escherichia coli*, fueron comparados con las categorías: 1 (poblacional/recreacional) y 3 (riego de vegetales y bebidas de animales). Esto se debe a que este tramo del río Quiroz tiene

usos múltiples, los cuales están contemplados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017), pues es aprovechado como abastecimiento de agua para consumo humano y principalmente como recurso recreacional. Estos tipos de usos se encuentran en la categoría 1. Así mismo, representa agua para riego de vegetales y bebida de animales, lo cual coloca al agua del río en la categoría 3.

Asimismo, se midió el caudal del río según lo establece el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales (Resolución Directoral N° 2254-2007-DIGESA, 2007). Para determinar el caudal, se multiplica el valor de la velocidad por el valor de la sección transversal del río y se expresara en m<sup>3</sup>/s, según la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V$$

Dónde:

A: área

V: velocidad

Por otro lado, se colectaron las muestras de agua en frascos estériles de 300 ml de capacidad sumergiendo el frasco a una profundidad de 20 cm a 30 cm debajo de la superficie del agua, y colocando la boca del frasco en sentido de la corriente. Se realizó el monitoreo entre el rango de las 13:00 y 14:00 horas, aproximadamente. Se contó con un total de 16 muestras para todo el periodo.

Cada uno de los frascos fue debidamente etiquetado con plumón indeleble. Los datos consignados fueron (a) el responsable del muestreo, (b) el código de la estación de muestreo, (c) la descripción de la estación de muestreo, (d) el parámetro de análisis, (e) el tipo de muestreo y (f) la fecha y la hora (ver Apéndice 1).

Finalmente, para la determinación de los parámetros físicos *in situ*, se midieron directamente en el cuerpo de agua la temperatura y pH. Para la toma de ambos parámetros, se utilizó el multiparámetro Thermo Scientific, modelo Orión Star 221.

### **2.3.3. Transporte y envío de muestras**

Las muestras fueron colocadas en una caja de Tecnopor con hielo en bolsas herméticas para que mantenga la temperatura a 6 °C durante todo el viaje. Se adjuntó, además, la cadena de custodia. Luego, se transportó al laboratorio EQUAS S.A.

### **2.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA DEL LABORATORIO EQUAS S.A.**

Los análisis de las muestras del monitoreo que se realizó en el río Quiroz, se hicieron en el laboratorio de la consultora Environmental Quality Analytical Services S.A (EQUAS), que está acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), ubicado en la ciudad de Lima.

### 2.4.1. Determinación del número más probable de Coliformes Totales

En la Figura 7, se aprecia el proceso seguido para determinar el número más probable de Coliformes Totales.

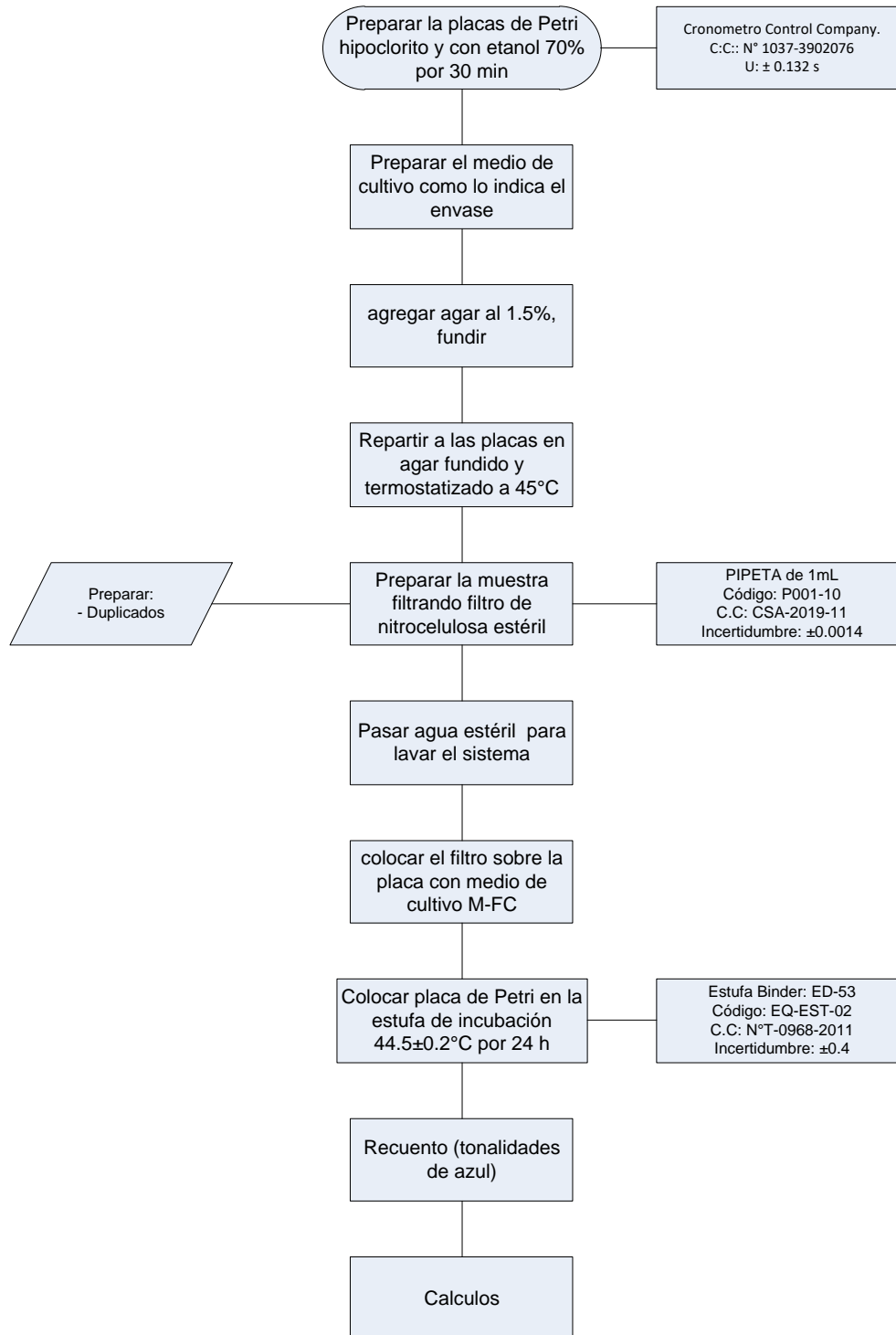


Figura 7. Proceso para determinar el número más probable de Coliformes Totales.

Fuente: Bridgewater, L., American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation (2012).

## 2.4.2. Determinación del número más probable de Coliformes Termotolerantes

En la Figura 8, se aprecia el proceso seguido para determinar el número más probable de Coliformes Termotolerantes.

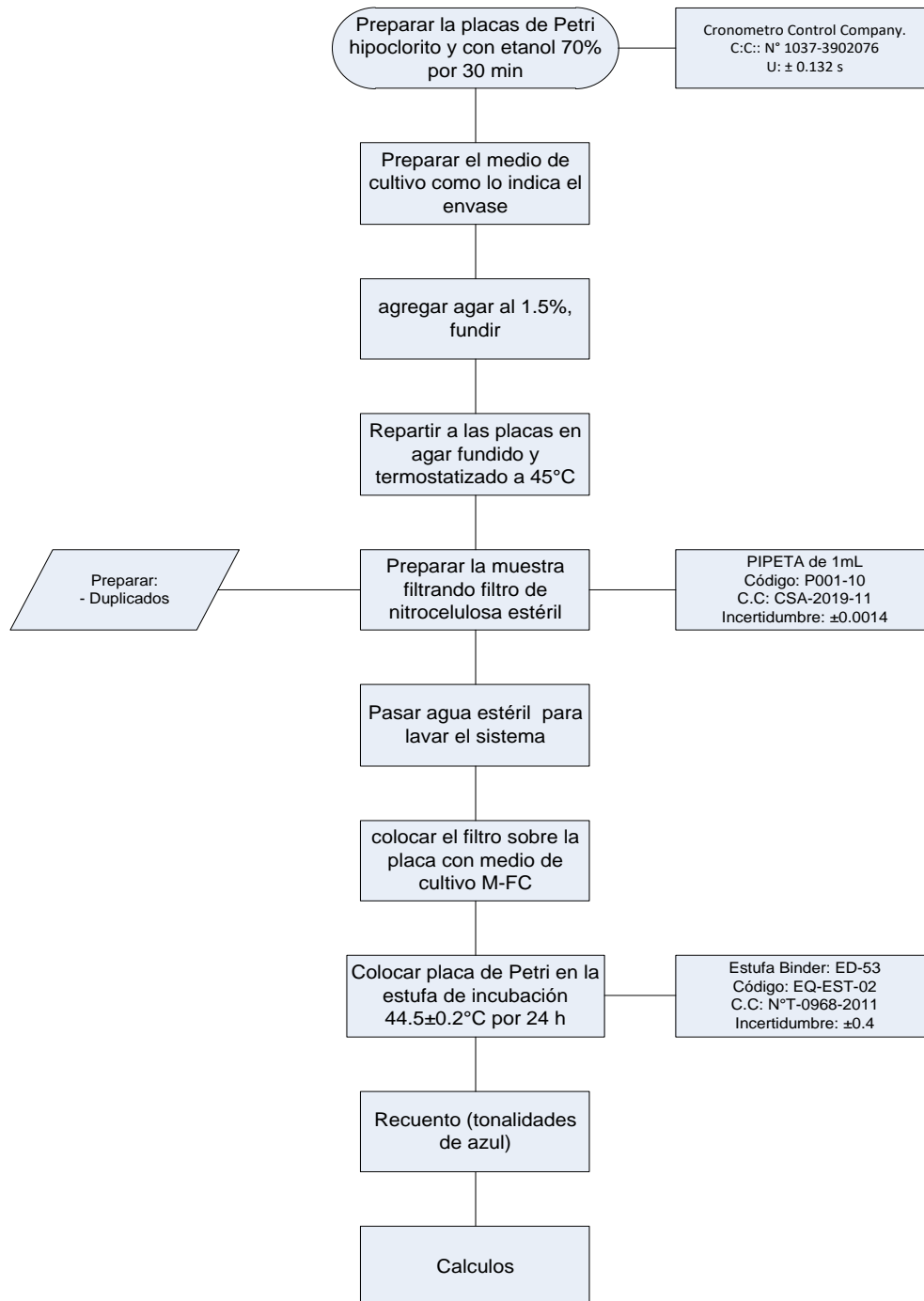


Figura 8. Proceso para determinar el número más probable de Coliformes Termotolerantes.

Fuente: Bridgewater, L., American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation (2012).



### 2.4.3. Determinación del número más probable de *Escherichia coli*

Para la prueba de *Escherichia coli*, usando el reactivo GAD, se la define como la especie de bacteria Coliforme que posee la enzima glutamato descarboxilasa (GAD), capaz de producir una alcalina reacción dentro de las cuatro horas en un reactivo que contiene ácido glutámico y un agente lítico. A los efectos de esta prueba, *Escherichia coli* se conceptualiza como la especie de bacterias Coliformes que pueden producir indol dentro de  $24 \pm 2$  horas cuando se cultiva en agua de triptona a  $44,5 \pm 0,2$  °C. De todos modos, debe tenerse en cuenta que *Klebsiella oxytoca* es indol positivo. Un cultivo Coliforme positivo se obtiene a partir de dos reactivos.

- Agua triptona: Sus componentes y preparado se indican a continuación:
  - Tryptone (20 g)
  - Cloruro de sodio, NaCl (5 g)
  - Agua de grado reactivo (1 L)
  - Agregue los ingredientes al agua y mezcle bien hasta que se disuelva
  - Ajuste el pH a 7,5. Distribuya porciones de 5 ml en tubos, tapa y esterilizar durante 10 min a 115 ° C
  
- Reactivo de Kovacs: Sus componentes y preparado se indican a continuación:
  - p-Dimetilaminobenzaldehído (5 g)
  - Alcohol amílico (grado analítico) (75 ml)
  - Ácido clorhídrico, concentrado (25 ml)
  - Disuelva el aldehído en alcohol. Agregar con cuidado el ácido al aldehído-alcohol
  - Mezcle y agite para mezclar. Almacenar en la oscuridad a 4 °C
  - Polietilenglicol octilfenil éter \* (3,0 ml)
  - Agua de grado reactivo (1 L)

Después de la incubación, se debe agregar 0,2 ml a 0,3 ml. de reactivo de Kovacs para cada tubo de agua de triptona. Luego, es necesario examinar todos los tubos para ver la apariencia de un color rojo oscuro en la capa superior. La presencia de un color rojo es considerada un resultado positivo para *Escherichia coli* (Bridgewater, American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation, 2012).

## **2.5. ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos obtenidos en la investigación, fueron procesados en el programa estadístico Excel, posteriormente para poder evaluar los niveles de contaminación de los parámetros microbiológicos se realizó un análisis estadístico descriptivo (número de datos, mínimo, máximo, media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad) para cada parámetro y poder realizar las evaluaciones necesarias. Además, con los resultados obtenidos de la concentración de los parámetros se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – ECAs, según categoría 1 y 3, para evaluar la calidad microbiológica del agua en el río Quiroz.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1. RESULTADOS

- **Caudal**

El caudal del río Quiroz, obtuvo el máximo valor en abril 11,57 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo en julio 0,44 m<sup>3</sup>/s. Estos datos se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4

*Valores promedio del caudal del río Quiroz*

Estaciones de muestreo	Caudal (m <sup>3</sup> /s)			
	1 <sup>er</sup> muestreo	2 <sup>do</sup> muestreo	3 <sup>er</sup> muestreo	4 <sup>to</sup> muestreo
CAG-01	11,57	3,80	2,34	0,44
CAG-02	9,88	2,53	1,24	0,41
CAG-03	7,86	1,05	0,98	0,38
CAG-04	7,84	1,03	0,94	0,36

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 3.1.1. Parámetros físicos

A continuación, se expone los parámetros físicos referidos a la temperatura y el pH.

- **Temperatura**

La temperatura superficial promedio del agua del río Quiroz osciló en un rango de 23,5 °C a 25,7 °C, y obtuvo el máximo valor en abril (25,7 °C), y el valor mínimo, en junio (23,5 °C). Estos datos se exponen en la Tabla 5 y el Apéndice 3.

Tabla 5

*Valores promedio de la temperatura superficial del río Quiroz*

Estaciones de muestreo	Temperatura (°C)			
	1 <sup>er</sup> muestreo	2 <sup>do</sup> muestreo	3 <sup>er</sup> muestreo	4 <sup>to</sup> muestreo
CAG-01	27,0	23,6	22,7	27,0
CAG-02	26,0	23,4	23,0	25,2
CAG-03	25,0	25,0	23,3	25,1
CAG-04	25,0	25,9	25,0	25,0

*Fuente:* Elaboración propia.

- **pH**

Los resultados de pH (Tabla 6) muestran que, en el primer muestreo, los valores fluctuaron entre 8,58 y 8,68; en el segundo, entre 8,71 y 8,79; en el tercero, entre 8,55 y 8,64, y en el último muestreo, se registraron valores entre 8,09 y 8,45 (ver Apéndice 4).

Tabla 6

*Valores de pH en las cuatro estaciones durante los cuatro meses de muestreo*

Estaciones de Muestreo	pH			
	1 <sup>er</sup> muestreo	2 <sup>do</sup> muestreo	3 <sup>er</sup> muestreo	4 <sup>to</sup> muestreo
CAG-01	8,68	8,73	8,64	8,45
CAG-02	8,65	8,72	8,62	8,37
CAG-03	8,61	8,71	8,62	8,09
CAG-04	8,58	8,79	8,55	8,15

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.2. Parámetros microbiológicos

Durante los meses de abril a julio, se han monitoreado cuatro estaciones (Tabla 7 y Figura 9). El 29 de abril, para las estaciones 1, 2, 3 y 4, la cantidad de Coliformes Totales estuvo entre 170 NMP/100 ml y 920 NMP/100 ml; para Coliformes Termotolerantes, estuvieron entre 110 NMP/100 ml y 350 NMP/100 ml, y para *Escherichia coli*, estuvieron entre 110 NMP/100 ml y 350 NMP/100 ml (ver Apéndice 5).

Tabla 7

Resultados del muestreo del mes de abril de 2018

Estaciones de muestreo	Unidad	Resultados		
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
CAG-01	NMP/100 ml	920	350	350
CAG-02	NMP/100 ml	170	110	110
CAG-03	NMP/100 ml	920	140	110
CAG-04	NMP/100 ml	920	240	240

Fuente: Elaboración propia.

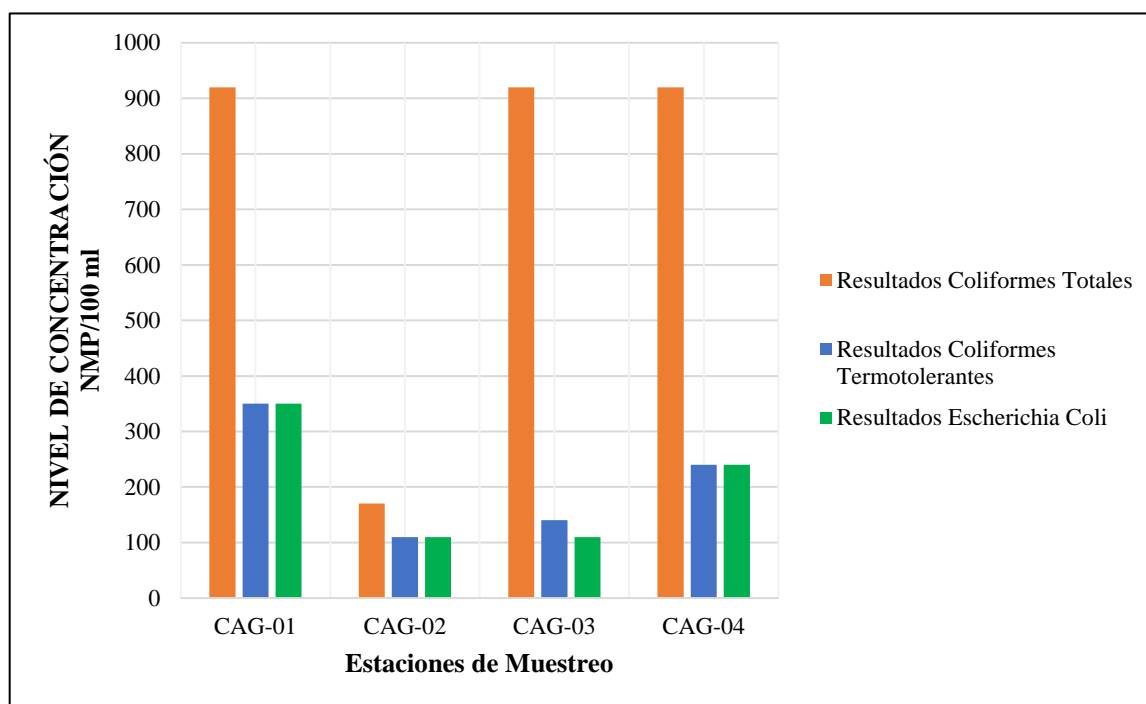


Figura 9. Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de abril.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, el 28 de mayo, para las estaciones 1, 2, 3 y 4 (Tabla 8 y Figura 10), la cantidad de Coliformes Totales estuvieron entre 2400 NMP/100 ml y 5400 NMP/100 ml; para Coliformes Termotolerantes, entre 170 NMP/100 ml y 900 NMP/100 ml, y para *Escherichia coli*, entre 130 NMP/100 ml y 800 NMP/100 ml (ver Apéndice 6).

Tabla 8

Resultados del muestreo del mes de mayo de 2018

Estaciones de muestreo	Unidad	Resultados		
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
CAG-01	NMP/100 ml	2500	900	800
CAG-02	NMP/100 ml	2400	790	790
CAG-03	NMP/100 ml	5400	170	140
CAG-04	NMP/100 ml	3500	330	130

Fuente: Elaboración propia.

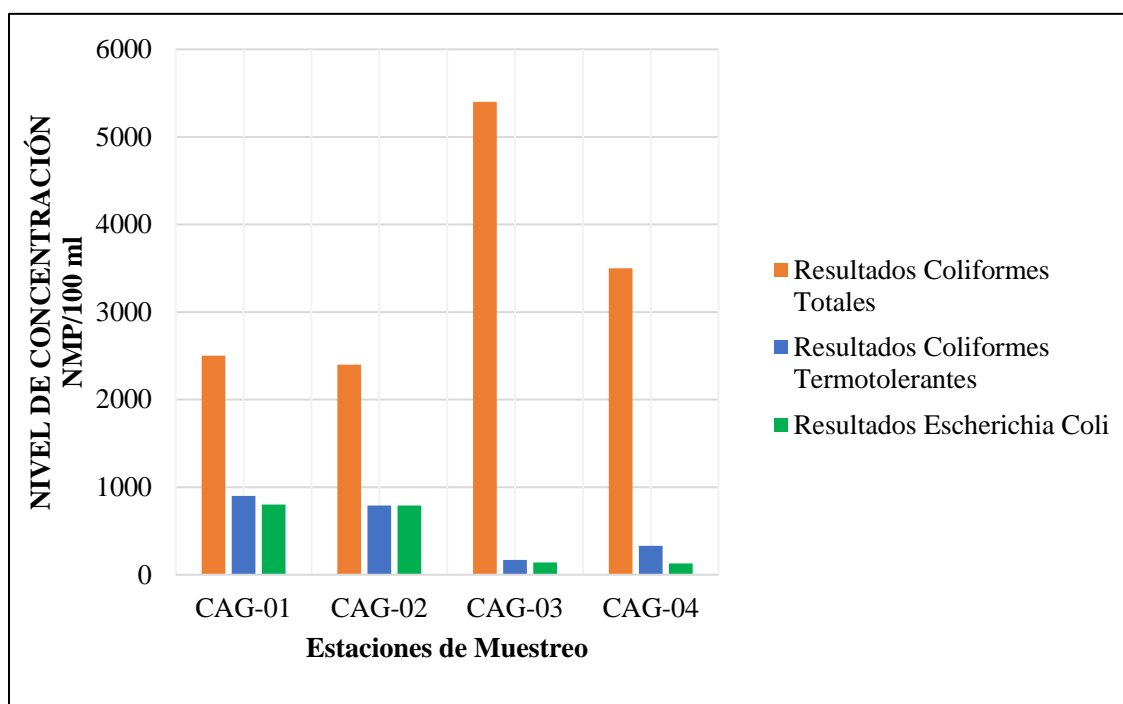


Figura 10. Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de mayo.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, el 29 de junio, para las estaciones 1, 2, 3 y 4 (Tabla 9 y Figura 11), la cantidad de Coliformes Totales se registró entre 200 NMP/100 ml y 1600 NMP/100 ml; para Coliformes Termotolerantes, 50 NMP/100 ml y 1600 NMP/100 ml, y para *Escherichia coli*, entre 49 NMP/100 ml y 1600 NMP/100 ml (ver Apéndice 7).

Tabla 9

Resultados del muestreo del mes de junio de 2018

Estaciones de muestreo	Unidad	Resultados		
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
CAG-01	NMP/100 ml	350	240	49
CAG-02	NMP/100 ml	200	50	70
CAG-03	NMP/100 ml	240	79	79
CAG-04	NMP/100 ml	1600	1600	1600

Fuente: Elaboración propia.

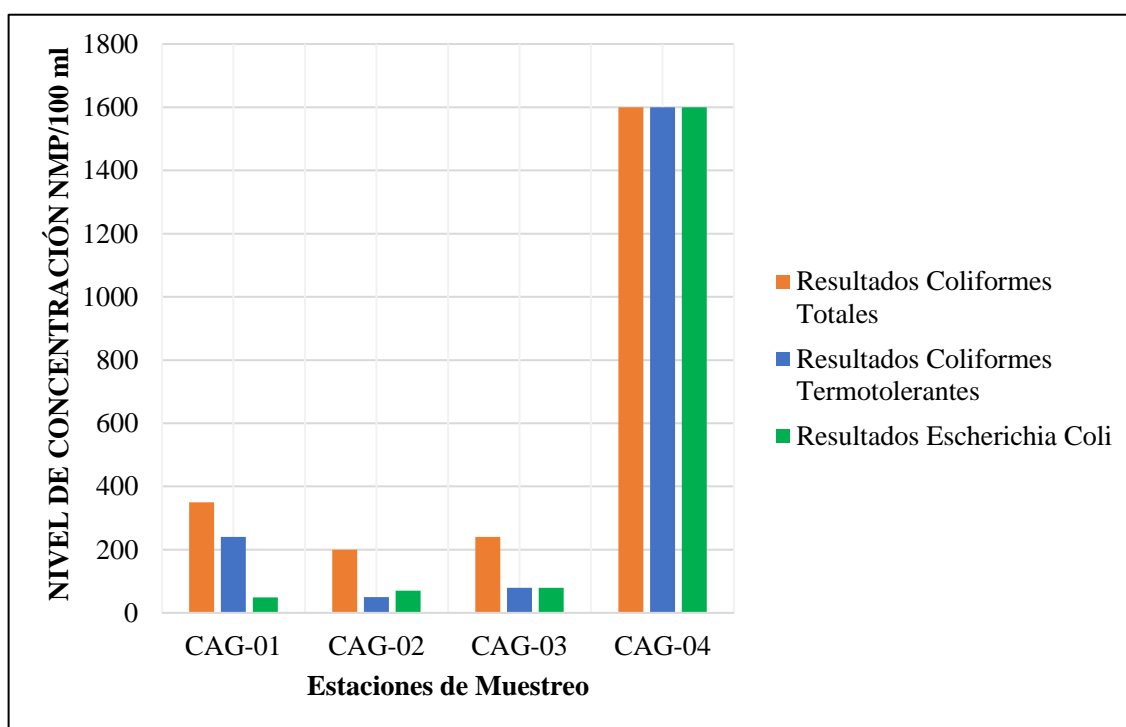


Figura 11. Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de junio.

Fuente: Elaboración propia.

El 22 de julio, para las estaciones 1, 2, 3 y 4 (Tabla 10 y Figura 12), la cantidad de Coliformes Totales se registró entre 240 NMP/100 ml y 2400 NMP/100 ml; para Coliformes Termotolerantes, entre 240 NMP/100 ml y 920 NMP/100 ml, y para *Escherichia coli*, entre 47 NMP/100 ml y 490 NMP/100 ml (Apéndice 8).

Tabla 10

Resultados del muestreo del mes de julio de 2018

Estaciones de muestreo	Unidad	Resultados		
		Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
CAG-01	NMP/100 ml	920	920	47
CAG-02	NMP/100 ml	240	240	130
CAG-03	NMP/100 ml	2400	490	490
CAG-04	NMP/100 ml	540	350	350

Fuente: Elaboración propia.

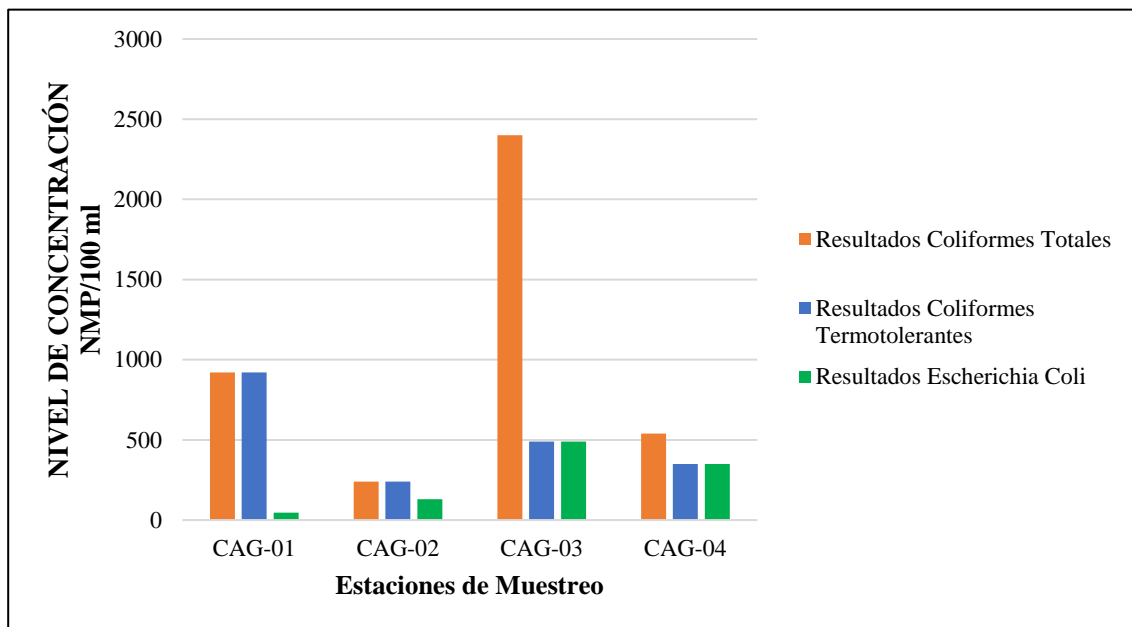


Figura 12. Resultados de análisis microbiológicos del muestreo del mes de julio.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 11

*Consolidado de los resultados del muestreo durante los meses de abril a julio de 2018*

Meses	Parámetros	Estaciones de muestreo				
		Unidad	CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04
Abril	Coliformes Totales	NMP/100 ml	920	170	920	920
	Coliformes	NMP/100 ml	350	110	140	240
	Termotolerantes	NMP/100 ml	350	110	110	240
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	350	110	110	240
Mayo	Coliformes Totales	NMP/100 ml	2500	2400	5400	3500
	Coliformes	NMP/100 ml	900	790	170	330
	Termotolerantes	NMP/100 ml	900	790	170	330
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	800	790	140	130
Junio	Coliformes Totales	NMP/100 ml	350	200	240	1600
	Coliformes	NMP/100 ml	240	50	79	1600
	Termotolerantes	NMP/100 ml	240	50	79	1600
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	49	70	79	1600
Julio	Coliformes Totales	NMP/100 ml	920	240	2400	540
	Coliformes	NMP/100 ml	920	240	490	350
	Termotolerantes	NMP/100 ml	920	240	490	350
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	47	130	490	350

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.3. Comparación de los resultados de cada una de las estaciones de muestreo en el periodo abril a julio de 2018**

Los resultados de las muestras fueron analizados individualmente por cada estación de muestreo para determinar el grado de contaminación y posteriormente, hacer la comparación entre cada estación de muestreo por medio de gráficas y así poder observar qué ocurre con la calidad microbiológica del agua en el río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

- **Resultados del primer muestreo realizado el 29 de abril**

En la Figura 13, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se puede apreciar que las estaciones CAG-01, CAG-02 y CAG-03 muestran la mayor presencia de Coliformes Totales, con un valor de 920 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia, con un valor de 170 NMP/100 ml.

Asimismo, en la Figura 14, se expone el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Es posible observar que la estación CAG-01 muestra la mayor presencia de Coliformes Termotolerantes, con un valor de 350 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia, con un valor de 110 NMP/100 ml.

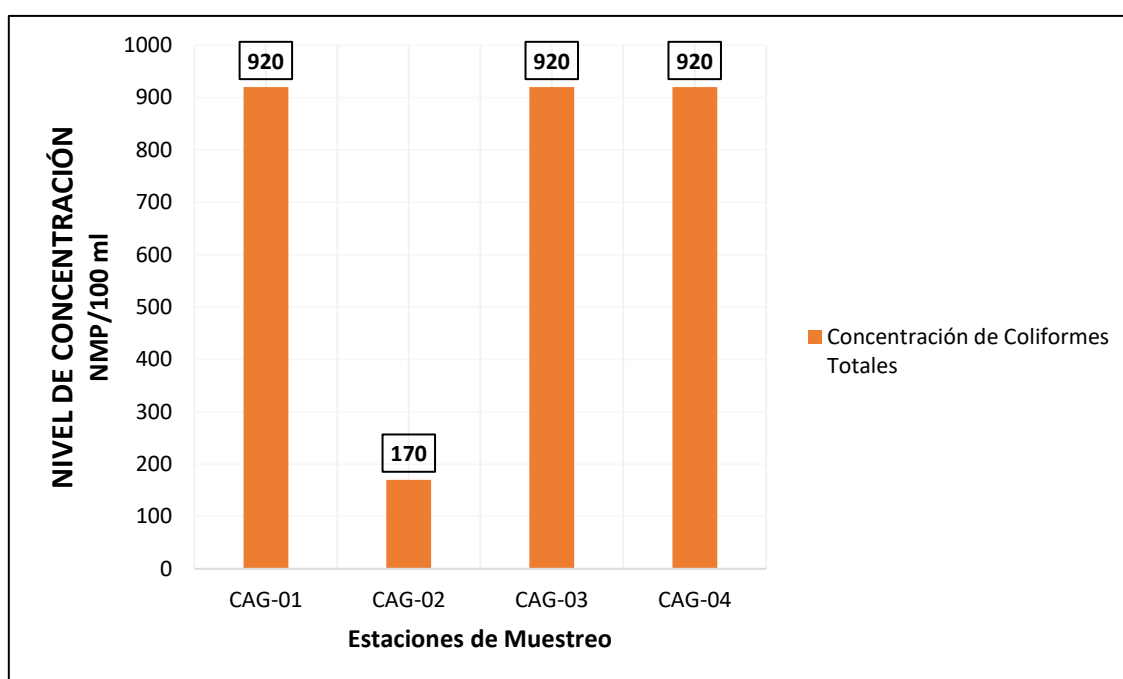


Figura 13. Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de abril.

Fuente: Elaboración propia.

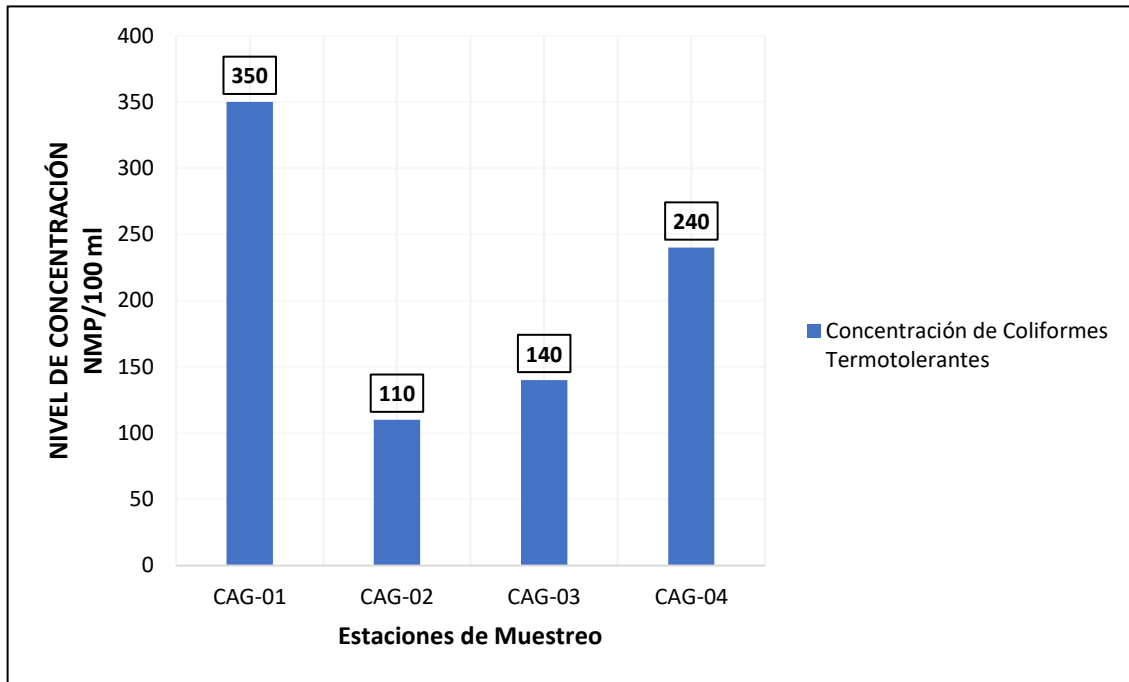


Figura 14. Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de abril.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 15, se expone el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. A partir de este, se aprecia que la estación CAG-01 muestra la mayor presencia de *Escherichia coli*, con un valor de 350 NMP/100 ml, mientras que las estaciones CAG-02 y CAG-03 muestran valores similares, entre los cuales la menor presencia tiene un resultado de 110 NMP/100 ml.

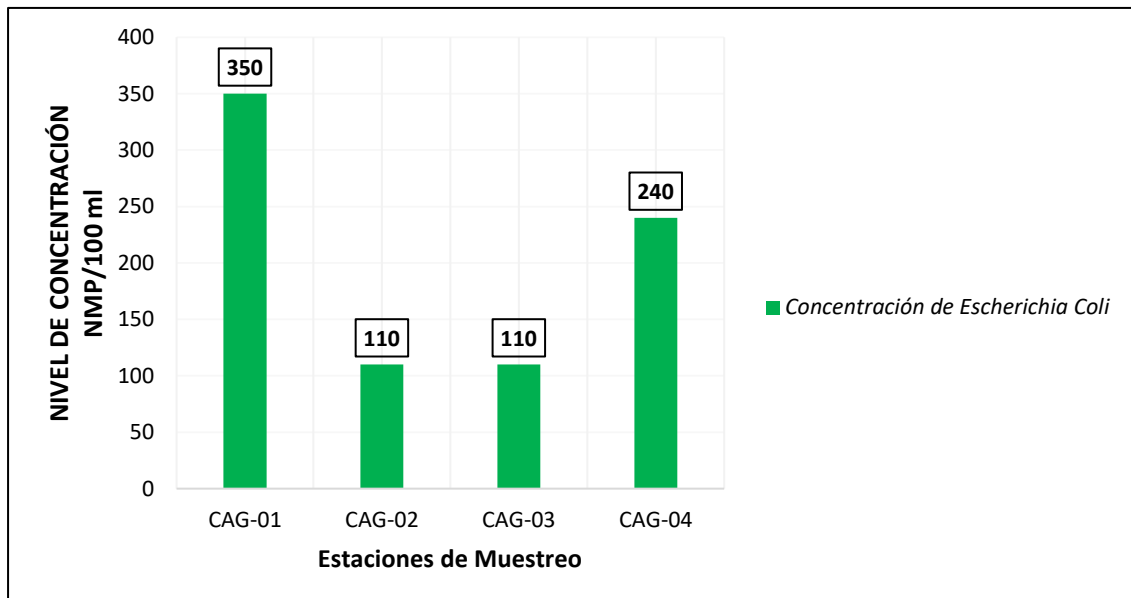


Figura 15. Concentración de *Escherichia coli* entre estaciones de muestreo del mes de abril.

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del segundo muestreo realizado el 28 de mayo**

En la Figura 16, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se aprecia que la estación CAG-03 muestran la mayor presencia de Coliformes Totales, con un valor de 5400 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia, con un valor de 240 NMP/100 ml.

Asimismo, en la Figura 17, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. En esta comparación, es posible apreciar que la estación CAG-01 muestra la mayor presencia de Coliformes Termotolerantes, con un valor de 900 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-03 muestra la menor presencia, con un valor de 170 NMP/100 ml.

En la Figura 18, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se aprecia que la estación CAG-01 muestra la mayor presencia de *Escherichia coli*, con un valor de 800 NMP/100 ml, seguida por la estación CAG-02, con un valor de 790 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-04 muestra la menor presencia con un valor de 130 NMP/100 ml.

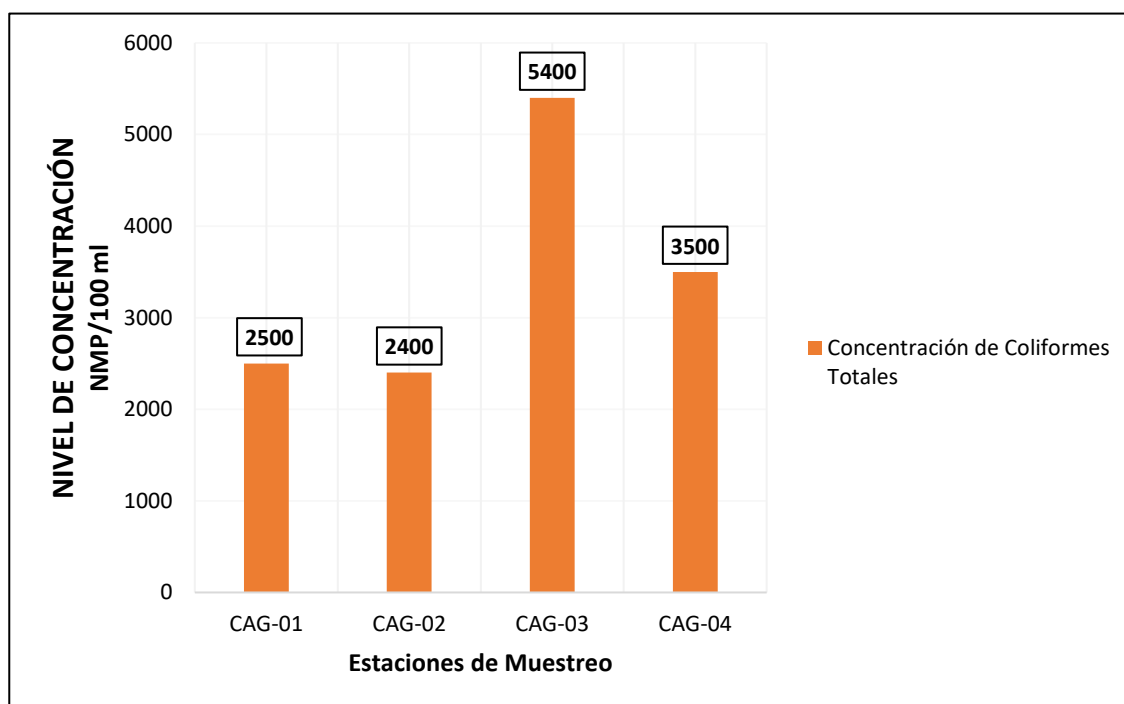


Figura 16. Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de mayo.

Fuente: Elaboración propia.

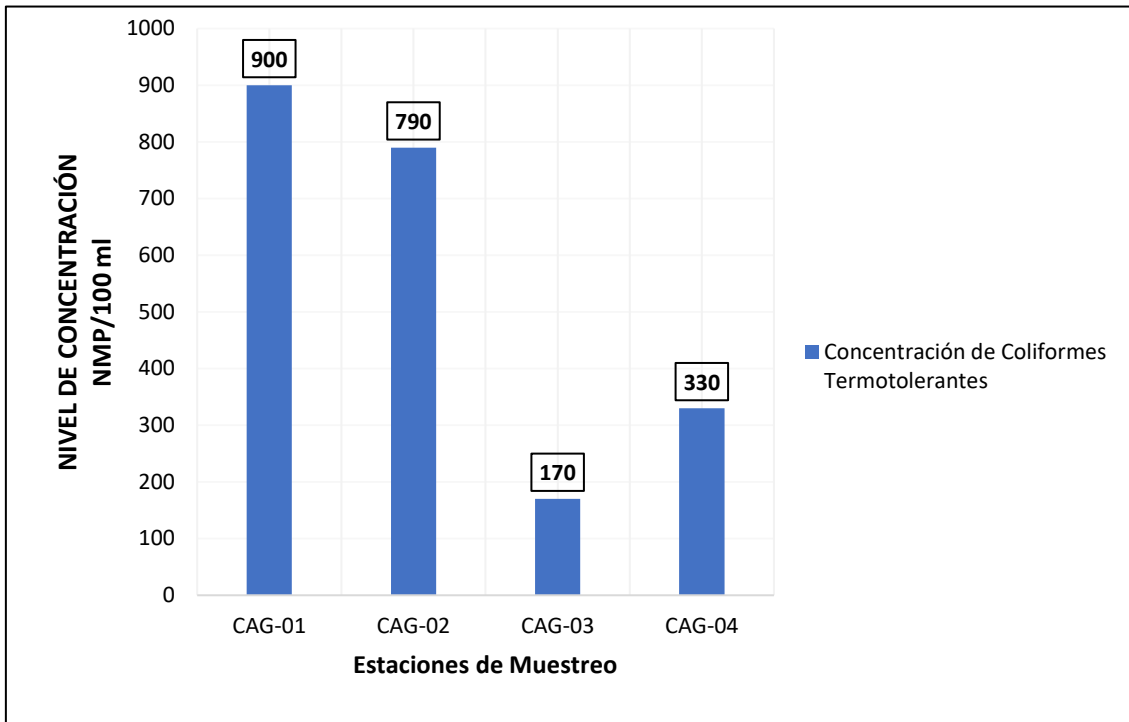


Figura 17. Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de mayo.

Fuente: Elaboración propia.

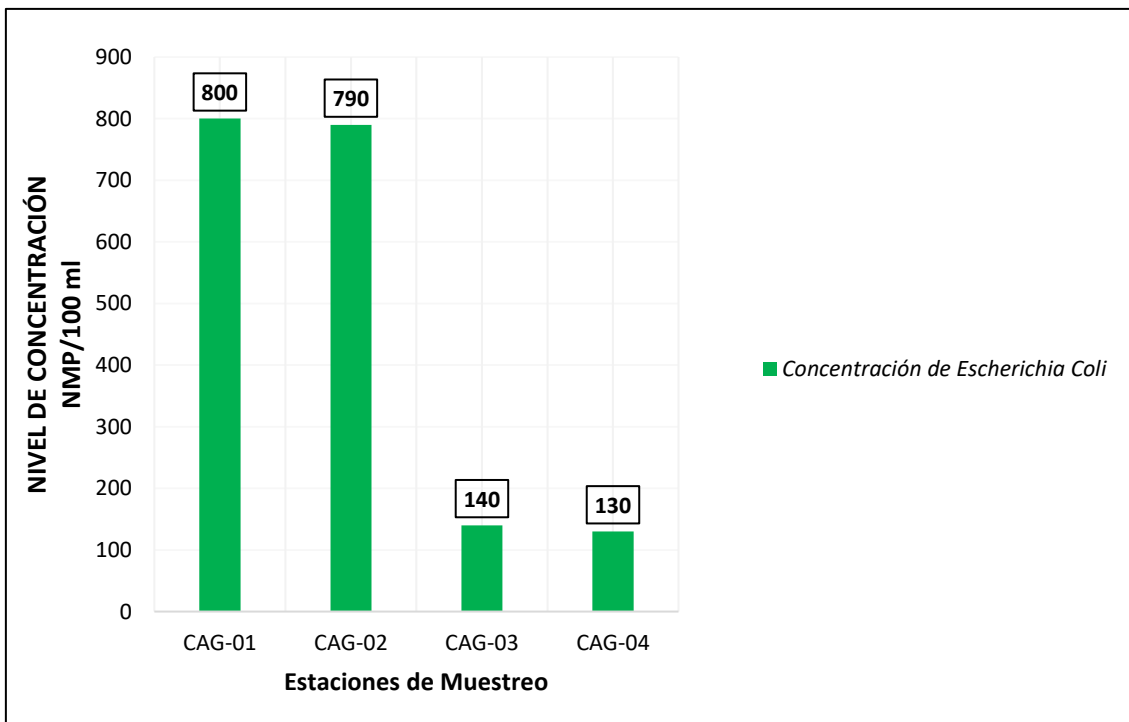


Figura 18. Concentración de *Escherichia coli* entre estaciones de muestreo del mes de mayo.

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del tercer muestreo realizado el 29 de junio**

En la Figura 19, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se puede observar que la estación CAG-04 muestra la mayor presencia de Coliformes Totales, con un valor de 1600 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia con un valor de 200 NMP/100 ml.

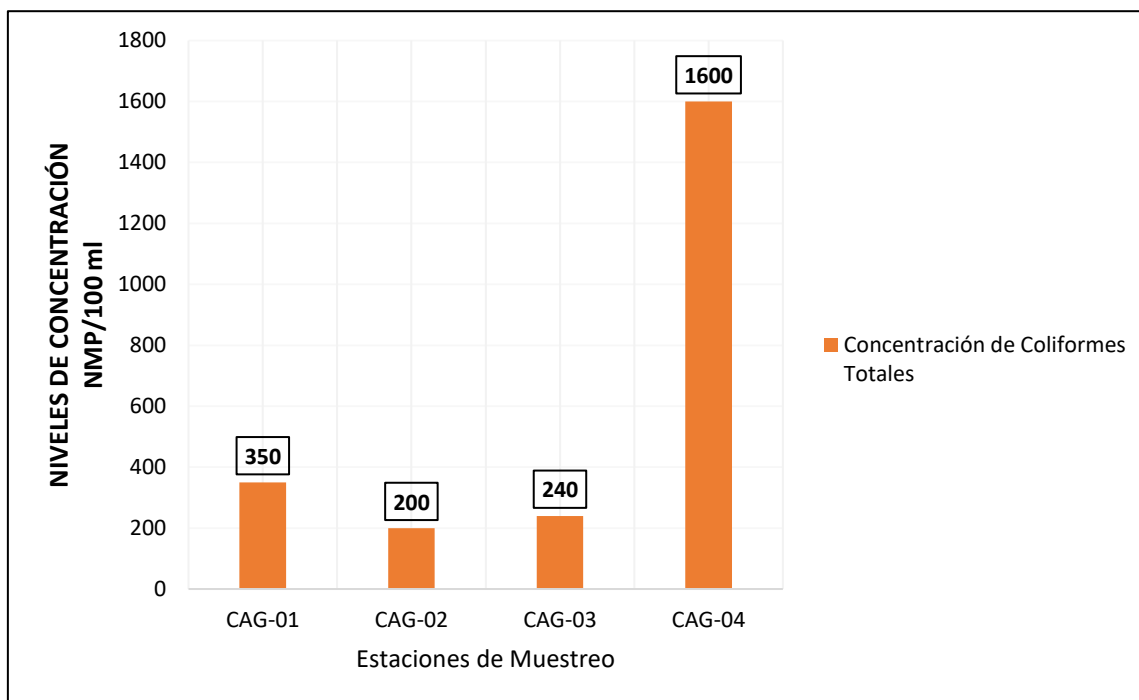


Figura 19. Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de junio.

Fuente: Elaboración propia.

Además, en la Figura 20, se expone el resultado de la comparación de las cuatro estaciones, en el cual se puede observar que la estación CAG-04 muestra la mayor presencia de Coliformes Termotolerantes, con un resultado de 1600 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia, con un valor de 50 NMP/100 ml.

En la Figura 21, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se puede apreciar que la estación CAG-04 muestran la mayor presencia de *Escherichia coli*, con un resultado de 1600 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-01 muestra la menor presencia con un valor de 49 NMP/100 ml.

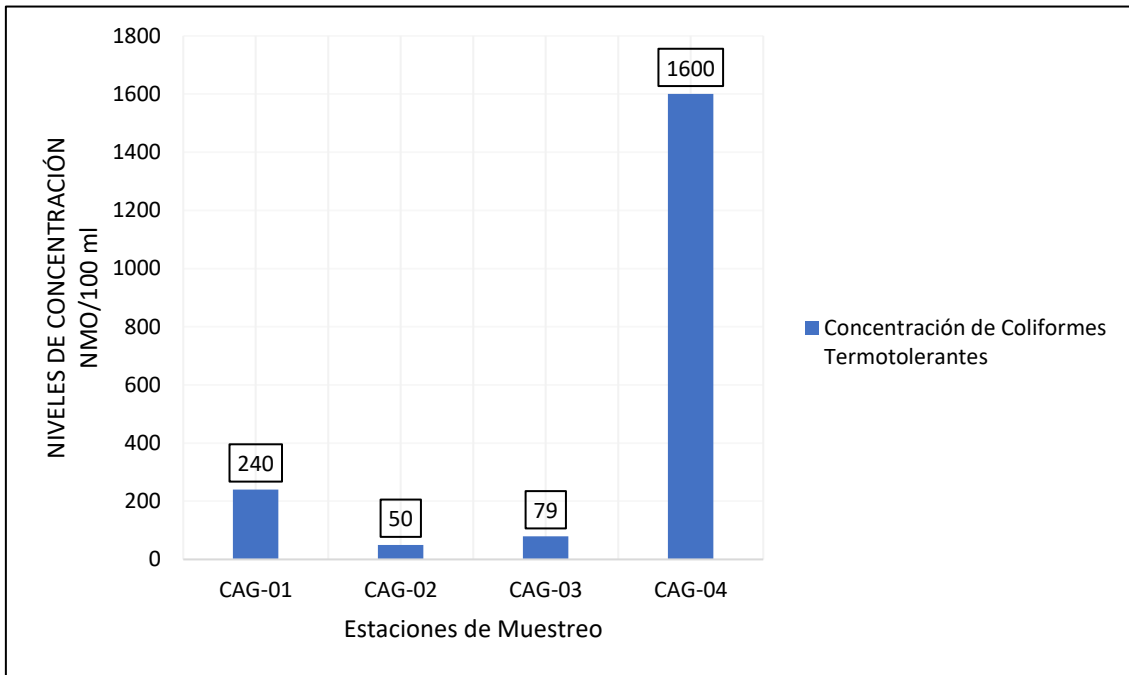


Figura 20. Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de junio.

Fuente: Elaboración propia.

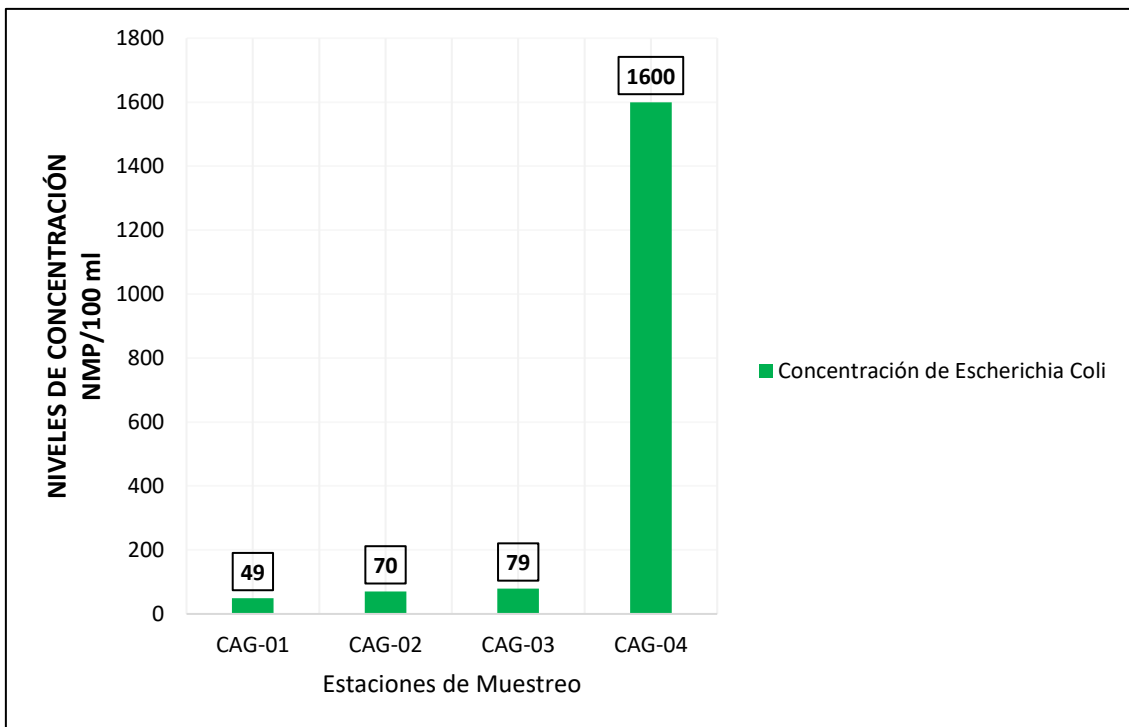


Figura 21. Concentración de *Escherichia coli* entre estaciones de muestreo del mes de junio.

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del tercer muestreo realizado el 22 de julio**

En la Figura 22, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones, en la cual podemos observar que la estación CAG-03 muestran la mayor presencia de Coliformes Totales, con un resultado de 2400 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia con un valor de 240 NMP/100 ml.

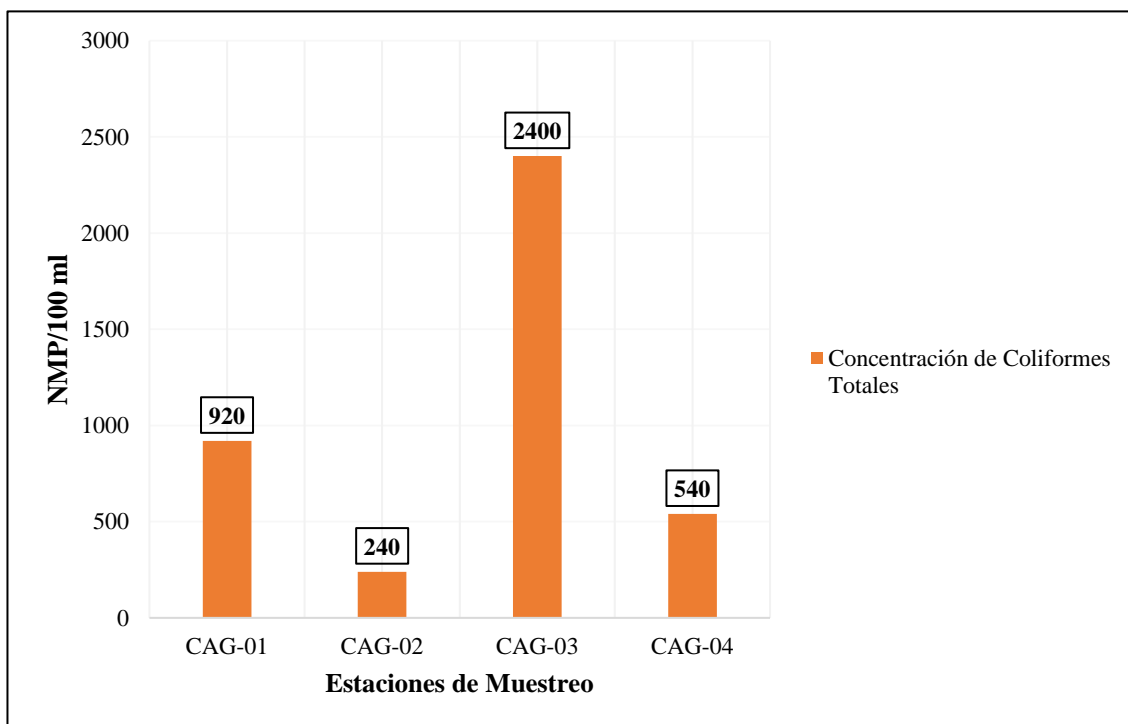


Figura 22. Concentración de Coliformes Totales entre estaciones de muestreo del mes de julio.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la Figura 23, se muestra el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. En estos datos, se puede observar que la estación CAG-01 muestran la mayor presencia de Coliformes Termotolerantes, con un resultado de 920 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-02 muestra la menor presencia, con un valor de 240 NMP/100 ml.



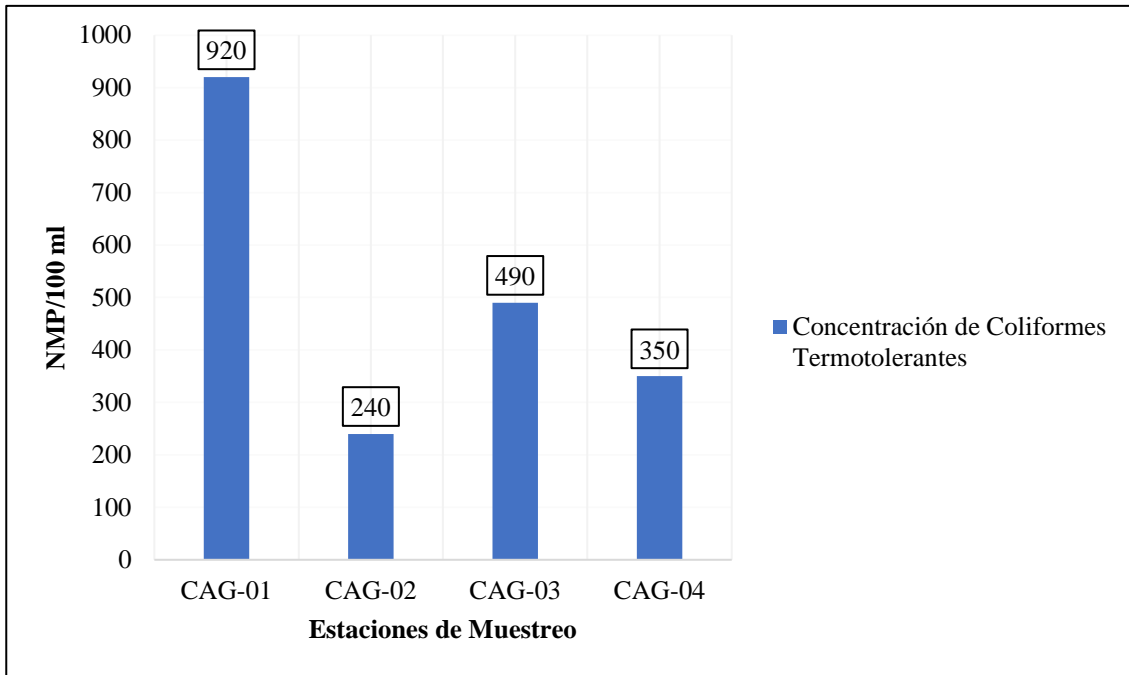


Figura 23. Concentración de Coliformes Termotolerantes entre estaciones de muestreo del mes de julio.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 24, se presenta el resultado de la comparación de las cuatro estaciones. Se observa que la estación CAG-03 muestra la mayor presencia de *Escherichia coli*, con un resultado de 490 NMP/100 ml, mientras que la estación CAG-01 presenta la menor presencia, con un valor de 47 NMP/100 ml.

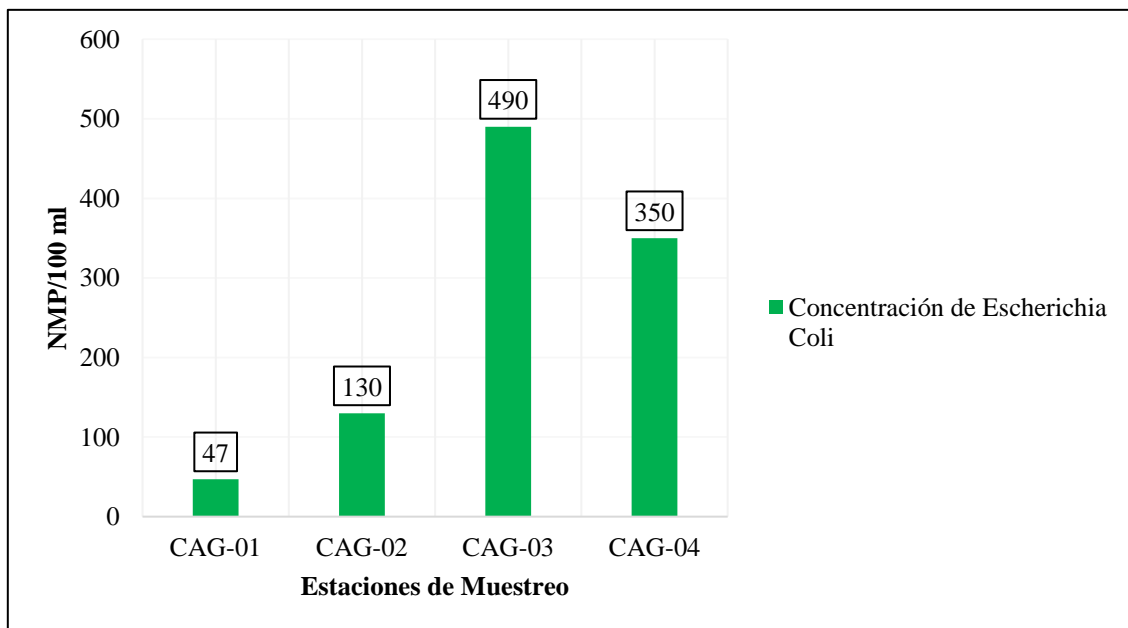


Figura 24. Concentración de *Escherichia coli* entre estaciones de muestreo del mes de julio.

Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados de Coliformes Totales obtenidos durante todo el periodo de muestreo**

En la Tabla 12, se observa lo resultados de Coliformes Totales, los cuales fueron obtenidos durante todo el periodo de muestreo.

Tabla 12

*Resultados de Coliformes Totales del río Quiroz, caserío Puente Quiroz*

Meses	Parámetros	Unidad	Estaciones de muestreo			
			CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04
Abril	Coliformes Totales	NMP/100 ml	920	170	920	920
Mayo	Coliformes Totales	NMP/100 ml	2500	2400	5400	3500
Junio	Coliformes Totales	NMP/100 ml	350	200	240	1600
Julio	Coliformes Totales	NMP/100 ml	920	240	2400	540

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 25, se presentan los resultados de la comparación de los meses de muestreo de Coliformes Totales, en el cual se puede observar que el mes de mayo presenta la mayor presencia de Coliformes Totales, con un promedio de 3450 NMP/100 ml, mientras que el mes de junio muestra la menor presencia, con un promedio de 597,5 NMP/100 ml.

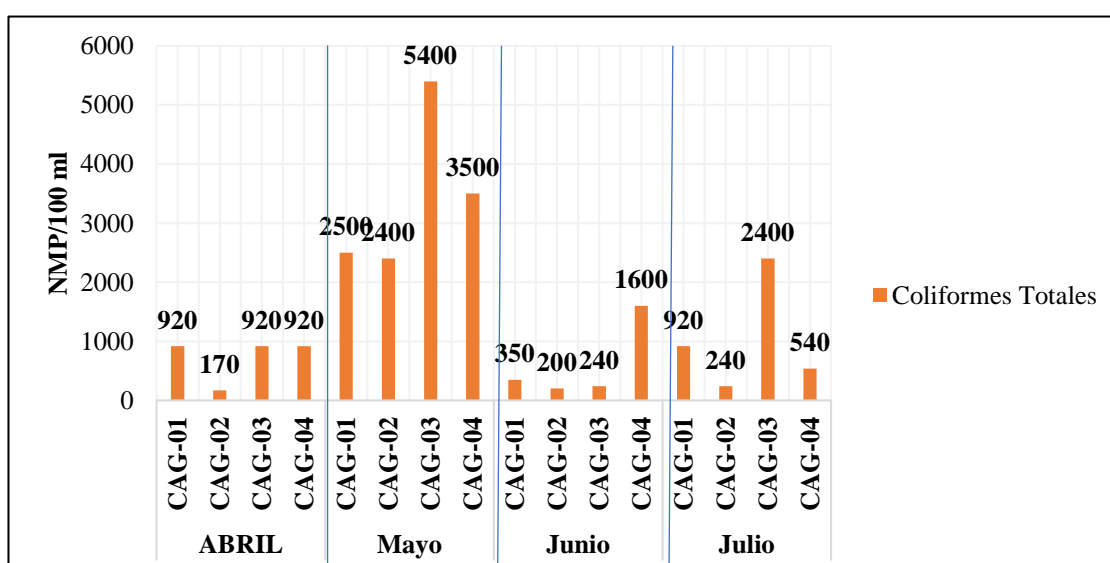


Figura 25. Concentración de Coliformes Totales por estación y mes de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

*Estadísticos descriptivos de Coliformes Totales, por estación y mes de muestreo*

Meses de muestreo	Nº de muestras	Min	Max	Media $\bar{X}$	Desviación Estándar (S)	Coefficiente de Variación (%)
Abril	4	170	920	732,5	375,000	51,195
Mayo	4	2400	5400	3450	1391,642	40,337
Junio	4	200	1600	597,5	671,336	112,357
Julio	4	240	2400	1025	957,967	93,460

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13, se muestra que el coeficiente de variación de los Coliformes Totales, no son representativas, la dispersión en cuanto a los valores obtenidos de cada mes de muestreo varía mucho entre sí, obteniendo resultados muy dispersos entre sí, en cada estación de muestreo; esto se debe a que algunas estaciones muestran altas concentraciones de Coliformes Totales y en otras concentraciones menores.

- **Resultados de Coliformes Termotolerantes obtenidos durante todo el periodo de muestreo**

En la Tabla 14, se aprecia los resultados de Coliformes Termotolerantes, obtenidos durante todo el periodo de muestreo.

Tabla 14

*Resultados de Coliformes Termotolerantes del río Quiroz, caserío Puente Quiroz*

Meses	Parámetros	Unidad	Estaciones de muestreo			
			CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04
Abril	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	350	110	140	240
Mayo	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	900	790	170	330
Junio	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	240	50	79	1600
Julio	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	920	240	490	350

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26, se presentan los resultados de la comparación de los meses de muestreo de Coliformes Termotolerantes, en el cual se aprecia que el mes de mayo muestra la mayor presencia de Coliformes Termotolerantes, con un promedio de 547,5 NMP/100 ml, mientras que el mes de abril presenta la menor presencia, con un promedio de 210 NMP/100 ml.

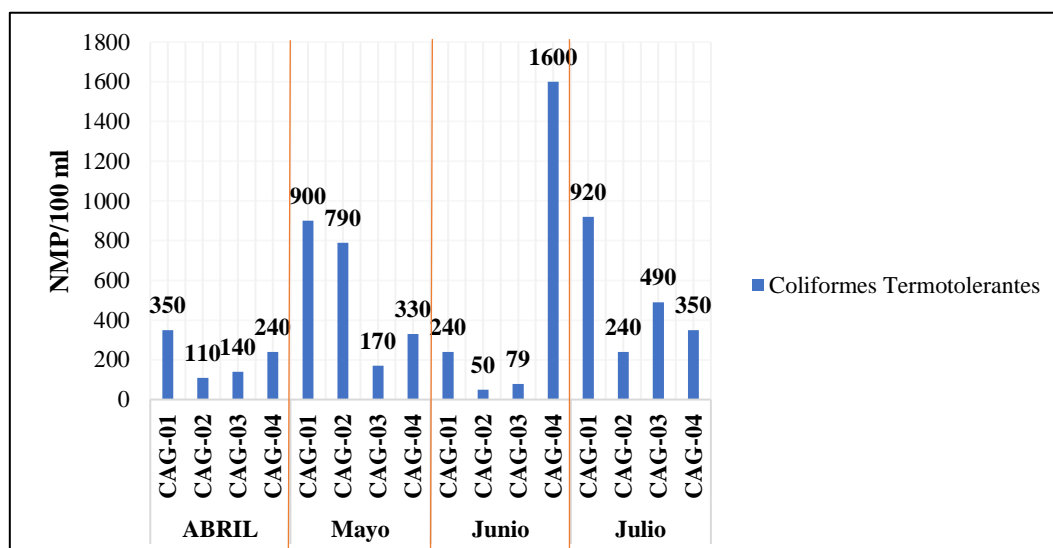


Figura 26. Concentración de Coliformes Termotolerantes por estación y mes de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Estadísticos descriptivos de Coliformes Termotolerantes, por estación y mes de muestreo

Meses de muestreo	Nº de muestras	Min	Max	Media $\bar{X}$	Desviación Estándar (S)	Coefficiente de Variación (%)
Abril	4	110	350	210	108,68	51,728
Mayo	4	170	900	547,5	352,550	64,393
Junio	4	50	1600	492,25	743,214	150,983
Julio	4	240	920	500	298,105	59,621

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15, se muestra que el coeficiente de variación de los Coliformes Termotolerantes, no son representativas, la dispersión en cuanto a los valores obtenidos de cada mes de muestreo varía mucho entre sí, obteniendo resultados muy dispersos entre sí, en cada estación de muestreo; esto se debe a que algunas estaciones muestran altas concentraciones de Coliformes Termotolerantes y en otras concentraciones menores.

- **Resultados de *Escherichia coli* obtenidos durante todo el periodo de muestreo**

En la Tabla 16, se expone los resultados de *Escherichia coli*, obtenidos durante todo el periodo de muestreo.

Tabla 16

*Resultados de Escherichia coli del río Quiroz, caserío Puente Quiroz*

Meses	Parámetros	Unidad	Estaciones de muestreo			
			CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04
Abril	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	350	110	110	240
Mayo	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	800	790	140	130
Junio	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	49	70	79	1600
Julio	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	47	130	490	350

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 27, se exponen los resultados de la comparación de los meses de muestreo de *Escherichia coli*. En estos, se puede observar que el mes de mayo muestra la mayor presencia de *Escherichia coli*, con un promedio de 465 NMP/100 ml, mientras que abril presenta la menor presencia, con un promedio de 202 NMP/100 ml.

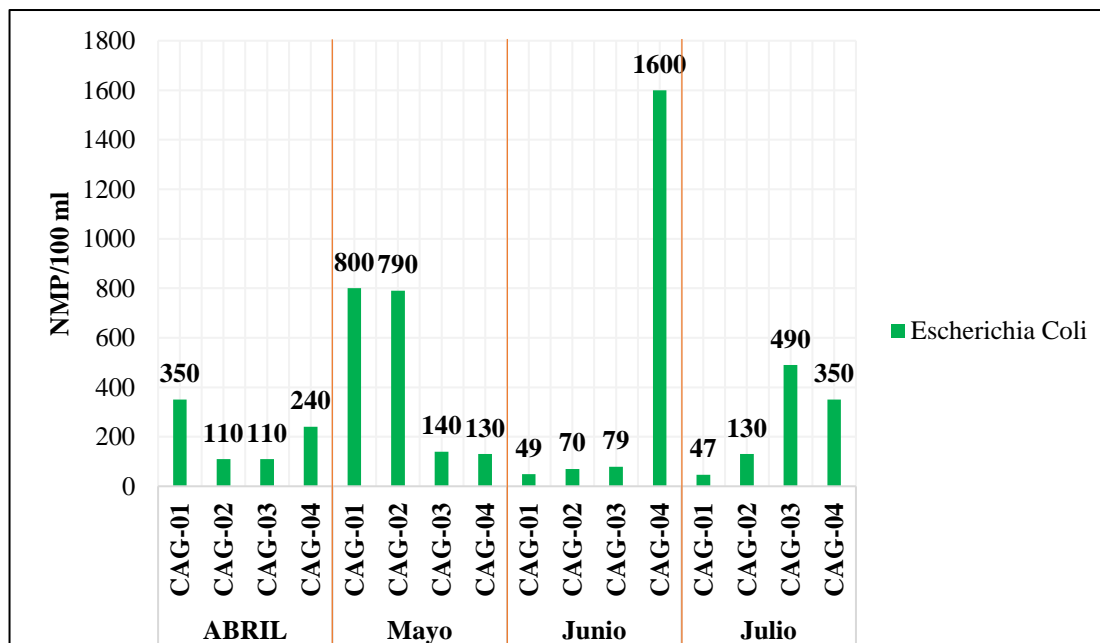


Figura 27. Concentración de *Escherichia coli* por estación y mes de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

Tablan 17

*Estadísticos descriptivos de Escherichia coli, por estación y mes de muestreo*

Meses de muestreo	Nº de muestras	Min	Max	Media $\bar{X}$	Desviación Estándar (S)	Coefficiente de Variación (%)
Abril	4	110	350	202,5	115,866	57,218
Mayo	4	130	800	465	381,095	81,956
Junio	4	49	1600	449,5	767,103	170,657
Julio	4	47	490	254,25	202,597	79,684

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17, se muestra que el coeficiente de variación de *Escherichia coli*, no es representativa, la dispersión en cuanto a los valores obtenidos de cada mes de muestreo varía mucho entre sí, obteniendo resultados muy dispersos entre sí, en cada estación de muestreo; esto se debe a que algunas estaciones muestran altas concentraciones de *Escherichia coli* y en otras concentraciones menores.

### 3.1.4. Evaluación de la calidad microbiológica del agua del río Quiroz mediante estándares de calidad ambiental (ECA) para agua

Para el análisis e interpretación de los resultados del monitoreo, con respecto a las aguas muestreadas, se usó los estándares de calidad ambiental para agua (ECA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017), para la categoría 1, “Poblacional y recreacional”, y para la categoría 3, “Riego de vegetales y bebidas de animales”.

- **Resultados de Coliformes Totales y comparación con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”**

En la Tabla 18, se aprecia que los valores de Coliformes Totales varían entre 170 NMP/100 ml a 5400 NMP/100 ml, y que ambas concentraciones son mayores al estándar de comparación ECA subcategoría A1, “Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, que exige tener una concentración no mayor de 50 NMP/100 ml. Todos los valores comparados son mayores a los ECA, por lo que se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica en este tramo del río, caserío Puente Quiroz, debido a que al

cuerpo natural ingresan contaminantes de manera persistente a lo largo de su recorrido provenientes de los centros poblados y ciudades que están asentadas en la ribera del río.

Tabla 18

*Resultados de los valores de Coliformes Totales, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.		
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Abril	Coliformes Totales	920	170	920	920			
Mayo	Coliformes Totales	2500	2400	5400	3500	50	**	**
Junio	Coliformes Totales	350	200	240	1600			
Julio	Coliformes Totales	920	240	2400	540			

*Fuente:* Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.

- **Resultados de Coliformes Termotolerantes y comparación con los ECA subcategoría A: “Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable”**

En la Tabla 19, se observa que los valores de Coliformes Termotolerantes varían entre 50 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml. Además, ambas concentraciones son mayores al estándar de comparación ECA subcategoría A1, “Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, que exige tener una concentración no mayor de 20 NMP/100 ml, pero sí están por debajo del estándar de comparación ECA subcategoría A2, “Aguas que pueden ser

potabilizadas con tratamiento convencional”, y de la subcategoría A3, “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado”.

Por otro lado, todos los valores comparados son mayores a los ECA subcategoría A1. “Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”. Por ello, se puede afirmar que el agua, al ser consumida por la población, puede causar enfermedades gastrointestinales, debido a las bacterias existentes en el tramo del río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 19

*Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.		
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Coliformes							
Abril	Termotolerantes	350	110	140	240			
	Coliformes							
Mayo	Termotolerantes	900	790	170	330			
	Coliformes					20	2 000	20 000
Junio	Termotolerantes	240	50	79	1600			
	Coliformes							
Julio	Termotolerantes	920	240	490	350			
	Coliformes							

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.



- **Resultados de Coliformes Termotolerantes y comparación con los ECA subcategoría B: “Aguas Superficiales destinadas para recreación”**

Se aprecia, en la Tabla 20, que los valores de Coliformes Termotolerantes varían entre 50 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml. Se observa que en la estación CAG-01 de los cuatro meses, en la estación CAG-02 del mes de mayo y de julio, en la estación CAG-03 del mes de Julio y en las estación CAG-04 de los cuatros meses , las concentraciones son mayores al estándar de comparación ECA subcategoría B1, “Contacto primario”, que exige tener una concentración no mayor de 200 NMP/100 ml, y también la concentración de la estación CAG-04 del mes de junio es mayor al estándar de comparación ECA subcategoría B2, “Contacto secundario”, que exige tener una concentración no mayor de 1000 NMP/100 ml.

Por lo tanto, se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica en estos puntos del río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 20

*Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.	
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	B1 Contacto primario	B2 Contacto secundario
Abril	Coliformes Termotolerantes	350	110	140	240		
Mayo	Coliformes Termotolerantes	900	790	170	330	200	1 000
Junio	Coliformes Termotolerantes	240	50	79	1600		
Julio	Coliformes Termotolerantes	920	240	490	350		

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

- **Resultados de Coliformes Termotolerantes y comparación con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales”**

En la Tabla 21, se aprecia que los valores de Coliformes Termotolerantes varían entre 50 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml. La concentración de la estación CAG-04 del mes de junio es mayor al estándar de comparación ECA subcategoría D1, “Riego de vegetales (agua para riego no restringido)”, que exige tener una concentración no mayor de 1000 NMP/100 ml. Las concentraciones obtenidas en el monitoreo están por debajo del estándar de comparación ECA subcategoría D1, “Riego de vegetales (agua para riego restringido)”, que exige tener una concentración no mayor de 2000 NMP/100 ml y, por último, la estación CAG-04 del mes de junio, su concentración es mayores al estándar de comparación ECA subcategoría D2, “Bebidas de animales”, que exige tener una concentración no mayor de 1000 NMP/100 ml. No todos los valores comparados son mayores a los ECA subcategoría D1, “Riego de vegetales (agua para riego no restringido)” y subcategoría D2, “Bebidas de animales”. Por tanto, se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica solo en la estación CAG-04 del mes de junio en este tramo del río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 21

*Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.		
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	D1: Riego de Vegetales Agua para riego no restringido	D2: Bebida de animales Agua para riego restringido	Bebida de animales
Abril	Coliformes Termotolerantes	350	110	140	240			
Mayo	Coliformes Termotolerantes	900	790	170	330	1 000	2 000	1 000
Junio	Coliformes Termotolerantes	240	50	79	1600			
Julio	Coliformes Termotolerantes	920	240	490	350			

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

- **Resultados de *Escherichia coli* y comparación con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”**

En la Tabla 22, se expone que los valores de *Escherichia coli* varían entre 47 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml. Las concentraciones obtenidas en los meses de monitoreo son mayores al estándar de comparación ECA subcategoría A1, “Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”, que exige tener una concentración no mayor de 0 NMP/100 ml.

Todos los valores comparados son mayores a los ECA, por lo que se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica en este tramo del río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 22

*Resultados de los valores de Escherichia coli, comparado con los ECA subcategoría A: “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
Abril	<i>Escherichia coli</i>	350	110	110	240			
Mayo	<i>Escherichia coli</i>	800	790	140	130	0	**	**
Junio	<i>Escherichia coli</i>	49	70	79	1600			
Julio	<i>Escherichia coli</i>	47	130	490	350			

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.

- **Resultados de *Escherichia coli* y comparación con los ECA subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación”**

Se expone, en la Tabla 23, que los valores de *Escherichia coli* varían entre 47 NMP/100 ml y 1600 NMP/100 ml. Las concentraciones obtenidas en los meses de monitoreo son mayores al estándar de comparación ECA subcategoría B1, “Contacto primario”, y subcategoría B2, “Contacto secundario”, que exige ausencia de *Escherichia coli* en el cuerpo de agua.

Todos los valores comparados son mayores a los ECA; por lo tanto, se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica en este tramo del Río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 23

*Resultados de los valores de Escherichia coli, comparados con los ECA subcategoría B: “Aguas superficiales destinadas para recreación”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.	
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	B1 Contacto Primario.	B2 Contacto Secundario.
Abril	<i>Escherichia coli</i>	350	110	110	240		
Mayo	<i>Escherichia coli</i>	800	790	140	130	Ausencia	Ausencia
Junio	<i>Escherichia coli</i>	49	70	79	1600		
Julio	<i>Escherichia coli</i>	47	130	490	350		

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

- **Resultados de *Escherichia coli* y comparación con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales”**

En la Tabla 24, se aprecia que los valores de *Escherichia coli* varían entre 47 NMP/100 ml y 1600 NMP/100 ml. La concentración de la estación CAG-04 del mes de junio es mayor al estándar de comparación ECA subcategoría D1, “Riego de vegetales (agua para riego no restringido)”, que exige tener una concentración no mayor de 1000 NMP/100 ml. No todos los valores comparados son mayores a los ECA. Por tanto, se puede afirmar que hay presencia de contaminación microbiológica solo en la estación CAG-04 del mes de junio en este tramo del río Quiroz, caserío Puente Quiroz.

Tabla 24

*Resultados de los valores de Coliformes Termotolerantes, comparado con los ECA categoría 3: “Riego de vegetales y bebidas de animales”*

Mes	Parámetros (NMP/100 ml)	Estaciones de muestreo				Valores ECA DS 004-207 MINAM Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.		
		CAG-01	CAG-02	CAG-03	CAG-04	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
						Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Abril	<i>Escherichia coli</i>	350	110	110	240			
Mayo	<i>Escherichia coli</i>	800	790	140	130			
Junio	<i>Escherichia coli</i>	49	70	79	1600	1 000	**	**
Julio	<i>Escherichia coli</i>	47	130	490	350			

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

### 3.2. DISCUSIONES

En las aguas del río Quiroz se encontró la presencia de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli*, las posibles causas de la presencia de éstos, es el vertimiento de aguas residuales sin el tratamiento adecuado al río Quiroz, la defecación a campo abierto por la población viviente en zonas cercanas, la generación y la disposición inadecuada de residuos orgánicos e inorgánicos.

El tramo del río Quiroz en el caserío Puente Quiroz presenta indicadores microbiológicos fuera de los estándares de calidad ambiental para el agua para los usos de las categorías 1 (Poblacional/recreacional) de las estaciones antes mencionados y 3 (Riego de vegetales y bebidas de animales) en la estación CAG-04 en el mes de junio. Estos resultados se deben a que en el agua del río Quiroz ingresan contaminantes de manera persistente a lo largo de su recorrido, estos son: Vertimientos de aguas residuales sin un adecuado tratamiento, residuos sólidos, entre otros, provenientes de los centros poblados y ciudades que están asentadas en la ribera del río. Esto confirma lo que mencionó en el informe técnico emitido por la Autoridad Nacional del Agua (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2011).

En el tramo del río donde se realizó el muestreo de Coliformes Termotolerantes, Totales y *Escherichia coli*, se halló animales como vacunos, caprinos y porcinos que hacen uso del recurso como bebida y parcelas que son regadas con el agua del río, es probable que estos hechos también contribuyan en el incremento de los parámetros microbiológicos del río Quiroz.

Finalmente, los resultados están orientados bajo un criterio que permita comprender la calidad microbiológica del agua del río Quiroz y comprobar que estén acorde con la normativa peruana (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), según las categorías 1 (Poblacional/recreacional) y 3 (Riego de vegetales y bebidas de animales). El proyecto de investigación ha determinado, en las cuatro estaciones propuestas, los parámetros que se exponen a continuación.

### **3.2.1. Temperatura**

Para este tramo del río Quiroz, caserío Puente Quiroz, se analizó la temperatura con prioridad para uso poblacional y que esté acorde con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, (la temperatura no debe variar los 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada). Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2006), por lo general el agua tibia tiene un sabor menos agradable que el agua fría, la temperatura puede afectar el sabor del agua, ya que repercutirá en la aceptabilidad de contaminantes químicos y otros componentes inorgánicos. La temperatura elevada en el agua favorece el incremento de microorganismos y puede proliferar problemas de corrosión, sabor, olor y color.

### **3.2.2. pH**

El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM inscribió la subcategoría A, denominada “Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable”. Inscrita en esta, se encuentra la subcategoría A1, denominada “Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección”. Esta establece que el pH va desde 6,5 a 8,5 y que los valores del monitoreo establecen que el pH fluctúa entre 8,09 y 8,79. Esto quiere decir que está por encima de lo que establece el ECA en la subcategoría A1. Sin embargo, se encuentra por debajo de los rangos que establece la subcategoría A2, denominada “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional” y la subcategoría A3, “Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado” (5,5 y 9,0 unidad de pH, respectivamente).

Asimismo, en la subcategoría B, es decir, “Aguas superficiales destinadas para recreación”, se inscribe la subcategoría B1, denominada “Contacto primario”. Esta establece que el pH va desde 6,0 a 9,0, lo que determina que los resultados están por debajo de lo que exige la norma.

Por otro lado, la categoría 3, en la subcategoría D1, denominada “Riego de vegetales”, establece que el pH va desde 6,5 a 8,5. Al respecto, los valores del monitoreo establecen que el pH fluctúa entre 8,09 y 8,79 y lo que quiere decir que está por encima de lo que establece el ECA en la subcategoría D1. Además, la subcategoría D2, denominada “Bebidas de animales”, establece que el pH va desde 6,5 a 8,4. En precisión, los valores del monitoreo

establecen que el pH fluctúa entre 8,09 y 8,79, es decir, está por encima de lo que establece el ECA en la subcategoría D2, tal como se apreció en la Tabla 7.

Los valores de este parámetro van desde 8,09 a 8,79. Esto quiere decir que el agua es más alcalina, lo cual no tiene efectos nocivos directamente para el ser humano. A este nivel más bien es saludable, porque ayuda al organismo a eliminar los desechos ácidos (Proyecto Binacional Catamayo Chira, 2007). Cabe precisar que, desde hace mucho tiempo, se reconoce que los organismos del grupo Coliformes son un buen indicador microbiano de la calidad del agua, debido principalmente a que su detección y recuento en el agua son fáciles (Ramos, 2011).

### **3.2.3. Coliformes Totales**

La presencia de Coliformes Totales con valores que van desde 170 NMP/100 ml a 5400 NMP/100 ml fue menor a lo reportado por Terleira (2010) en la cuenca media del río Shilcayo, con resultados que van desde 39 000 NMP/100 ml a 28 00000 NMP/100 ml. Del mismo modo, Tamani (2014) obtuvo resultados que van desde 0 NMP/100 ml a 11 0000 NMP/100 ml en la ciudad de Aguaytía, y resultó mayor a lo reportado por Ramos (2011) en Xico, Veracruz, con resultados que van desde 3 NMP/100 ml a 2400 NMP/100 ml, y por Dimas (2011), en Tingo María, quien reportó resultados que van desde 75 NMP/100 ml a 1100 NMP/100 ml.

### **3.2.4. Coliformes Termotolerantes**

Asimismo, en precisión, la presencia de Coliformes Termotolerantes con valores que van desde 50 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml fue menor a lo reportado por Terleira (2010) en la cuenca media del río Shilcayo, con resultados que van desde 1000 NMP/100 ml a 6800 NMP/100 ml. Además, resultó mayor a lo reportado por Romero (2016) en la ciudad de Trujillo, con resultados que van desde 2,0 NMP/100 ml a 9,0 NMP/100 ml.

### **3.2.5. *Escherichia coli***

La presencia de *Escherichia coli* con valores que van desde 49 NMP/100 ml a 1600 NMP/100 ml fue menor a lo reportado por Ayllón y Pérez (2015) en la ciudad de Iquitos.



Estos investigadores, en el ciclo hidrológico de vaciante, obtuvieron resultados que van desde 280 NMP/100 ml a 6800 NMP/100 ml. En este sentido, lo obtenido también fue menor lo registrado por Tamani (2014) en la ciudad de Aguaytía, con resultados que van desde 0 NMP/100 ml a 2575 NMP/100 ml.

Los resultados reportados en este estudio respecto a los parámetros de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* en aguas del río Quiroz, del caserío Puente Quiroz, sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua planteados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017). Los valores obtenidos de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli*, son muy dispersos en cada punto de muestreo según el análisis estadístico realizado y esto se debe a que en la estación CAG-01, se encuentra a 6 km de la ciudad de Paimas donde está ubicada una PTAR y vierte sus aguas al río Quiroz y por las concentraciones obtenidas se puede determinar que el canto rodado de las piedras no auto depuran los contaminantes por completo, todo lo contrario sucedió en la estación CAG-02, el área no presenta viviendas cercanas a menos de 300 metros, debido a que es una zona establecida para agricultura y es por ello que los parámetros evaluados estuvieron bajos, pero en la estación CAG-03 que se encuentra en el centro del caserío donde existe mayor concentración de población y por ende contaminan el río debido a que no existe un sistema de tratamiento de la excreta humana (letrinas) y tampoco realizan un manejo adecuado de los residuos sólidos producto de sus actividades domésticas, esto hizo que los resultados se elevarán y así mismo en la estación CAG-03 que se encuentra 50 metros aguas abajo del balneario el Arenal siendo la principal fuente de contaminación en dicho punto y además por el área existe bastante ganado caprino y porcino.

Finalmente, en el mundo, el agua se encuentra muy contaminada por microorganismos patógenos, los cuales generan diversos problemas a la salud de las personas. Sus posibles consecuencias para la salud son tales, que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial en la gestión de recursos hídricos (Illarramendi, 2008).

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Se expone las siguientes conclusiones:

1. El río Quiroz tiene presencia de agentes patógenos como los parámetros microbiológicos: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli*, con presencia continua en todo el tramo del río del caserío del Puente Quiroz.
2. Se comparó los resultados de las concentraciones de los parámetros de Coliformes Totales, termotolerantes y *Escherichia coli* en los diferentes meses del año. En este contexto, en el mes de mayo, se presentó el mayor valor de Coliformes Totales (5400 NMP/100 ml) en la estación de muestreo CAG-03 y en el mes de junio se presentó la mayor concentración de Coliformes Termotolerantes (1600 NMP/ 100 ml) y *Escherichia coli* (1600 NMP/ 100 ml), en la estación CAG-04.
3. Al finalizar el monitoreo se realizó una comparación con los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAML, Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y se determinó que las aguas del río Quiroz en el tramo del caserío Puente Quiroz no son de buena calidad en las categorías I y III; respecto a los parámetros bacteriológicos. Por lo tanto, no son aptas para el consumo de la población si primero no se realiza un debido proceso de potabilización, tampoco deberían ser usadas para la recreación, y no tiene las características adecuadas para el riego de vegetales y la bebida de los animales.

## **CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES**

Se brinda las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda que la presente investigación sea un instrumento base con respecto a la calidad de agua del río Quiroz, para tomar decisiones sobre futuros proyectos que se desarrollen en el caserío Puente Quiroz.
2. Se recomienda a las autoridades del distrito de suyo: Municipalidad distrital de Suyo, las postas de salud y el caserío Puente Quiroz; a desarrollar actividades relacionadas con la educación ambiental, a fin de que sean conscientes de su responsabilidad y revertir el comportamiento de la población en relación a la contaminación del río Quiroz.
3. Es necesario monitorear la calidad del agua del río Quiroz periódicamente para conocer el estado en el que se encuentra y poder así tomar medidas correctivas.
4. Se recomienda a la autoridad administradora de las plantas de tratamiento de la ciudad de Paimas de disponer de un mejor control y un mejor proceso de tratamiento, sobre las descargas de aguas residuales vertidas al río Quiroz. Estas perjudican la calidad del agua y contribuyen con la pérdida o devaluación de los recursos naturales.
5. Es necesario realizar proyectos que protejan las cuencas en el río Quiroz que permitan un mejor manejo del recurso con el fin de beneficiar a la población.

## REFERENCIAS

- Adame, R. A. (2013). *Contaminación Ambiental y Calentamiento Global* (pp. 62-67). Ciudad de México, México: Trillas.
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2011). *Informe Técnico N° 288-2011-ANA-DGCRH/LCHC/MSAP*. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/media/373981/informe%20tecnico%20n%C2%BA%20288-2011-ana-dgcrh\\_lhc\\_msap.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/373981/informe%20tecnico%20n%C2%BA%20288-2011-ana-dgcrh_lhc_msap.pdf)
- Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2005). *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua*. Recuperado de [https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02\\_Capitulo\\_02.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/02_Capitulo_02.pdf)
- Arcos, P. M. P., Ávila, N. S. L., Estupiñán, T. S. M., & Gómez, P. A. C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova – Publicación Científica*. 3(4), 1 – 116. Recuperado de <http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/47/93>
- Ariza, T. (2017). *Hydrology*. Recuperado de [http://ponce.sdsu.edu/rio\\_quiroz\\_170810.html](http://ponce.sdsu.edu/rio_quiroz_170810.html)
- Ayllón, T., & Pérez, A. M. R. (2015). *Contaminación del agua del río Itaya por agentes biológicos y patógenos y su impacto a la salud humana*. (Tesis de maestría) Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Recuperado de [http://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4391/Zoila\\_Tesis\\_Maestr%C3%ADa\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4391/Zoila_Tesis_Maestr%C3%ADa_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barrenechea, M. A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Bello, U. M. A., & Pino, Q. M. T. (2000). *Medición de presión y caudal. Centro Regional de Investigación Kampenaike*. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25635.pdf>
- Bridgewater, L., American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22 ed.). Washington, DC: American Public Health Association.
- Carbajal, A. A., & Gonzáles, F. M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. *Universidad Complutense de Madrid*. 3(1), 33-45. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Croxen, M. A., Law, R. J., Scholz, R., Keeney, K. N., Wlodarska, M., & Finlay, B. B. (2013). Recent Advances in Understanding Enteric Pathogenic *Escherichia Coli*. *American Society for Microbiology*, 26 (4), 822-880. Recuperado de <http://cmr.asm.org/content/26/4/822.full>

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias. Presidencia de la República del Perú (2007).
- Dimas, N. L. J. (2011). *Calidad del agua del Río Huallaga, Tingo María*. (Tesis de grado). Universidad Agraria de la Selva. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/426/T.CSA-41.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, A. M. R. & Prokopiuk, R. W. V. (2017). *Estudio y determinación física, química y bacteriológica del agua del Río Momón-Punchana*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Recuperado de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4858/Manuel\\_Tesis\\_Titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4858/Manuel_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fernández, C. A. (2012). El agua: Un recurso esencia. *Química Viva*. 11(3), 147 – 170. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Frías, Q. T. M., & Montilla. C. L. (2016). Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector Puerto de Productores Río Itaya, Loreto-Perú 2014 – 2015. (Tesis de grado) Universidad Científica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%C3%8DAS-MONTILLA-Evaluaci%C3%B3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, L., & Iannacone, J. (2014). Pseudomonas aeruginosa un indicador complementario de la calidad de agua potable: Análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. *The Biologist*, 12(1), 133-134. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4755797>.
- Gianoli, G. A. M. (2018). *Estudio microbiológico y físico químico de la calidad de agua en seis puntos de la Bahía de Sechura – Piura*. (Tesis de grado). Universidad Peruana Cayetano Heredia. Recuperado de [http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/1441/Estudio\\_GianoliGianoli\\_Ariana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/1441/Estudio_GianoliGianoli_Ariana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, R. M. L. (2005). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social*. (Tesis de doctorado). Colegio de Postgraduados, Puebla, México. Recuperado de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2007/lhr/index.htm>
- Humpire, C. F. (2017). *Efecto del pH y tiempo en la depuración de lactosuero residual por electrocoagulación*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3908/Humpire\\_Coila\\_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3908/Humpire_Coila_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ibana, L. K., & Sihuay, P. M. L. (2018). *Evaluación de la calidad de agua en un tramo de seis fuentes hidrológicas ubicadas en la periferia de la ciudad de Puerto Maldonado – Madre de Dios*. (Tesis de grado) Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Recuperado de <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/344>

- Illarramendi, R. M. A. (2008). Calidad del agua en la Cuenca del Río Guare. (Tesis de maestría). Universidad Simón Bolívar. Recuperado de <http://159.90.80.55/tesis/000142430.pdf>
- Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. (2004). Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 123 – 140. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/nrmicro818>
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: Revisión de la literatura. CENIC. *Ciencias Biológicas*, 44(33), 24 – 34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Ley General del Ambiente N° 28611. Congreso de la República del Perú, Lima, Perú, 05 de octubre 2005.
- Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo del 2009.
- Linares, G. M. (2013). *Calidad del agua de la quebrada Asunción Saldaña Tingo María*. (Tesis de grado). Universidad Agraria de la Selva. Recuperado de [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1066/TS\\_MLG\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1066/TS_MLG_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martínez, R. A., Fonseca, G. K., Ortega, S. J. L., & García-Lujan, C. (2009). Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. *Química Activa*, 8(1), 35-47. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86311258005>
- Murphy, S. (2007). *Boulder Área Sustainability Information Network: BASIN de la terminología del agua*. Recuperado de <http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqterms.html>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2015). *Perú: Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Lima: OEFA.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2006). *Guías para la calidad de agua potable*. Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Pari, C. J. (2017). *Determinación de la calidad de agua del Río Ilave, zona urbana del distrito de Ilave, Puno – 2016*. (Tesis de grado). Universidad Privada San Carlos. Recuperado de <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4379>
- Proyecto Binacional Catamayo Chira. (2007). *Programa de monitoreo de la calidad del agua de la Cuenca Binacional Catamayo Chira (6)*. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/30/ANA0000533.pdf?sequence=1&isAllowed=y+>

- Ramos, O. R., Sepúlveda, M. R., & Villalobos, M. F. (2003). *El agua en el medio ambiente muestreo y análisis*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=b81-xhcHPEYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=b81-xhcHPEYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gsbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Ramos, P. C. J. (2011). Presencia de Coliformes Totales y Fecales en el agua del Río Matlacobatí, Xico, Veracruz, México. (Tesis de grado). Universidad Veracruzana. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/266289330/Tesis-Colif-Rio>
- Resolución Directoral N° 2254-2007-DIGESA. Aprueban Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 11 de setiembre del 2007, pp. 1-21.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Aprueban Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, que forma parte integrante de la presente resolución. Autoridad Nacional del Agua. Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú, 11 de enero de 2016, pp. 49-59.
- Rodríguez, R., Retamozo, C. R., Aponte, H., & Valdivia, E. (2017). Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*, 16(1), 1-8. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34152002003>
- Romeu-Álvarez, B., Larrea, M. J., Lugo, M. D., Rojas, H. N., & Heydrich-Pérez, M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyano. *CENIC. Ciencias Biológicas*, 43(3), 1-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181226874006>
- Romero, Y. C. B. (2016). *Concentración de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia coli en agua de mar de la playa de Salaverry*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5095/Romero%20Yupanqui%20c%20Billy%20Casey.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samamé, P. N. J., & Saldaña, B. H. J. (2017). *Influencia de las actividades de la población en la calidad del Río Amojú del distrito de Jaén – Cajamarca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1296/BC-TES-TMP-129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saracho, M., Segura, L., Moyano, P., Rodríguez, N., & Carignano, E. (2006). Calidad del agua del río del Valle, Catamarca, para uso recreativo. *Revista de Ciencia y Técnica*, 12, 1-14. Recuperado de <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CIENCIA%20Y%20TECNOLOGIA/Rev.%20CyT%20PDF/RevCyT12/cuatro.pdf>
- Tamani, A. Y. H. (2014). Evaluación de la calidad de agua del Río Negro en la provincia de Padre Abad, Aguaytía. (Tesis de grado) Universidad Agraria de la Selva. Recuperado de [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/PRACTICA%20FINAL%20PARA%20EMPASTAR.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/PRACTICA%20FINAL%20PARA%20EMPASTAR.pdf)

- Tananta, A. F. (2009). *Determinación de la concentración de Coliformes Fecales y Totales en el Río Mayo, por la incidencia de la descarga de aguas residuales de la ciudad de Moyobamba 2009*. (Tesis de grado) Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/148/6050709.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Terleira, G. A. (2010). Evaluación de la contaminación fecal del agua superficial de la cuenca media del río Shilcayo ubicada entre la bocatoma y el asentamiento humano Villa Autónoma. (Tesis de maestría) Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2096/00-2-02366.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, P. L. M. (2016). *Aislamiento e identificación de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, de aguas de la quebrada Corrientillo del centro poblado de Zungarococha (Iquitos, Perú)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Recuperado de [http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4691/Luz\\_Tesis\\_Titulo\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4691/Luz_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



## TERMINOLOGÍA

**Agua.** El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico que se emplea para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación (Ley de Recursos Hídricos N° 29338, 2009).

**Estándar nacional de calidad ambiental para agua (ECA-agua).** Determina el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente. Estos estándares son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales, instrumentos de gestión ambiental y para las políticas públicas (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005).

**Caudal.** Corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.) por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas) (Bello y Pino, 2000).

**Frecuencia de muestreo.** Cantidad de muestras representativas recogidas en un determinado tiempo en los distintos puntos de muestreo (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Estación de monitoreo.** Ubicación geográfica en una zona específica de un cuerpo de agua donde se realiza la toma de muestras de parámetros para la determinación de la calidad de agua (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Muestra de agua.** Parte representativa del material a estudiar (en este caso, el agua natural superficial), en el cual se analizaron los parámetros (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Muestra simple o puntual.** Son muestras únicas colectadas que permite determinar la concentración de diferentes parámetros de una fuente de agua en la circunstancia particular, tiempo y lugar en la que se realiza la toma de muestra. Por lo tanto, representan una

“fotografía instantánea” de un área de muestreo en el tiempo y el espacio (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**In situ.** En el lugar, en el sitio (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Parámetros de calidad.** Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad del agua (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Cadena de custodia.** Documento fundamental en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que garantiza la autenticidad de las muestras tomadas en el campo hasta su llegada al laboratorio (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Protocolo de monitoreo.** Documento guía que contiene instrucciones y procedimientos establecidos para realizar un monitoreo. Describe un método estandarizado para minimizar errores, debido a la medición, el transporte y el análisis (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Equipo multiparamétrico.** Instrumento que mide simultáneamente varios parámetros como pH y temperatura (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**GPS.** Equipo de sistema de posicionamiento global transformado en un estándar para la ubicación de los sitios de trabajo. Esto asegura que cada estación sea muestreada en el mismo sitio, y proporciona las coordenadas norte y este o latitud y longitud de la misma (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

**Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).** Infraestructura y procesos que permiten la reducción de las concentraciones de las sustancias y de las densidades de patógenos contenidos en las aguas residuales (Resolución Jefatural N° 010, 2016).

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Fotografías

#### Etiquetado de los frascos



Medición el área de la sección transversal para calcular el caudal del río Quiroz



Medición de la longitud que recorrerá el flotador para calcular el caudal del río Quiroz



Medición de la velocidad del flotador para calcular el caudal del río Quiroz



Medición de la temperatura y el pH del río Quiroz



Toma de la muestra en la estación cag-01 (río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur



Toma de la muestra en la estación cag-02 (río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío puente Quiroz)



Toma de la muestra en la estación cag-03 (río Quiroz, debajo del puente del caserío puente Quiroz)



Toma de la muestra en la estación cag-04 (río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío puente Quiroz)



PTAR de la ciudad de Paimas





Zona de descarga al río Quiroz de la PTAR de la ciudad de Paimas



Personas recreándose en el río Quiroz



Residuos sólidos a orillas del río Quiroz





### Apéndice 3. Resultados de la medición de temperatura



#### RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO

**Solicitante** : YEYNER TOCTO SAGUMA  
**Dirección** : AA. HH NUEVA ESPERANZA SECTOR 10 Mz. Z Lote 17  
 Distrito: 26 de Octubre – Provincia: Piura – Departamento: Piura

**Procedencia** : RÍO QUIROZ – CASERÍO PUENTE QUIROZ  
 Distrito: Suyo – Provincia: Ayabaca – Departamento: Piura

**Responsable del monitoreo** : Yeyner Tocto Saguma

Estaciones de Muestreo	Descripción de las Estación de Muestreo	Coordenadas UTM – WGS 84	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Temperatura °C
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/04/2018	14:00	27.0
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/04/2018	14:30	26.0
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/04/2018	14:45	25.0
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	29/04/2018	14:55	25.0
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/05/2018	14:00	23.6
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/05/2018	14:30	23.4
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/05/2018	14:45	25.0
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	29/05/2018	14:55	25.9
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/06/2018	14:00	22.7
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/06/2018	14:30	23.0
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/06/2018	14:45	23.3
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	29/06/2018	14:55	25.0
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	22/07/2018	14:00	27.0
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	22/07/2018	14:30	26.2
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	22/07/2018	14:45	26.1
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	22/07/2018	14:55	26.0

**Equipo Para las Mediciones:**  
 pH y Temperatura: Marca: THERMO SCIENTIFIC, Modelo: ORION STAR A 221

## Apéndice 4. Resultados de la medición del pH



### RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO

**Solicitante** : YEYNER TOCTO SAGUMA  
**Dirección** : AA. HH NUEVA ESPERANZA SECTOR 10 Mz. Z Lote 17  
 Distrito: 26 de Octubre – Provincia: Piura – Departamento: Piura

**Procedencia** : RÍO QUIROZ – CASERÍO PUENTE QUIROZ  
 Distrito: Suyo – Provincia: Ayabaca – Departamento: Piura

**Responsable del monitoreo** : Yeyner Tocto Saguma

Estaciones de Muestreo	Descripción de las Estación de Muestreo	Coordenadas UTM – WGS 84	Fecha de Muestras	Hora de Muestreo	pH Unidad de pH
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/04/2018	14:00	8.68
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/04/2018	14:30	8.65
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/04/2018	14:45	8.61
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	29/04/2018	14:55	8.58
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/05/2018	14:00	8.73
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/05/2018	14:30	8.72
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/05/2018	14:45	8.71
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456E	29/05/2018	14:55	8.79
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	29/06/2018	14:00	8.64
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	29/06/2018	14:30	8.62
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	29/06/2018	14:45	8.62
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456+ E	29/06/2018	14:55	8.55
CAG-01	Río Quiroz, 300 metros aguas abajo del puente Jambur.	9 489 432 N 607 326 E	22/07/2018	14:00	8.45
CAG-02	Río Quiroz, 200 metros aguas arriba del caserío Puente Quiroz.	9 496 949 N 603 669 E	22/07/2018	14:30	8.37
CAG-03	Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz.	9 499 891 N 604 574 E	22/07/2018	14:45	8.09
CAG-04	Río Quiroz, 200 metros aguas abajo del caserío Puente Quiroz.	9 501 113 N 604 456 E	22/07/2018	14:55	8.15

**Equipo Para las Mediciones:**  
 pH y Temperatura: Marca: THERMO SCIENTIFIC, Modelo: ORION STAR A 221

Apéndice 5. Resultados del laboratorio del mes de abril



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL – DA CON  
REGISTRO N.º LE - 030

**INFORME DE ENSAYO N.º A0392/18**

Solicitante : YEYNER TOCTO SAGUMA  
Dirección : AA.HH. Nueva Esperanza Sector 10 Mz. Z Lote 17 - 26 de Octubre – Piura

Procedencia : RIO QUIROZ - CASERIO PUENTE QUIROZ  
Distrito: Suyo - Provincia: Ayabaca  
Departamento: Piura

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 29 - Abril - 2 018  
Responsable del Muestreo : Yeyner Tocto Saguma

Fecha y Hora de Recepción : 30 - Abril - 2 018 / 12:00 h  
Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Abril al 10 - Mayo - 2 018

Código Interno: L0392/18

PARÁMETROS	0629 - 1 <sup>ra</sup>	0629 - 2 <sup>da</sup>	0629 - 3 <sup>ra</sup>	0629 - 4 <sup>ta</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CAG - 01 <sup>ra</sup> (14:00 h) Río Quiroz, 300 m. aguas bajo del puente Jambur; que se encuentra entre la ciudad de Palma y el caserío Puente Quiroz. N: 9 489 432 E: 607 326	CAG - 02 <sup>da</sup> (14:30 h) Río Quiroz, 200 m. aguas arriba del caserío Puente Quiroz. Ubicado en la Bocaloma de captación para el riego de cultivos. N: 9 496 949 E: 603 968	CAG - 03 <sup>ra</sup> (14:45 h) Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz. N: 9 499 891 E: 604 574	CAG - 04 <sup>ta</sup> (14:55 h) Río Quiroz, 200 m. aguas abajo del caserío Puente Quiroz. N: 9 501 113 E: 604 456		
<b>Microbiológicos</b>						
Coliformes Totales	920	170	920	920	NMP/100 mL	APHA 8221 B
Coliformes Termotolerantes	350	110	140	240	NMP/100 mL	APHA 8221 E (Item 1)
Escherichia Coli	350	110	110	240	NMP/100 mL	APHA 8221 G (Item 2)

(f) Código de Laboratorio

(g) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -**

□ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>da</sup> Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -**

□ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 10 de Mayo de 2 018.

**EQUAS S.A.**  
Ing. Eusebio Víctor Córdaz Evaristo  
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.  
Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de autenticidad de calidad de la entidad que lo produce.  
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra físicamente para los ensayos de metales, la solicitud de diligencia ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F05-PL/002  
Revisión: 06  
Fecha: 29-12-2018

Dirección de Laboratorio: Mz. / Lote 74, Urb. Naranjo - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4978 / 349-4050 e-mail: lab@equas.com.pe

Página 1 de 1

Apéndice 6. Resultados del laboratorio del mes de mayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL – DA CON  
REGISTRO N.º LE - 030

**INFORME DE ENSAYO N.º A0459/18**

**Solicitante :** YEYNER TOCTO SAGUMA  
**Dirección :** AA.HH. Nueva Esperanza Sector 10 Mz. Z Lote 17 - 26 de Octubre – Piura

**Procedencia :** RIO QUIROZ - CASERIO PUENTE QUIROZ  
Distrito: Suyo - Provincia: Ayabaca  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra :** Agua Superficial

**Fecha de Muestreo :** 28 - Mayo - 2 018  
**Responsable del Muestreo :** Yeyner Tocto Saguma

**Fecha y Hora de Recepción :** 29 - Mayo - 2 018 / 13:00 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo :** 29 - Mayo al 04 - Junio - 2 018

Código Interno: L0459/18

PARÁMETROS	0459 - 1 <sup>ra</sup>	0459 - 2 <sup>da</sup>	0459 - 3 <sup>ra</sup>	0459 - 4 <sup>ta</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CAG - 01 <sup>ra</sup> (14:00 h) Río Quiroz, 300 m. aguas bajo del puente Jambur, que se encuentra entre la ciudad de Palmas y el caserío Puente Quiroz. N: 9 489 432 E: 607 326	CAG - 02 <sup>da</sup> (14:30 h) Río Quiroz, 200 m. aguas arriba del caserío Puente Quiroz, Ubicado en la Socaloma de captación para el riego de cultivos. N: 9 486 949 E: 603 689	CAG - 03 <sup>ra</sup> (14:45 h) Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz. N: 9 489 891 E: 604 574	CAG - 04 <sup>ta</sup> (14:55 h) Río Quiroz, 200 m. aguas abajo del caserío Puente Quiroz N: 9 501 113 E: 604 456		
<b>Microbiológicos</b>						
Coliformes Totales	25x10 <sup>2</sup>	24x10 <sup>2</sup>	54x10 <sup>2</sup>	35x10 <sup>2</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes	900	790	170	330	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)
Escherichia Coli	800	790	140	130	NMP/100 mL	APHA 9221 G (Item 2)

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -**

☐ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>na</sup> Edic. APHA/AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -**

☐ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 04 de Junio de 2 018.

**EQUAS S.A.**  
Ing. Esabelle Victor Córdar Ivanista  
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras etiquetadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de repeticiones, la solicitud de diligencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F79.P/L0459/18  
Revisión: 00  
Fecha: 27-12-2018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Nanayito - Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 7 de 7

Apéndice 7. Resultados del laboratorio del mes de junio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
 ACREDITACIÓN INACAL – DA CON  
 REGISTRO N.º LE - 030

**INFORME DE ENSAYO N.º A0629/18**

Solicitante : YEYNER TOCTO SAGUMA  
 Dirección : AA.HH. Nueva Esperanza Sector 10 Mz. Z Lote 17 - 26 de Octubre – Piura

Procedencia : RIO QUIROZ - CASERIO PUENTE QUIROZ  
 Distrito: Suyo - Provincia: Ayabaca  
 Departamento: Piura

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 29 - Junio - 2 018  
 Responsable del Muestreo : Yeyner Tocto Saguma

Fecha y Hora de Recepción : 30 - Junio - 2 018 / 11:45 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Junio al 07 - Julio - 2 018

Código Interno: L0829/18

PARÁMETROS	9629 - 1 <sup>HA</sup>	9629 - 2 <sup>HA</sup>	9629 - 3 <sup>HA</sup>	9629 - 4 <sup>HA</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CAG - 01 <sup>HA</sup> (13:00 h) Río Quiroz, 300 m. aguas bajo del puente Jambur, que se encuentra entre la ciudad de Palmas y el caserío Puente Quiroz. N: 9 489 432 E: 607 326	CAG - 02 <sup>HA</sup> (13:30 h) Río Quiroz, 200 m. aguas arriba del caserío Puente Quiroz. Ubicado en la Socaloma de captación para el riego de cultivos. N: 9 466 949 E: 603 689	CAG - 03 <sup>HA</sup> (13:45 h) Río Quiroz, debajo del caserío Puente Quiroz. N: 9 499 891 E: 604 574	CAG - 04 <sup>HA</sup> (13:55 h) Río Quiroz, 200 m. aguas abajo del caserío Puente Quiroz. N: 9 501 113 E: 604 456		
<b>Microbiológicos</b>						
Coliformes Totales	350	200	240	16x10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes	240	50	79	16x10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)
Escherichia Coli	48	70	79	16x10 <sup>6</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 G (Item 2)

(<sup>HA</sup>) Código de Laboratorio

(<sup>HA</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup> Edic. APHA/AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -**

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 07 de Julio de 2 018.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córdova Ivarista**  
 Gerente General

- EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras entregadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra destinada para los ensayos de re-ensayo, la solicitud de diligencia ante la comisión debe realizarse dos días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F79A/L0829  
 Revisión: 01  
 Fecha: 30/04/2018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Narayño - Puente Piedra, alt. del Km. 28,5 de la Pan. Norte  
 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 7 de 7



Apéndice 8. Resultados del laboratorio del mes de julio



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL – DA CON  
REGISTRO N.º LE - 030

**INFORME DE ENSAYO N.º A0711/18**

**Solicitante :** YEYNER TOCTO SAGUMA  
**Dirección :** AA.HH. Nueva Esperanza Sector 10 Mz. Z Lote 17 - 26 de Octubre – Piura

**Procedencia :** RIO QUIROZ - CASERIO PUENTE QUIROZ  
Distrito: Suyo - Provincia: Ayabaca  
Departamento: Piura

**Matriz de la Muestra :** Agua Superficial

**Fecha de Muestreo :** 22 - Julio - 2 018  
**Responsable del Muestreo :** Yeyner Tocto Saguma

**Fecha y Hora de Recepción :** 23 - Julio - 2 018 / 12:40 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo :** 23 - Julio al 01 - Agosto - 2 018

Código Interno: L0711/18

PARÁMETROS	0529 - 1 <sup>ra</sup>	0529 - 2 <sup>da</sup>	0529 - 3 <sup>ra</sup>	0529 - 4 <sup>ta</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CAG - 01 <sup>ra</sup> (14:00 h) Río Quiroz, 300 m. aguas bajo del puente Jembur; que se encuentra entre la ciudad de Palmira y el caserío Puente Quiroz. N: 9 489 432 E: 607 326	CAG - 02 <sup>da</sup> (14:30 h) Río Quiroz, 200 m. aguas arriba del caserío Puente Quiroz. Ubicado en la Bocatoma de captación para el riego de cultivos. N: 9 486 940 E: 603 988	CAG - 03 <sup>ra</sup> (14:45 h) Río Quiroz, debajo del puente del caserío Puente Quiroz. N: 9 489 891 E: 604 574	CAG - 04 <sup>ta</sup> (14:55 h) Río Quiroz, 200 m. aguas abajo del caserío Puente Quiroz. N: 9 501 113 E: 604 456		
<b>Microbiológicos</b>						
Coliformes Totales	920	240	24x10 <sup>7</sup>	540	NMP/100 mL	APHA 8221 B
Coliformes Termotolerantes	9200	240	490	350	NMP/100 mL	APHA 8221 E (Item 1)
Escherichia Coli	47	130	490	350	NMP/100 mL	APHA 8221 G (Item 2)

(f) Código de Laboratorio

(g) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -**

□ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>na</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -**

□ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 01 de Agosto de 2 018.

**EQUAS S.A.**  
Ing. Eusebio Victor Córdaz Evaristo  
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos atendidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de aptitud de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días la muestra físicamente para los ensayos de metales, la solicitud de diligencia ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F09-PLA028  
Revisión: 01  
Fecha: 20-01-2018

Dirección de Laboratorio: Mz. / Lote 74, Urb. Naranjillo - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfono: 548-4978 / 348-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Apéndice 9. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)-Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

14		NORMAS LEGALES			Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano	
Parámetro	Unidad de medida	A1	A2	A3		
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado		
Níquel	ng/L	0.07	**	**		
Plomo	ng/L	0.01	0.05	0.05		
Selenio	ng/L	0.04	0.04	0.05		
Urano	ng/L	0.02	0.02	0.02		
Zinc	ng/L	3	5	5		
<b>ORGÁNICOS</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>1</sub> - C <sub>10</sub> )	ng/L	0.01	0.2	1.0		
Trihalometanos (a)	(a)	1.0	1.0	1.0		
Bromoforno	ng/L	0.1	**	**		
Clorobeno	ng/L	0.3	**	**		
Dibromodimetano	ng/L	0.1	**	**		
Bromodimetano	ng/L	0.06	**	**		
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
1,1,1-Tricloroetano	ng/L	0.2	0.2	**		
1,1-Dicloroetano	ng/L	0.03	**	**		
1,2-Dicloroetano	ng/L	0.03	0.03	**		
1,2-Diclorobenceno	ng/L	1	**	**		
Hexaclorobutadieno	ng/L	0.0006	0.0006	**		
Tetracloroetano	ng/L	0.04	**	**		
Tetracloro de carbono	ng/L	0.004	0.004	**		
Tricloroetano	ng/L	0.07	0.07	**		
<b>STEX</b>						
Benceno	ng/L	0.01	0.01	**		
Etilbenceno	ng/L	0.3	0.3	**		
Tolueno	ng/L	0.7	0.7	**		
Xileno	ng/L	0.5	0.5	**		
<b>hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno	ng/L	0.0007	0.0007	**		
Benzo(b)pireno (BbP)	ng/L	0.008	0.008	**		
<b>Quinolizinas</b>						
Meleina	ng/L	0.19	0.0001	**		
<b>Organoclorados</b>						
Aldrin + Dieldrin	ng/L	0.0003	0.0003	**		
Clordano	ng/L	0.0002	0.0002	**		
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	ng/L	0.001	0.001	**		
Endos	ng/L	0.0006	0.0006	**		
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	ng/L	0.0003	0.0003	**		
Lindano	ng/L	0.002	0.002	**		
<b>Deltameto</b>						
Alcibán	ng/L	0.01	0.01	**		
<b>II. CIANOTOXINAS</b>						
Microcistina-LR	ng/L	0.001	0.001	**		
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	ng/L	0.005	0.005	**		
<b>MICROORGANISMOS Y PARASITOLÓGICOS</b>						
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000		
Ferres Patógenas	Nº Organismos/L	0	**	**		
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**		
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia		
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos) (c)	Nº Organismos/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>		

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitrato-N (NO<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>).

Apéndice 10. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)-  
Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 3,28 para expresarlo en unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3$ ).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoforno, Cloroforno, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroforno}}}{ECA_{\text{cloroforno}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{ECA_{\text{dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{ECA_{\text{bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoforno}}}{ECA_{\text{bromoforno}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoforno, cloroforno, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>			
Azeites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Carbono Libre	mg/L	0,022	0,022
Carbono Total	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala PtCo	sin cambio normal	sin cambio normal
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	1,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )	mg/L	10	**
Nitritos ( $\text{NO}_2\text{-N}$ )	mg/L	1	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,8 a 9,0	**
Sulfatos	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,005	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Boro	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Picno	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Urano	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Totales	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	Nº Organismos/L	0	**
Géneros ciliados	Nº Organismos/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Virus colerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Apéndice 11. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA)-Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

**Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)**

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,2	23,1	7,32	2,33	0,746	0,233	0,074
5	183	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,054
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,039
15	66,7	22,5	8,98	2,52	0,776	0,259	0,089	0,029
20	46,0	15,2	4,80	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	30,5	10,0	3,37	1,08	0,364	0,125	0,053	0,017
30	20,7	7,50	2,36	0,767	0,256	0,084	0,043	0,014

**Nota:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICO-QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	500		**
Calcio Wat	mg/L	0,1		0,1
Cloruro	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt-Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAD)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,052		0,01
Fluoruro	mg/L	1		**
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N) + Nitrito (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitrito (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 3
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfato	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (a)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Antimonio	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobalto	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

**ORGÁNICOS**

**Bifenilos Policlorados**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,08

**PLAGUICIDAS**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Permetrin	µg/L	35	35

**Organoclorados**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dieldro Difenil Dicloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfan	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,05
Lindano	µg/L	4	4

**Carbonato**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Ascorb	µg/L	1	11

**MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Coliformes Totoclorados	NMP/100 ml	1 000	2 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**
Huevo de helmintos	Huevo/L	1	1

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 4:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.