

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA**

(Creada por Ley Nro. 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**“PARAMETROS FISICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL  
CONTENIDO DE LAS AGUAS DEL RIO ICHU EN ZONAS  
URBANAS DEL DISTRITO DE HUANCABELICA”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Edison REQUENA MACHUCA

Bach. Cleython Robinson CCANTO HUAMAN

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**HUANCABELICA, PERÚ**

**2021**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

### FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiséis días (26) del mes de noviembre del año 2021, siendo las quince horas (3:00 p.m.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo (Presidente), Mg. Wilfredo Sáez Huamán (Secretario), M.Sc. Mabel Yesica Escobar Soldevilla (Vocal), reestructurados con Resolución de Decano N° 009-2020-FCI-UNH, de fecha 08 de julio del 2020, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: "PARÁMETROS FÍSICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CONTENIDO DE LAS AGUAS DEL RIO ICHU EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE HUANCVELICA", presentado por los Bachilleres Edison REQUENA MACHUCA y Cleython Robinson CCANTO HUAMAN, con presencia del Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana, Asesor de la presente tesis a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 3:45 pm; se comunicó a los sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

#### Edison REQUENA MACHUCA

APROBADO  POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

#### Cleython Robinson CCANTO HUAMAN

APROBADO  POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

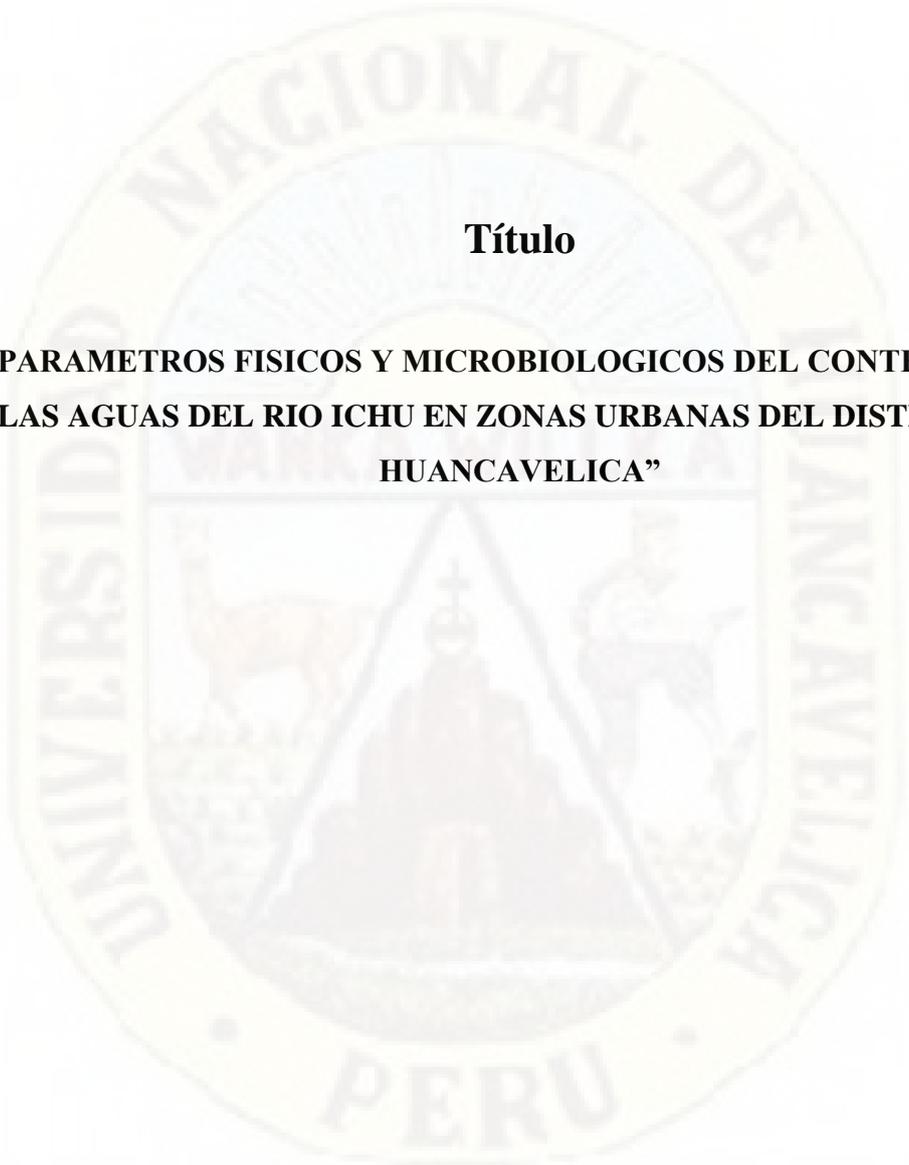
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
Presidente

  
Secretario

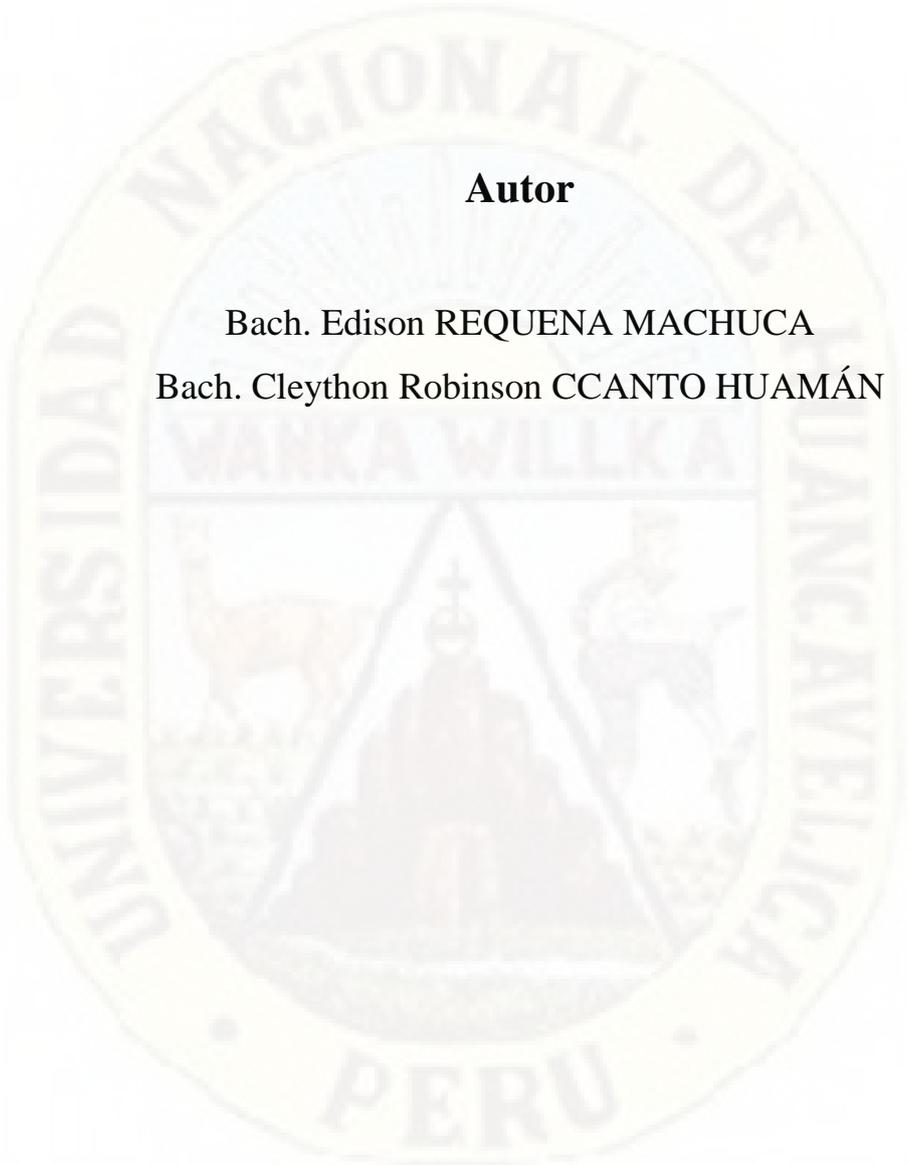
  
Vocal

  
V. B° Decano



## **Título**

**“PARAMETROS FISICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CONTENIDO DE  
LAS AGUAS DEL RIO ICHU EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE  
HUANCAVELICA”**



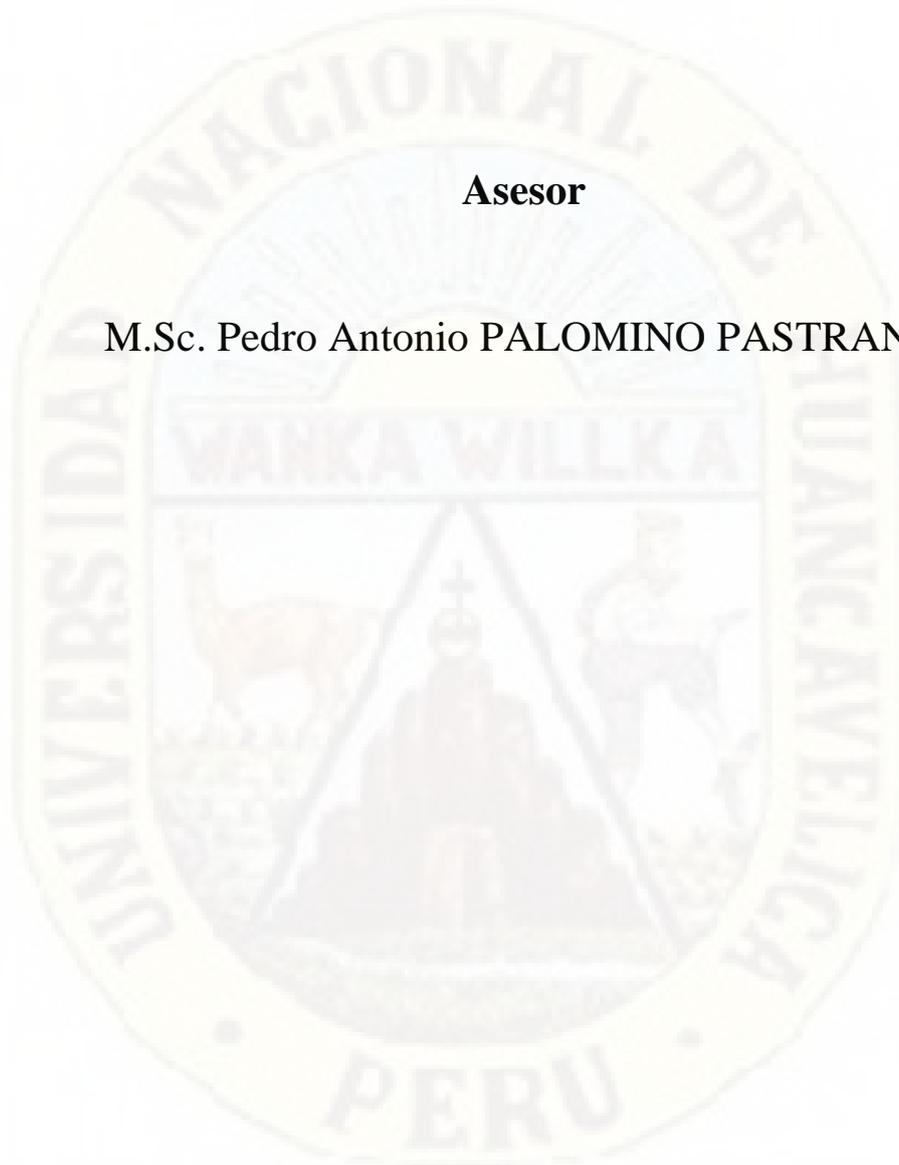
**Autor**

Bach. Edison REQUENA MACHUCA

Bach. Cleython Robinson CCANTO HUAMÁN

**Asesor**

**M.Sc. Pedro Antonio PALOMINO PASTRANA**



## **Dedicatoria**

### **EDISON**

A mi familia por apoyarme en todo el trascurso de la elaboración de mi tesis de igual manera al asesor que nos brindó su apoyo incondicional.

### **CLEYTHON**

Dedico a las personas que más me han apoyado en mi vida, dándome apoyo, consejos y haciéndome una buena persona de bien, a toda mi familia.

## **Agradecimientos**

A Dios, por la fortaleza y perseverancia que impartió en nosotras para poder culminar con nuestro proyecto de investigación.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Huancavelica–Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a los docentes que gracias a los conocimientos impartidos nos ayudó con el planteamiento del trabajo de investigación.

A mi asesor de tesis, el Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana, que nos acogió, motivo y absolvió las dudas en el desarrollo de nuestro trabajo investigación, brindándonos las facilidades para desenvolvernos. Le agradecemos su confianza y tiempo.

Bach. Requena Machuca, Edison

Bach. Ccanto Huamán, Cleython Robinson

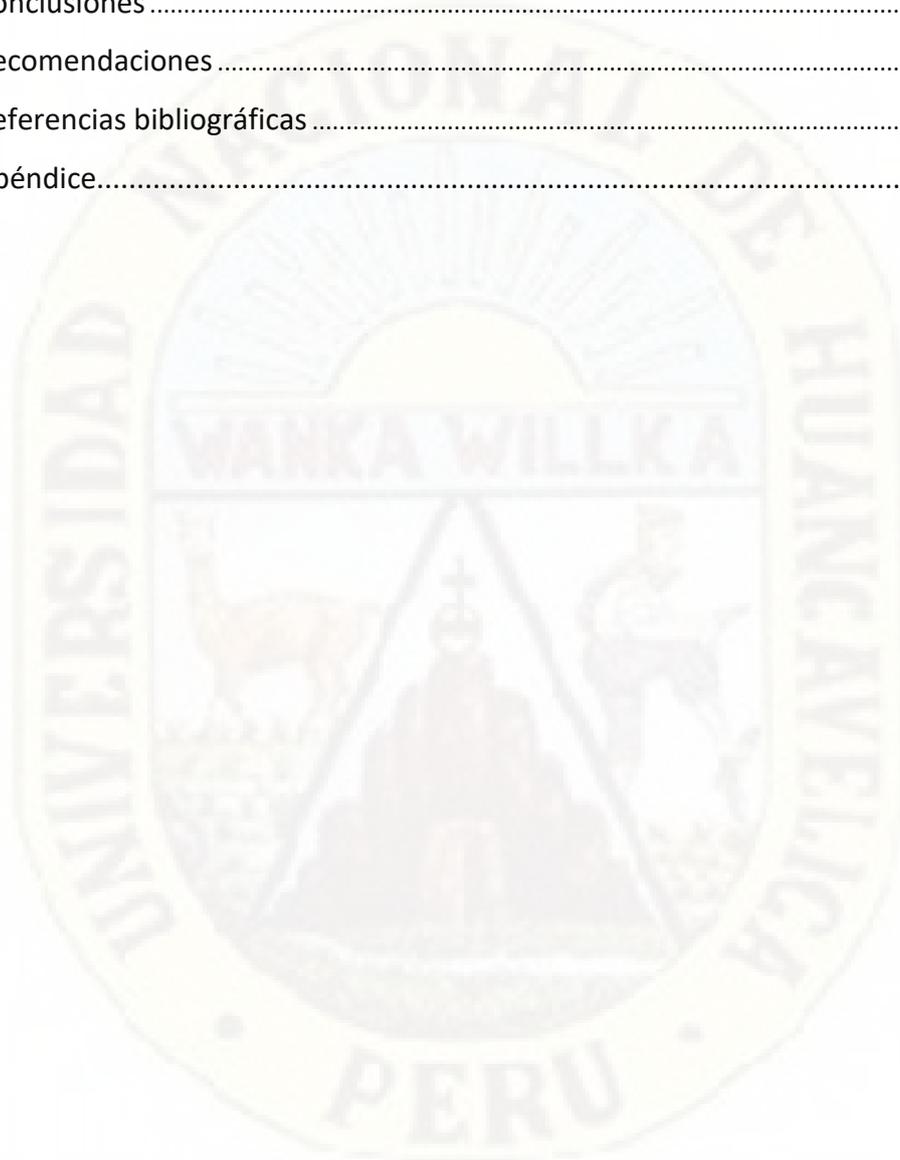
## Tabla de contenido

Acta de sustentación.....	ii
Título .....	iii
Autor .....	iv
Asesor.....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Tabla de contenido.....	viii
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras .....	xiv
Resumen.....	xvi
Abstract .....	xvii
Introducción .....	xviii
CAPÍTULO I .....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.1. Descripción del problema .....	20
1.2. Formulación del problema .....	21
1.2.1. Problema general.....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos .....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos .....	22
1.4. Justificación .....	22
1.4.1. Justificación Ambiental .....	22
1.4.2. Justificación Social .....	23
1.4.3. Justificación Económica .....	24
CAPÍTULO II .....	26
MARCO TEÓRICO .....	26
2.1. Antecedentes .....	26
2.1.1. Antecedentes a nivel Internacionales .....	26

2.1.2. Antecedentes a nivel Nacional .....	29
2.2. Bases teóricas.....	34
2.3. Bases conceptuales .....	42
2.4. Definición de términos .....	50
2.5. Hipótesis.....	54
2.5.1. Hipótesis general .....	54
2.5.2. Hipótesis específicas.....	54
2.6. Variables.....	55
2.6.1. Variable en estudio .....	55
2.7. Operacionalización de variables .....	56
CAPÍTULO III .....	57
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	57
3.1. Ámbito temporal y espacial .....	57
3.1.1. Ámbito temporal .....	57
3.1.2. Ámbito espacial.....	58
3.2. Tipo de investigación.....	60
3.3. Nivel de investigación .....	60
3.3.1. Método de investigación.....	61
3.3.2. Diseño de la investigación .....	61
3.4. Población, muestra y muestreo .....	62
3.4.1. Población .....	62
3.4.2. Muestra .....	62
3.4.3. Muestreo.....	62
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	63
3.5.1. Instrumentos de recolección de datos. ....	63
3.5.1.1. Instrumentos de recolección de datos en campo .....	65
3.5.2. Técnicas de recolección de datos .....	66
3.5.3. Identificación y reconocimiento de la zona de estudio .....	66
3.5.4. Determinación de puntos de muestreo para evaluación de la calidad del agua .....	67

3.5.5. Proceso de toma de muestra .....	68
3.5.6. Toma de muestras de agua .....	73
3.5.7. Procedimiento de recolección de las muestras .....	74
3.5.8. Medición de parámetros físico químicos .....	74
3.5.9. Medición de los parámetros microbiológicos .....	77
3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos .....	78
3.6.1. Técnica de análisis de datos .....	78
3.6.2. Procesamiento de datos .....	78
CAPÍTULO IV .....	80
PRESENTACION DE RESULTADOS.....	80
4.1. Análisis de información .....	80
4.1.1. Análisis de la temperatura (C°), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6).....	80
4.1.2. Análisis del pH, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).....	81
4.1.3. Análisis de los sólidos totales disueltos (STD), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).....	82
4.1.4. Análisis de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P1-P-6).....	83
4.1.5. Análisis de la Turbidez, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).....	84
4.1.6. Análisis de la concentración de Coliformes fecales, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).....	85
4.2. Principios de la investigación y prueba de hipótesis .....	86
4.2.1. Principios de la investigación .....	86
4.2.2. Prueba de hipótesis.....	88
4.3. Discusión de resultados.....	100
4.3.1. Temperatura .....	100
4.3.2. pH .....	101
4.3.3. Sólidos totales disueltos .....	101

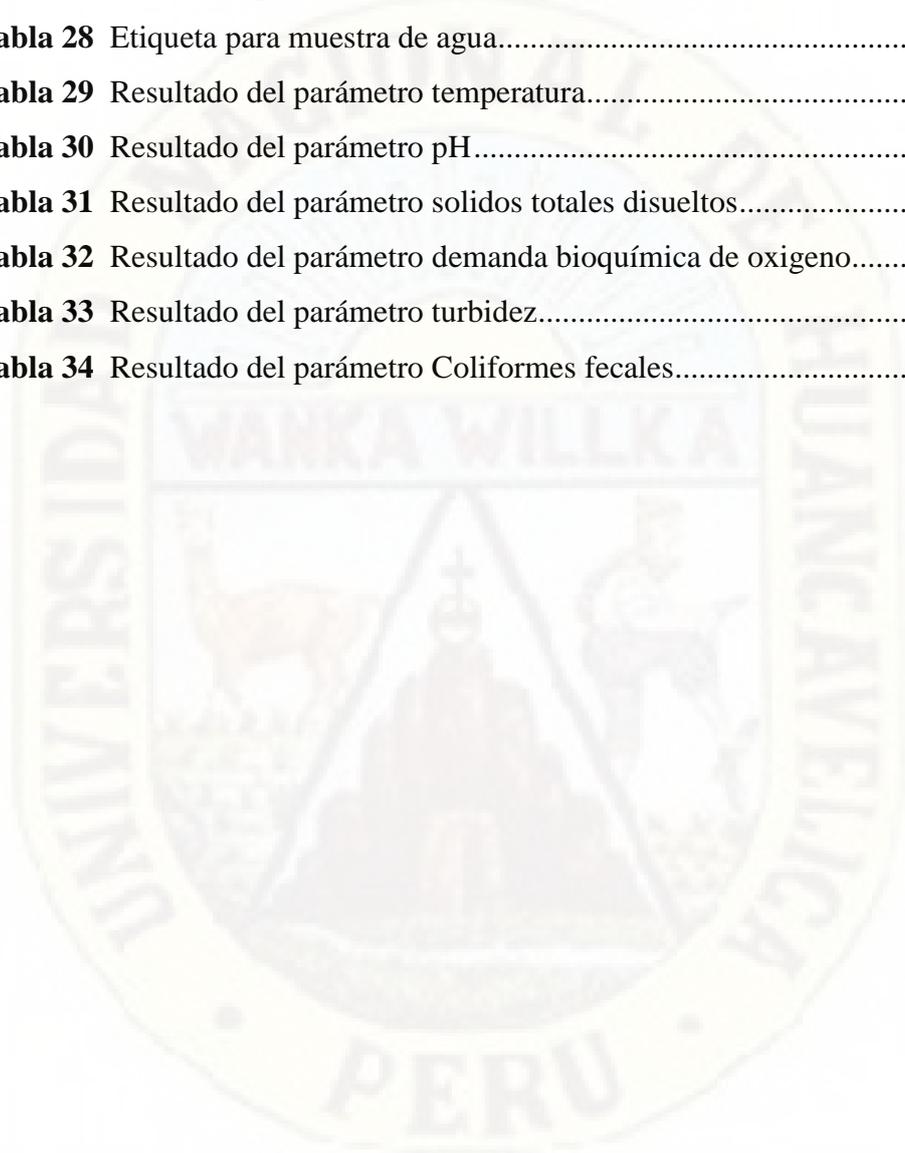
4.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno.....	102
4.3.5. Turbidez .....	102
4.3.6. Coliformes fecales.....	103
Conclusiones.....	104
Recomendaciones .....	105
Referencias bibliográficas .....	106
Apéndice.....	109



## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	ICA NSF Analito y su respectivo peso. ....	35
<b>Tabla 2</b>	Palabras descriptoras y rangos de valor del ICA .....	36
<b>Tabla 3</b>	ICA como herramienta de evaluación.....	39
<b>Tabla 4</b>	Ecuaciones de Cálculo empleadas para la determinación de ICA .....	40
<b>Tabla 5</b>	Operacionalización de variables estudiadas.....	56
<b>Tabla 6</b>	Cronograma total de duración de la tesis .....	57
<b>Tabla 7</b>	Determinación de los puntos de monitoreo para la recolección de muestras .....	68
<b>Tabla 8</b>	Análisis de la temperatura en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6) .....	81
<b>Tabla 9</b>	Análisis de la pH en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6) .....	82
<b>Tabla 10</b>	Análisis de los sólidos totales disueltos en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6) .....	82
<b>Tabla 11</b>	Análisis de la Demanda bioquímica de oxígeno en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6).....	83
<b>Tabla 12</b>	Análisis de la turbidez en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6) .....	84
<b>Tabla 13</b>	Análisis de Coliformes fecales en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6) ..	85
<b>Tabla 14</b>	Test de normalidad para la temperatura .....	86
<b>Tabla 15</b>	Test de normalidad para pH .....	86
<b>Tabla 16</b>	Test de normalidad para solidos totales disueltos .....	86
<b>Tabla 17</b>	Test de normalidad para Demanda Bioquímica de oxigeno .....	87
<b>Tabla 18</b>	Test de normalidad para turbidez.....	87
<b>Tabla 19</b>	Test de normalidad para Coliformes fecales.....	87
<b>Tabla 20</b>	Prueba de T de Student para el parámetro temperatura .....	91
<b>Tabla 21</b>	Prueba de T de Student para el parámetro pH.....	92
<b>Tabla 22</b>	Prueba de T de Student para el parámetro solidos totales disueltos. ....	93
<b>Tabla 23</b>	Prueba de T de Student para el parámetro demanda bioquímica de oxigeno .....	94
<b>Tabla 24</b>	Prueba de T de Student para el parámetro turbidez .....	96
<b>Tabla 25</b>	Prueba de T de Student para el parámetro Coliformes fecales .....	97

<b>Tabla 26</b> Matriz de Consistencia de los “Parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del rio ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica” .....	110
<b>Tabla 27</b> Ficha de registro de datos en campo .....	112
<b>Tabla 28</b> Etiqueta para muestra de agua.....	113
<b>Tabla 29</b> Resultado del parámetro temperatura.....	114
<b>Tabla 30</b> Resultado del parámetro pH.....	115
<b>Tabla 31</b> Resultado del parámetro solidos totales disueltos.....	116
<b>Tabla 32</b> Resultado del parámetro demanda bioquímica de oxígeno.....	117
<b>Tabla 33</b> Resultado del parámetro turbidez.....	118
<b>Tabla 34</b> Resultado del parámetro Coliformes fecales.....	119



## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Vertiente del rio ichu .....	58
<b>Figura 2</b>	Vertiente de los puntos en el rio ichu .....	59
<b>Figura 3</b>	Ph-metro .....	63
<b>Figura 4</b>	Estufa simple para estilización de los materiales .....	64
<b>Figura 5</b>	Estufa para esterilizar los materiales .....	64
<b>Figura 6</b>	Baño maría.....	65
<b>Figura 7</b>	Balanza analítica.....	65
<b>Figura 8</b>	Identificación de los puntos de monitoreó.....	67
<b>Figura 9</b>	Ubicación del punto de monitoreó 1.....	69
<b>Figura 10</b>	Ubicación del punto de monitoreó 2.....	69
<b>Figura 11</b>	Ubicación del punto de monitoreó 3.....	70
<b>Figura 12</b>	Ubicación del punto de monitoreó 4.....	70
<b>Figura 13</b>	Ubicación del punto de monitoreó 5.....	71
<b>Figura 14</b>	Ubicación del punto de monitoreó 6.....	71
<b>Figura 15</b>	Ubicación del rio Ichu .....	72
<b>Figura 16</b>	Toma de muestra del PM – 1 a PM - 6.....	73
<b>Figura 17</b>	Proceso para determinar la temperatura .....	75
<b>Figura 18</b>	Proceso para determinar el pH .....	76
<b>Figura 19</b>	Proceso de muestreo del agua de rico Ichu.....	76
<b>Figura 20</b>	Proceso de análisis en laboratorio de los 6 puntos de muestreo .....	78
<b>Figura 21</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	92
<b>Figura 22</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	93
<b>Figura 23</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	94
<b>Figura 24</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	95
<b>Figura 25</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	97
<b>Figura 26</b>	Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.....	98
<b>Figura 26</b>	Distribución y trazado de la temperatura.....	126
<b>Figura 27</b>	Distribución y trazado del pH.....	128
<b>Figura 28</b>	Distribución y trazado de los Solidos totales disueltos .....	130
<b>Figura 29</b>	Distribución y trazado de la demanda bioquímica de oxígeno.....	132

<b>Figura 30</b>	Distribución y trazado de la turbidez.....	134
<b>Figura 31</b>	Distribución y trazado de Coliformes fecales.....	136
<b>Figura 32</b>	Identificación del río Ichu.....	138
<b>Figura 33</b>	Ordenando los instrumentos de monitoreo.....	138



## Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica. Se obtuvo 6 puntos de muestreo ubicados en la parte urbana de la vertiente del río Ichu a nivel urbano en 6 zonas del río correspondientes a los distritos de Huancavelica y Ascensión, desde Chuñuranra (boca toma de EMAPA) hasta la altura del puente de Santa Rosa. La toma de datos se realizó en los meses de noviembre y diciembre; como primer monitoreo se realizó del 04 al 09 de noviembre del 2019, segundo monitoreo del 23 al 28 de noviembre del 2019 y como tercer monitoreo del 13 al 18 de diciembre del 2019. Cada 20 días de frecuencia el cual nos permitió tener mayor fiabilidad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitió determinar la temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica donde se pudo observar que la temperatura en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 13 °C, el pH en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 7.5 unidad de pH, los sólidos totales disueltos en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 41.0 mg/L, la demanda bioquímica de oxígeno en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 20.3 mg/L, la turbidez en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 5.0 NTU, los Coliformes fecales en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 1661.7 NMP/100 ml.

**Palabras clave:** número más probable, Coliformes fecales, parámetros físicos.

## Abstract

The objective of the research was to determine physical and microbiological parameters of the water content of the ichu river in urban areas of the Huancavelica district. 6 sampling points were obtained located in the urban part of the Ichu river slope at an urban level in 6 river areas corresponding to the districts of Huancavelica and Ascensión, from Chuñuranra (EMAPA intake) to the height of the Santa Rosa bridge . Data collection was carried out in the months of November and December; As the first monitoring, it was carried out from November 04 to 09, 2019, the second monitoring from November 23 to 28, 2019 and as a third monitoring from December 13 to 18, 2019. Every 20 days of frequency which allowed us to have greater reliability. The results obtained in the present investigation allowed determining the temperature in the waters of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district where it was observed that the temperature in the water of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 13 ° C, the pH in the water of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 7.5 pH units, the total dissolved solids in the water of the Ichu river in areas urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 41.0 mg / L, the biochemical oxygen demand in the water of the Ichu River in urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 20.3 mg / L, the turbidity in the water of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 5.0 NTU, the fecal coliforms in the water of the Ichu river in areas urban areas of the Huancavelica district in the 6 monitoring points presented an average of 1661.7 MPN / 100 ml.

**Key words:** most probable number, fecal coliforms, physical parameters.

## Introducción

El agua es un líquido importante para el consumo humano las que deben de cumplir con los parámetros establecidos de calidad y que debe de ser inocua para la salud de las personas. Por consiguiente, el agua no debe de presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar ningún tipo de enfermedad. La contaminación más frecuente de agua es a través de las excretas del hombre y de los animales.

El recurso hídrico (necesario para la vida) ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química de sustancias presentes en desperdicios que caen a las corrientes. Por tal razón, agencias gubernamentales, ambientales, universidades y diversas organizaciones, se han preocupado por evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, mediante programas de monitoreo. (Samboni, Carvajal, y Carlos Escobar, 2007).

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. (Roldán, 2003). Este enfoque que integra todos los componentes del ecosistema permite clasificar las decisiones sobre el uso del agua y el impacto que genera el hombre sobre este recurso.

Se sabe que actualmente las tecnologías y prácticas limpias y su aplicación son cada vez más comunes y sobre todo necesarias, esto debido al detrimento ambiental que sufre nuestro planeta consecuencia entre otros, a los procesos productivos y tecnológicos de la modernidad. (Hernández, 2016).

El Perú es un país mega diverso que cuenta con tres regiones geográficas (la costa, la sierra y la selva), uno de los países con reserva de agua dulce a nivel mundial sin embargo con el crecimiento demográfico se tiene una carencia del servicio de agua potable las faltas de sistemas de saneamiento básico ocasiona enfermedades infecciosas gastrointestinales que ocupan el segundo lugar que alcanzo el 26.48%(OMS, 2006).Este problema trae consecuencia en el incremento de los presupuestos públicos del estado para poder atender la salud así como de los gastos

familiares frente a una enfermedad provocada por el deficiente consumo de agua no apta para consumo humano ,que de alguna forma disminuye la calidad de(Aguilar y Navarro, 2018) vida de las familias expuestas. (Aguilar y Navarro, 2018).



# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

El agua es el elemento vital más importante para todo ser vivo incluyendo al ser humano. En todo el mundo existen deficiencias al acceso de agua segura por el crecimiento poblacional, calentamiento global y a las actividades industriales, y nuestra nación peruana no es una excepción, muchas de nuestras comunidades son suministradas de sistemas de abastecimiento de agua que no son tratados adecuadamente como consecuencia se ve afectada la salud de la población contrayendo enfermedades parasitarias y enfermedades diarreicas aguda las que conllevan como consecuencia a los niños a una desnutrición y anemia. El acceso a este recurso hídrico que se consume a través de la potabilización es una necesidad primaria y por lo tanto es un derecho fundamental para el bienestar de las familias (Aguilar y Navarro, 2018).

El río Ichu como fuente de abastecimiento principal de agua para la ciudad de Huancavelica y como patrimonio del estado debe ser debidamente gestionado y manejado ya que actualmente sirve como fuente de abastecimiento de agua para la población y como cuerpo receptor de las aguas de la cuenca, por lo cual es necesario realizar una gestión integral del recurso a fin de evitar las pérdidas de gran parte de su volumen de agua, especialmente en épocas de fuerte precipitación y recuperar la calidad de sus aguas caracterizadas históricamente por su diversidad ecológica; por lo

cual la presente investigación determinará la calidad de agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación. La prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación de las aguas constituye uno de los objetivos que deben plantearse en cualquier política avanzada de gestión de recursos hídricos.

Los ICA son una herramienta útil para la toma de decisiones, por lo que es necesario el monitoreo continuo de cada variable que permita adecuar el índice a niveles regional y local, como es el caso del río Ichu.

El agua es esencial para el mantenimiento de todos los procesos biológicos, la calidad de vida de los habitantes y el sostenimiento de las actividades económicas, el río Ichu constituye una riqueza, puesto que es de gran importancia para el consumo humano, aguar el ganado, riego de cultivos y para el turismo. Por todo esto, se hace necesario determinar la calidad de agua del agua del río Ichu el cual permita visualizar el efecto de la intervención del hombre en este ecosistema.

Los resultados permiten tener un diagnóstico sobre el entorno ambiental y la calidad del agua, que puede ser utilizado por los comunitarios y todos los actores que intervienen en la gestión integral de la subcuenca, lo que ayudará a la toma de decisiones para realizar acciones concretas referidas a la conservación, protección y manejo del recurso suelo y bosque, así como también, hacer un uso adecuado del recurso agua por parte de todos los habitantes de la subcuenca.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo son los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo son los parámetros físicos de T°, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?
- b) ¿Cómo son los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar los parámetros físicos en T°, pH, sólidos totales disueltos, Demanda bioquímica de oxígeno y Turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.
- b) Determinar los parámetros biológicos en fecales de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación Ambiental**

Existe una diversidad de razones que justifica el estudio, incluyendo la magnitud del problema de contaminación del agua del río Ichu, consideraciones socioeconómicas que intervienen y la influencia del área de estudio en el desarrollo del distrito de Huancavelica.

Según los actores, la causa de los problemas es la deforestación de los bosques, uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales, y baja educación sanitaria de los pobladores. A cerca de las consecuencias de la problemática, casi todos

coinciden en la contaminación e insalubridad existente como efecto inmediato de la degradación de los recursos (Hernández, 2016).

El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad. Cada vez, la calidad del agua es más baja, lo que puede contribuir a transmitir gran cantidad de enfermedades diarreicas agudas (EDA) (Otero, 2002). Estas constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil en quienes ocasionan 3,2 millones de defunciones anuales en el mundo (Prieto et al. 1997). Cabe destacar que el monitoreo de la calidad del agua, pone al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre la causa de cualquier brote o epidemia, permitiendo saber qué medidas tomar en cada caso (Cava & Ramos, 2016).

Por tanto, en la presente investigación se determinará el índice de calidad de las aguas (ICA-NSF) del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica, a modo que si existe contaminación y en qué nivel, y además ver como se encuentra los diferentes contaminantes en las aguas del río, conocimiento que se obtendrá a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se hagan de sus aguas, determinando en que cantidad se presentan y poder conocer un resultado si es apta el agua para regadío de cultivos, o para el consumo humano. Además, permitirá obtener resultados que podrán ser utilizados como línea de base para futuros proyectos y/o investigación que se realice a lo largo del río Ichu.

#### **1.4.2. Justificación Social**

Es conocida, que a nivel mundial es evidente el incremento en el deterioro de la calidad del agua de los ríos. En los países en desarrollo el problema se agrava, ya que las fuentes de financiamiento son

insuficientes, así como las opciones o los recursos tecnológicos para el monitoreo de la calidad del agua (Casilla, 2014).

En la actualidad las propiedades del agua varían mucho dependiendo de diferentes factores, biológicos físicos y químicos, ya que estos están influenciados de manera directa o indirecta en la aparición de diversas enfermedades que afectarían a la vida cotidiana de la población, mediante estos agentes es muy común en las condiciones normales del agua.

Ocasionando con esto alguna alteración que repercute en la salud de los pobladores (Aguilar y Navarro, 2018).

Cada vez, la calidad del agua es más baja, lo que puede contribuir a transmitir gran cantidad de enfermedades diarreicas agudas (EDA) (Otero 2002). Estas constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil por que representan la primera causa de muerte en niños de 1 a 5 años de edad, en quienes ocasionan 3,2 millones de defunciones anuales en el mundo (Casilla, 2014).

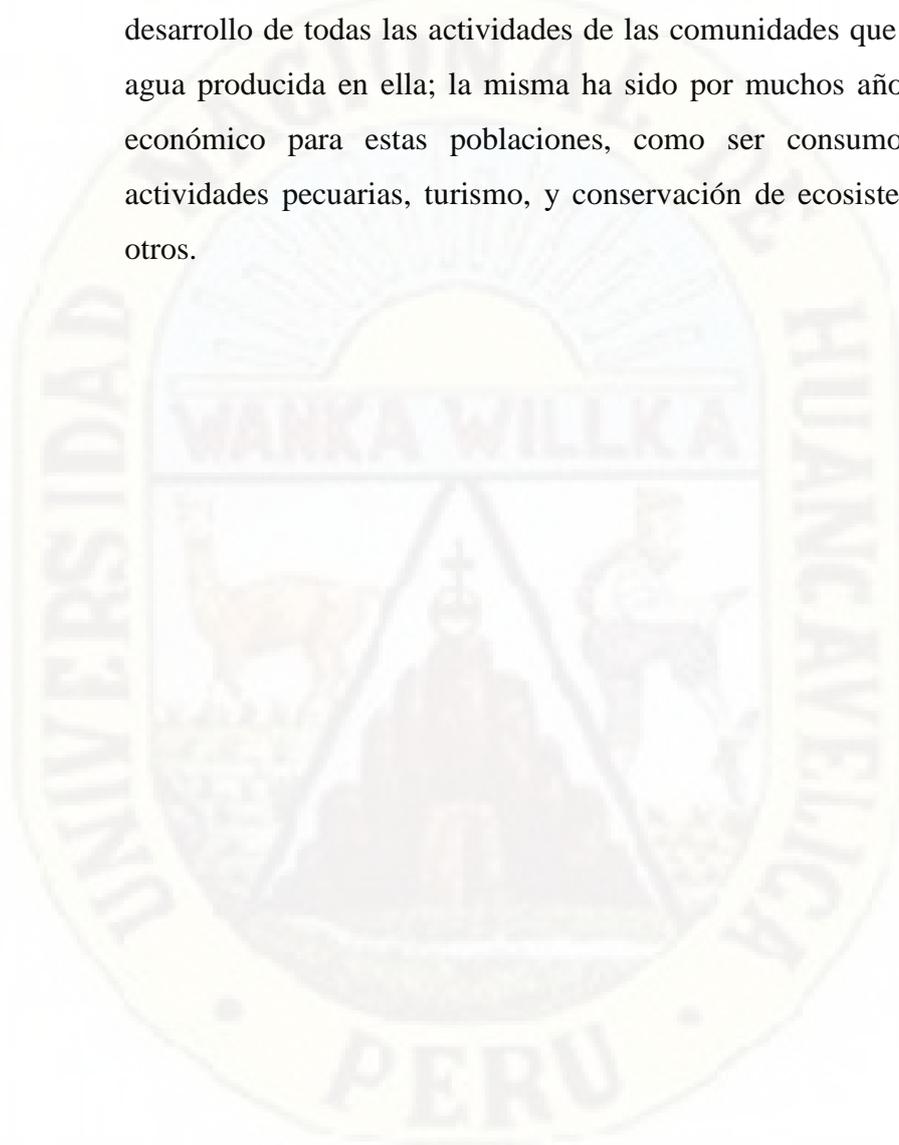
### **1.4.3. Justificación Económica**

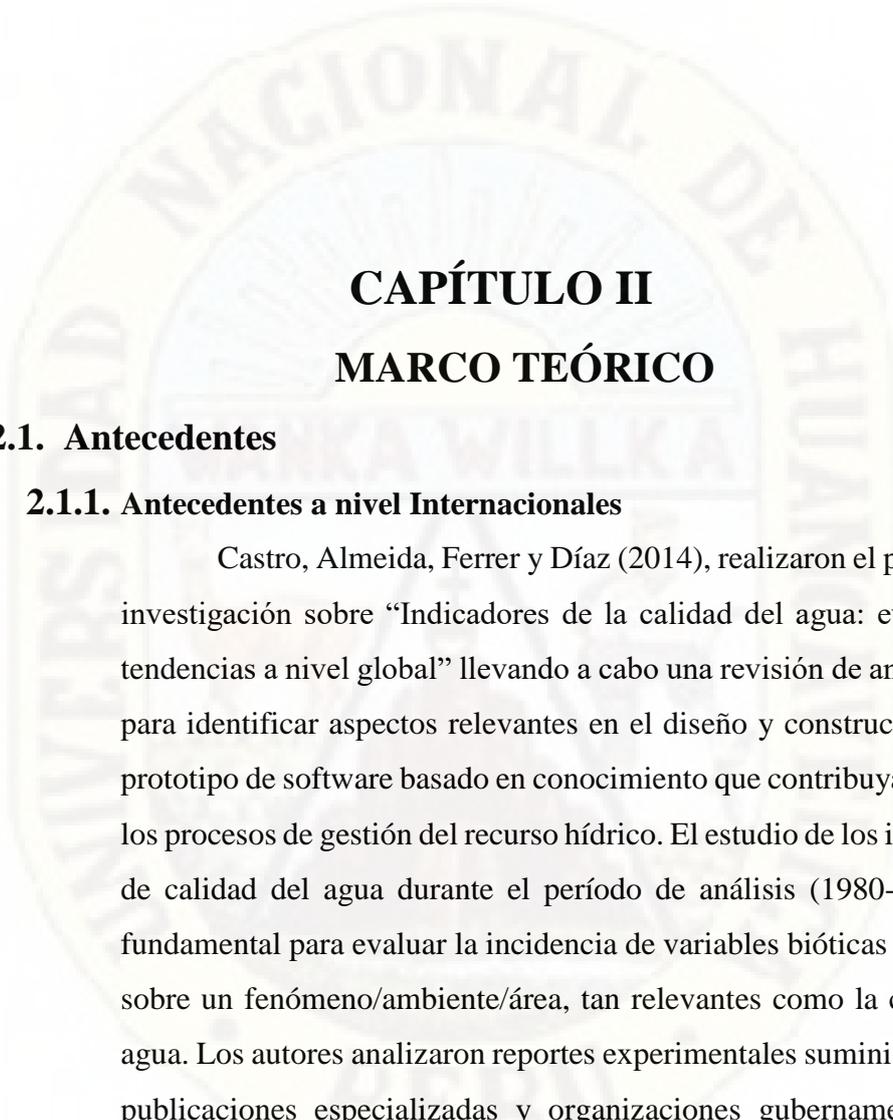
Desde el punto de vista económico y sociocultural que atraviesa el estado peruano sumados a una carencia de programas estratégicos a reducir la pobreza han contribuido que las familias vivan en situaciones precarias. En los países de América latina el Perú es el país que cuenta con mayor disponibilidad del recurso hídrico de agua dulce renovable (74 546000m<sup>3</sup>/año), sin embargo, esta cita no refleja la realidad más bien se observa una distribución asimétrica que no permite que tenga acceso a los servicios básicos la población como es el agua (Aguilar y Navarro, 2018).

Una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la

calidad del recurso agua; las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del vital líquido (Cava y Ramos, 2016).

La microcuenca del río Ichu, posee gran importancia para el desarrollo de todas las actividades de las comunidades que utilizan el agua producida en ella; la misma ha sido por muchos años de valor económico para estas poblaciones, como ser consumo humano, actividades pecuarias, turismo, y conservación de ecosistemas, entre otros.





## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes a nivel Internacionales**

Castro, Almeida, Ferrer y Díaz (2014), realizaron el proyecto de investigación sobre “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global” llevando a cabo una revisión de antecedentes para identificar aspectos relevantes en el diseño y construcción de un prototipo de software basado en conocimiento que contribuya a mejorar los procesos de gestión del recurso hídrico. El estudio de los indicadores de calidad del agua durante el período de análisis (1980-2014), fue fundamental para evaluar la incidencia de variables bióticas y abióticas sobre un fenómeno/ambiente/área, tan relevantes como la calidad del agua. Los autores analizaron reportes experimentales suministrados por publicaciones especializadas y organizaciones gubernamentales del orden nacional e internacional. El análisis de la información revisada permitió establecer que una de las metodologías más importante para determinar la calidad del agua es el uso de indicadores ICA: herramienta matemática que permite transformar grandes cantidades de datos en una escala de medición única.

Coello, Ormaza, Déley, Recalde y Rios (2013), “Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché,

Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador” realizaron la siguiente investigación con el objetivo de establecer la calidad de agua utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) en los ríos alto andinos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho (3100 a 3950 msnm) que forman parte del Parque Nacional Sangay en Ecuador, para analizar a futuro el cambio generado por cambios medioambientales y actividades antrópicas. Para el análisis físico-químico y microbiológico se establecieron 6 puntos de monitoreo en el río Ozogoche, 8 en el Río Pichahuiña y 4 en el Pomacocho durante un año (febrero 2011 a febrero 2012) cubriendo las épocas secas y de lluvia. Los resultados promedio de nueve parámetros analizados se utilizaron para determinar el ICA de cada río, determinando que las tres microcuencas presentan buena calidad. Existen parámetros que muestran mayor variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad cuyos picos máximos se alcanzaron en los meses de menor precipitación (de febrero a mayo).

Quiroz, Izquierdo y Menéndez (2017), “Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador” El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la calidad de agua del río Portoviejo (Manabí, Ecuador) mediante la aplicación del índice de calidad de agua bajo la metodología propuesta por la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF). Los puntos donde se determinó el índice fueron seleccionados a partir de resultados previamente obtenidos mediante el uso de un modelo matemático y su estimación se efectuó mediante la toma de muestras de parámetros físico-químicos y microbiológicos. Independientemente que solamente uno de los indicadores evaluados sobrepasa los valores establecidos por los límites máximos permitidos (LMP), los resultados obtenidos demostraron que la calidad de agua va disminuyendo a medida que el río recorre la trayectoria de su cauce, debido a la alta carga contaminante producto del vertimiento de aguas residuales y a la disminución de su capacidad de autodepuración.

Rubio et al. (2014), “Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México” Un Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua. El objetivo fue determinar un ICA para la presa La Boquilla en Chihuahua, México. Seis puntos de muestreo fueron seleccionados aleatoriamente y muestras de agua se colectaron mensualmente, a cuatro profundidades: 0.30 m, 5.0 m, 10.0 m y 15.0 m. Se cuantificó el potencial hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura (T), cloruros (Cl<sup>-</sup>), dureza total (DT) y turbidez. El análisis estadístico consideró un arreglo de tratamientos factorial 12 \_ 4 donde el factor A fue el tiempo de muestreo (12 meses) y el factor B la profundidad (cuatro profundidades). El ICA fue calculado para 0.30 m y 15.0 m de profundidad aplicando una ecuación universal. Los rangos de las variables evaluadas fueron como sigue: pH de 7.6 a 9.1; OD de 4.9 a 12.1 mg L<sup>-1</sup>; T de 11.6 a 25.5 °C; CE de 173 a 219 μS cm<sup>-1</sup>; SDT de 152.9 a 187.08 mg L<sup>-1</sup>; DT de 295 a 360 mg L<sup>-1</sup>, Turbidez de 1.66 UTN a 4.75 UTN y Cl<sup>-</sup> de 2.91 a 10.37 mg L<sup>-1</sup>. El ICA promedio para la profundidad de 0.30 m fue de 2.7 que cataloga al agua como buena y el ICA calculado para la profundidad de 15.0 m fue de 2.45 que describe el agua de regular a buena. Se concluye que el agua de la presa La Boquilla se puede considerar adecuada para la producción agrícola, uso pecuario y producción piscícola.

Torres, Cruz y Patiño (2009), “Índices de Calidad de Agua en fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica” la siguiente investigación manifiesta que el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua incide directamente en el nivel de riesgo sanitario presente y en el tipo de tratamiento requerido para su reducción; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Una herramienta son los índices de calidad de agua –ICA–; los de tipo multiplicativo son más

sensibles a las variaciones en la calidad del agua que los de tipo aditivo. Aquellos que consideran las variaciones en el tiempo y en el espacio y además permiten una comparación con la normativa vigente en la zona de estudio, como en CCME – WQI y DWQI, son más adecuados para su aplicación en fuentes como el río Cauca que está expuesto a constantes variaciones de calidad. Para el uso de estas fuentes para abastecimiento humano, valores entre 90 y 100 de la generalidad de los ICA implican tratamientos menores como sólo desinfección, mientras que entre 50 y 90 requieren tratamiento convencional y en algunos casos tratamientos especiales que están asociados a mayores costos y complejidad, concluyendo que los ICA son una herramienta útil para la evaluación de la calidad del agua; comparados con los índices aditivos, los que se basan en ecuaciones de tipo multiplicativo pueden favorecer la evaluación del riesgo sanitario, ya que son más sensibles a variaciones en la calidad del agua y evitan el fenómeno de eclipsamiento que se presenta cuando se calcula un valor satisfactorio aunque uno o varios de los parámetros que conforman el índice presenten alteración.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel Nacional**

Calla (2010), realizó una investigación titulada “Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras, con el objetivo de analizar el grado de alteración causado por la actividad minera en la calidad del agua del río Rímac en el sector de San Mateo, llegando a la conclusión que el análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestra que ha habido una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos en las aguas del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento; sin embargo estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que el análisis de calidad del agua del año 2008 demuestra que aún existen elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro que requieren la

aplicación de técnicas de tratamiento correctivas para poder cumplir las nuevas exigencias establecidas en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua en lo que respecta al uso del riego de vegetales y bebida de animales, lo cual exige un mayor control y vigilancia por parte de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como organismo encargado de la vigilancia de los recursos hídricos del Perú, así como de una fiscalización más exhaustiva por parte de la autoridad competente en lo referente a la implementación y mejoras de los sistemas de tratamientos de efluentes mineros, los cuales son fuentes de vertimiento que influyen directamente sobre la calidad de las aguas del río Rímac con la finalidad de poder cumplir los objetivos nacionales de conservación del recurso hídrico.

OPS/OMS (2012), realizó un “estudio de calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por organización panamericana de la salud contaminación por uso doméstico y agroquímicos” con los objetivos de identificar las principales amenazas sobre las fuentes de agua en las poblaciones y monitorear las fuentes de agua para consumo humano por las poblaciones de Chumbivilcas – Cusco y Cotabambas – Apurímac, concluyendo con el hallazgo de altos contenidos de Coliformes Fecales y Coliformes Totales; la sola presencia de estos microorganismos en el agua es indicador cualitativo de contaminación, por lo que aun las aguas con niveles bajos de coliformes son consideradas contaminadas; sin embargo, cuando aumenta la presencia de coliformes en el agua, aumenta también la probabilidad de que esta contenga algún microorganismo patógeno. Los resultados de los análisis revelan una contaminación casi generalizada de estos microorganismos. Los altos niveles de contaminación de origen fecal hacen necesario un estricto control de la calidad microbiológica del agua. En los resultados que se obtuvieron de las muestras tomadas en Apurímac y Cusco solo en los ríos de Tambobamba y Santo Tomás hay presencia de hierro que sobrepasa los límites máximos permisibles por la OMS y el Reglamento de la Calidad

de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010- S.A.; esto se sustenta debido a que en la zona de Tambobamba existe yacimientos de óxido de hierro, y en el caso del río Santo Tomás, hay presencia de minería polimetálica en la cabecera de cuenca. De acuerdo a los datos y niveles encontrados de metales pesados (hierro) en los puntos de monitoreo correspondientes al Río Santo Tomas en Cusco y Río Tambobamba en Apurímac; los cuales en concentraciones superiores a los valores límites, actúan como contaminantes, por lo que si su uso fuera para el abastecimiento de la población como fuente de agua no estaría siendo apta de forma directa, debido a que sobrepasan los valores límites establecidos por el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano y los valores referenciales sugeridos por la OMS, siendo necesario su tratamiento.

Según Alarcón y Ñique (2016), “Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú)”, realizaron esta investigación con la finalidad de determinar la calidad del agua a través de la aplicación del Índice de Calidad del Agua establecido por la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF). En primer lugar, se determinaron los parámetros fisicoquímicos, como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales disueltos, turbidez, pH, temperatura, nitratos, y fosfatos totales, así como los coliformes fecales. Las muestras se recolectaron en cuatro estaciones de muestreo establecidas en la laguna, para posteriormente procesar los datos y determinar el Índice de Calidad del Agua de la laguna en cuestión. El valor fue de 62, que se correspondió con una calidad media, por lo que se llegó a la conclusión de que este cuerpo de agua estaba afectado, durante el período de estiaje por el aporte de aguas contaminadas, uso de fertilizantes en áreas cercanas, actividades de pastoreo de ganado e instalación de letrinas, lo que afecta a la conservación del ambiente acuático y su aprovechamiento.

Romero, Flores y Pacheco (2010), “Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa” se estudió el efecto contaminante del

pasivo minero de Ticapampa , que constituye un relave polimetálico de flotación de minerales sulfurados de cobre, plomo y zinc, el cual se localiza en la cuenca media del río Santa, la cual ha sido negativamente impactada desde el año de 1900, por las labores mineras de Collaracra, el Triunfo y la Florida; en el año de 1908, por el funcionamiento de la planta concentradora y de la fundición de la empresa minera The Anglo French Ticapampa Silver Mining Co. y en el año de 1967, por la labor minera de la explotación de la plata, plomo y zinc y el funcionamiento de la planta concentradora, a cargo Compañía Minera Alianza S.A. Empresa Nacional; como consecuencia de la realización de labores mineras y las actividades de beneficio de minerales, se tiene pasivos ambientales, tales como: 4 canchas de relaves polimetálicos y filtraciones de agua de relavera, cuyos drenajes se vierten de manera directa al cuerpo de agua receptor de la cuenca del río Santa, cuya calidad de aguas se han convertido en un lugar sin indicio de vida acuática, siendo el consumo de esta agua nocivo para los seres vivos.

Loayza y Cano (2015), “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” tuvieron como objetivo general evaluar el efecto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo, llegando a concluir que en el sector bajo se registró en la temperatura del agua de 11,82 °C - 13,46 °C; el potencial de hidrógeno de 8,5 a 7,93 Und. Ph; el oxígeno disuelto de 6,06 a 5,32 mG/L, la conductividad eléctrica de 179,78 a 329,49 mS/Cm, la turbidez de 69,75 a 252,68 UNT. Los físicos – químicos registraron en los sólidos totales disueltos de 92,20 a 163,7 mG/L, en los sólidos totales suspendidos de 175,33 a 403 mG/L, los sólidos totales de 267,53 a 566,7; la demanda bioquímica de oxígeno de 8,8, a 24,05 y la demanda química de oxígeno de 20,38 a 48,07 y por último los parámetros microbiológicos como los Coliformes totales de 1000 a 50383 NMP/100 mL y Escherichia coli de <1 a 23817 NMP/100 mL. Los valores microbiológicos sobrepasan el ECA - agua categoría

3, este sector recibe la contaminación acumulada debido a la ganadería y las aguas residuales sin tratamiento vertidos a los cuerpos receptores de las diversas localidades. Dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca.

Según Velarde (2016), “Índice de Calidad de Agua de Calidad de Agua Superficial del Río Chili en el Sector de Sachaa - Tiabaya - Huayco.” La investigación tuvo como objetivo evaluar el índice de calidad de agua superficial en el Río Chili, llegando a la conclusión de que en los parámetros fisicoquímicos analizados se observó que hay valores para los cuales se salen del rango establecido por los ECA para aguas de categoría 3 D1, D2 y la categoría 4 E2 y para los parámetros microbiológicos vemos que las concentraciones halladas, superaron por mucho los límites de los ECA en los cuatro puntos monitoreados. A medida que desciende el río Chili desde el punto el puente San Martín hasta el del Huayco se pudo observar que la calidad del agua empobrece más y más siendo las zonas más críticas las de Tiabaya y el Huayco; la concentración mayor de los “coliformes totales” hallada fue de 240000000 NMP/ 100 mL y los límites son: 1000 NMP/100 ml para aguas de categoría 3 D1 y 5000 NMP/ 100 mL para aguas de categoría 3 D2, esto en la zona de Tiabaya. Para el caso del “Escherichia Coli” el mayor valor hallado fue de 2100000 NMP/100 mL y los límites son de 100 NMP/100 mL para ambos casos de agua de categoría 3 D1, D2 y categoría 4 E2, esto en la zona del Huayco. Al comparar los datos obtenidos con los límites que nos proporciona los ECA se resumió que el agua del río Chili no podría ser apta para el riego de vegetales (categoría 3 D1), bebida de animales (categoría 3 D2) ni conservación del ambiente acuático (categoría 4 E2) por las zonas de monitoreo en el puente de Tiabaya y puente del Huayco debido a que la mayor contaminación se ve en estas dos zonas estudiadas. Las aguas que se encuentran del puente de Tingo hacia arriba aún conservan una calidad

aceptable para que pertenezcan a las categorías que venimos haciendo referencias (categoría 3 D1, categoría 3D2 y la categoría 4 E2).

## **2.2. Bases teóricas**

### **ICA según Horton**

Castro et al. (2014), De acuerdo con Rodríguez, Horton propone el uso de ICA para estimar patrones o condiciones de contaminación acuática, y es pionero en la generación de una metodología unificada para su cálculo. Ott menciona que el índice general de calidad del agua de Horton utiliza diez variables, incluyendo las comúnmente monitoreadas, tales como oxígeno disuelto (DO), recuento de coliformes, ph, conductancia específica, alcalinidad, contenido de cloruro y la temperatura.

El índice se utiliza, en primer lugar, con el propósito de revelar los cambios físicos y químicos ocurridos a nivel de la calidad de las corrientes de agua. Oana apunta que, después de las actividades de vigilancia y gestión de la calidad, se intentó indicar a través de métodos matemáticos el estado global de la calidad de las aguas superficiales con la ayuda de un índice cualitativo.

### **El NSF**

Siguiendo el trabajo de Horton, la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF, por las siglas en inglés) creó una variable del ICA varios años más tarde. Según Behar, Zúñiga de (Cardozo y Rojas, 1970), Brown, MacClelland, Deininger y Tozer, apoyados por la National Sanitation Foundation de los Estados Unidos de Norteamérica, proponen un índice basado en la estructura del índice de Horton, conocido como Índice de Calidad de Agua de la nsf (nswki). La nsf cita: “La clasificación consideró las características que debe presentar la fuente de captación para su destinación para consumo humano”.

Brown (1970), reunió a un grupo de 142 reconocidos expertos en gestión de la calidad del agua provenientes de diferentes lugares de EE.UU.

Tres cuestionarios se enviaron por correo a cada participante. En el primer cuestionario, se pidió a los panelistas que consideraran 35 analitos para su posible inclusión en un ICA y añadieran cualquier otro analito que a su juicio debía ser incluido. También se les pidió que calificaran los analitos en una escala de 1 (la más alta significancia) a 5 (la significancia más baja). El propósito del segundo cuestionario era obtener un consenso sobre la significancia de cada analito. De estas dos primeras respuestas se derivan nueve analitos para su inclusión en el ICA. En el tercer cuestionario, se pidió a los panelistas dibujar una curva de gastos para cada uno de los nueve analitos. Los niveles de la calidad del agua (wq) de 0 a 100 se indican en el eje y de cada gráfico, mientras que el aumento de los niveles de cada analito particular, se indica en el eje x. Luego se promediaron todas las curvas para producir una sola línea para cada analito. El análisis estadístico de las puntuaciones habilitó a Brown para asignar pesos a cada analito, donde la suma de los pesos es igual a 1. En las tablas se presentan los nueve parámetros y sus pesos correspondientes.

**Tabla 1**

*ICA NSF Analito y su respectivo peso.*

<b>Analito</b>	<b>Peso ICA</b>
Oxígeno disuelto	0.17
Coliformes fecales	0.15
pH	0.12
DBO5	0.10
Nitratos	0.10
Fosfatos totales	0.10
$\Delta t$ °C de equilibrio	0.10
Turbiedad	0.08
Sólidos totales	0.08

*Fuente.* (Castro et al., 2014)

**Tabla 2***Palabras descriptoras y rangos de valor del ICA*

<b>Palabra descriptoras</b>	<b>Rango numérico</b>
Muy mala	0-25
Mala	26-50
Media	51-70
Buena	71-90
Excelente	91-100

*Fuente.* (Castro et al., 2014)

Torres et al., (2009), llaman la atención sobre el hecho de que “el INSF, a pesar de haber sido desarrollado en Estados Unidos, es ampliamente empleado en el mundo y ha sido validado y/o adaptado en diferentes estudios”. Aroner señala que la metodología básica utilizada en la determinación de las clases de valores del índice de la calidad del agua fue descrita por primera vez por la Agencia de Protección Ambiental, Región 10, EE.UU. (períodos 1978/1979; 1979/1980), que utilizó varios intervalos de valores con el fin de exponer la importancia de cada parámetro en el cálculo del índice y, posteriormente, se estipuló la creación de un valor único la del índice.

#### **ICA de Oregon (owqi)**

Coello et al., (2013), La ciencia de la calidad del agua ha mejorado notablemente desde la introducción del owqi en la década de 1970. Fue mejorado en 1995 para reflejar los avances en el conocimiento de la calidad del agua y en el diseño de los índices de calidad del agua. Es ampliamente utilizado y mantenido por el Departamento de Calidad Ambiental de Oregon (dec). El owqi se ha utilizado para informar sobre el estado de calidad del agua y las tendencias de Oregon a los legisladores estatales y otros responsables de las políticas de recursos hídricos. Cude [25] observa que el owqi analiza un grupo de variables de calidad del agua definido y produce un valor general describiendo la calidad del agua para los ríos y corrientes

de Oregon. Las variables de calidad del agua incluidas en el owqi son temperatura, oxígeno disuelto (porcentaje de saturación y concentración), demanda bioquímica de oxígeno (dbo), pH, sólidos totales, amonio y nitratos, fosforo total y coliformes fecales. Fue diseñado para permitir la comparación de la calidad del agua entre diferentes tramos del mismo río o entre diferentes cuencas. Identifica y compara las condiciones de calidad del agua y tendencias en el espacio y el tiempo. El owqi puede ser usado para evaluar la eficacia de las actividades de gestión de calidad del agua. Más importante, el owqi mejora la comprensión y comunicación de cuestiones generales de calidad del agua e ilustra la necesidad y la eficacia de prácticas de protección.

### **ICA según Dinius**

Castro et al., (2014), Hizo un intento por diseñar un sistema de contabilidad social rudimentaria que midiera los costos y el impacto de los esfuerzos de control de la contaminación y se aplica ese índice a título ilustrativo a los datos de varios arroyos en Alabama EE.UU. Gonzáles, Caicedo y Aguirre citan que se “planteó un ICA conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas; por su parte el ICAINSF (Índice del National Science Foundation) está constituido por ocho variables fisicoquímicas y un elemento biótico: las coliformes fecales”. Otro índice multiplicativo de calidad del agua, diseñado específicamente para la toma de decisiones fue desarrollado por Dinius utilizando el método de índice presentado por Delphi. Torres, Cruz y Patiño mencionan que este indicador, “a diferencia del ICA-NSF, cuya clasificación está orientada a aguas destinadas a ser empleadas como fuente de captación para consumo humano, considera 5 usos del recurso: consumo humano, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación”.

Los subíndices del índice Dinius fueron desarrollados a partir de una revisión de la literatura científica publicada. Dinius examinó la calidad del agua descrita por diversas autoridades y diferentes niveles de variables contaminantes, y a partir de esta información genera (Samboni et al., 2007)

muestran que, desde 1978 hasta 1994, revisiones de literatura de los ICA realizadas desde su introducción han revelado nuevos enfoques y proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de las investigaciones. Entre 1995 y 1996 se desarrollaron indicadores especiales para una cuenca o región: en 1995, con la Estrategia de Evaluación Ambiental de Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment - safe), que formuló un índice especial para la Florida; en 1996, el Índice de British Columbia (bcwqi) de Canadá y el desarrollo del Programa de Mejoramiento de la Cuenca Baja de Miami (wep).

### **Índices de Calidad de Agua (ICA)**

Quiroz et al., (2017), La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general.

La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo. En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua.

**Tabla 3***ICA como herramienta de evaluación*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporcionan un resumen de los datos.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como una herramienta para la gestión.
Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.	

**Estructura de cálculo de los ICA**

Torres et al., (2009), La estructura de cálculo de la mayoría de los ICA se basa en la normalización de los parámetros que los conforman de acuerdo con sus concentraciones, para su posterior ponderación en función de su importancia en la percepción general de la calidad agua; se calcula mediante la integración de las ponderaciones de los parámetros a través de diferentes funciones matemáticas. Existen dos enfoques para el cálculo: *i)* el *producto ponderado* en el cual los pesos dan importancia a los puntajes y todos ellos son ponderados de acuerdo a la importancia de los pesos y luego son multiplicados y *ii)* la *suma ponderada*, en la cual cada puntaje es multiplicado por su peso y los productos son sumados para obtener el índice si los pesos son iguales para cada puntaje. El valor del índice es llamado valor aritmético no ponderado, si la suma de los pesos no es igual, se conoce

como valor aritmético de la calidad del agua. La tabla 2 muestra las ecuaciones de cálculo de los ICA, asociados por grupos de acuerdo con el tipo de ecuación utilizada.

**Tabla 4**

*Ecuaciones de Cálculo empleadas para la determinación de ICA*

Grupo	Índice	Ecuación	Observaciones
1	ICA NSF (EU) ICA Dinius (EU) IQA CETESB (Brasil) ICA Rojas (Colombia) ICAUCA (Colombia)	$ICA_m = \prod_{i=1}^n I_i^{w_i}$	<p>Promedio geométrico ponderado:</p> <p>Wi: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro</p> <p>Ii: subíndice de i-ésimo parámetro</p>
2	CCME-WQI (Canadá) DWQI (EU)	$ICA = 100 \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$	<p>El índice incorpora tres elementos:</p> <p>Alcance (F1): porcentaje de parámetros que exceden la norma.</p> <p>Frecuencia (F2): porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma. Amplitud (F3): magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple</p>
3	UWQI (Europa)	$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$	<p>Promedio aritmético ponderado:</p> <p>Wi: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro</p> <p>Ii: subíndice de i-ésimo parámetro</p>

4	ISQA (España)	$ISQA = T (DQO + SS + OD + Cond)$	T: Temperatura DQO: Demanda Química de Oxígeno OD: Oxígeno Disuelto Cond: Conductividad SS: Sólidos suspendidos A partir de 2003 el ISQA se empezó a calcular reemplazando la DQO por el carbono orgánico total (COT en mg/l)
---	---------------	-----------------------------------	--

*Fuente.* (Torres et al., 2009)

Alarcón y Ñique (2016), Se observa que los ICA-NSF e ICA- Dinius desarrollados en Estados Unidos y aquellos adaptados para ríos de Latinoamérica emplean para su cálculo el producto ponderado, comúnmente conocido como ecuación de tipo multiplicativo.

La NSF sugiere el empleo de ecuaciones de tipo multiplicativo ya que son más sensibles que las ecuaciones de tipo aditivo o suma ponderada a valores extremos en los subíndices  $I_i$ , asociados generalmente con fuertes variaciones en la calidad del agua, evitando el fenómeno de eclipsamiento que se presenta cuando se calcula un valor satisfactorio, aunque el subíndice no lo sea. Algunos de los ICA más recientes proponen estructuras de cálculo orientadas a una evaluación más amplia de calidad del agua (variación en el tiempo y el espacio) como CCME-WQI y DWQI, en los cuales se evalúa para un periodo de tiempo determinado el número de parámetros que exceden un punto de referencia, el número de registros que superan este punto y la magnitud en que se supera esta referencia. Estos índices requieren información medida a lo largo de un periodo de tiempo, lo que puede ser favorable principalmente en fuentes con amplias variaciones de calidad en el tiempo.

El UWQI de Europa emplea para una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada que es menos sensible a variaciones extremas en la calidad del agua, condición que limita su uso en la evaluación de la calidad del agua

en fuentes superficiales sometidas a cambios súbitos y extremos en sus características físicas, químicas y microbiológicas.

El ISQA emplea el producto de la temperatura por la sumatoria de los valores obtenidos mediante ecuaciones que transforman las concentraciones de DQO, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y conductividad en un número adimensional, tal como lo hacen otros ICA.

El IAP es el producto resultante de dos índices (IQA e ISTO), y está conformado por diferentes funciones de agregación; el IQA, al ser una adaptación del ICA-NSF, emplea una ecuación basada en el promedio ponderado y en el caso del ISTO; la ecuación empleada es el producto de la ponderación de los dos subíndices mínimos más críticos del grupo de sustancias tóxicas (ST) por la ponderación obtenida a través de la media aritmética de los subíndices del grupo de sustancias organolépticas (SO).

Coello et al., (2013), Es importante considerar que de los ICA mostrados y teniendo en cuenta las características del río Cauca, el índice que se proponga o adapte debe en lo posible considerar la tendencia a cambios en las condiciones extremas de la fuente tal como lo propone la estructura de cálculo de los índices CCME - WQI y DWQI.

### **2.3. Bases conceptuales**

#### **Calidad del agua**

Castro et al., (2014), La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado. Según Guillén, Teck, Kohlmann y Yeomans, el Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor de este índice cercano al 100%.

El ICA se ha convertido en un instrumento fundamental para transmitir información sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades

competentes y al público en general. El ICA es un indicador compuesto que integra información de varios parámetros de calidad del agua y presenta diferentes metodologías según su autor. Este índice es una herramienta matemática para la calidad y puede ser utilizado para transformar grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una escala de medición única. Según Sharma y Chhipa, la calidad del agua se puede clasificar en excelente, buena, pobre, muy pobre y no apta en función del valor ICA.

Oana menciona que el tipo de calidad del agua se define en función de los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos. El establecimiento de la calidad antes del uso es crucial para diversos fines, tales como: agua potable, el agua utilizada en la agricultura, el agua utilizada para el ocio (pesca, natación) o agua que se utiliza en la industria.

Citando a (Kumar y Prakash, 1970) podemos apuntar que “el ICA es un número adimensional que combina múltiples factores de calidad del agua en un solo número por valores de la normalización a la subjetiva curva de gasto”.

Según Walsh y Wheeler, este indicador ha tenido un uso generalizado desde su creación y es empleado por varios Estados y países.

Si revisamos a Lumb, Halliwell y Sharma, vemos que los intentos de clasificar el agua de acuerdo con su grado de pureza se remontan a mediados del siglo XX con los estudios de Horton en la década del sesenta y Landwehr en la del setenta. Más adelante, Ott y Steinhart revisaron más de veinte índices de calidad del agua que fueron utilizados hasta finales de los setenta.

Desde 1965, cuando Horton, propuso el primer índice de calidad del agua, una gran cantidad de consideraciones se han dado al desarrollo de métodos de índice. Según Liou, Lo y Wang, los índices definen una curva de gasto único para cada variable, por el que sus valores se interpretan mediante un cuestionario, en términos de unidades de calidad conceptuales, o algún conjunto de normas. Varios tipos de métodos aritméticos que se han utilizado han incluido la agregación de datos de monitoreo de la calidad para producir un índice general de calidad.

A continuación, se presenta una descripción de los ICA más empleados a lo largo del tiempo.

### **Clasificación y uso de los índices**

Samboni et al., (2007), De acuerdo a Ball y Church (1980), los índices pueden clasificarse en diez categorías, orientadas de acuerdo a su uso dentro de cuatro grupos, así: Grupo I, se aplica a los tensores e incluye dos categorías: Indicadores en la fuente: reportan la calidad de agua generada por tensores en fuentes discretas. Indicadores en un punto diferente a la fuente: reportan la calidad del agua generada por fuentes difusas. Grupo II, miden la capacidad de estrés: Indicadores de medidas simples: incluyen muchos atributos y componentes individuales del agua, que pueden ser usados como indicadores de su calidad.

Indicadores basados en criterios o estándares: correlacionan las medidas de calidad del agua con los niveles estándar o normales que han sido determinados para la preservación y usos adecuados del agua. Los índices multiparámetros: se determinan por la opinión colectiva o individual de expertos.

Los índices multiparámetros empíricos: son establecidos por el uso de las propiedades estadísticas de las mediciones de calidad del agua.

Grupo III, indicadores para lagos: específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.

Grupo IV, tiene en cuenta las consecuencias: Indicadores de la vida acuática: basados en diferentes reacciones de tolerancia de la biota acuática a varios contaminantes y condiciones.

Indicadores del uso del agua: evalúan el agua respecto a usos como abastecimiento y agricultura.

Indicadores basados en la percepción: se determinan por la opinión público y los usos de los cuerpos de agua.

Según Ott (1978), los ICA e ICO son una herramienta que se tiene en la actualidad para disminuir e interpretar la información generada en el monitoreo de una fuente, y hace una clasificación de acuerdo a sus usos, así:

- Manejo del recurso, en este caso los índices pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- Clasificación de áreas, los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- Aplicación de normatividad, en situaciones específicas y de interés, es posible determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.
- Análisis de la tendencia, el análisis de los índices en un periodo de tiempo puede mostrar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- Información pública, los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- Investigación científica, tiene el propósito de simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

### **Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del Agua Superficial**

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico, T°, sólidos totales disueltos, conductividad, pH (Samboni et al., 2007).

#### **a) Temperatura**

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Este factor está relacionado al Oxígeno Disuelto. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales, a su vez

aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. Este parámetro también interviene en el diseño de la mayoría de procesos del tratamiento del agua (Minaya, 2017).

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente, pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste (Severiche et al, 2013).

#### **b) Sólidos totales disueltos**

Constituyen una medida de la parte de sólidos, en una muestra de agua, que pasa a través de un poro nominal de 2,00  $\mu\text{m}$  ó menos, en condiciones específicas. La concentración total de sustancias o minerales disueltos es un parámetro, útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua natural; de allí que los STD, se pueden determinar por filtración (básicamente o multiplicando por un valor constante de 0,55 del valor de la Conductividad) y evaporando una determinada cantidad de agua, a baja temperatura ( $\pm 105,00$  °C). Entonces, STD, es el residuo seco, que contiene materia orgánica e inorgánica (Sotil y Flores, 2016)

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (OPS/OMS, 2012)

Estos sólidos totales disueltos en suspensión la mayor parte son ocasionados por la erosión de los suelos y que son partículas muy pequeñas que no se pueden separar y que son identificados objetivamente estos sólidos totales favorecen también la proliferación de plancton en el agua y afectan la calidad del agua ocasionando una

reacción fisiológica desfavorable para el consumidor. (Aguilar y Navarro, 2018).

### c) pH

El pH del agua se mide a través de un potenciómetro el cual se identifica si el agua es acida cuando el pH es menor a 6.5 o neutra cuando el pH se encuentra en el valor 7 y básica cuando el pH del agua se encuentre sobre encima de los 8.5 de pH.

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el Número iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la Sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y Los valores de pH por encima de 7 indican 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<sup>+</sup>) excede el número de átomos del Oxhidrilo (OH<sup>-</sup>), la sustancia es ácida

La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto

Para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales. Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como o la neutralización ácido base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, depende del pH. El agua residual con concentración de ion hidrógeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrogeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. A una temperatura determinadas, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrogeno o pH.

El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. Para que la

desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH inferior a 8 en valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos.

Es recomendable la medición in situ, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos. Debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio, el método aplicado en in situ es método electrométrico. (Aguilar y Navarro, 2018)

#### **d) Turbidez**

La turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia. (OPS/OMS, 2012)

Puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones, la estética, la filtrabilidad y la desinfección. El límite máximo recomendado por la OMS para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), el cual tiene un alto índice de dispersión sobre todo en algunos de los países Centro y Sur Americanos. Por encima del límite recomendado por las guías de la OMS se encuentran 10 % de los países, conformado por Guatemala con 15 UNT y Republica dominicana con 10 UNT. Por debajo del límite de la OMS se encuentra el 15 % conformado por Argentina con 3 UNT y Brasil y Panamá con 1 UNT. Finalmente y acogiendo la recomendación de las guías de la OMS se encuentra el 75 % demostrando gran acogida de las respectivas normas nacionales, en la apariencia del agua que las diferentes legislaciones buscan proporcionar a los consumidores (R. L. E. Sotil y Flores, 2016)

La turbidez se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales; se mide en Unidades Nefelométricas de Turbiedad, NTU (Minaya, 2017).

La turbidez se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales; se mide en Unidades Nefelométricas de Turbiedad, NTU. (Zhen WU, 2009).

**e) Demanda bioquímica de oxígeno**

Indica la cantidad en miligramos de oxígeno disuelto que utilizan las bacterias para descomponer la materia orgánica presente en un litro de agua. Es una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica. (OPS/OMS, 2012)

La demanda biológica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), así como la relación existente entre ellos en la subcuenca se utilizaron para medir la cantidad de materia orgánica presente; basándose en la cantidad de oxígeno necesario para descomponer u oxidar los productos orgánicos en el agua. (Pavón y Rocha, 2015)

**f) Microorganismos coliformes**

Las bacterias de los coliformes son familias que se encuentran comúnmente en las descomposiciones de la vegetación, y en las heces de los animales, y del hombre la presencia de estas bacterias de coliformes en el agua es perjudicial para la salud de la población porque estas bacterias se encuentran en la capa superficial del agua y estas entran al sistema de distribución y contamina las conexiones

domiciliarias a consecuencia también de roturas de tuberías (Sawyer et al.,2000).entre tanto también existen factores que permiten el incremento de los microorganismos en el agua dentro del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano como es en su almacenamiento, distribución como el pH temperatura, oxígeno y turbiedad (Aguilar y Navarro, 2018).

**g) Coliformes Fecales**

Del mismo modo los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes llamados así por que soportan temperaturas elevadas hasta los 45°C que son un grupo de microorganismos muy reducidos indicadores también de la calidad de agua ya que estas bacterias son de origen fecal y el cual encontramos a la E.coli,klepsiella (Hernández, 2016).

La frecuencia alta de los resultados en los análisis bacteriológicos nos indica que hay una contaminación fecal en el agua, por lo que siempre es preferible realizar el monitoreo para los exámenes bacteriológicos de los sistemas de abastecimiento de agua potable así como de los cuerpos de agua de las que el hombre será suministrado para su consumo (F. Sotil Hugo Daniel, 2017).

## **2.4. Definición de términos**

- El agua: Como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre. La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.
- El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente

asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos.

- Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.
- Calidad del agua: La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. (Loayza & Cano, 2015)
- El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos. El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria (Minaya, 2017)
- Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua): Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente (ANA, 2016).
- Indicador de contaminación: Dícese de la presencia de agentes biológicos dentro de un cuerpo de agua (Sotil, 2017)
- Aguas subterráneas: Es el agua que representa una importante fracción de toda la masa de agua presente en los continentes, la cual se aloja en

los acuíferos bajo la superficie de la Tierra; los pozos son la principal forma de acceso a los depósitos de agua subterránea (Loayza y Cano, 2015).

- **Calidad:** Característica de un producto o servicio que le proporcionan aptitud para satisfacer las necesidades del cliente (OMS, 2003).
- **Análisis microbiológico:** Procedimientos que se siguen para inspeccionar y determinar la presencia, identificación, y cantidad de carga de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación que un cuerpo de agua puede presentar (F. Sotil Hugo Daniel, 2017).
- **Cloruros:** El ión cloruro  $\text{Cl}^-$ , forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión  $\text{Na}^+$  esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas (Terán, 2003).
- **Coliformes totales:** Bacterias, principalmente asociadas con los desechos humanos y animales, expresada en Unidades Formadoras de Colonia en 100 mL de muestra problema, (UFC/100 mL).
- **Proporcionan,** una medida de la contaminación del agua proveniente de las excretas de las personas y/o animales domésticos y silvestres. Este control es exclusivo para aguas de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como son bacterias colifórmicas que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que producen cólera (Sotil y Flores, 2016)
- **Coliformes fecales:** El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (Sotil, 2017)

- Conductividad: El agua por lo general posee una conductividad eléctrica baja. Esta es mayor y proporcional a las cantidades y características de los electrolitos presentes en el agua (iones en disolución). Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. La conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho (Minaya, 2017).
- Dureza Total: es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.
- La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente (Cava y Ramos, 2016)
- Nitratos: Es un contaminante común que se encuentra en el agua y que puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. El nitrato es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación (Minaya, 2017).
- Sólidos disueltos totales: Los TDS (total dissolved solids) son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión (Cava y Ramos, 2016).
- Sulfatos: Estos se encuentran en el agua natural en un amplio rango de concentraciones. Las aguas provenientes de minas o efluentes industriales frecuentemente contienen altas concentraciones de sulfato debido a la oxidación de la pirita y el uso del ácido sulfúrico. La presencia en exceso de sulfatos en el agua de suministro público obra como purgante, es decir, tiene efectos laxantes. Se tienen efectos

corrosivos en los materiales que regularmente se usan en la fabricación de tuberías y piezas de equipo (Cava y Ramos, 2016).

- Potencial de Hidrógeno (pH): El pH tiene una escala de medida de 0 a 14, representa la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida y desde 7 a 14 como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> disueltos. Las aguas contaminadas por descargas de aguas residuales suelen tener un pH muy ácido (Minaya, 2017).
- Límite máximo permisible: Es un valor establecido normalmente como combinación de concentración y tiempo, para agentes químicos y tóxicos ambientales por encima del cual la exposición es perjudicial y afecta la salud del hombre y del medio ambiente (Sotil, 2017).

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis general**

Los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no superan los ECAs.

### **2.5.2. Hipótesis específicas**

- Ha: La temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera 13 °C.
- Ha. El pH en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 7 pH.
- Ha: Los sólidos totales disueltos en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera 1000 mg/L.
- Ha: Demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 3 mg/L.
- Ha: La Turbidez en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 5 UNT.

- Ha: Los Coliformes fecales en las aguas del rio Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 20 NMP/100 ml.

## **2.6. Variables**

### **2.6.1. Variable en estudio**

#### **Parámetros físico químicos y microbiológicos**

- Temperatura
- pH
- Solidos totales disueltos
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Turbidez

#### **Parámetros Microbiológicos**

- Coliformes fecales

## 2.7. Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Operacionalización de variables estudiadas.*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Unidades
Parámetros físico químicos y microbiológicos del as aguas del rio ichu	Son parámetros característicos en aguas, que son características de los cuerpos de agua.	Medición en laboratorio a partir de un muestreo de calidad de agua conforme al protocolo de monitoreo.	Parámetros físicos	✚ Temperatura	- C
				✚ Solidos totales disueltos.	- mg/l.
				✚ pH.	- Unidad
				✚ Oxígeno disuelto.	- mg/l.
				✚ DBO <sub>5</sub>	- mg/l.
				✚ Turbidez	- NTU
	El agua contiene concentraciones efluente y todo el recorrido de puede modificar la concentración de los parámetros estudiados.	Se realizara el monitoreo a través de un multiparámetro en relación a los puntos de monitoreo.	Parámetro microbiológicos	✚ Coliformes fecales.	- NMP/100 ml.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Ámbito temporal y espacial

##### 3.1.1. Ámbito temporal

La toma de datos y el procesamiento del trabajo de investigación se realizaron en los meses de noviembre del 2019 al mes de abril del 2020.

**Tabla 6**

*Cronograma total de duración de la tesis*

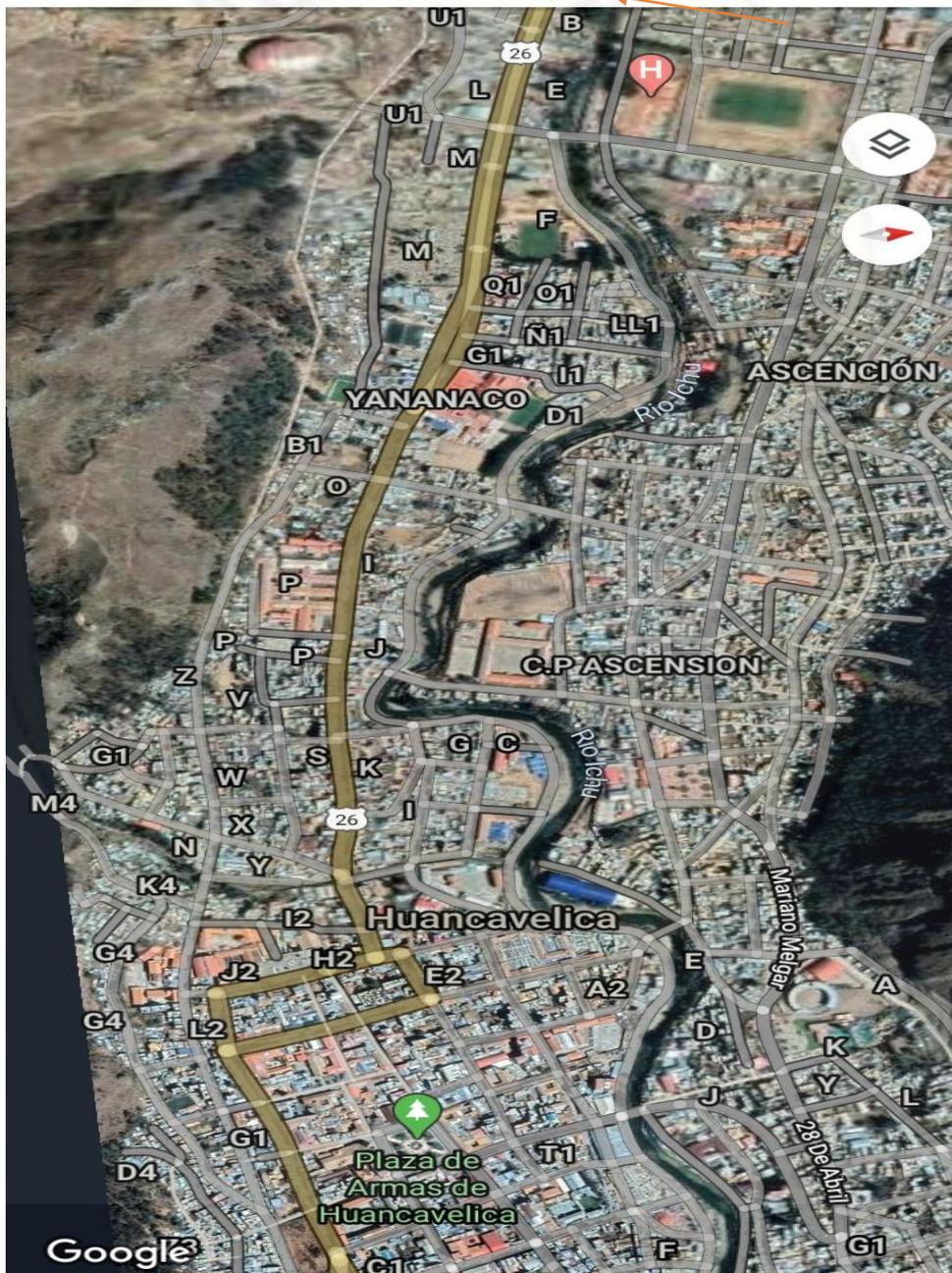
Actividades para la Realización del Trabajo de Investigación.	Año 2019												Año 2020											
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación del proyecto ante las autoridades de las instituciones.	x	x	x	x	x				x															
Aprobación del proyecto ante las autoridades de las instituciones.					x	x	x	x																
Monitoreo en puntos considerables									x	x	x	x	x	x	x	x								
Recolección de datos.									x	x	x	x	x	x	x	x								
Procesamiento de datos									x	x	x	x	x	x	x	x								
Análisis e interpretación de datos obtenidos									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Elaboración de informe final																					x	x	x	x

### 3.1.2. Ámbito espacial

El espacio del trabajo de investigación se ubicó en la zona urbana, vertiente del río ichu del Distrito de Huancavelica.

**Figura 1**

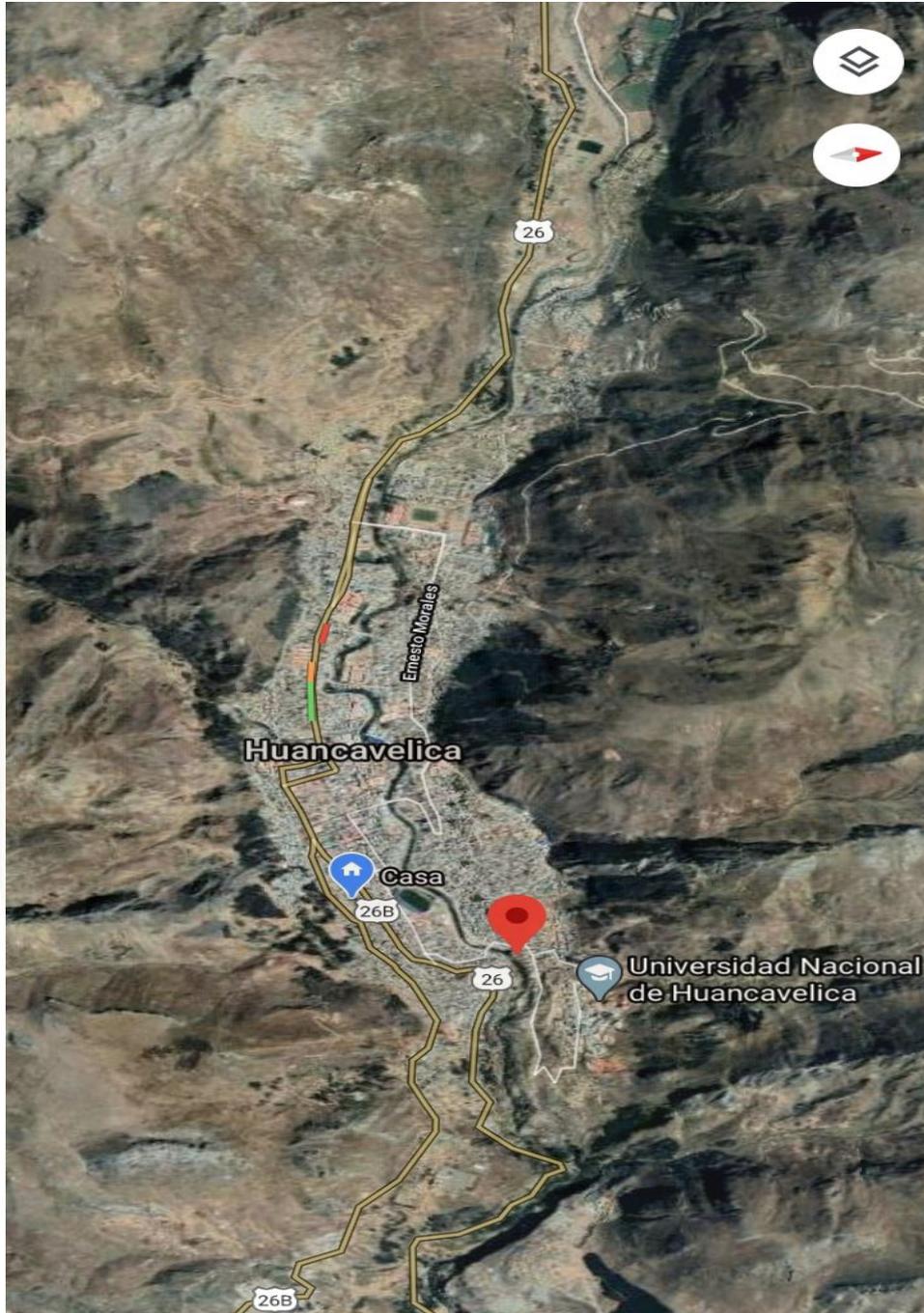
*Vertiente del río ichu*



Fuente: Hearth. (2018).

## Figura 2

*Vertiente de los puntos en el rio ichu*



Fuente: Hearth. (2018).

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación según el objetivo, es aplicada, se le denomina también activa o dinámica, y se encuentra íntimamente ligada a la básica o pura, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías (Tamayo, 2003).

### **3.3. Nivel de investigación**

En relación a la naturaleza del estudio de la investigación, presenta características de un estudio descriptivo, que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente (Tamayo, 2003).

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas, es decir, La manipulación de variables en la investigación descriptiva no hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos, (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

### **3.3.1. Método de investigación**

El método científico es un proceso sistemático para construir la ciencia y desarrollar el conocimiento científico que incluye dos actividades básicas: el razonamiento lógico (racionalismo) para deducir consecuencias contrastables de una teoría en la realidad, y la observación de los hechos empíricos (el empirismo) para corroborar o modificar lo predicho por la teoría. En este proceso el investigador necesita ir de los datos a la teoría y de la teoría a los datos. A veces se inicia con la observación de una situación problemática a partir de la cual se infieren posibles explicaciones y leyes que hay que confirmar en la realidad.

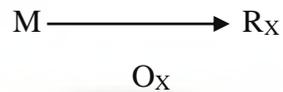
Con este fin se deducen una serie de respuesta al problema planteado, formuladas en términos de hipótesis operativas y contrastables. La inferencia inductiva resultante a la verificación de estas consecuencias formará parte del área de influencia de las explicaciones y teorías iniciales y permitirá aportar nuevos datos que ampliarán y complementarán sus estructuras y conceptos (Bisquerra, 2009).

### **3.3.2. Diseño de la investigación**

La investigación se encuentra incluida dentro del diseño no experimental de tipo transversal – Descriptivo. La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador (Hernández *et al.*, 2014).

Los diseños transversales realizan observaciones en un momento o tiempo único. Cuando recolectan datos sobre una nueva área sin ideas prefijadas; cuando recolectan datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos, comunidades o fenómenos, e informan lo que arrojan esos datos son descriptivos (Hernández *et al.*, 2014).

El presente diagrama a plantear es el siguiente:



Donde:

M: Muestra representativa de agua

R<sub>x</sub>: Respuesta

O<sub>x</sub>: Observaciones de contaminantes físicos y microbiológicos.

### **3.4. Población, muestra y muestreo**

#### **3.4.1. Población**

La población en estudio estuvo representada por la parte urbana considerado la vertiente del río Ichu, siendo su nacimiento en el la boca toma de EMAPA y el punto final en el puente Santa Rosa.

#### **3.4.2. Muestra**

Se obtuvo 6 puntos de muestreo ubicados en la parte urbana de la vertiente del río Ichu a nivel urbano en 6 zonas del río correspondientes a los distritos de Huancavelica y Ascensión, desde Chuñuranra (boca toma de EMAPA) hasta la altura del puente de Santa Rosa. Los puntos de monitoreo se consideraron de acuerdo a los criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

#### **3.4.3. Muestreo**

La tesis aplicó la técnica de muestreo no probabilístico con el tipo de muestreo por conveniencia, por qué las elecciones de las muestras no dependen de fórmulas de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos

del investigador, porque están convenientemente disponibles para el investigador (Hernández *et al.*, 2014).

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Instrumentos de recolección de datos.

✚ Multiparámetro modelo Orion 4star, para análisis de pH.

**Figura 3**

*Ph-metro*



✚ Equipos de análisis de DBO<sub>5</sub>.

- Incluye incubadora de 25 °C
- Magnetos, nitrificante y botellas de 1 litro color ámbar sensor de CO<sub>2</sub>.

**Figura 4**

*Estufa simple para estilización de los materiales*



- ✚ Estufa of-300
- Calor seco
- Temperatura máxima de 160 °C

**Figura 5**

*Estufa para esterilizar los materiales*



- ✚ Equipo de baño maría (ultrasonido)
- Temperatura regulable
- Sensor térmico

**Figura 6**

*Baño maría*



- ✚ Balanza analítica de
- 220 g como máximo
- Resolución 0.1 mg

**Figura 7**

*Balanza analítica*



**3.5.1.1. Instrumentos de recolección de datos en campo**

En la siguiente investigación se utilizó materiales para la colección de la muestra como frascos de muestras de plástico, cooler, guardapolvo y guantes de polipropileno. Estos materiales fueron necesarios para la colección de la muestra en campo.

### **3.5.2. Técnicas de recolección de datos**

La toma de datos se realizó en los meses de noviembre y diciembre; como primer monitoreo se realizó del 04 al 09 de noviembre del 2019, segundo monitoreo del 23 al 28 de noviembre del 2019 y como tercer monitoreo del 13 al 18 de diciembre del 2019. Cada 20 días de frecuencia el cual nos permitió tener mayor fiabilidad de los resultados obtenidos.

La técnica que se utilizó para la recolección de datos en esta investigación fue la técnica de observación, donde mediante la observación se hizo un diagnóstico situacional de los parámetros físicos, y parámetros microbiológicos en los lugares y puntos de muestreo, donde la técnica de muestreo para cada parámetro fue la muestras simples o puntuales determinando 6 puntos de monitoreo en la vertiente del rio Ichu.

### **3.5.3. Identificación y reconocimiento de la zona de estudio**

Se identificó y selecciono 3 monitoreos a lo largo del rio Ichu aledaño a la zona urbana en 6 puntos de monitoreo (P-1 al P- 6).

En el punto 1 se ubicó en la captación de EMAPA.

El punto 2 se ubicó en el camal municipal (Chuñuranra).

En el punto 3 se ubicó en inmediaciones del Instituto Superior Tecnológico Huancavelica.

El punto 4 se ubicó en el puente del colegio la victoria de Ayacucho (Ascensión).

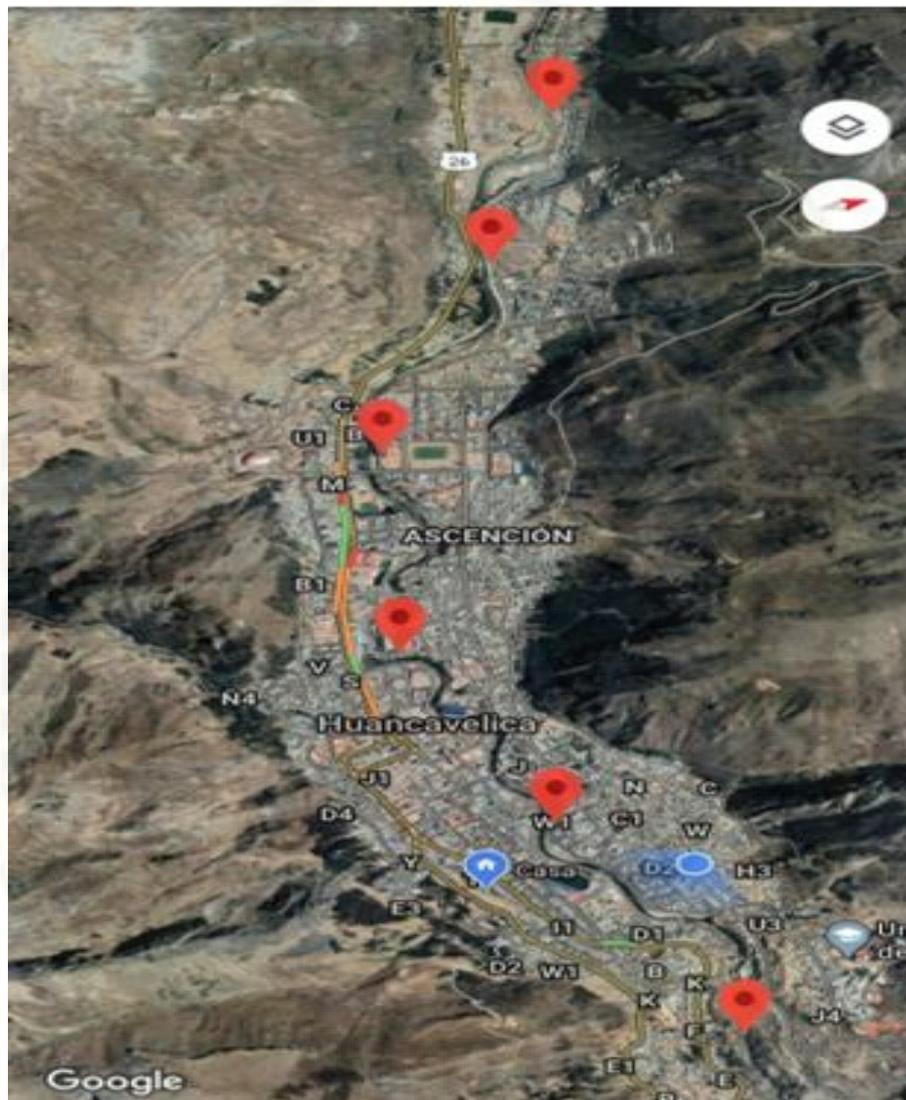
El punto 5 se ubicó en el puente del ejército San Cristóbal.

El punto 6 se ubicó en el puente santa rosa.

Se realizó la descripción y geo referenciación de la zona de estudio.

### Figura 8

*Identificación de los puntos de monitoreo*



#### 3.5.4. Determinación de puntos de muestreo para evaluación de la calidad del agua

Se realizó 6 puntos de recolección de muestras de agua del río Ichu obtenidos en el área urbana, con tres repeticiones, con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido. Los puntos fueron geo referenciados con el uso de GPS.

**Tabla 7***Determinación de los puntos de monitoreo para la recolección de muestras.*

Puntos de monitoreo	Coordenadas	Referencia Geográfica
PM-1	Latitud: 12°47'10.33"s Longitud: 75° 2'52.31"	Captación EMAPA
PM-2	Latitud: 12°45'21.61"s Longitud: 75° 1'41.09"	Altura camal municipal (Chuñuranra)
PM-3	Latitud: 12°56'47.53"s Longitud: 74°49'38.49"	Instituto Superior Tecnológico Huancavelica (Pucarumi)
PM-4	Latitud: 12°57'13.03"s Longitud: 74°28'46.48"	Punto puente del colegio nacional la Victoria de Ayacucho (Ascensión)
PM-5	Latitud: 12°36'54.11"s Longitud: 74°27'52.48"	Punto puente del ejercito de Huancavelica (San Cristóbal)
PM-6	Latitud: 12°17'3.56"s Longitud: 74°16'25.67"	Punto puente de Santa Rosa.

Fuente: *Elaboración propia.***3.5.5. Proceso de toma de muestra**

- Se identificó los 6 puntos de monitoreo a lo largo de la vertiente del río ichu adyacente al área urbana del río ichu.
- El muestreo realizado se tomó de los 6 puntos de monitoreo.
- Punto de referencia captación EMAPA identificado como PM-1

**Figura 9**

*Ubicación del punto de monitoreo 1*



- Punto altura camal municipal (Chuñuranra) identificado como PM-2

**Figura 10**

*Ubicación del punto de monitoreo 2*



- Punto Instituto Superior Tecnológico Huancavelica (Pucarumi) PM-3

### **Figura 11**

*Ubicación del punto de monitoreo 3*



- Punto puente del colegio nacional la Victoria de Ayacucho (Ascensión) identificado como PM-4

### **Figura 12**

*Ubicación del punto de monitoreo 4*



- Punto puente del ejército de Huancavelica (San Cristóbal) identificado como PM-5

### **Figura 13**

*Ubicación del punto de monitoreo 5*



- Punto puente santa rosa identificado como PM-6

### **Figura 14**

*Ubicación del punto de monitoreo 6*



- La toma de los 3 monitoreos se realizó en el mes de enero del presente año:
- Primer monitoreo se realizó el 4 al 9 de noviembre entre las 7:00 a 11:00 am en los puntos ya mencionados.

- Segundo monitoreo se realizó el 23 al 28 de noviembre en el turno de las mañanas entre las 7:00 a 11:00 am esto corresponde a los puntos (P-1 a P-6)
- Tercer monitoreo se realizó en 13 al 18 del mes de diciembre el monitoreo se desarrolló en las mañanas entre las 7:00 a 11:00 am esto corresponde a los puntos (P-1 a P-6)

**Figura 15**

*Ubicación del rio Ichu*



### 3.5.6. Toma de muestras de agua

- Se utilizó la indumentaria de protección personal para realizar el muestreo, el cual está constituido por una bata, guantes quirúrgicos y mascarilla.
- Se preparó 6 envases de polietileno de 1 litro esterilizado.
- Con un rotulo que permitió la identificación de las muestras.
- Y se anotó en el registro de datos.
- Nos ubicamos en el centro de la corriente de agua de la boca toma del rio Ichu el cual se determinó punto 1 (P-1).
- Se enjuagó 3 veces el envase con el agua del efluente y se introdujo a 20 cm de profundidad de la fuente para posteriormente tomar 1 litro de muestra. Este procedimiento fue repetido con cada uno de los envases.

**Figura 16**

*Toma de muestra del PM – 1 a PM - 6*



### 3.5.7. Procedimiento de recolección de las muestras

#### a) Conservación y transporte de las muestras de agua

- Se adiciono 1 ml de HNO<sub>3</sub> al 50% (1:1), para estandarizar y preservar las muestras. Dicha solución fue preparada en laboratorio y añadida en cada envase.

Preparación HNO<sub>3</sub> al 50% (1:1) para 6 botellas

HNO<sub>3</sub> al 50% (1: 1) = 5 ml (HNO<sub>3</sub>) + 5 ml (Agua Ultra pura)  
HNO<sub>3</sub>AL 50% (1: 1) = 6ml

- Las botellas fueron trasladadas en un cooler de capacidad de 10 litros para la preservación de la solución y las muestras.

### 3.5.8. Medición de parámetros físico químicos

Se evaluó los parámetros fisicoquímicos de los puntos determinados en el estudio (P-1 a P-6) que consistió en una muestra representativa para realizar todos los análisis que se requiere y se usaron en directo los equipos disponibles.

- Termómetro ambiental
- Multiparametro portátil Thermo, modelo Orion 4star
- Turbidimetro PR-75C.
- DB 600

#### a) Determinación de la temperatura

La medición *in situ* de la temperatura en los puntos de monitoreó se realizó del (P-1 al P-6) determinadas con el Termómetro digital AMARELL (-10 a +50 °C)

Anotados en el registro de campo se registró la segunda lectura para impedir cualquier alteración de los datos.

## Figura 17

*Proceso para determinar la temperatura*



### **b) Determinación del pH**

La medición del pH se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4star (rango de 0 a 14).

Se tuvo mucho cuidado de registrar este parámetro por encontrarse variación de pH, por lo cual la toma se realizó en los envases de polietileno.

Para los análisis de PH se trabajó con un (rango de 0 a 14).

### Figura 18

*Proceso para determinar el pH*



#### c) **Determinación de los sólidos totales disueltos**

La medición del STD se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4 star.

Se utilizó la indumentaria adecuada para realizar la toma de las lecturas.

### Figura 19

*Proceso de muestreo del agua de rico Ichu*



#### **d) Determinación de la DBO<sub>5</sub>**

Se utilizó el axiometro DB 600, para medir tanto el OD inicial (OD) de las muestras y posteriormente a una incubación a temperatura ambiente (20-26 °C) por cinco días se midió el OD final (Orfo) para obtener el DBO<sub>5</sub> expresado en mg/L:

Se trabajó en 6 botellas de color ámbar de capacidad de 1 litro

Se utilizó distintas capacidades de volumen de muestra de agua del rio ichu.

Se utilizó nitrificante 3 gotas por cada frasco ámbar

Se utilizó 6 magnetos pequeños

Se utilizó 6 capuchones

La fórmula utilizada es:  $DBO_5 = (OD \text{ inicial} - OD \text{ final})$

#### **e) Turbidez**

Se utilizó un Turbidímetro PR-75C es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez in situ. El rango de medición del turbidímetro es de 0 a 1000 NTU está seccionado en dos rangos automáticos para aumentar la precisión.

### **3.5.9. Medición de los parámetros microbiológicos**

Los parámetros microbiológicos como coliformes fecales se utilizaron la técnica de tubos de fermentación múltiple.

#### **a) Parámetros microbiológicos**

Para determinar los Coliformes fecales (Coliformes termotolerantes), se utilizó la técnica del Número Más Probable (NMP) con serie de 9 tubos, según el método 9221 de la APHA (2005).

## **Figura 20**

*Proceso de análisis en laboratorio de los 6 puntos de muestreo*



### **3.6. Técnicas y procesamiento de análisis de datos**

#### **3.6.1. Técnica de análisis de datos**

La presente investigación contiene la evaluación de los puntos de monitoreo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en relación a los parámetros físicos y microbiológicos.

Se empleó la estadística descriptiva de los datos, de los parámetros físicos y microbiológicos del agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos. Se midieron medidas de tendencia central, dispersión y asimetría.

#### **3.6.2. Procesamiento de datos**

El procesamiento y análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4 donde se realizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro Wilk.

Se utilizó la Prueba de t-student cuyo objeto es determinó la existencia de la hipótesis nula o la hipótesis de investigación, con una confiabilidad de 95%. y el programa Microsoft Office Excel 2017.

Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk el cual es una prueba de normalidad de datos donde se ve la distribución normal, para cada uno de los parámetros físicos y microbiológicos.



## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de información**

Se presenta los resultados para los objetivos específicos en términos del contenido del agua del río Ichu de los parámetros físicos: temperatura (T), Potencial de hidrogeno (pH), sólidos totales disueltos (STD) y turbidez (NPU) parámetros microbiológicos: Coliformes fecales (CF) comparados con los ECAS. El proceso de obtención de datos constituyó de 3 monitoreos cada 20 días, en 6 puntos de monitoreo ubicados en las zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

Los parámetros se determinaron en época de lluvia entre los meses de noviembre y diciembre en los cuales se empezó a realizar la identificación de los puntos de monitoreo con un GPS Garmin con la identificación de los puntos UTM.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.

La toma de datos contempla parámetros físicos y microbiológicos evaluados en los 6 puntos de monitoreo.

##### **4.1.1. Análisis de la temperatura (C°), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6).**

**Tabla 8***Análisis de la temperatura en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
Temperatura (C°)	P-1	13.0	13.0	13.1
	P-2	13.2	13.2	13.0
	P-3	13.1	13.4	13.4
	P-4	13.4	13.5	13.4
	P-5	13.4	13.5	13.5
	P-6	13.5	13.5	13.4
Promedio		13.3	13.4	13.3

En la tabla 8 se muestra los resultados del análisis de la temperatura (C°), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 a P-6). Los análisis se realizaron con 6 puntos de monitoreo en 3 monitoreos.

Se obtuvo una media en el primer monitoreo de 13.2 °C del agua del río Ichu en los 6 puntos de monitoreo no se observa mucha variación.

Se obtuvo en el segundo monitoreo una media de 13.2 °C y tercer monitoreo de 13.3 °C, se reporta una variación de la temperatura del agua en función a cada punto del río Ichu: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, y P-6.

Existe un ligero incremento de la temperatura a medida que llegamos del P-1 al P-6 esto se debe a factores de saturación del oxígeno disuelto (OD) los cuales influyen de manera que incrementa la temperatura valores que reflejan en los 6 puntos de monitoreo.

#### **4.1.2. Análisis del pH, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).**

**Tabla 9***Análisis de la pH en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
Ph (unidad de pH)	P-1	7.4	7.5	7.4
	P-2	7.6	7.5	7.4
	P-3	7.5	7.6	7.4
	P-4	7.5	7.5	7.3
	P-5	7.3	7.4	7.3
	P-6	7.4	7.5	7.4
Promedio		7.5	7.5	7.4

Se puede observar en la tabla 9 la variación del pH, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6) en el primer punto de monitoreo P-1 tiene un promedio de 7.5 y como la concentración aumenta al valor de P-2 con un valor de 7.6, este aumento ocurre debido a que el agua pasa por mayor contaminación de la población urbana.

Se observa también que existe variación de los monitoreos del pH en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de pH del agua P-1, P-2, P-3, P-4, P-5 y P-6 tienen una ligera subida.

#### **4.1.3. Análisis de los sólidos totales disueltos (STD), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).**

**Tabla 10***Análisis de los sólidos totales disueltos en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
	P-1	39.5	39.4	39.6

Sólidos totales disueltos (mg/L)	P-2	40.0	39.8	40.7
	P-3	40.1	40.6	40.9
	P-4	41.7	41.6	41.7
	P-5	42.6	41.9	41.5
	P-6	42.0	42.8	42.0
	Promedio	41.0	41.0	41.1

En la tabla 10 se muestra Análisis de los sólidos totales disueltos (STD), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6) los datos muestran que en el primer monitoreo se obtuvo una media de (41.0 mg/L). Una media similar en el segundo con (41.0 mg/L) y en la tercera muestra se observa un ligero aumento del parámetro analizado con (41.1 mg/L)

La diferencia se debe a que aguas abajo existe mayor actividad por parte de la población que proviene de actividades generadas por la actividad económica y el mal desecho de las aguas residuales.

La concentración de los sólidos totales del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de oxígeno disuelto presenta un aumento de los valores a medida que aumentan los puntos de monitoreo debido a mayor cantidad de sólidos presentes en el agua.

#### 4.1.4. Análisis de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P1-P-6).

**Tabla 11**

*Análisis de la Demanda bioquímica de oxígeno en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
	P-1	15.6	15.6	18.2

Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L)	P-2	16.7	18.7	18.7
	P-3	17.9	18.9	18.9
	P-4	22.5	21.8	23.1
	P-5	24.7	22.2	23.1
	P-6	24.5	23.5	24.3
	Promedio	20.3	20.1	24.3

En la tabla 11 se muestra los datos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6) se observa que en el primer monitoreo una media de (20.3 mg/L) y en el segundo monitoreo una media de (20.1 mg/L) y en el tercer monitoreo una media de (24.3 mg/L).

Se observa la variación del DBO<sub>5</sub> del agua en función de los puntos de estudio, el orden de los valores de DBO<sub>5</sub> en forma ascendente esto debido a una mayor carga orgánica y de la concentración de microorganismos presentes en el agua esto esta correlacionado con el pH.

#### 4.1.5. Análisis de la Turbidez, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).

**Tabla 12**

*Análisis de la turbidez en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
Turbidez (NTU)	P-1	2.5	3.4	3.6
	P-2	3.6	4.6	4.6
	P-3	5.1	5.3	6.4
	P-4	5.4	6.4	6.3
	P-5	6.6	6.1	6.2
	P-6	6.8	6.2	6.4

Promedio	5.0	5.3	5.6
----------	-----	-----	-----

En la tabla 12 se muestra los resultados de la Turbidez, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).

Se observó una media del primer monitoreo con (5.0 NTU) y en el segundo monitoreo se observó (5.3 NTU) y el tercer monitoreo presenta una turbidez media de (5.6 NTU).

Se realizaron 6 puntos de monitoreo.

Se reporta la variación de la turbidez del agua en función de los 6 puntos de estudio a lo largo del área urbana de río Ichu, el orden de los valores de turbidez ascendente debido a factores propios y actividades urbanas presentes, esto conlleva a una mayor carga de partículas y a un ascenso de la carga de NTU del P-1 al P-6.

#### 4.1.6. Análisis de la concentración de Coliformes fecales, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).

**Tabla 13**

*Análisis de Coliformes fecales en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)*

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos		
		M-1	M-2	M-3
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	P-1	950.0	980.0	850.0
	P-2	1000.0	1100.0	1150.0
	P-3	1340.0	1277.0	1309.0
	P-4	2190.0	1856.0	2030.0
	P-5	2245.0	2167.0	2105.0
	P-6	2245.0	2122.0	2210.0
Promedio		1661.7	1583.7	1609.0

En la tabla 13 se observan los resultados de los parámetros microbiológico, donde los valores en los puntos de muestreo, en relación a los coliformes fecales van de forma ascendente, PM-1(1500 NMP/100ml), PM-2 (1852 NMP/100ml), PM-3 (2200 NMP/100ml), PM-4 (2267 NMP/100ml), PM-5 (2270 NMP/100ml) y PM-6 (2273 NMP/100ml).

## 4.2. Principios de la investigación y prueba de hipótesis

### 4.2.1. Principios de la investigación

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ( $n < 50$ ).

#### a) Test de normalidad

- ✚ Test de normalidad de los parámetros físicos y microbiológicos.

**Tabla 14**

*Test de normalidad para la temperatura*

Test para normalidad			
Test	Estadístico	p valor	
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.8506	Pr < W	0.0789

**Tabla 15**

*Test de normalidad para pH*

Test para normalidad			
Test	Estadístico	p valor	
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.8838	Pr < W	0.0713

**Tabla 16**

*Test de normalidad para solidos totales disueltos*

Test para normalidad			
----------------------	--	--	--

Test	Estadístico	p valor
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.9802	Pr < W 0.9607

**Tabla 17**

*Test de normalidad para Demanda Bioquímica de oxígeno*

Test para normalidad		
Test	Estadístico	p valor
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.9454	Pr < W 0.2780

**Tabla 18**

*Test de normalidad para turbidez*

Test para normalidad		
Test	Estadístico	p valor
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.9454	Pr < W 0.0647

**Tabla 19**

*Test de normalidad para Coliformes fecales*

Test para normalidad		
Test	Estadístico	p valor
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0.8877	Pr < W 0.9204

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de **Shapiro Wilk**, porque el número de datos son menores a 50 datos, resultando para los parámetros físicos y microbiológicos presenta una distribución normal (Campana de Gauss Asimétrica) muestran un comportamiento normal. Debido a que el nivel de significancia es 0.05 y el valor de p-valor es mayor.

#### 4.2.2. Prueba de hipótesis

Como señala Hernández *et al.* (2014), La contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo “ $\alpha$ ”.
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “ $n$ ”.
6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

##### 1. Formulación de la hipótesis nula y alterna

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro temperatura.**

Ho: La temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera 13 °C

$$H_0: \mu > 13 \text{ °C}$$

Ha: La temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera 13 °C

$$H_a: \mu \leq 13 \text{ °C}$$

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro pH**

Ho: El pH en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera 7 de Ph

$$H_0: \mu > 7$$

Ha. El pH en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 7 de Ph

$$H_a: \mu \leq 7$$

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro sólidos totales en suspensión**

Ho: Los sólidos totales disueltos en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera el 1000 mg/L

$$H_o: \mu < 1000 \text{ mg/L}$$

Ha: Los sólidos totales disueltos en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica superan el 1000 mg/L.

$$H_a: \mu > 1000 \text{ mg/L}$$

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro demanda bioquímica de oxígeno**

Ho: Demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no superan 3 mg/L

$$H_o: \mu \leq 3 \text{ mg/L}$$

Ha: Demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 3 mg/L

$$H_a: \mu > 3 \text{ mg/L}$$

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro turbidez**

Ho: La Turbidez en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera 5 UNT

$$H_o: \mu \leq 5 \text{ UNT}$$

Ha: La Turbidez en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera 5 UNT

$$H_a: \mu > 5 \text{ UNT}$$

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro Coliformes fecales**

Ho: Los Coliformes fecales en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera el 20 NMP/100 ml

$$Ho: \mu \leq 20 \text{ NMP/100 ml}$$

Ha: Los Coliformes fecales en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 20NMP/100ml

$$Ha: \mu > 20 \text{ NMP/100 ml}$$

## **2. Nivel de significación**

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir:  $\alpha = 0.05$ , por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con  $1 - \alpha = 0.95$ .

## **3. Estadístico de prueba**

El estadístico de prueba utilizado fue el “T de Student” debido a que los datos analizados son menores a 30 datos, por cada parámetro para analizar el comportamiento de los datos (Sampieri, 2010).

## **4. Valor crítico y regla de decisión**

A partir de la hipótesis planteada la  $H_a (>)$ , indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando  $H_a (<)$ , indica que tendrá una cola hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error  $\alpha = 0.05$  en la tabla de T de Student tenemos los valores críticos de T de tabla y  $\alpha$  error.

$$T_{\text{tabla}} = 1/18 = 1.7396$$

$G_l = 18 - 1$ ; porque se tiene 9 puntos por 3 monitoreos.

$T_{\text{cal}} < =$  que el valor T de la tabla se acepta la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} > =$  que el valor T de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

## **5. Cálculo de los estadígrafos de prueba**

### **a) T de Student para el parámetro temperatura.**

**Tabla 20***Prueba de T de Student para el parámetro temperatura*

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	13.31
Valor hipotético ( $\mu$ )	15.0
Muestra (n)	18.0
Desviación estándar (S)	0.192
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	-37.36

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

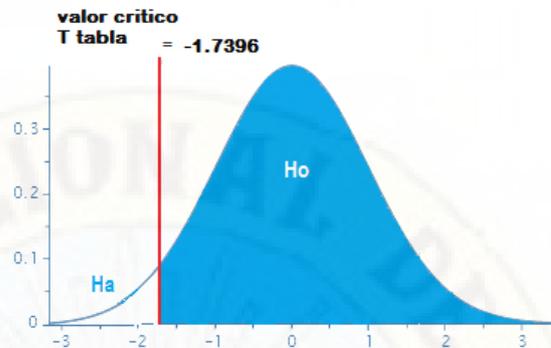
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

**Figura 21**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -37.36

Con T de tabla = 1.7396

**b) T de Student para el parámetro pH.**

**Tabla 21**

*Prueba de T de Student para el parámetro pH*

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	7.44
Valor hipotético ( $\mu$ )	6.5
Muestra (n)	18
Desviación estándar (S)	0.0916
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>43.47</b>

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

$t = t$  de Student calculado

$x =$  Media

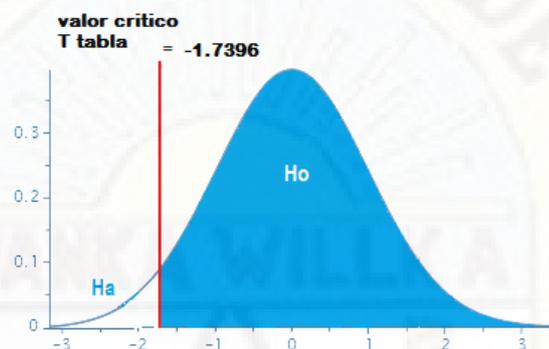
$\mu =$  Valor hipotético

$S =$  Desviación estándar

$n =$  Muestra

**Figura 22**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 43.47

Con T de tabla = 1.7396

**c) T de Student para el parámetro solidos totales disueltos.**

**Tabla 22**

*Prueba de T de Student para el parámetro solidos totales disueltos.*

Nivel de significancia	0.05
(NS)	
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	41.02
Valor hipotético ( $\mu$ )	1000
Muestra (n)	18
Desviación estándar (S)	1.0973
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	-
	<b>3707.65</b>

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

$t$  = t de Student calculado

$x$  = Media

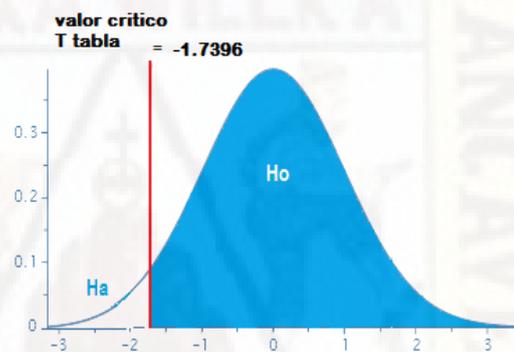
$\mu$  = Valor hipotético

$S$  = Desviación estándar

$n$  = Muestra

**Figura 23**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -3707.65

Con T de tabla = 1.7396.

**d) T de Student para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno.**

**Tabla 23**

*Prueba de T de Student para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno*

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95

Media (x)	20.49
Valor hipotético ( $\mu$ )	3
Muestra (n)	18
Desviación estándar (S)	3.118
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>23.80</b>

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

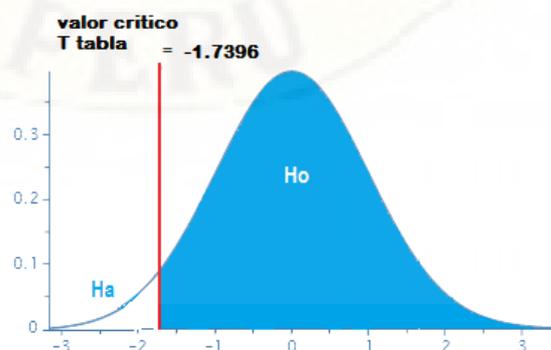
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

**Figura 24**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 2.30

Con T de tabla = 1.7033

e) **T de Student para el parámetro turbidez.**

**Tabla 24**

*Prueba de T de Student para el parámetro turbidez*

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	5.31
Valor hipotético ( $\mu$ )	5
Muestra (n)	18
Desviación estándar (S)	1.308
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>3.45</b>

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

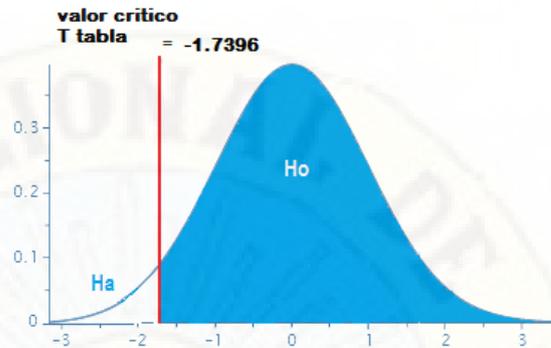
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

**Figura 25**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 3.45

Con T de tabla = 1.7396

**f) T de Student para el parámetro Coliformes fecales.**

**Tabla 25**

*Prueba de T de Student para el parámetro Coliformes fecales*

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	1618.11
Valor hipotético ( $\mu$ )	20
Muestra (n)	18
Desviación estándar (S)	546.87
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>12.40</b>

Reemplazando los datos en la siguiente formula de la prueba de T de Student se obtiene:

$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

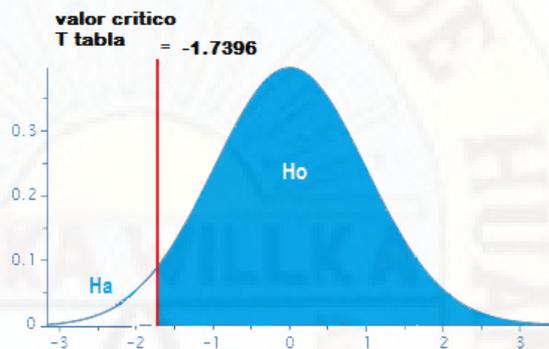
$\mu$  = Valor hipotético

$S$  = Desviación estándar

$n$  = Muestra

**Figura 26**

*Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo.*



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 12.40

Con T de tabla = 1.7396

## 6. Decisión estadística

### a) Decisión estadística del parámetro temperatura

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $-37.36 >$  que el valor de T de la tabla 1.7396, lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: La temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera  $13\text{ }^\circ\text{C}$ .

### b) Decisión estadística del parámetro pH

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $43.47 >$  que el valor de T de la tabla 1.7396, lo que indica

que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: El pH en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera los 7 de Ph.

**c) Decisión estadística del parámetro sólidos totales disueltos**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $-3707.65 >$  que el valor de T de la tabla  $-1.7396$ , lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: Los sólidos totales disueltos en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no supera el 1000 mg/L.

**d) Decisión estadística del parámetro demanda bioquímica de oxígeno**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $23.80 >$  que el valor de T de la tabla  $-1.7396$ , lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: Demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 3 mg/L DBO.

**e) Decisión estadística del parámetro turbidez**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $3.45 >$  que el valor de T de la tabla  $-1.7396$ , lo que indica

que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: La Turbidez en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 5 NTU.

**f) Decisión estadística del parámetro Coliformes fecales**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado para proporciones es  $12.40 >$  que el valor de T de la tabla  $-1.7396$ , lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$ , entonces la hipótesis nula ( $H_0$ ) se rechaza, y concluimos que: Los Coliformes fecales en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica supera el 20 NMP/100 ml.

### **4.3. Discusión de resultados**

#### **4.3.1. Temperatura**

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitió determinar la temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica donde se pudo observar que una temperatura media para el primer monitoreo de  $13.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el segundo monitoreo tuvo una media de  $13.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  y como tercer monitoreo de observo una media de  $13.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se menciona a (Rubio et al., 2014) “Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México”  $11.6$  a  $25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  se colecto de la presa La Boquilla en Chihuahua, México. Seis puntos de muestreo fueron seleccionados aleatoriamente se colectaron mensualmente, a cuatro profundidades:  $0.30\text{ m}$ ,  $5.0\text{ m}$ ,  $10.0\text{ m}$  y  $15.0\text{ m}$ . Se concluye que el agua de la presa La Boquilla se puede considerar adecuada para la producción agrícola, uso pecuario y producción piscícola. Superior a resultado obtenido.

#### **4.3.2. pH**

Dentro de este parámetro se pudo observar que el pH a medida que avanzan los puntos de monitoreo (M1 – 7.5) monitoreo 2 (M2-7.5) y tercer monitoreo (M3 - 7.4) unidad de potencial de hidrogeno.

Se observa que en este parámetro existe 6 puntos de monitoreo a lo largo del área urbana del río Ichu.

(Loayza & Cano, 2015) realizo una trabajo sobre el “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” donde se pudo observar que el potencial de hidrógeno que obtuvieron 8,5 a 7,93 dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca. Superior a nuestros resultados reportados en el presente trabajo.

También se menciona a (Rubio et al., 2014) donde analizaron el “Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México” donde se obtuvo un valor de pH de 7.6 a 9.1 superior a los establecido en la norma, comparado con nuestro resultado se observa que superan los ECAS esto debido a una mayor carga orgánica en las aguas.

#### **4.3.3. Sólidos totales disueltos**

En relación a este parámetro se observó que existe una mayor influencia de los resultados con un comportamiento ascendente en relación a los puntos realizados.

Se observó que a medida que se realizó los monitoreos del P-1 se obtuvo (39.5 mg/L) y en el P-2 (40 mg/L) y punto 6 P-6 (42.0 mg/L), a diferencia de (Loayza y Cano, 2015) “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” obtuvieron resultados de sólidos totales disueltos de 92,20 a 163,7 mg/L, dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de

animales en el sector bajo de la subcuenca, en comparación con lo reportado se observó que superan los valores obtenidos.

#### **4.3.4. Demanda bioquímica de oxígeno**

La demanda bioquímica de oxígeno de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6) se observa que en el primer monitoreo una media de (20.3 mg/L) en el primer monitoreo y en el segundo monitoreo se observó una media de 20.1 mg/L y para el tercer monitoreo se observó una media de 24 .3 mg/L.

Esta variación se manifiesta debido a que existe una mayor concentración de microorganismos motivo por el cual existe un repunte de la cantidad de la carga orgánica esto se debe a la incidencia de la actividad humana presente en el lugar de estudio. Se menciona a (Loayza & Cano, 2015) donde determino “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” valores medios de demanda bioquímica de oxígeno de 8,8, a 24,05 mg/L dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca.

#### **4.3.5. Turbidez**

La turbidez que se obtuvo en el presente trabajo de investigación se muestran los valores en el primer monitoreo de (5.0 NTU) y en el segundo monitoreo una media de (5.3 NTU) y en el tercer monitoreo se obtuvo una media de (5.6 NTU)

Estos resultados de turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica los valores obtenidos en cada punto de monitoreo aumenta del P-1 al P-6 debido a la cantidad de materia orgánica presente en el área urbana.

De acuerdo a (Loayza & Cano, 2015) se analizó el “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del

Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” se obtuvo resultados de turbidez de 69,75 a 252,68 UNT y dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca en relación a los resultados obtenidos son superiores y a una mayor contaminación del recurso hídrico.

#### **4.3.6. Coliformes fecales**

Los resultados de los parámetros microbiológico, donde los valores en los puntos de muestreo, en relación a los Coliformes fecales se observó que el primer monitoreo se observó un valor de (1661.7 NMP/100 ml) y en el segundo monitoreo se observó un resultado de (1583.7 NMP/100 ml) y el tercer monitoreo se observó una media de (1609 NMP/100 ml).

Los resultados obtenidos en la presente investigación tienen un comportamiento ascendente del P-1 al P-6 debido a una mayor contaminación y a la segregación de aguas residuales generadas por la actividad sanitaria, factores que ayudan a la proliferación de una mayor carga de microorganismos y patógenos.

Cabe mencionar que (Loayza & Cano, 2015) realizó un “Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín” se obtuvo parámetros microbiológicos como los Coliformes totales de 1000 a 50383 NMP/100 mL valores superiores que estos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca. Pero que al contrastar los resultados obtenidos se determinó un mayor valor esto debido a que el agua se encuentra con mayor carga orgánica.

## Conclusiones

Las conclusiones que se llegaron al finalizar la presente tesis fueron las siguientes:

- La temperatura en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 13.31 °C.
- El pH en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 7.4 unidad de pH.
- Los sólidos totales disueltos en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 41.02 mg/L.
- La demanda bioquímica de oxígeno en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 20.49 mg/L.
- La turbidez en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 5.31 NTU.
- Los Coliformes fecales en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 1618.11 NMP/100 ml.

## **Recomendaciones**

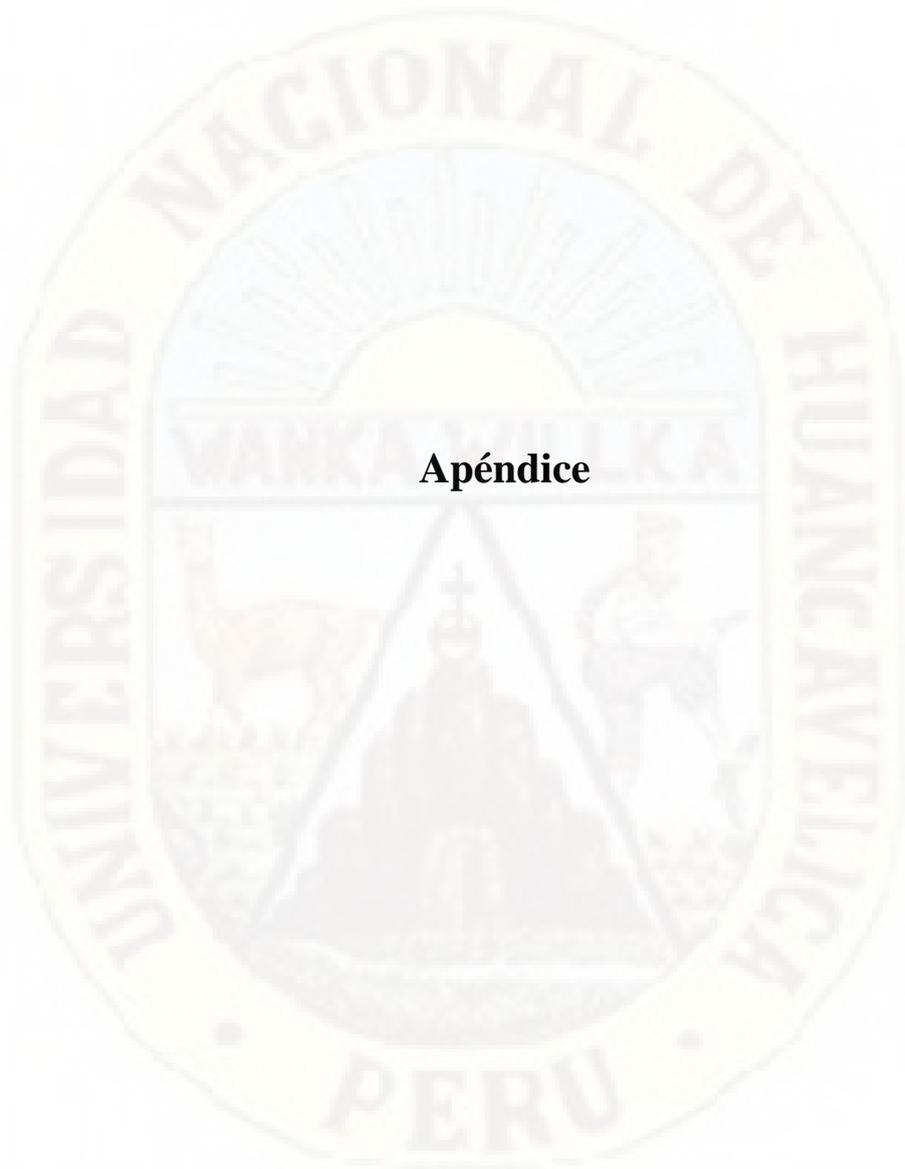
- Se recomienda realizar pruebas de parámetros físicos en diferentes vertientes de la región de Huancavelica para determinar la calidad del agua.
- Se recomienda hacer más análisis químicos que permitan realizar mayor cobertura del agua del río Ichu.
- Se debe realizar análisis microbiológicos con mayor cantidad de puntos de monitoreo.
- Se debe explorar otras cuencas de importancia económica para poder conocer parámetros de importancia científica.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, S. O., & Navarro, A. B. (2018). Evaluación de la Calidad de Agua Para Consumo Humano de la Comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – Perú.
- Alarcón, P., Benazir Ana Luzmila, & Ñique, Á., Manuel. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). 98-107.
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa* (segunda edi; S. S. La Muralla, Ed.). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/166/16612113.pdf#page=1&zoom=auto,0,288>
- Calla, L. H. J. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac—Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- Casilla, Q. S. (2014). Evaluación de la Calidad de Agua en los Diferentes Puntos de Descarga de la Cuenca del Río Suchez. Universidad Nacional Del Altiplano Puno, Puno – Perú.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. 10, n.º 17, 111-124.
- Cava, S. T., & Ramos, A. F. E. del R. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, Á. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta). México.

- Hernández, V. C. (2016). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. Universidad Nacional Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar Escuela de Ciencias Ambientales, Heredia.
- Loayza, Q., Jessenia Lizbet, & Cano, R., Pedro Angel. (2015). Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.
- Minaya, V., Reynaldo Javier. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, Para Determinar la Calidad del Agua en la Laguna Moronacocha,, Época de Transición Creciente-Vaciante. Iquitos. Perú. 2016. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú.
- OPS/OMS, O. P. de S. O. M. de la S. (2012). Estudio de la Calidad de Fuentes Utilizadas para Consumo Humano y Plan de Mitigación por Contaminación por uso doméstico y Agroquímicos en Apurímac y Cuzco. Lima-Perú.
- Pavón, E. Y. A., & Rocha, P. J. S. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Quiroz, F., Luis Santiago, Izquierdo, K., Elena, & Menéndez, G., Carlos. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Vol. XXXVIII, p.41-51.
- Roldán, P. G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia (Primera Edición). Colombia: Universidad de Antioquía.
- Romero, A. A., Flores, S. L., & Pacheco, W. W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. Vol. 13.
- Rubio, Arias. H. O., Ortiz, D., Roberto Carlos, Quintana, M., Rey Manuel, Saucedo, T., Rubén Alfonso, Ochoa, R., Jesús Manuel, & Rey, B., Nora Ivett. (2014). Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México.

- Samboni, R. N. E., Carvajal, E. Y., & Carlos Escobar, E. J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. 172-181.
- Sotil, F., Hugo Daniel. (2017). Análisis de Indicadores de Contaminación Bacteriológica (Coliformes Totales y Termotolerantes) en el lago de Moronacocha. Universidad Científica del Perú, San Juan – Perú.
- Sotil, R. L. E., & Flores, V. H. I. (2016). Determinación de Parámetros Físicos, Químicos y Bacteriológicos del Contenido de las Aguas del Río Mazán – Loreto, 2016. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta).  
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de Calidad de Agua en fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. 8, 79-94.
- Velarde, P., Bianny Gempell. (2016). Índice de Calidad de Agua de Calidad de Agua Superficial del Río Chili en el Sector de Sachaa—Tiabaya—Huayco. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú.
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304.  
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Zhen WU, B. Y. (2009). Calidad fisico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de a microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. UNED, San José, Costa Rica.



**Apéndice**

## Apéndice 1

**Tabla 26**

*Matriz de Consistencia de los “Parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica”*

Formulación Del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Sub Dimensiones	Indicadores	Diseño De Investigación	Metodología
<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo son los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> - ¿Como son los parámetros físicos de T°, pH,</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> - Determinar los parámetros físicos en T°, pH, solidos totales disueltos,</p>	<p>Los parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica no superan los ICA-NSF es mala.</p>	<p><b>Variable 1:</b> Parametros físicos microbiologic o</p>	<p><b>Dimensiones:</b> Parámetros físicos, químicos y microbiológicos</p>	<p>- Temperatura</p> <p>- Solidos totales disueltos</p> <p>- pH</p> <p>- Oxígeno disuelto</p> <p>- Demanda Bioquímica de Oxigeno</p>	<p>- °C</p> <p>- mg/l</p> <p>- Unidad</p> <p>- mg/l</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> - Básica-aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> - Descriptiva – Explicativa</p> <p><b>Método de investigación:</b> - No Experimental</p>	<p><b>Población:</b> - La cuenca del Río Ichu.</p> <p><b>Muestra:</b> - Agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p> <p><b>Técnicas:</b> - Observación. - Descripción.</p>

<p>solidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p> <p>- ¿Como son los parámetros microbiológicos de coliformes fecales de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica?</p>	<p>Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno y Turbidez de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p> <p>- Determinar los parámetros biológicos en fecales de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</p>				<p>- Turbidez</p> <p>- Coliformes fecales.</p>	<p>- mg/l</p> <p>- NUT</p> <p>- NMP/100 ml</p>	<p>Diseño de investigación:</p> <p>- Descriptivo Longitudinal</p> <p style="text-align: center;"> <math display="block">M \xrightarrow{T_x} O_x</math> </p> <p>M: Muestra representativa de agua</p> <p>T<sub>x</sub>: Tiempo en meses</p> <p>O<sub>x</sub>: Observaciones de contaminantes físicos y microbiológicos</p>	<p>Instrumentos:</p> <p>- Registros.</p> <p>- Analizadores de agua.</p> <p>Procesamiento de datos:</p> <p>- Programa ICA TEST 1.0</p> <p>- <b>Software Microsoft Excel</b></p>
---	--	--	--	--	--	--	---	--

**Tabla 27**

*Ficha de registro de datos en campo*

Cuenca:

Realizado por:

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Local.	Dist.	Prov.	Depart.	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	T	OD	Conductividad	Obs.
						Norte/Sur	Este/Oeste	msnm				°C	mg/l	uS/cm	

Firma del responsable del monitoreo

\_\_\_\_\_

**Tabla 28***Etiqueta para muestra de agua*

Nombre laboratorio:				
Código Punto de monitoreo:				
Tipo de cuerpo de agua:				
Fecha de muestreo:		Hora:		
Muestreado por:				
Parámetro requerido				
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:	

## Apéndice 2

### Resultados de los parámetros físicos

**Tabla 29**

*Resultado del parámetro temperatura*

		Fecha	Temperatura
Monitoreo 1	1	04/11/2019	13.0
	2	05/11/2019	13.2
	3	06/11/2019	13.1
	4	07/11/2019	13.4
	5	08/11/2019	13.4
	6	09/11/2019	13.5
Monitoreo 2	1	23/11/2019	13.0
	2	24/11/2019	13.2
	3	25/11/2019	13.4
	4	26/11/2019	13.5
	5	27/11/2019	13.5
	6	28/11/2019	13.5
Monitoreo 3	1	13/12/2019	13.1
	2	14/12/2019	13.0
	3	15/12/2019	13.4
	4	16/12/2019	13.4
	5	17/12/2019	13.5
	6	18/12/2019	13.4

**Tabla 30***Resultado del parámetro pH*

		Fecha	PH	ECA	
Monitoreo 1	1	04/11/2019	7.4	6.5	8.5
	2	05/11/2019	7.6	6.5	8.5
	3	06/11/2019	7.5	6.5	8.5
	4	07/11/2019	7.5	6.5	8.5
	5	08/11/2019	7.3	6.5	8.5
	6	09/11/2019	7.4	6.5	8.5
Monitoreo 2	1	23/11/2019	7.5	6.5	8.5
	2	24/11/2019	7.5	6.5	8.5
	3	25/11/2019	7.6	6.5	8.5
	4	26/11/2019	7.5	6.5	8.5
	5	27/11/2019	7.4	6.5	8.5
	6	28/11/2019	7.5	6.5	8.5
Monitoreo 3	1	13/12/2019	7.4	6.5	8.5
	2	14/12/2019	7.4	6.5	8.5
	3	15/12/2019	7.4	6.5	8.5
	4	16/12/2019	7.3	6.5	8.5
	5	17/12/2019	7.3	6.5	8.5
	6	18/12/2019	7.4	6.5	8.5

**Tabla 31***Resultado del parámetro sólidos totales disueltos*

		Fecha	Sólidos Totales Disueltos	ECA
Monitoreo 1	1	04/11/2019	39.5	1000
	2	05/11/2019	40.0	1000
	3	06/11/2019	40.1	1000
	4	07/11/2019	41.7	1000
	5	08/11/2019	42.6	1000
	6	09/11/2019	42.0	1000
Monitoreo 2	1	23/11/2019	39.4	1000
	2	24/11/2019	39.8	1000
	3	25/11/2019	40.6	1000
	4	26/11/2019	41.6	1000
	5	27/11/2019	41.9	1000
	6	28/11/2019	42.8	1000
Monitoreo 3	1	13/12/2019	39.6	1000
	2	14/12/2019	40.7	1000
	3	15/12/2019	40.9	1000
	4	16/12/2019	41.7	1000
	5	17/12/2019	41.5	1000
	6	18/12/2019	42.0	1000

**Tabla 32***Resultado del parámetro demanda bioquímica de oxígeno*

		Fecha	DBO	ECA
Monitoreo 1	1	04/11/2019	15.6	3
	2	05/11/2019	16.7	3
	3	06/11/2019	17.9	3
	4	07/11/2019	22.5	3
	5	08/11/2019	24.7	3
	6	09/11/2019	24.5	3
Monitoreo 2	1	23/11/2019	15.6	3
	2	24/11/2019	18.7	3
	3	25/11/2019	18.9	3
	4	26/11/2019	21.8	3
	5	27/11/2019	22.2	3
	6	28/11/2019	23.5	3
Monitoreo 3	1	13/12/2019	18.2	3
	2	14/12/2019	18.7	3
	3	15/12/2019	18.9	3
	4	16/12/2019	23.1	3
	5	17/12/2019	23.1	3
	6	18/12/2019	24.3	3

**Tabla 33***Resultado del parámetro turbidez*

		Fecha	Turbidez	ECA
Monitoreo 1	1	04/11/2019	2.5	5
	2	05/11/2019	3.6	5
	3	06/11/2019	5.1	5
	4	07/11/2019	5.4	5
	5	08/11/2019	6.6	5
	6	09/11/2019	6.8	5
Monitoreo 2	1	23/11/2019	3.4	5
	2	24/11/2019	4.6	5
	3	25/11/2019	5.3	5
	4	26/11/2019	6.4	5
	5	27/11/2019	6.1	5
	6	28/11/2019	6.2	5
Monitoreo 3	1	13/12/2019	3.6	5
	2	14/12/2019	4.6	5
	3	15/12/2019	6.4	5
	4	16/12/2019	6.3	5
	5	17/12/2019	6.2	5
	6	18/12/2019	6.4	5

**Tabla 34***Resultado del parámetro Coliformes fecales*

		Fecha	Coliformes fecales	ECA
Monitoreo 1	1	04/11/2019	950.0	20
	2	05/11/2019	1000.0	20
	3	06/11/2019	1340.0	20
	4	07/11/2019	2190.0	20
	5	08/11/2019	2245.0	20
	6	09/11/2019	2245.0	20
Monitoreo 2	1	23/11/2019	980.0	20
	2	24/11/2019	1100.0	20
	3	25/11/2019	1277.0	20
	4	26/11/2019	1856.0	20
	5	27/11/2019	2167.0	20
	6	28/11/2019	2122.0	20
Monitoreo 3	1	13/12/2019	850.0	20
	2	14/12/2019	1150.0	20
	3	15/12/2019	1309.0	20
	4	16/12/2019	2030.0	20
	5	17/12/2019	2105.0	20
	6	18/12/2019	2210.0	20

### Apéndice 3

#### Datos de ruido ambiental en el Sistema SAS

*Resultado del parámetro temperatura*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** Temperatura;

**CARDS**;

13.0

13.2

13.1

13.4

13.4

13.5

13.3

13.0

13.2

13.4

13.5

13.5

13.5

13.4

13.1

13.0

13.4

13.4

13.5

13.4

13.3

**PROC UNIVARIATE** PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

**VAR** Temperatura;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;

*Resultado del parámetro pH*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** pH;

**CARDS**;

7.4

7.6

7.5

7.5

7.3

7.4

7.5

7.5

7.5

7.6

7.5

7.4

7.5

7.5

7.4

7.4

7.4

7.3

7.3

7.4

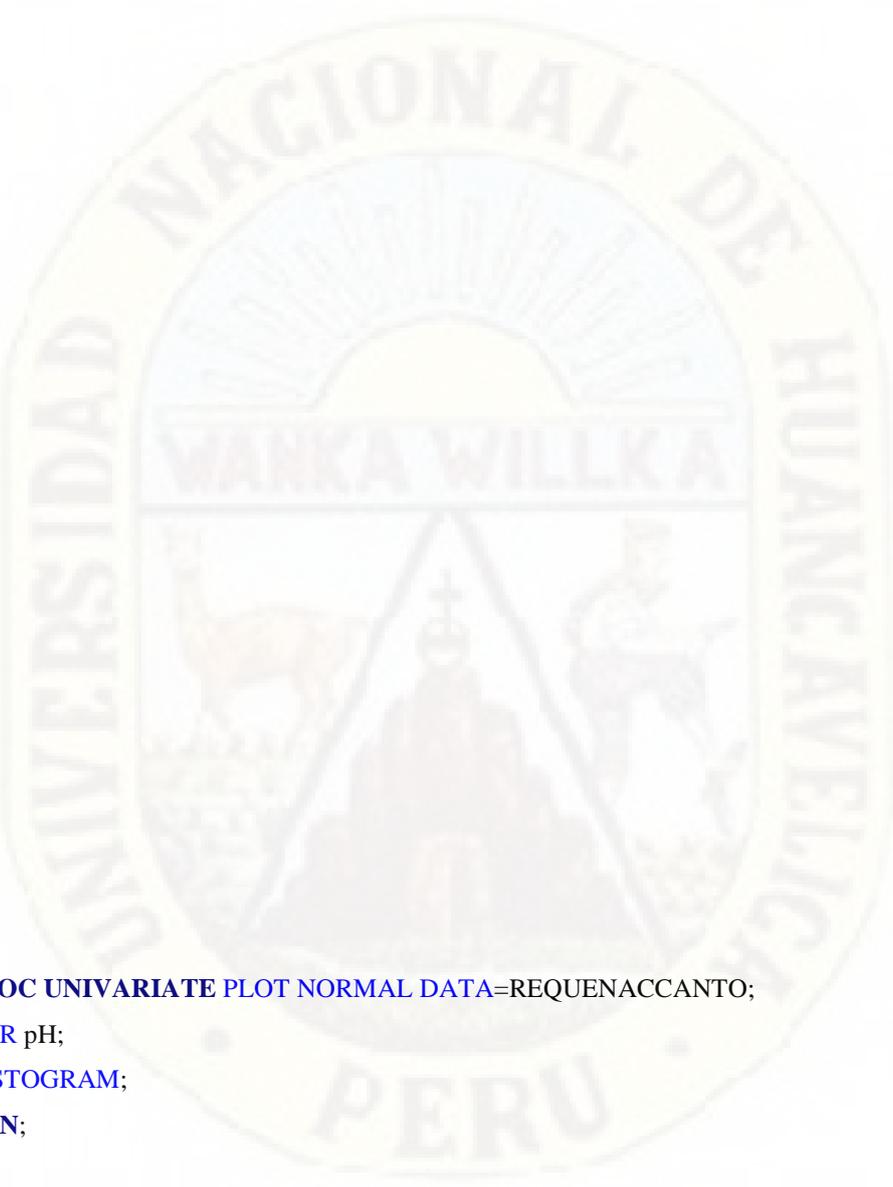
7.4

**PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA**=REQUENACCANTO;

**VAR** pH;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;



*Resultado del parámetro solidos totales disueltos*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** Solidos\_Totales\_Disueltos;

**CARDS**;

39.5

40.0

40.1

41.7

42.6

42.0

41.0

39.4

39.8

40.6

41.6

41.9

42.8

41.0

39.6

40.7

40.9

41.7

41.5

42.0

41.1

**PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA**=REQUENACCANTO;

**VAR** Solidos\_Totales\_Disueltos;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;

*Resultado del parámetro demanda bioquímica de oxígeno*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** DBO;

**CARDS**;

15.6

16.7

17.9

22.5

24.7

24.5

20.3

15.6

18.7

18.9

21.8

22.2

23.5

20.1

18.2

18.7

18.9

23.1

23.1

24.3

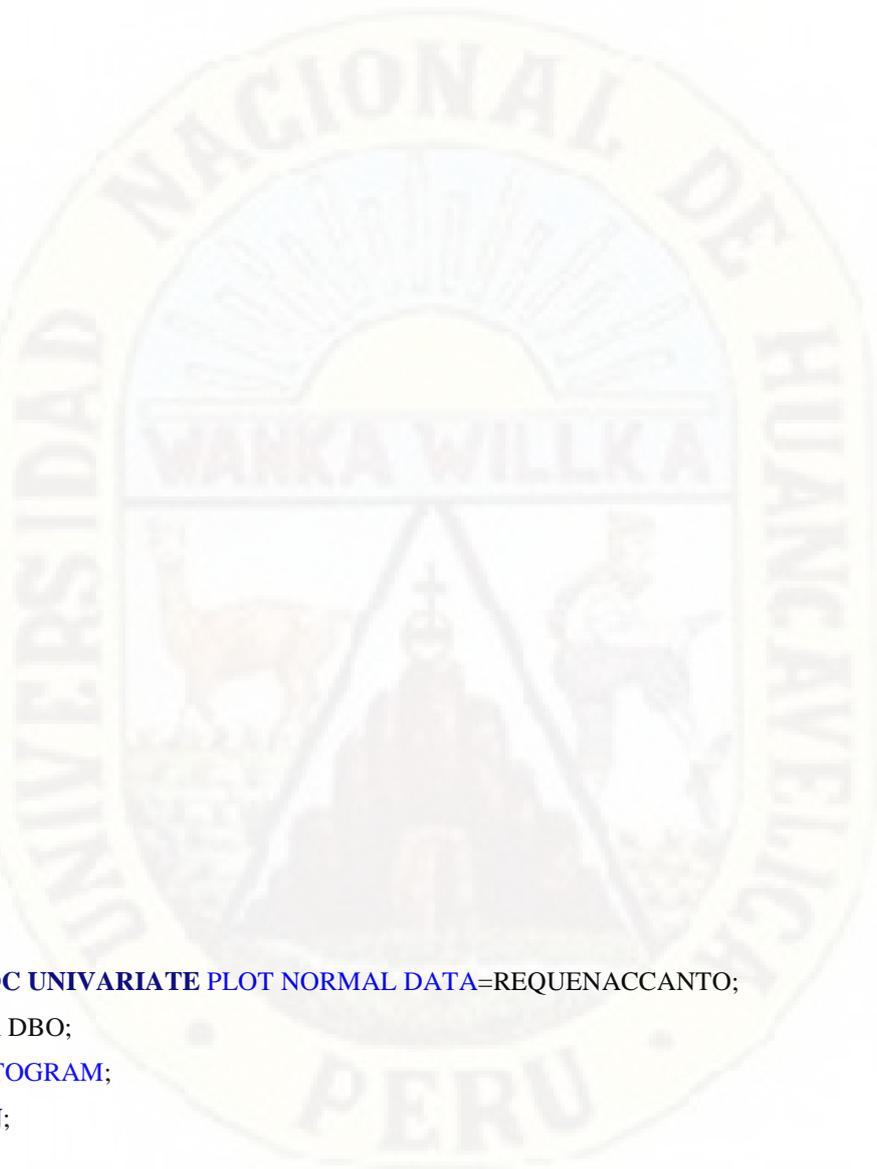
21.1

**PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA**=REQUENACCANTO;

**VAR** DBO;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;



*Resultado del parámetro turbidez*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** Turbidez;

**CARDS**;

2.5

3.6

5.1

5.4

6.6

6.8

5.0

3.4

4.6

5.3

6.4

6.1

6.2

5.3

3.6

4.6

6.4

6.3

6.2

6.4

5.6

**PROC** UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

**VAR** Turbidez;

**HISTOGRAM**;

**RUN**;

*Resultado del parámetro Coliformes fecales*

**DATA** REQUENACCANTO;

**INPUT** Coliformes\_fecales;

**CARDS;**

950.0

1000.0

1340.0

2190.0

2245.0

2245.0

1661.7

980.0

1100.0

1277.0

1856.0

2167.0

2122.0

1583.7

850.0

1150.0

1309.0

2030.0

2105.0

2210.0

1609.0

**PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA**=REQUENACCANTO;

**VAR** Coliformes\_fecales;

**HISTOGRAM;**

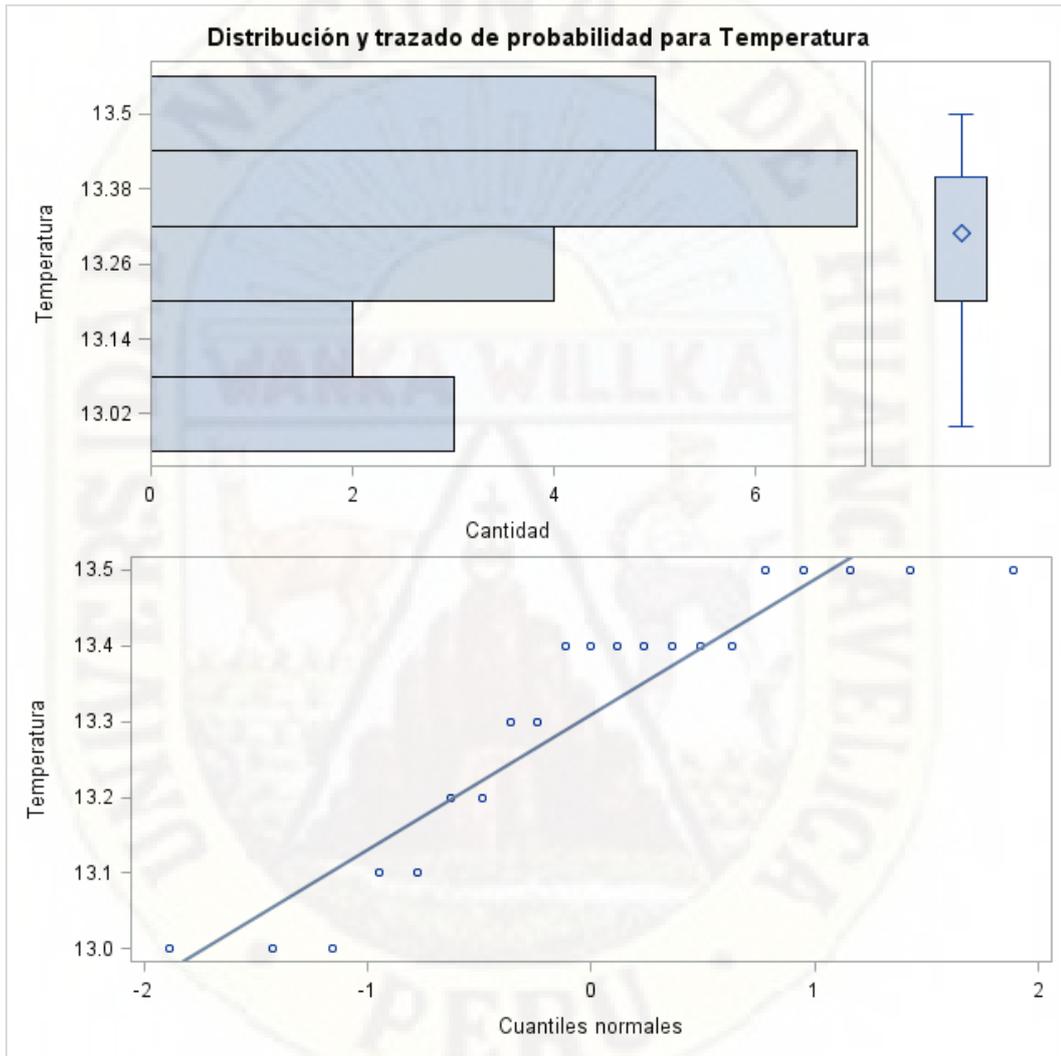
**RUN;**

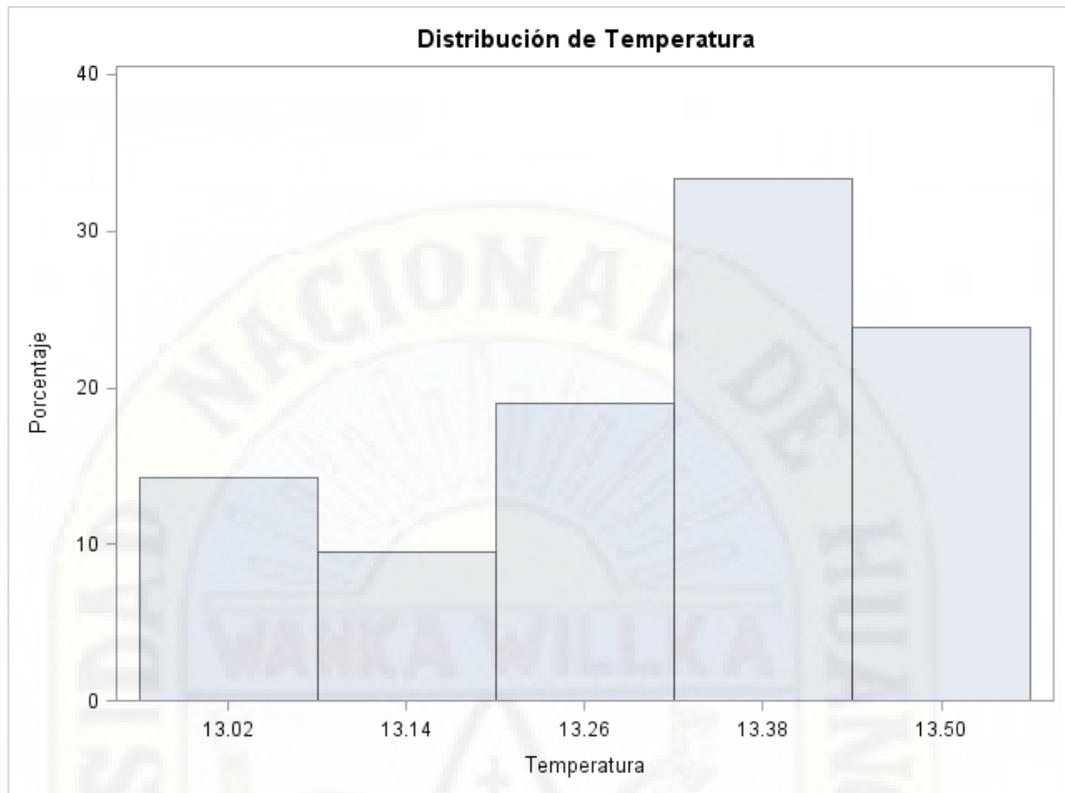
## Apéndice 4

### Gráficos de distribución

**Figura 26**

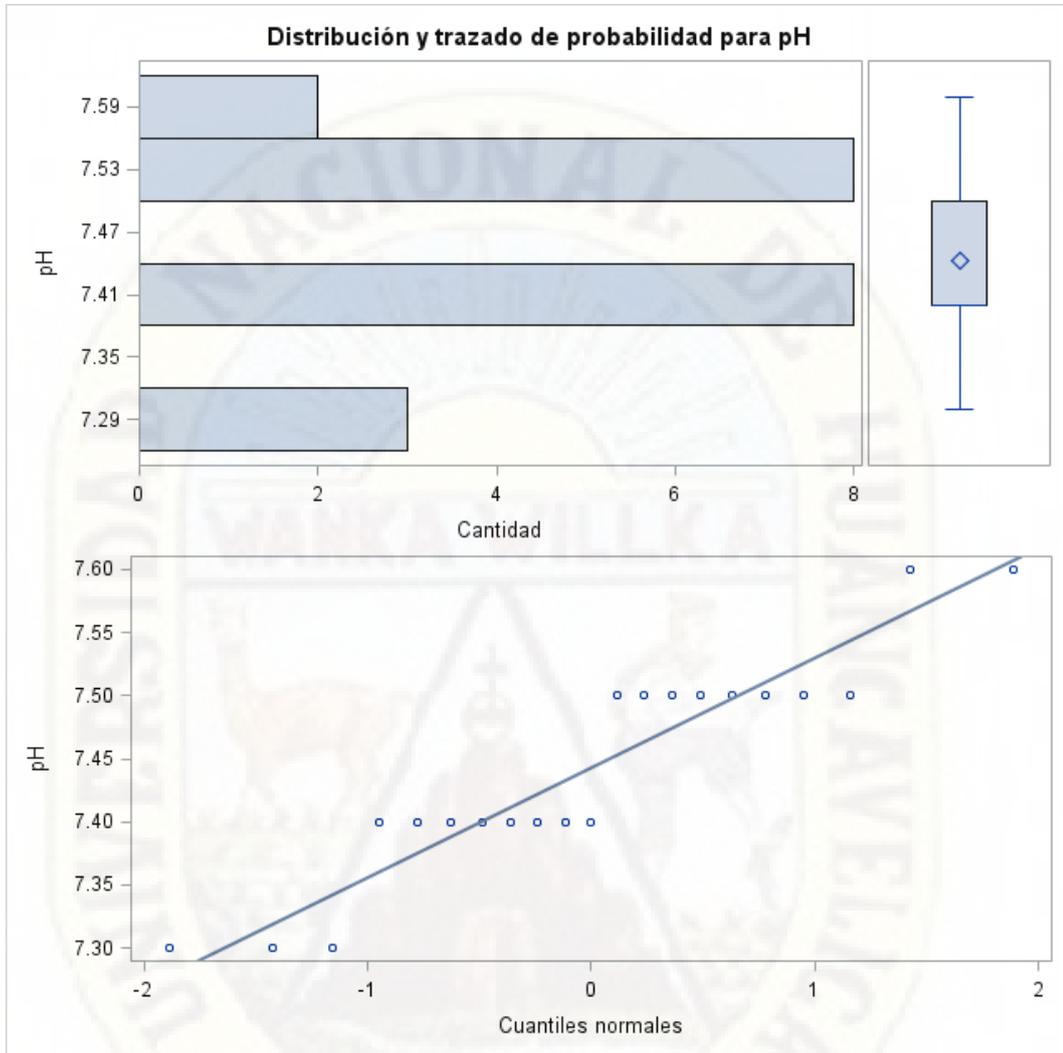
*Distribución y trazado de la temperatura*

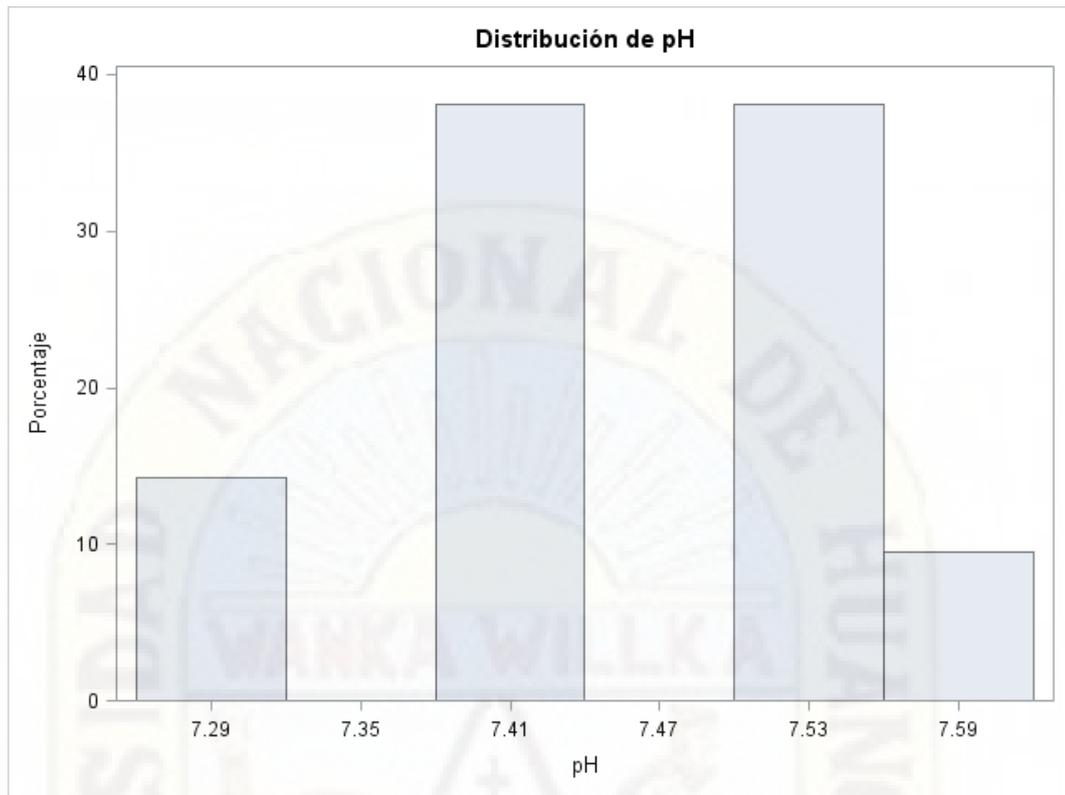




**Figura 27**

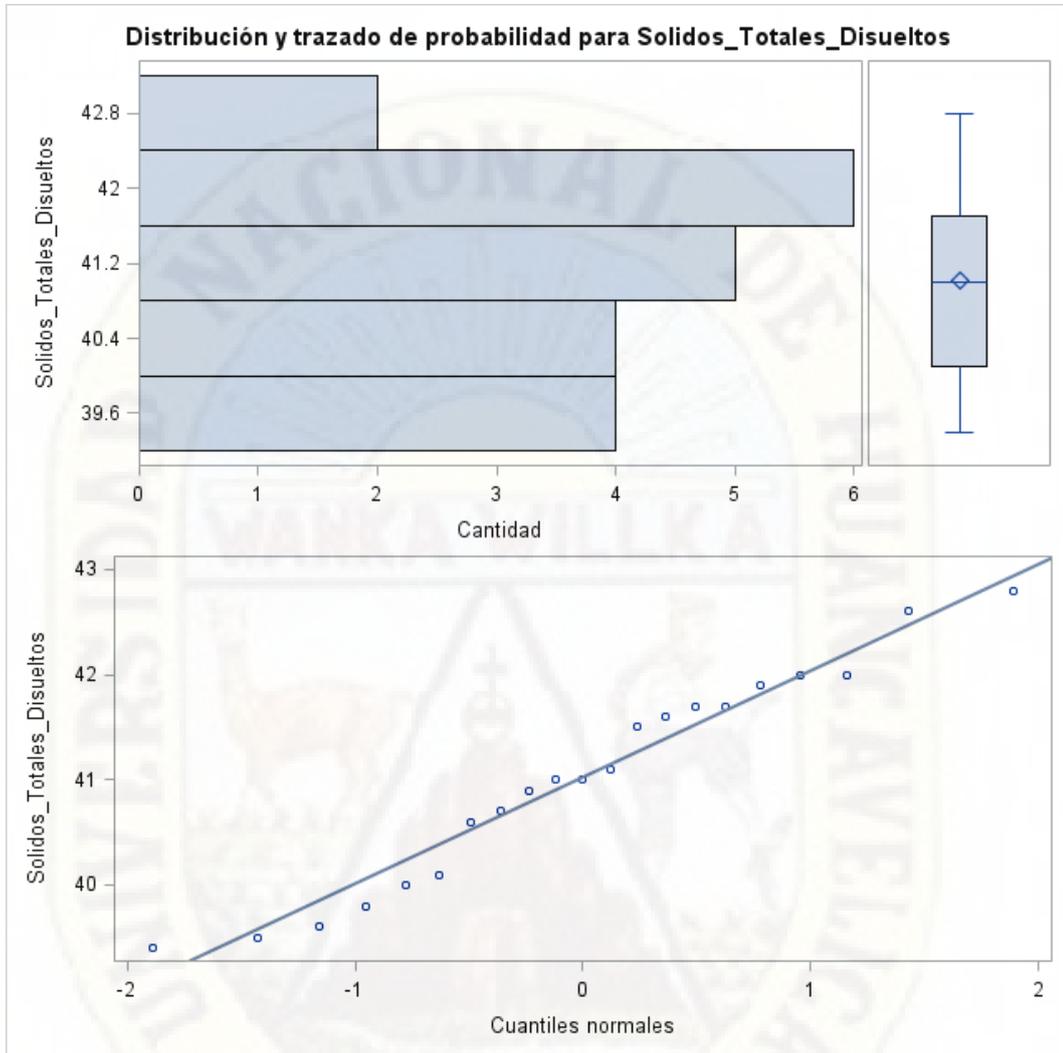
**Distribución y trazado del pH**

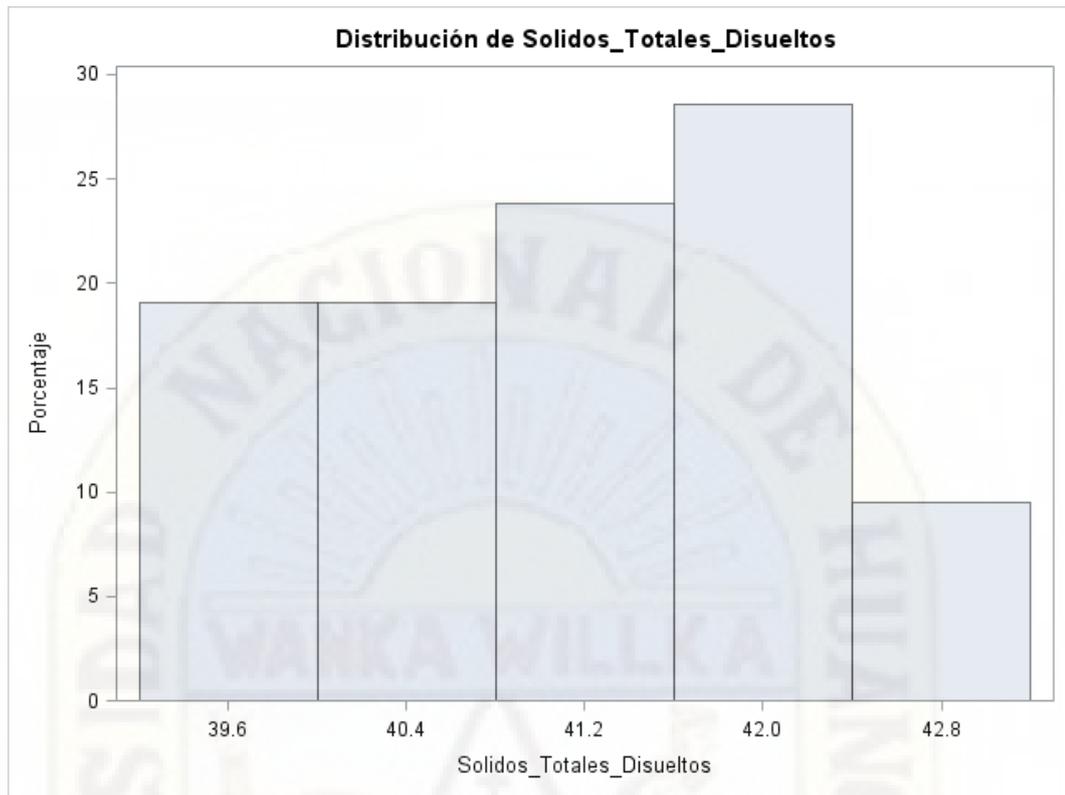




**Figura 28**

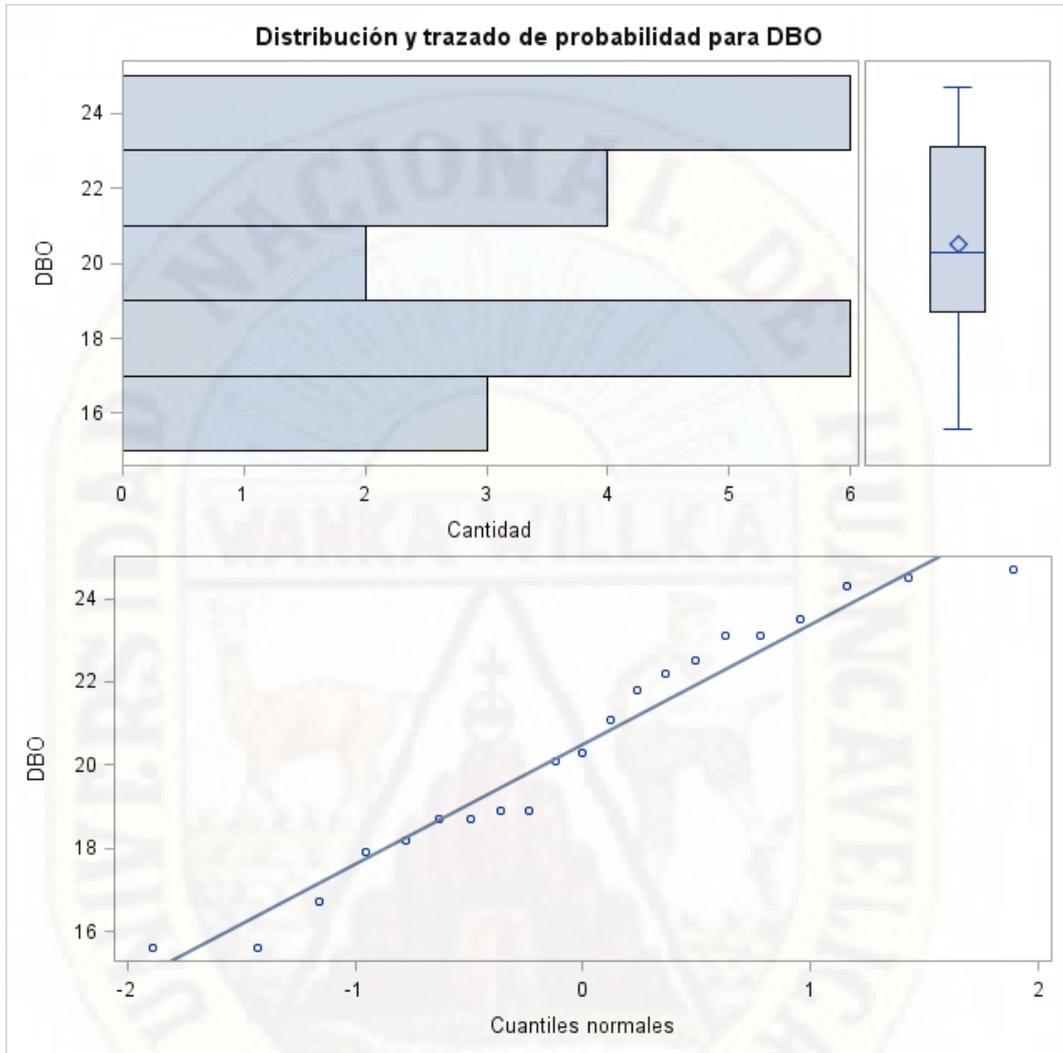
*Distribución y trazado de los Solidos totales disueltos*

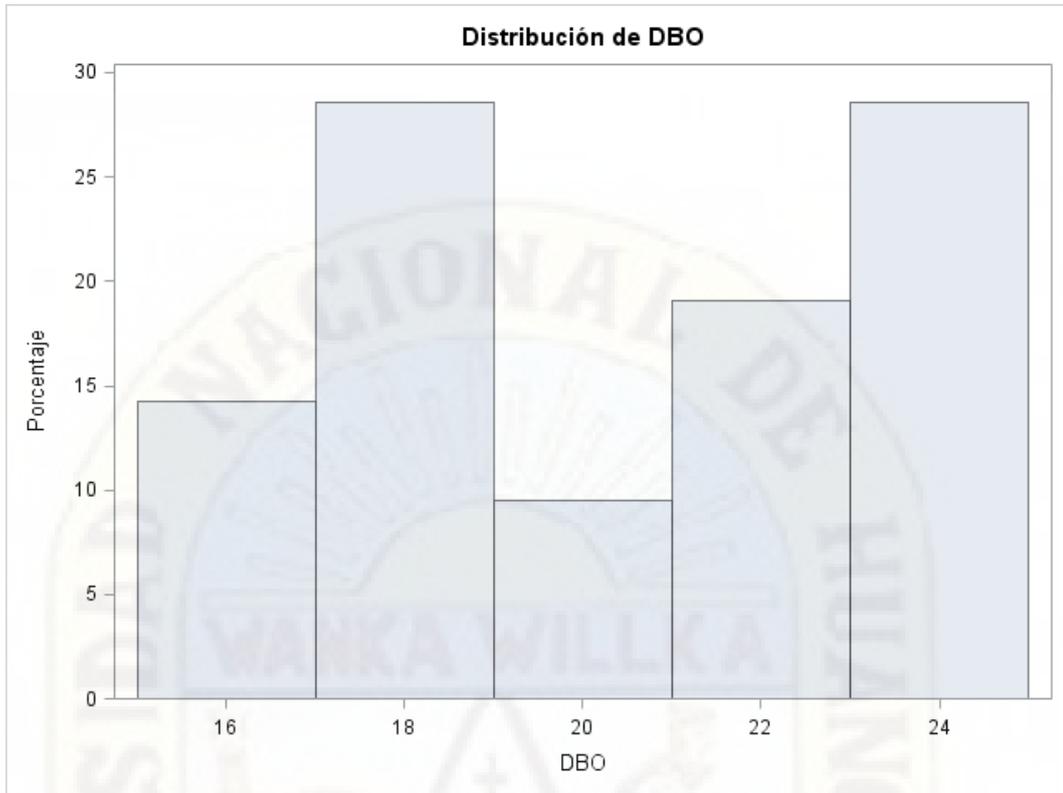




**Figura 29**

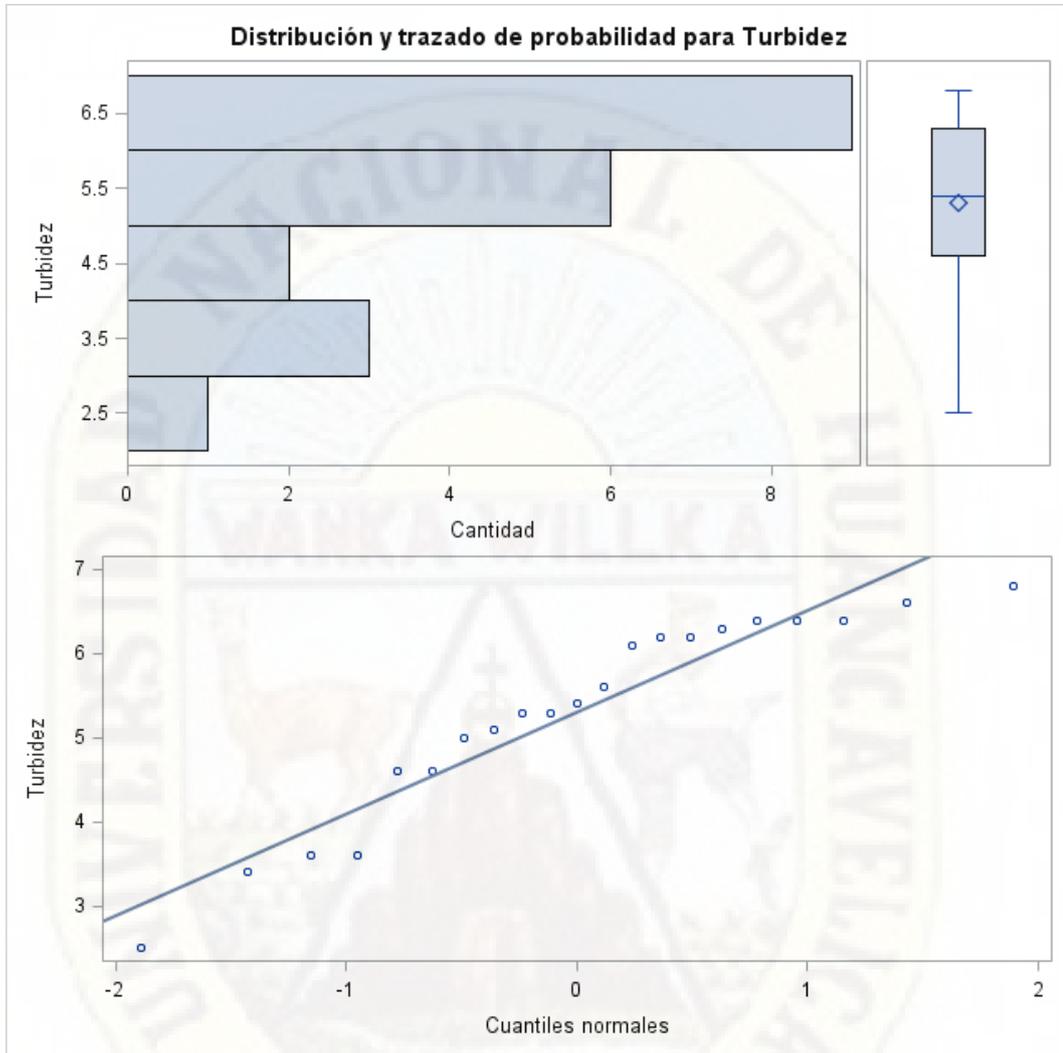
*Distribución y trazado de la demanda bioquímica de oxígeno*

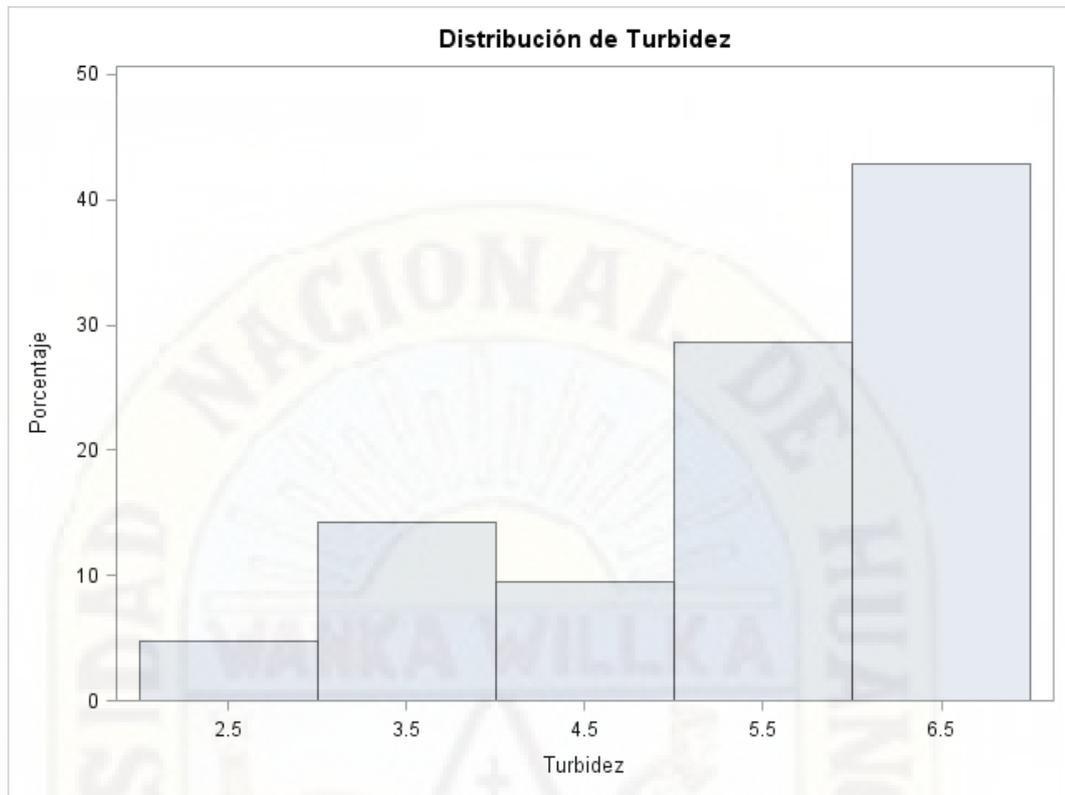




**Figura 30**

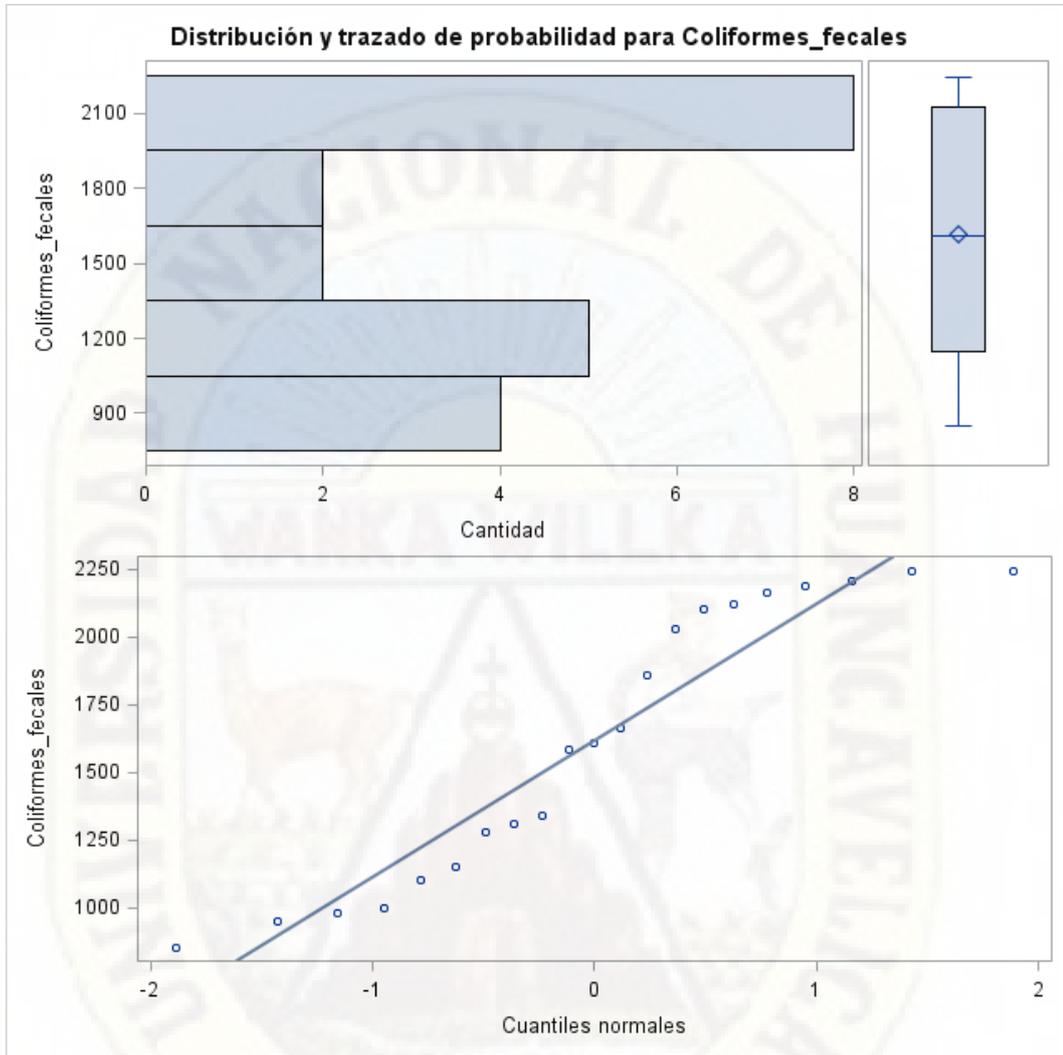
*Distribución y trazado de la turbidez*

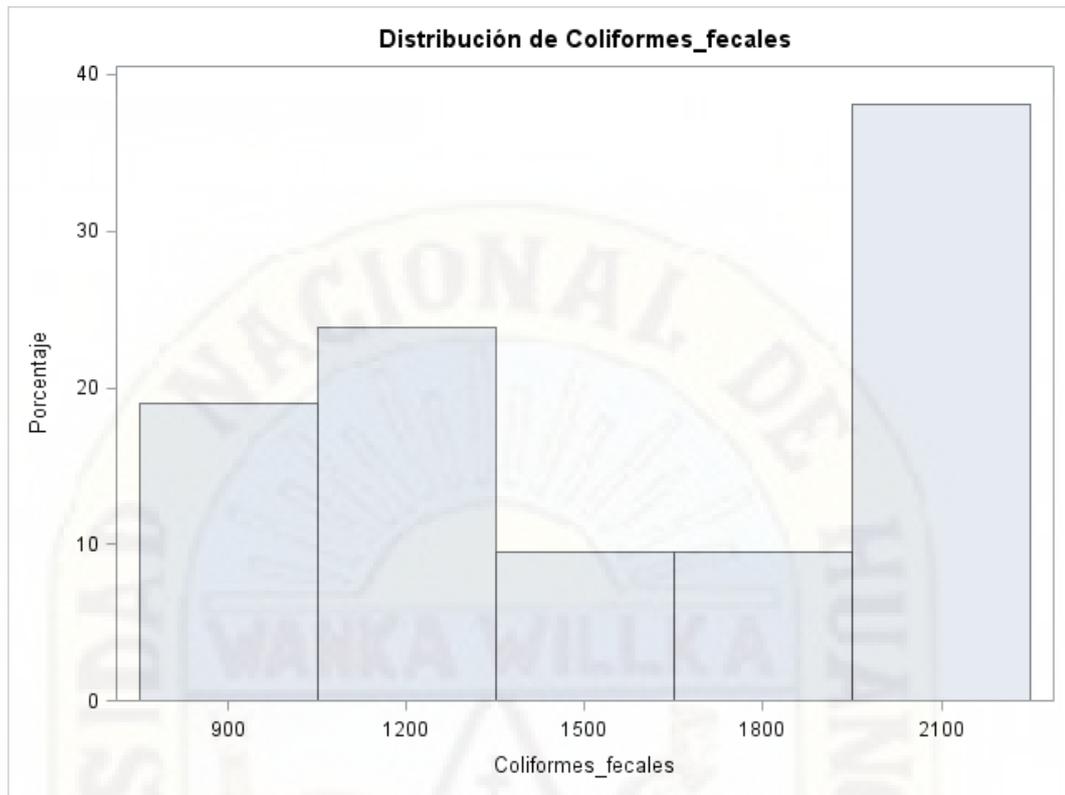




**Figura 31**

*Distribución y trazado de Coliformes fecales*





## Panel fotográfico

**Figura 32**

*Identificación del río Ichu*



**Figura 33**

*Ordenando los instrumentos de monitoreo*

