

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS:

“VARIACIÓN DE LOS PARAMETROS DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅) Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL RIO ICHU EN EL SECTOR URBANO DE LA REGION, PROVINCIA Y DISTRITO HUANCAMELICA-2021”

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
GESTIÓN AMBIENTAL Y/O SANITARIA**

**PRESENTADO POR:
Bach. CARDENAS ORTIZ, Wilian
Bach. MENDOZA COSME, José Luis**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

HUANCAMELICA, PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los diez días (10) del mes de diciembre del año 2021, siendo las diecisiete horas (17:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: M.Sc. Freddy Alfredo Matamoros Huayllani (Presidente), M.Sc. Luis Alberto Tito Córdova (Secretario), Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo (Asesor), designados con Resolución de Decano N° 329-2021-FCI-UNH, de fecha 30 de noviembre del 2021, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **"VARIACION DE LOS PARAMETROS DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅) Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL RIO ICHU EN EL SECTOR URBANO DE LA REGION, PROVINCIA Y DISTRITO HUANCAMELICA-2021"**, presentado por los Bachilleres **Wilian CARDENAS ORTIZ** y **José Luis MENDOZA COSME** a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 17:44; se comunicó a los sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Wilian CARDENAS ORTIZ

APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐

José Luis MENDOZA COSME

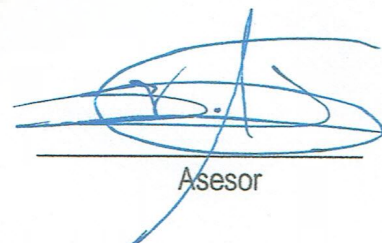
APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

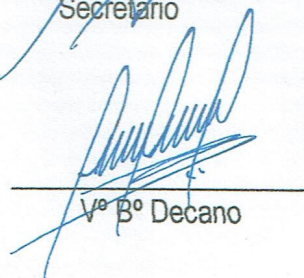
DESAPROBADO ☐

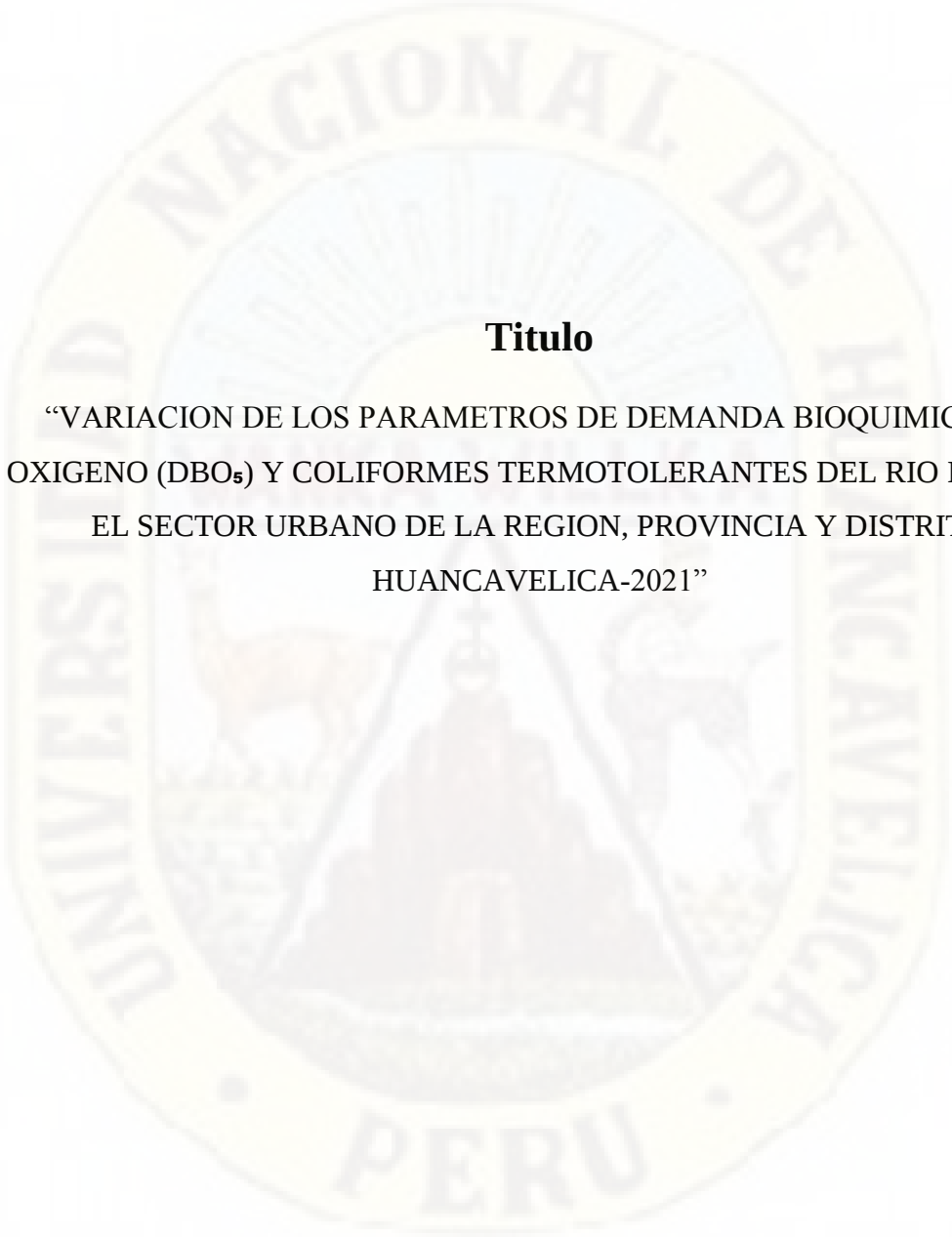
En señal de conformidad, firmamos a continuación:


Presidente


Secretario

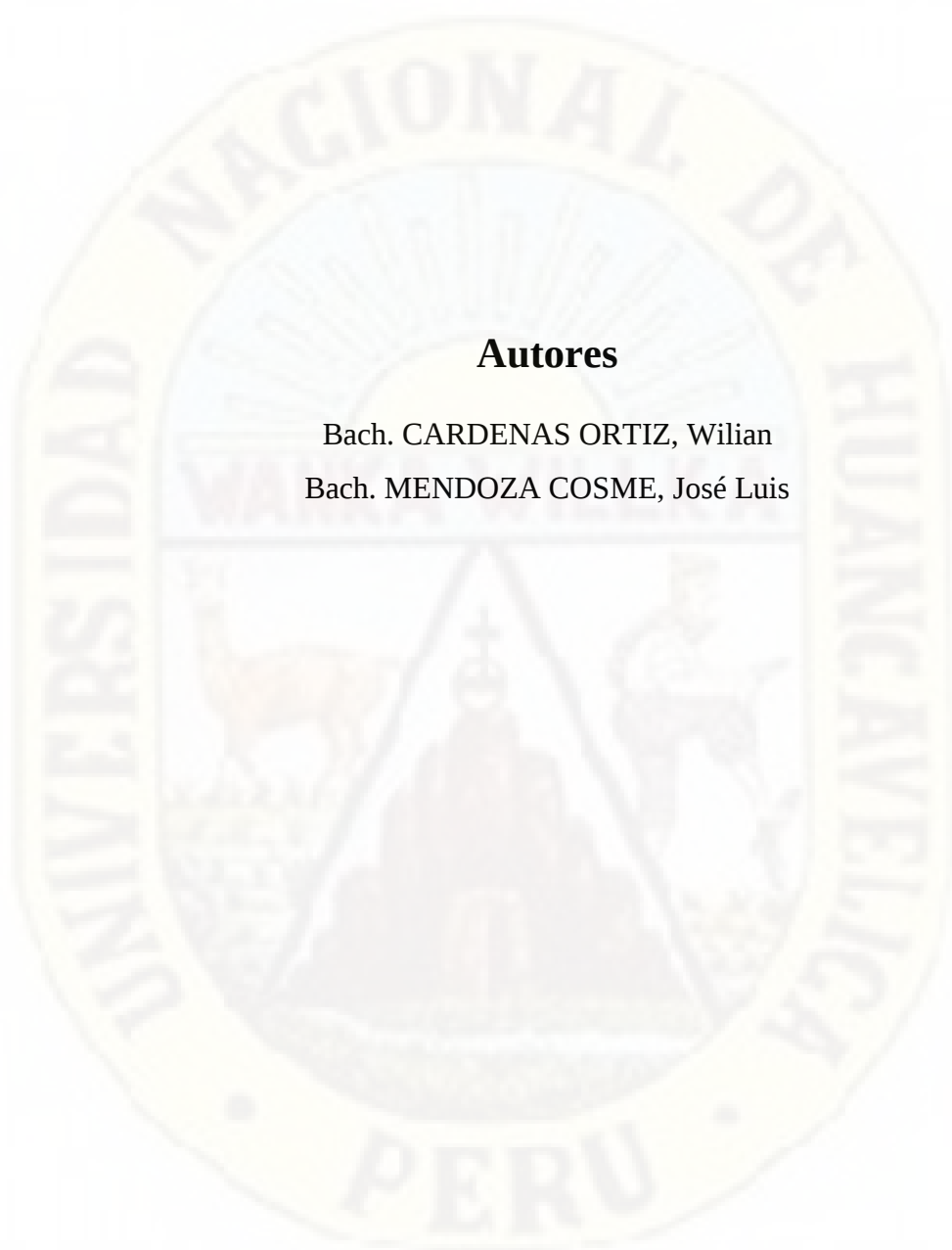

Asesor


Vº Bº Decano



Titulo

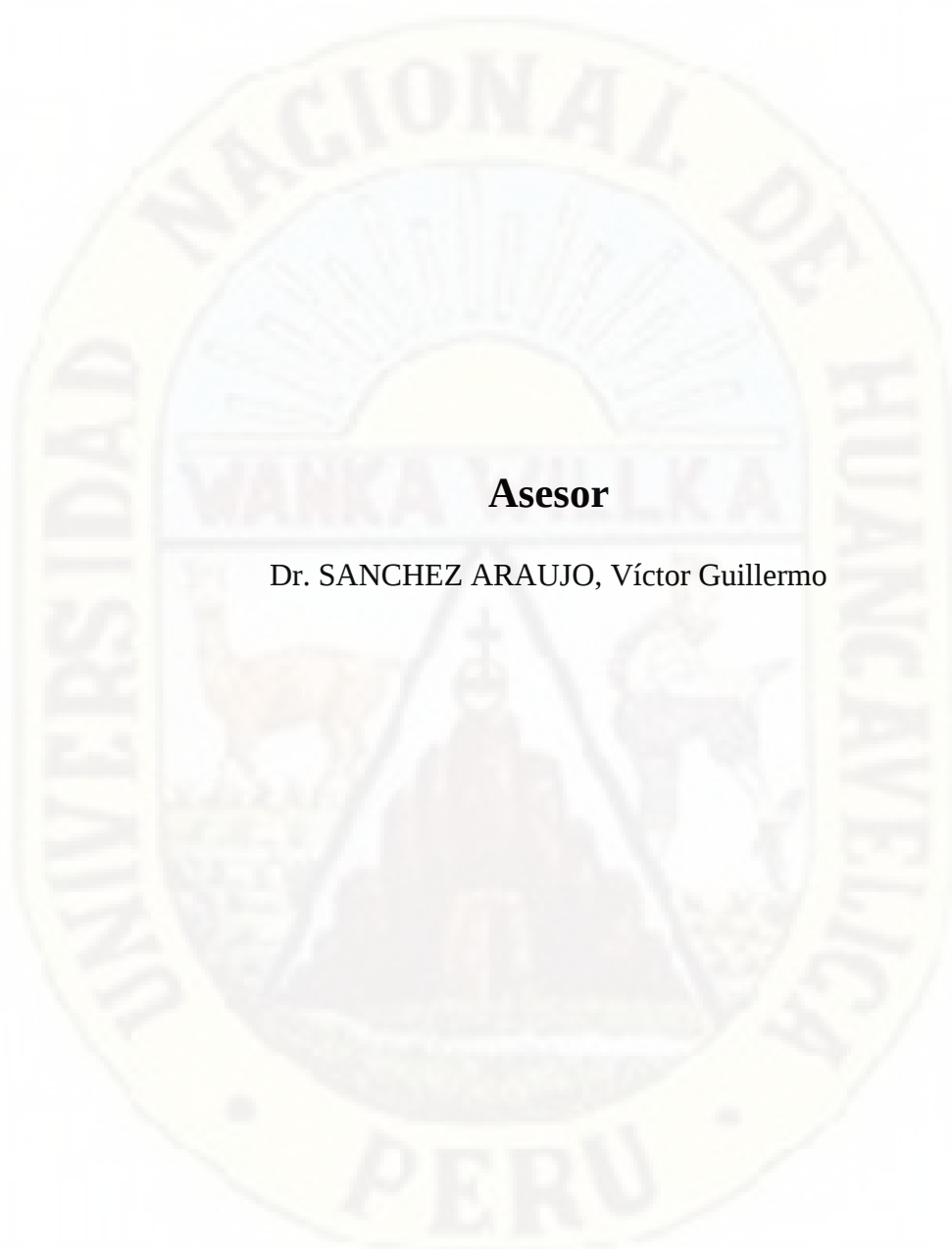
“VARIACION DE LOS PARAMETROS DE DEMANDA BIOQUIMICA DE
OXIGENO (DBO₅) Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL RIO ICHU EN
EL SECTOR URBANO DE LA REGION, PROVINCIA Y DISTRITO
HUANCAVELICA-2021”



Autores

Bach. CARDENAS ORTIZ, Wilian

Bach. MENDOZA COSME, José Luis



Asesor

Dr. SANCHEZ ARAUJO, Víctor Guillermo

Dedicatoria

A mi familia, quienes fueron el principal motor para mi superación profesional, de la misma manera a mis amigos, colegas y compañeros quienes fueron parte de este logro.

Wilian

A mi madre quien impulso mi desarrollo académico y profesional, gracias ellas estoy cumpliendo una de las metas más importantes en mi vida.

José Luis

Agradecimiento

A Dios por permitirnos llegar tan lejos, quien es un gran soporte en nuestra vida cotidiana.

A nuestra familia por estar ahí apoyándonos en todos los momentos y por no dejarnos en este camino que emprendimos a fin de obtener un futuro profesional.

A la Universidad Nacional de Huancavelica, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por las oportunidades que nos han brindado son incomparables.

A nuestros docentes, compañeros, y a la Universidad en general por todo lo anterior en conjunto con todos los copiosos conocimientos que me ha otorgado.

Quedamos especialmente agradecidos con nuestro asesor de la investigación, por su disposición de guiarnos en la realización de la tesis.

Índice

Acta De Sustentación.....	ii
Título	iii
Autores.....	iv
Asesor	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	viii
Índice De Tablas	xi
Índice De Figuras	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	xv
CAPÍTULO I.....	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción del problema.....	17
1.2. Formulación del problema	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos.....	20
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Justificación.....	21
1.4.1. Justificación teórica	21
1.4.2. Justificación metodológica	22
1.4.3. Justificación social	22
1.4.4. Justificación práctica.....	22
1.5. Limitaciones	22
CAPÍTULO II.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. A nivel Internacional	23

2.1.2.	A nivel Nacional	24
2.1.3.	A nivel Local	28
2.2.	Bases teóricas sobre el tema de investigación	29
2.2.1.	Teorías de la investigación	29
2.2.2.	Calidad del agua.....	32
2.2.3.	Contaminación del agua.....	33
2.2.4.	Contaminación por parámetros físicos químicos y biológicos.....	34
2.3.	Bases conceptuales.....	45
2.4.	Definición de términos	46
2.5.	Hipótesis	47
2.5.1.	Hipótesis General	47
2.6.	Variables.....	48
2.7.	Operacionalización de variables.....	49
CAPÍTULO III		50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		50
3.1.	Tipo de investigación.....	50
3.2.	Nivel de investigación	50
3.3.	Método de Investigación	51
3.3.1.	Método general.....	51
3.4.	Diseño de investigación.....	51
3.5.	Población, muestra y muestreo	52
3.5.1.	Población.....	52
3.5.2.	Muestra.....	52
3.5.3.	Muestreo.....	53
3.6.	Instrumentos y técnicas para recolección de datos	55
3.6.1.	Técnicas	55
3.6.2.	Instrumentos.....	55
3.7.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos.....	56
CAPÍTULO IV.....		57
RESULTADOS		57
4.1.	Presentación de resultados	57
4.1.1.	Resultados del objetivo general.....	57
4.1.2.	Resultados del objetivo específico 1.....	59

4.1.3.	Resultados del objetivo específico 2.....	60
4.2.	Prueba de hipótesis.....	63
4.2.1.	Prueba de hipótesis para la variación de la DBO ₅ y coliformes termotolerantes 63	
4.2.2.	Prueba de hipótesis para la DBO ₅	66
4.2.3.	Prueba de hipótesis para los coliformes termotolerantes	68
4.3.	Discusión de resultados	70
4.3.1.	Discusión de resultados del objetivo general.....	70
4.3.2.	Discusión de resultados del objetivo específico 1.....	71
4.3.3.	Discusión de resultados del objetivo específico 2.....	72
CONCLUSIONES.....		74
RECOMENDACIONES.....		75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		76
Apéndice		81

Índice De Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	49
Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos	56
Tabla 3. Resultados del porcentaje de variación de la DBO5 y coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3	57
Tabla 4. Resultados del parámetro de DBO5 en relación a los ECA's categoría 3	59
Tabla 5. Resultados del parámetro de coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3.....	61
Tabla 6. Resultados de la prueba estadística de la variación de la DBO5 y coliformes termotolerantes.....	65
Tabla 7. Resultados de la prueba estadística de la DBO5.....	67
Tabla 8. Resultados de la prueba estadística de la variación de la DBO5 coliformes termotolerantes.....	70



Índice De Figuras

Figura 1. Concentración de oxígeno residual.....	41
Figura 2 DBO en el tiempo t.....	42
Figura 3 Ubicación de puntos de muestreo en el rio de Ichu sector urbano	53
Figura 4 Ubicación del punto 1 de muestreo	53
Figura 5 Ubicación del punto 2 de muestreo	54
Figura 6 Ubicación de punto 3 de muestreo.	54
Figura 7. Porcentaje de variación de la DBO5 y coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3.....	58
Figura 8. Parámetro de la DBO5 en relación a los ECA's categoría 3.....	60
Figura 9. Parámetro de la DBO5 en relación a los ECA's categoría 3.....	62
Figura 10. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	64
Figura 11. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de los coliformes termotolerantes.....	64
Figura 12. Resultados de la prueba de normalidad para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	67
Figura 13. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	69

Resumen

La investigación titulada “VARIACION DE LOS PARAMETROS DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO_5) Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL RIO ICHU EN EL SECTOR URBANO DE LA REGION, PROVINCIA Y DISTRITO HUANCAMELICA-2021”, donde el objetivo general fue “Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica-2021 con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, para agua, categoría 3: riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM”. La metodología empleada fue del tipo de investigación aplicada, el nivel descriptivo, el método general científico, el diseño no experimental, la población del recorrido del río Ichu, muestra de 3 puntos con muestreo de 2 veces por meses durante 4 meses. Los resultados fueron: la variación máxima de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los coliformes termotolerantes fue de 43.2% y 56.3% respectivamente, la demanda bioquímica de oxígeno varía entre 17.5 a 26.4 mg/L, y los coliformes termotolerantes varía de 1420 a 2290 NMP/100mL. Las conclusiones son: los parámetros de la demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes superan los Estándares de Calidad Ambiental, para Agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM.

Palabras claves: DBO_5 , coliformes termotolerantes, calidad de agua.

Abstract

The research entitled "variation of the parameters of Biochemical Oxygen Demand(BOD₅) and thermotolerant coliforms of the Ichu river in the urban sector of the region, province and district Huancavelica-2021", where the general objective was "To determine the variation of the parameters of biochemical oxygen demand (BOD₅) and thermotolerant coliforms of the Ichu River in the Urban sector of the Region, Province and District of Huancavelica 2021 with the standards of environmental water quality, for water, category 3: vegetable irrigation and animal drink according to current regulations DS 004 – 2017 MINAM". The methodology used was the type of applied research, the descriptive level, the general scientific method, the non-experimental design, the population of the Ichu River route, sample of 3 points with sampling of 2 times per month for 4 months. The results were: the maximum variation of Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) and thermotolerant coliforms was 43.2% and 56.3% respectively, The Biochemical Oxygen Demand varies between 17.5 to 26.4 mg/L, and thermotolerant coliforms varies from 1420 to 2290 NMP/100mL. The conclusions are: the parameters of the Biochemical Oxygen Demand and thermotolerant coliforms exceed the environmental quality standards, for category 3 water, vegetable irrigation and animal drink DS 004 – 2017 MINAM.

Keywords: DBO₅, thermotolerant coliforms, water quality.

Introducción

La presente investigación denominada “Variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito Huancavelica-2021”, donde como problema general se tuvo “¿Cuál es la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021?”, el objetivo general fue “Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021 con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, para agua, categoría 3: riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM” y como hipótesis principal se propuso “La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM”.

La problemática de la investigación surge por el problema de contaminación de los ríos en América Latina se ha incrementado en un 50%, menciona el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) mediante un informe, también menciona que este problema de contaminación de ríos se está dando en Asia y África. De acuerdo al estudio de la Organización de las Naciones Unidas para el medio ambiente en los años 1990 y 2010 se incrementó la contaminación de agua por microorganismos patógenos y materia orgánica en un 50% en los continentes de América Latina, Asia y África.

En la actualidad, el mundo se enfrenta a una problemática muy amplia que es la contaminación del agua, afecta a todos los países y sectores de la población mundial, y los sectores menos industrializados no tienen medios o políticas de protección de este recurso tal y como lo señala Tupia Walter (2015) que en su publicación señala que en la localidad de Huancavelica, especialmente la Municipalidad Provincial de

Huancavelica, indica que la contaminación de su recurso acuífero principal que es el río Ichu se viene dando por los vertimientos de aguas servidas compuestas por detergentes, heces fecales, minerales y demás que son descargados directamente al río generando altos parámetros de contaminación comparados con los estándares de calidad ambiental para agua.

La presente investigación nos permite saber si los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes del río Ichu del distrito de Huancavelica están dentro del rango de los Estándares de Calidad Ambiental de Agua para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Así mismo, con la investigación se cuenta con resultados que ayuda a informar a la población de Huancavelica del estado de río Ichu si es aceptable o no para el aprovechamiento de este recurso para actividades de agricultura o ganadería. Así mismo permite tomar algunas medidas preventivas y de control para mejorar la calidad de agua por parte de las autoridades competentes para que pueda cumplir con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

América Latina es una de las regiones con altos porcentajes de agua pero no toda su población cuenta con acceso a esta principalmente las zonas rurales las cuales tampoco tienen acceso a desagüe o saneamiento básico adecuado lo cual genera complicaciones en la salud, productividad y bienestar de la población; por ello para acortar estas brechas existentes y ofrecer servicios de agua y saneamiento eficientes y seguros a todos los latinoamericanos, promoviendo la inclusión social, será imprescindible redefinir el concepto de lo rural, ya que si tomamos otras definiciones la proporción de habitantes rurales podría ser mucho mayor de lo que se considera habitualmente (Corporacion Andina de Fomento, 2017).

Así mismo, el agua influye directamente en la agricultura y en el futuro se enfrentará a grandes retos ya que este sector requiere el 60% de agua para la producción de alimentos necesarios para alrededor de 9000 millones de personas, pero actualmente se cuenta con la FAO que tiene el reto de impulsar el uso de agua equitativo, eficiente y respetando al ambiente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2019).

Desde la década de los 90, el problema de la contaminación del agua ha incrementado en un 50% de acuerdo con lo mencionado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), viene afectando principalmente a las regiones rurales de Asia y África, así mismo la Organización de las Naciones Unidas menciona que la contaminación del agua para el medio ambiente en los años 1990 y 2010 se incrementó la contaminación de agua por microorganismos patógenos y materia orgánica en un 50% en los continentes de América Latina, Asia y África (Naciones Unidas Bolivia, 2019).

Lo alarmante es la contaminación de aguas superficiales en los tres continentes, debido al incremento demográfico, crecimiento de la actividad económica, expansión de áreas de cultivo y principalmente debido a descargas de efluentes de aguas residuales no tratadas a los ríos, lagos, lagunas y mares y esto cada vez se está incrementando las descargas de las aguas residuales lo que limita al acceso de agua de calidad para el consumo humano, el efecto de no consumir agua de calidad genera enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, la hepatitis infecciosa, la poliomielitis, la criptosporidiosis, la ascariasis y las enfermedades diarreicas, así mismo para mitigar esto la Organización de las Naciones Unidas menciona tratar las aguas residuales antes de que sean vertidos a un afluente (Naciones Unidas Bolivia, 2019).

La contaminación del agua es un problema que todos nosotros vivimos en la actualidad, ya que no solo se da en los países industrializados o los menos industrializados, sino que afecta a todos y cada uno de los sectores de cada población, el agua se contamina generalmente cuando se mezclan aguas servidas, productos químicos, basura y relaves mineros en los distintos causes de los ríos (Guadarrama et al., 2016).

Bajo estas circunstancias es necesario optar por diversos métodos y procesos, a fin de poder desinfectar el agua, de tal manera que sea apto para el consumo humano, los diversos procesos existentes para la desinfección del agua generalmente llevan consigo altos costos económicos, es por tal razón que es necesario siempre tratar de cuidar la calidad del agua desde su fuente inicial (manantiales, ojos de agua, cabeceras de cuenca) a fin de poder evitar altos costos sociales, ecológicos y económicos (Guadarrama et al., 2016).

En el Perú, el “Reglamento de la Calidad Ambiental para Agua y las disposiciones complementarias” aprobado bajo D.S. N° 004-2017- MINAM menciona que en cada categoría de estándares de calidad de agua se debe establecer un valor en relación al uso que se le pretende dar al cuerpo natural correspondiente y si se quiere destinar un cuerpo de agua para riego y bebedero

de los animales deben considerarse los valores establecidos en la categoría 3 (Ministerio del Ambiente, 2017).

El mismo problema de contaminación se dio a conocer en una entrevista realizada por Tupia Walter (2015) en su publicación señala que en la localidad de Huancavelica, especialmente la Municipalidad Provincial de Huancavelica, indica que la contaminación de su recurso acuífero principal que es el río Ichu se viene dando por los vertimientos de aguas servidas compuestas por detergentes, heces fecales, minerales y demás que son descargados directamente al río generando altos parámetros de contaminación comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Así mismo, la Municipalidad Provincial de Huancavelica (2017) en su informe anual indica que más del 70% de la población arroja sus residuos sólidos en las riberas del río Ichu, y más del 60% de los comerciantes que generan sus residuos en las ferias sabatinas y dominicales los arrojan al río Ichu, cabe señalar también que algunas personas extraen materiales de construcción como hormigón, arena fina o piedra chancada de manera excesiva generando la degradación de la calidad de agua, finalmente señala que existen diversas fuentes de contaminación como el vertimiento de residuos domésticos, aguas residuales, cultivos, ganadería, detergentes, y entre otros que aportan nutrientes al agua (nitratos y fosfatos) que alteran la calidad del río Ichu.

Es así que frente a este problema se propuso determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, para agua categoría 3 riegos de vegetales y bebida de animales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), en el río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica?
- ¿Cuál es la variación del parámetro de coliformes termotolerantes en el río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito Huancavelica?
- ¿Cuál es la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes, en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica, con los Estándares de Calidad Ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021 con los estándares de calidad ambiental de agua, para agua, categoría 3: riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación del parámetro de demanda bioquímica del oxígeno (DBO_5), del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.
- Determinar la variación del parámetro de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Actualmente se cuenta con un problema de alto riesgo que es la contaminación de los ríos y es causado principalmente por el vertimiento de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, también la acumulación de excretas, uso de detergentes y fertilizantes, que generan la elevación de la concentración de diversos parámetros como coliformes totales, fecales, nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, pH entre otros que son causados principalmente por residuos orgánicos e inorgánicos que son desechados directamente al río.

En ese sentido es importante conocer qué concentración tienen los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes en el río Ichu, ya que en altos niveles ocasiona el desuso de agua para el riego y la bebida de los animales, Cianobacterias, Lirios Acuáticos y Lenteja de Agua, que al morir pasan a descomponerse por bacterias aeróbicas que generan la disminución del oxígeno disuelto en el agua provocando la eutrofización del agua, por ello, la contaminación de los ríos es un problema

que debe ser tratado como prioridad ya que influye directamente en la calidad del agua.

1.4.2. Justificación metodológica

La presente investigación hizo uso de técnicas e instrumentos debidamente validados y ampliamente utilizados en la investigación científica, es así que uso el sensor de (DBO_5) el cual es un instrumento validado para medir la demanda bioquímica de oxígeno en el cuerpo del río Ichu empezando desde el punto uno a la altura del camal, segundo punto por el mercado puente ascensión y como tercer punto por el puente Santa Rosa.

1.4.3. Justificación social

Con la investigación se cuenta con resultados que ayuda a informar a la población de Huancavelica del estado de río Ichu si es aceptable o no para el aprovechamiento de este recurso para actividades de agricultura o ganadería. Así mismo permite tomar algunas medidas preventivas y de control para mejora la calidad de agua por parte de las autoridades competentes para que pueda cumplir con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

1.4.4. Justificación práctica

La presente investigación permite saber si los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes del río Ichu del distrito de Huancavelica están dentro del rango de los Estándares de Calidad Ambiental Agua, para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

1.5. Limitaciones

La principal limitación fueron los accesos a los puntos de muestreo establecidos en el recorrido del río Ichu de la ciudad de Huancavelica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

Coello et al. (2015) en Ecuador estableció el estudio “*La calidad de agua utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Fundación Nacional de Sanidad de Estados Unidos (NSF) en los ríos alto andinos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocha que forman parte del Parque Nacional Sangay en Ecuador*”, realizó un estudio en base a los cambios medioambientales y actividades antropogénicas, para el estudio estableció 18 puntos de monitoreo, 4 en el río Pomacocha, 6 en el río Ozogoché y 8 en el río Pichahuiña, en los cuales realizó análisis fisicoquímicos y microbiológicos, a partir del análisis realizado a cada uno de los ríos, los resultados mostraron que la calidad de agua de los ríos según el índice de calidad de agua se encuentran en la región de buena calidad.

Ramos & Andino (2011) realizó el estudio de “*Caracterizar la calidad del agua subterránea de pozos perforados en el Departamento El Paraíso, Honduras*”, para identificar las posibles fuentes de contaminación realizaron muestreo en 35 pozos ubicados en zonas tanto rurales como urbanas, para la evaluación de la calidad de agua adaptó el instrumento de evaluación del índice de calidad de agua basado en el Índice Canadiense de Calidad de Agua (CWQI) y el Índice de Agua Subterránea (GWQI), a partir del análisis realizado en cada punto de monitoreo concluyeron que no existían diferencias significativas entre los pozos rurales y pozos urbanos, también el 57% de los pozos se ubicaron en la categoría de excelente y los parámetros que influyeron más en la evaluación de la calidad fueron la turbidez, dureza color y bacterias termotolerantes.

Pino (2016) en su tesis de pre grado “*Determinación de la calidad de agua del sistema de riego Chi Pungales y su incidencia en la producción de*

maíz de la comunidad Pungal Santa Marianita del Cantón Guano”, en la provincia de Chimborazo sierra Centro, Riobamba Ecuador, tuvo la finalidad de determinar la calidad del agua y su influencia en el suelo y maíz cultivado, tuvo una metodología de nivel explicativo descriptivo empleó el método inductivo para la recolección de datos maestres, empleó un plan de monitoreo con 5 puntos principales en asentamientos humanos, actividades agrícolas y ganaderas, 4 puntos en el río que alimentan el canal de riesgo, después del análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos indicó que los coliformes fecales son altos, los parámetros en el suelo son adecuados pero la humedad y el carbono son deficientes, concluyendo que el suelo tiene deficiencias para producir cultivos, la fuente principal de contaminación son las aguas residuales, los coliformes totales y fecales sobrepasan los límites, el agua del río no supera ninguno de los parámetros.

Villa (2011) en su tesis para obtener el grado de Máster: *“Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi”*, propuestas de tratamiento y control de la contaminación, Cádiz España; pero el área de investigación se encuentra en Cantón Yacuambi, provincia de Zamora Chichipe al sur de Ecuador, el objetivo primordial fue evaluar la calidad de agua y planear un tratamiento óptimo para el control de la contaminación, del agua mediante la comparación con las Normas Técnicas Ecuatorianas, después del monitoreo de 6 puntos analizando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos concluyendo así que los parámetros físicos cumplen con la Norma Técnica Ecuatoriana, pero los parámetros químicos y microbiológicos superan los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana, especialmente la Demanda Bioquímica de Oxígeno y los coliformes termotolerantes.

2.1.2. A nivel Nacional

Montalvo & Quispe (2020) en la tesis denominado *“Estudio de la calidad del agua en la quebrada de la comunidad San José de Canay, Cajamarca”*, la metodología que aplicaron fue la de identificación de puntos

de muestreo antes del ingreso de las aguas a un relleno sanitario y en la salida de la quebrada, evaluó los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos tales como coliformes totales, coliformes termotolerantes, metales disueltos, aniones que fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3. Riego y Bebida de animales, los principales resultados que obtuvo fueron que la calidad del agua es buena ya que los parámetros no exceden los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental para la categoría 3. Riego y Bebida de animales concluyendo que el agua que discurre por la comunidad no se encuentra alterada por los lixiviados generados por el relleno sanitario lo cual indica que es apta para el uso de riego sin riesgo de contaminación.

Salazar (2018) en su estudio de Tesis de grado titulado *Influencia del vertido del efluente líquido del camal municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona*. Realizo una metodología, aplicada de tipo descriptivo y no experimental, el objetivo de la investigación fue determinar la calidad de agua por medio de la caracterización de las aguas residuales considerando la temperatura, pH, aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes Totales y Termotolerantes, sólidos suspendidos totales, nitrógeno y fósforo total, consideró dos puntos de muestreo, el primero aguas arriba del camal y el segundo aguas abajo del camal. Luego, las muestras de agua se mandaron a analizar autorizado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) para compararlas con el estándar de calidad ambiental de agua. Los resultados obtenidos para el punto uno y dos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo fueron los siguientes para DBO₅ se obtuvo un valor de 4.3 mg/l y 22.3 mg/l. El resultado en el punto uno no supera el estándar de calidad ambiental de agua, pero en el punto número dos supera el estándar de calidad ambiental de agua. Con respecto al parámetro de coliformes termotolerantes los resultados del punto uno es 5 222.5 NMP/100 ml, y del punto dos fue 77 250 NMP/100 ml.

Menéndez (2018) en su tesis que titula “*Evaluación de parámetros fisicoquímicos y calidad bacteriológica del río Coata – región Puno 2015*”,

como objetivo general tuvo Evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río Coata en tres zonas (A, B, C). Como resultado del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno fue para la zona A el promedio fue de 30,56 mg/L, zona B 30,92 y zona C 21,37 mg/L. los valores obtenidos superan los valores permisibles para ríos de sierra, según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que la concentración máxima permisible es 10 mg/L. El resultado para el parámetro de coliformes termotolerantes en la zona A no se encontró coliformes termotolerantes, zona B 26,83 y zona C 13,42, estableciendo que los valores promedios difieren en una zona de estudio, durante el tiempo de muestreo, además, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles señalados en el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que el mismo no debe ser mayor a 2000 NMP/100 ml.

Chavez (2018) según la investigación *Determinación del índice de calidad del agua de consumo humano, del centro poblado de Aguas Frescas, distrito Chontabamba-2018* se basa en el análisis de parámetro fisicoquímicos y biológicas para determinar el índice de calidad del agua, el tipo de investigación aplicada, de nivel de descriptivo no experimental. La recolección de datos se obtuvo de las fuentes de agua, los parámetros de campo se realizó in situ con el multiparametro para los parámetros fisicoquímicos y biológicos se envió a analizar al laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A. Los resultados de los parámetros de campo como: el pH tuvo un valor promedio de 8.07, temperatura 19.88 grados celcios, los resultados de los parámetros biológicos fueron para Coliformes Totales 1600 NMP/100ml, Coliformes Termotolerantes 6.8 NMP/100ml. Comparando con el estándar de calidad de agua, para aguas de la categoría 1 solo para coliformes termotolerantes cumple y comparación con los límites máximos permisibles exceden los valores límite permitidos. Los resultados de demanda bioquímica del oxígeno (DBO5) no supera los estándares de calidad de agua ni límites máximos permisibles establecidos para agua de consumo humano.

Peréz (2017) en su estudio *Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales OMO* realizado en la Universidad José Carlos Mariátegui- Moquegua, tuvo como objetivo principal determinar el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales OMO. Dicho índice clasificó en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, calificada como excelente, buena, media, mala y muy mala. Para la evaluación se utilizó el indicador índice de calidad de agua NFS, el cual contempla nueve parámetros que son: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno. Para conocer las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua se analizó la información obtenidas de la administración local del agua Moquegua, con dichos resultados se calculó el índice de calidad de Brown-NSF. En el río Moquegua antes del vertimiento presenta un ICA-NSF de 51,44 que representa calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que representa calidad mala. Los monitoreos realizados antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, superan los estándares de calidad ambiental con la categoría 3, en los parámetros de pH, fosfatos, DBO₅, OD y coliformes termotolerantes, mientras que los demás parámetros evaluados se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

Cumpa (2015) según la investigación *Flora ribereña y calidad de agua de uso agrícola en cuenca baja del río Virú*, en la investigación se consideró seis puntos de muestreo a lo largo de río Virú, los monitoreos se realizó cada quince días durante los meses de noviembre y diciembre. Para la toma de muestra se ingresó a la parte central del río y se usó tres envases de capacidad de 1000ml. el primer envase se enjuago tres veces para tomar muestras para realizar análisis fisicoquímicos, el segundo envase fue de color ámbar para realizar el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) por lo cual se enjuago. El tercer envase es de color transparente para recoger muestras para

realizar análisis microbiológico. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Servicio y Análisis a la Comunidad e Investigación de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo. Los resultados fueron para DBO₅ entre 0.2525 a 0.67 mg/l de coliformes termotolerantes de 20.5 a 1100 NMP/100ml.

Villanueva (2013) según el estudio que realizó denominado *Análisis de la biodiversidad de macro invertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín - Perú*. Considero tres puntos de monitoreo, Los objetivos de la investigación fue determinar el nivel de concentración de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), coliformes termotolerantes. También la diversidad de macro invertebrados bentónicos y proponer algunas soluciones para mitigar los impactos ambientales sobre la biodiversidad. Esta investigación uso métodos de observación, descripción y explicativo, de tipo básico y diseño no experimental. Se desarrolló en el río Cunas ubicado en la sierra central del Perú que es un afluente del río Mantaro, en los sectores que se consideró para el muestreo hubo poblaciones humanas en ambas márgenes del río. Los valores obtenidos en la medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los puntos de monitoreo son los siguientes: de la actividad pesquera 7.7 mg/l, actividad pecuaria 868 mg/l y la actividad urbana 428.3 mg/l. Por lo tanto, el primer valor no supera los estándares de calidad ambiental, para agua y los dos siguientes que son de las actividad pecuaria y urbana sobrepasan los estándares de calidad ambiental, para agua. Las concentraciones de coliformes termotolerantes se encuentran 39 NMP/100ml esto en época de avenida y 1100NMP/ml en época de estiaje, el incremento del valor de coliformes termotolerantes se debería a las descargas de aguas residuales de las poblaciones situadas cerca al río.

2.1.3. A nivel Local

Chávez y Sánchez (2010) en su investigación *“Evaluación Técnico Ambiental de los Recursos Hídricos e Hidrobiológicos de las Lagunas de Choclococha y Ccochapata, Huancavelica”*, de la Universidad Nacional de

Huancavelica, Perú, tuvo como objetivo caracterizar medioambientalmente las lagunas Ccochapata y Choclococha en relación a las actividades acuícolas, emplearon la metodología de puntos de muestreo en diferentes partes de las alugas seleccionadas y los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua DS.002-2008-MINAM de forma especial la categoría 4: conservación del ambiente acuático, a partir de ello obtuvieron los siguientes resultados: existe presencia de metales pesados en los sedimentos, en mayor concentración encontraron cadmio y arsénicos, los cuales superan los ECA's para agua, en cuanto a los parámetros microbiológicos como coliformes totales y termotolerantes señalan que se encuentran en concentraciones adecuadas y son similares a los de ecosistemas acuáticos.

Estudios sobre monitoreo de calidad de agua en el rio Ichu hasta el momento no se ha realizado. Por lo tanto, esta investigación es la primera en poder realizarse, pero limitadamente en solo parámetros de DBO₅ y coliformes totales en el agua.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Teorías de la investigación

2.2.1.1. Teoría de los cuatro elementos

Tales de Mileto en el año 624 A.C en la Grecia antigua fue el primer filósofo griego en plantear la naturaleza última del mundo, concebida sobre la base de un primer y último elemento: el agua, para el filósofo presocrático, el agua es el principio de todas las cosas que existen; el agua es origen que dio comienzo al universo, una idea que los griegos llamaban arjé (del griego ἀρχή, fuente, principio u origen) (Aquae Fundación, 2018).

De esta manera nació la primera teoría occidental sobre el mundo físico, es considerado el precursor de la ciencia moderna y es uno de los principales sabios de Grecia iniciador de la escuela de Mileto, la primera de las escuelas filosóficas de la antigua Grecia, en un mundo marcado por la

interpretación mitológica de los fenómenos de la naturaleza, Tales de Mileto recurrió a explicaciones racionales para mostrar el funcionamiento del mundo (Aqua Fundación, 2018).

En la filosofía griega, se dan cuatro propuestas diferentes acerca del estado primordial de la materia (tierra, agua, fuego y aire), Al principio fue el agua, la historia de la filosofía comienza con la figura de Tales y con la tesis de que el agua es el elemento primordial del que surge toda la realidad; el rito citado se sustenta, pues, en la creencia de que el agua, como líquido elemental, es la sustancia de la vida, no es extraño, por tanto, que el agua de las fuentes, lagos o los ríos sea venerada y divinizada en múltiples formas (Dueso, 2009).

2.2.1.2. Teoría de la generación espontánea

Aristóteles 384 A.C. menciona que la teoría de la generación espontánea fue el nombre que recibió la creencia de que ciertas formas de vida animal y vegetal surgían de manera automática, espontánea, a partir de la materia orgánica, la materia inorgánica o alguna combinación de ambas (Raffino, 2019).

También fue aceptada y sustentada por pensadores del siglo XVII y XVIII como Sir Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton, quienes desconocían el mundo de la microbiología; la creencia era que si se dejaban en un recipiente los elementos correctos (digamos: ropa interior sudada y trigo), se encontraría al cabo de cierto tiempo en su lugar algún tipo de animales digamos: ratones (Raffino, 2019).

2.2.1.3. Teoría de la biogénesis

El químico francés **Louis Pasteur en 1861** demostró de forma inequívoca que estas creencias eran falsas, mostrando evidencias a favor de la teoría de la biogénesis, el experimento que propuso consistió en llenar de solución nutritiva unos matraces de cuello largo en forma de S; esta silueta permite entrar el aire, pero no a los microorganismos, ya que quedan retenidos en la curva (Bermejo, 2019).

Tras el llenado se calentaba el matraz para eliminar cualquier microorganismo que estuviera ya presente en la solución, el resultado fue que la solución quedaba inalterada durante semanas, pero si rompía el cuello del matraz, entonces en pocos días se contaminaba la muestra y con ello se evidenció que los microorganismos que crecen en la materia inerte en realidad han sido atraídos por el aire, y no que se generarán de forma espontánea (Bermejo, 2019).

Antony Van Leeuwenhoek en 1674, con sus trabajos pone en cuestionamiento la teoría de la generación espontánea y empieza abrir paso a la teoría de la Biogénesis. evoca por primera vez las minúsculas formas de vida que observó en las aguas de un lago, entre los descubrimientos de Leeuwenhoek está las bacterias (Dadon et al., 2010).

El descubrimiento de los animálculos o infusorios tuvo grandes repercusiones en el desarrollo de la biología, Leeuwenhoek comunicó a la Royal Society: “En agua de lluvia que había permanecido varios días en un jarrón vidriado, descubrí criaturas vivientes (Dadon et al., 2010).

2.2.1.4. Teoría de la evolución del origen de la vida

La teoría del origen de la vida, de **Aleksander Ivánovich Oparin en el año 1924** menciona que cuando surge el proceso de fotosíntesis se puede decir que estamos ante un hito fundamental en la historia evolutiva de la Tierra, la fotosíntesis es una continua fuente de energía, ya que utilizando la radiación solar como combustible y moléculas simples y abundantes como el CO₂ y el agua, produce moléculas ricas en energía, los azúcares, que pueden ser consumidos por el resto de los organismos de esta forma, la ya empobrecida “sopa orgánica” inicial vuelve a enriquecerse de nutrientes (Dadon et al., 2010).

Otro de los productos de la fotosíntesis es la liberación de O₂., recordemos que en nuestro planeta primitivo no había oxígeno y que comenzó a acumularse por la fotosíntesis que probablemente la mayoría de Archaea y Eubacteria intolerantes al mismo se extinguieron, sin embargo, algunas

células procariontes adquirieron la capacidad de utilizar el oxígeno en una vía metabólica que rendía cantidades muchos mayores de energía: la respiración oxigénica y la difusión del oxígeno a la atmósfera exterior permitió la formación de (ozono), importante escudo protector contra la radiación ultravioleta (Dadon et al., 2010).

2.2.2. Calidad del agua.

El término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como doméstico, riego, recreación e industrias; 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).

Bauer et al. (2017) señala que a nivel nacional no existen controles muy exigentes en lo que se refiere a la calidad de las aguas, Sólo en las ciudades más importantes, las cuales suman aproximadamente el 62% de la población urbana total, existen monitores regulares en cuanto a control y vigilancia de la calidad de las aguas, en el resto de las ciudades existe una orfandad absoluta.

De acuerdo a Bauer et al. (2017) las causas que determinan esta situación en la mayoría de los casos son:

- Baja implementación de laboratorios.
- Inadecuado control y manejo de las potabilizaciones de agua los cuales no garantizan las condiciones de solubilidad.
- Desactualización de normas que garanticen la preservación de la calidad de aguas.
- Falta de programas o planes de monitoreo.
- Falta de mantenimiento y operación en las plantas de tratamiento.

- No existe el personal capacitado para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento y laboratorios en el ámbito a nivel nacional.
- Las autoridades competentes no velan por el cumplimiento de las normas establecidas sobre calidad, protección y salubridad de las aguas.

Calidad de agua, respecto a este punto, no es mucho lo que puede hacer el ciudadano común para evitar la contaminación del recurso hídrico y en este sentido mucha mayor responsabilidad les cabe a las instituciones del Estado (nacionales, provinciales y municipales), a la industria y a los productores agropecuarios; el ciudadano puede aportar en el mantenimiento de la calidad, evitando arrojar desechos y residuos en los ríos, arroyos y lagunas (Auge, 2007).

Es común que los fines de semana, en los lugares de esparcimiento vecinos a cuerpos de agua superficial, se arrojen bolsas de polietileno vacías o con basura, botellas de plástico y de vidrio, latas y otros tipos de residuos, que finalmente terminan flotando, o en el fondo de dichos cuerpos, algo similar sucede en las playas de la costa bonaerense durante las vacaciones, con el agravante de que, en éstas, la carga de sustancias contaminantes es diaria, abarcando un lapso de 4 meses al año (Auge, 2007).

2.2.3. Contaminación del agua.

La contaminación del agua es un cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua, así mismo también se define como la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que se han recolectado hasta tal magnitud que van generando una gran cantidad de consecuencias; entre las cuales se incluye el desequilibrio en la vida de seres vivos como animales, plantas e incluso personas susceptibles de distintas enfermedades (Sierra, 2011).

El agua se contamina cuando se echan residuos o materiales contaminantes a las fuentes de agua, puede ser una industria que vierte los desechos de sus procesos químicos al río; puede ser un agricultor que emplea

sustancias tóxicas para eliminar plagas o hierbas en sus cultivos; puede ser una persona que deposita basura en los ríos o lagos, y hasta nosotros mismos en nuestras casas cuando arrojamos por el inodoro pinturas, aceites o sustancias venenosas (Solsona, 2002).

Es decir, desde las grandes empresas, los agricultores, mineros y a cada uno de nosotros, todas las personas tienen algún grado de responsabilidad en relación con la contaminación y si bien es cierto que algunos contaminan más que otros, en realidad, todos somos contaminantes potenciales, dicho de otro modo, el cuidado y protección de la calidad del agua es responsabilidad de todos (Solsona, 2002).

2.2.4. Contaminación por parámetros físicos químicos y biológicos.

2.2.4.1. Parámetros físicos.

Los parámetros físicos, son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura (Rigola, 1990).

Sabor y Olor: son parámetros organolépticos que para su medición no se cuentan con instrumentos pero presentan gran relevancia en el análisis del agua potable que se encuentra destinado para consumo humano, generalmente las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_2 , El CO_2 le da un gusto picante, trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables (Rigola, 1990).

Color: El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible, no se pueden atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores de aguas naturales son indicativos de ciertos contaminantes, las medidas de color se hacen normalmente en laboratorio por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto Cl_2Co , y cloroplatinato de potasio Cl_2PtK_2 , y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidades

Hazen) o simplemente Pt, las aguas subterráneas no suelen sobrepasar valores de 5 ppm de Pt, pero las superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm (Rigola, 1990).

Turbidez: la turbidez definida, en términos generales como una mezcla que oscurece o disminuye la claridad natural o transparencia del agua, es producida por materias en suspensión como arcilla, cieno o materia orgánicos e inorgánicas finamente divididas, como compuestos orgánicos solubles coloreadas, plancton y otros microorganismos, tales partículas varían en tamaño desde 0.1 hasta 1000 nm (nanómetros) de diámetro, el resultado de la turbidez se obtiene a partir de la dispersión y absorción de la luz incidente sobre las partículas y están controladas por el tipo y concentración de materia suspendida (Garcia et al., 2008).

Transparencia: La transparencia puede ser indicada fácilmente ser medida en el campo y, consiguiente, incluye programas de muestreo regular, especialmente en lagos y represas, con el objetivo de obtener una información sobre el nivel de actividad biológica, este valor se determina por el uso de un disco circular (disco Secchi), que se sumerge en la columna de agua hasta desaparecer a la vista, y se registra esa profundidad mediante el cable que lo sostiene y que esta calibrado (Garcia et al., 2008).

Color: El color y la turbidez del agua determinan la profundidad la cual la luz el transmitida y controlan la cantidad de productividad primaria posible, el controlar la tasa de fotosíntesis de las algas presentes, es posible medir tanto el color aparente como el verdadero: las aguas contienen sustancias minerales de hierro, y sustancias orgánicas, como el ácido húmico, que le confieren el color verdadero al agua; el color verdadero solo puede ser perdido en muestras después de filtración o centrifugación (Garcia et al., 2008).

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la

formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Rigola, 1990).

2.2.4.2. *Parámetros Químicos.*

Ph: el pH es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua, por convención está definido como: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, Por análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14, la escala de valores del pH se asemeja a la de un termómetro, es importante decir que el pH mide el grado de acidez o de alcalinidad, pero no determina el valor de la acidez ni de la alcalinidad, el pH se puede medir en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos (Sierra, 2011).

Acidez: La acidez en las aguas naturales es ocasionada por la presencia de CO_2 o la presencia de un ácido fuerte (H_2SO_4 , HNO_4 , HCl), se aprecian los diferentes tipos de acidez de acuerdo con el rango de pH. El CO_2 es un componente normal de las aguas naturales, entra al agua por absorción de la atmósfera, también, puede presentarse debido a que el CO_2 se produce en la descomposición biológica de la materia orgánica (Sierra, 2011).

Alcalinidad: la alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos, la alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (Sierra, 2011).

Dureza: Se denomina dureza a la propiedad que tienen ciertas aguas de cortar el jabón, es decir, requieren grandes cantidades de jabón para producir espuma, generalmente las aguas duras también tienen la particularidad de que a elevadas temperaturas forman incrustaciones en los equipos mecánicos y las tuberías, las aguas duras, fuera de las molestias ocasionadas con el jabón, no presentan ningún problema sanitario, sin embargo, si van a ser utilizadas en la industria, deben ser tratadas y el proceso que se utiliza para remover la dureza se llama ablandamiento o suavización (Sierra, 2011).

Sólidos Disueltos: Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada, corresponde al residuo seco con filtración previa, el origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales (Rigola, 1990).

Sólidos en Suspensión: Los sólidos en suspensión (SS), es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se puede determinar pesando el sólido que queda en el filtro, después de secado. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1ppm (Rigola, 1990).

Metales tóxicos: Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio, todos ellos deben ser estrictamente controlados en el origen de la contaminación. Las mediciones analíticas se realizan en general por espectrofotometría de absorción atómica (Rigola, 1990).

2.2.4.3. *Parámetros biológicos.*

Tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales, la descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmicos y fúlvico y a materia colorantes y los residuos domésticos contienen materias en descomposición, detergentes y microorganismos, de la actividad agrícola resultan residuos de herbicidas (Rigola, 1990)

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): el parámetro más ampliamente utilizado para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua es la demanda bioquímica de oxígeno, la DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica, la prueba de DBO más conocida es la DBO₅, esta prueba se realiza incubando la muestra de agua en el laboratorio y al cabo de cinco días se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, y los resultados se reportan en mg/L de oxígeno consumido (Sierra, 2011).

Demanda química de oxígeno (DQO): la DQO es una prueba ampliamente utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua, a diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos, el dicromato de potasio constituye actualmente el mejor agente oxidante para la determinación de la DQO, este compuesto tiene la capacidad de oxidar la gran mayoría de sustancias orgánicas, además, es fácil de determinar su concentración antes y después de la prueba lo cual hace que se pueda calcular el oxígeno consumido, otra de las ventajas de la DQO es el poco tiempo que duración de la prueba: mientras un análisis de DBO tarda 5 días, uno de DQO demora 3 horas (Sierra, 2011).

Indicadores de contaminación fecal: El control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente puede llevarse a cabo mediante la enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal, estas bacterias pueden ser utilizadas para valorar la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación, no existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio. (Murrell et al., 2013).

Coliformes totales: los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β -galactosidasa (Murrell et al., 2013).

Coliformes termotolerantes: los Coliformes Termotolerantes, denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen, en su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua,

vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal, por esto algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes (Murrell et al., 2013).

Fuente: Vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos de animales (Murrell et al., 2013).

Parámetros Microbiológicos (coliformes termotolerantes y coliformes totales).

Es conocido que el "gran enemigo" es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto, generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando, son *Escherichia coli*, *Streptococcus fecales* y *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas) (Murrell et al., 2013).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de agua (Murrell et al., 2013).

Características: Los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 °C, comprenden a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Murrell et al., 2013).

Los coliformes totales son bacterias gram negativas, forma de bastoncillos, estos se desarrollan en presencia en sales biliares u otros agentes tenso activos, fermentan lactosa a 35-37°C°, produciendo gas y ácido, son oxidasa negativa y no forman esporas (Murrell et al., 2013).

Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

Los estándares de Calidad Ambiental (ECA's), fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente, el propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada (Romero, 2005).

2.2.4.4. *Demanda bioquímica de Oxígeno*

La materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua, el alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos en tanto el oxígeno utilizado para la oxidación de materia orgánica, consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática, entre los efectos al ecosistema se encuentra el cambio en la calidad de agua, elevación del pH provocando la desaparición de la vida acuática (Romero, 2005).

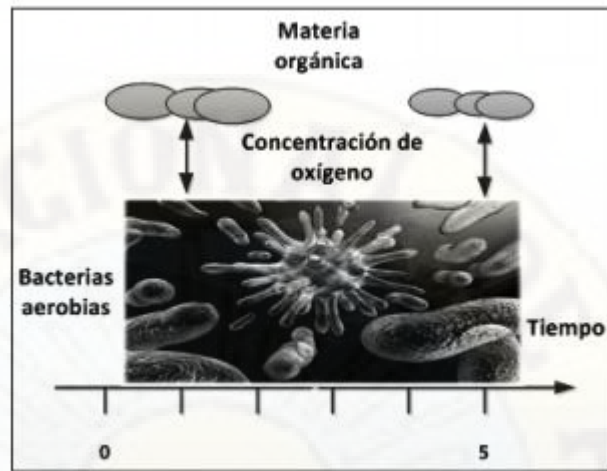
Indicador de la contaminación

Existe una relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua y su grado de contaminación

A mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla y degradarla, la demanda bioquímica de oxígeno se usa para medir la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en una muestra de agua (Ramalho, 2003).

En tanto la DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR), como también en el control de agua potable (Ramalho, 2003).

Figura 1. *Concentración de oxígeno residual*



Por otro lado, la DBO de cinco días o DBO5 es la cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación.

$$DBO_{final} = \frac{OD_{inicio} - OD_{final}}{P}$$

Modelo matemático

El modelo de la DBO fue propuesto por StreeterPhelps, basándose en la ley empírica de Thierault. Este modelo es una ecuación diferencial de primer orden (ODE) que parte del supuesto que la velocidad de oxidación bioquímica de la materia orgánica es directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica biodegradable presente (Romero, 2005).

$$dL/dt = -k_1 L$$

Donde:

L_t = Es la DBO remanente en el agua en el tiempo.

k_1 = Constante cinética (mg/l).

L = DBO remanente en. La solución a la ODE es:

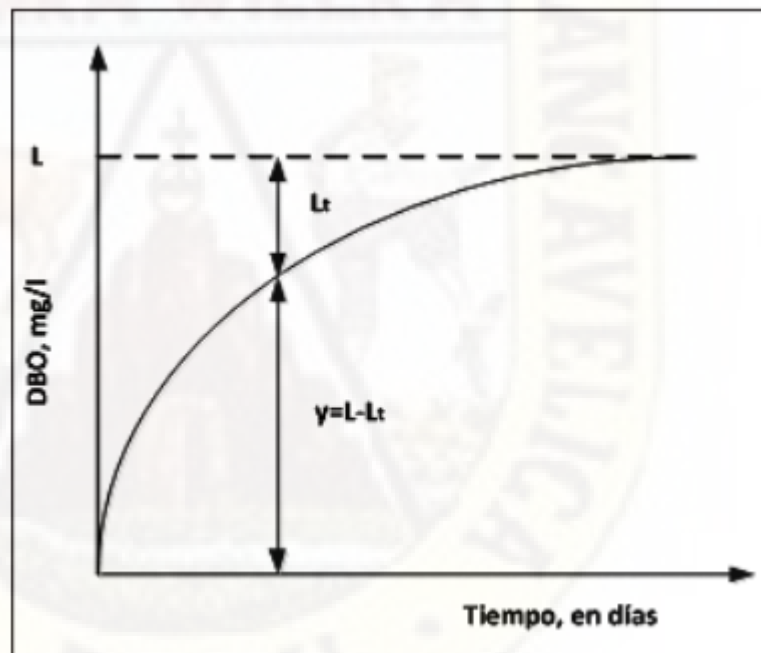
$L = L e^{-k_1 t}$, equivalente a:

$$L_t = L \times 10^{-Kt}, K = k_1 / \ln(10)$$

La DBO en cualquier tiempo, viene dada como la diferencia entre el valor al principio y el valor del tiempo.

$$y = L - L_t = L(1 - 10^{-Kt})$$

Figura 2. DBO en el tiempo t



La relación entre la DBO_5 y la DQO indica la importancia de los vertidos dentro de las aguas residuales y su posibilidad de biodegradación, la ratio DBO_5 / DQO si se encuentra en el rango el agua es poco biodegradable; en, el agua es biodegradable; y a valores mayores indica que el agua es altamente biodegradable (Romero, 2005).

$$K_T = K_{20} \Theta^{T-20}$$

Donde:

K_T = Constante para una temperatura T

K_{20} = Constante para una temperatura $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Theta = 1.056$ para T entre 20 y 30, 1.135 para T entre 4 y 20.

>Arrhenius (0.1014, 29.5020)

2.2.4.5. *Indicadores de contaminación fecal*

El control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente puede llevarse a cabo mediante la enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal, estas bacterias pueden ser utilizadas para valorar la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación (Apella & Araujo, 2008).

No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio, los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos (Apella & Araujo, 2008).

2.2.4.6. *Bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal*

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte del 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 (Apella & Araujo, 2008).

2.2.4.7. *Coliformes totales (CT)*

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa,

no forman esporas y presentan actividad enzimática β -galactosidasa (Apella & Araujo, 2008).

2.2.4.8. *Coliformes termotolerantes (CF)*

Los coliformes termotolerantes (CF), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen, en su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) (Miranda, 2016).

Fuente

Vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos de animales.

2.2.4.9. *Parámetros Microbiológicos (coliformes termotolerantes y coliformes totales).*

Es conocido que el "gran enemigo" es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto, generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando son: *Escherichia coli*, *Streptococos fecales* y *Clostridios* (anaerobios y formadores de esporas) (Apella & Araujo, 2008).

Características:

Los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 C°, comprenden a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Los coliformes totales son bacterias gram negativas, forma de bastoncillos, estos se desarrollan en presencia de sales biliares u otros agentes tenso activos (Apella & Araujo, 2008).

2.2.4.10. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

Los estándares de Calidad Ambiental (ECA's), fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente, el propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada (Ministerio del ambiente , 2017).

2.3. Bases conceptuales

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, parámetro de mayor significación cuando se trata de determinar la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en corrientes de agua en las que persistan condiciones aeróbicas, normalmente se determina la demanda a los 5 días y mediante ecuaciones de cinética bacteriana se extrapolan los resultados a los 20 días, para obtenerlos más rápidamente (Sierra, 2011).

Coliformes termotolerantes.

Los coliformes termotolerantes, denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen, los coliformes termotolerantes integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de estos últimos, en que son indol positivo, su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua (Álvarez et al., 2012).

Los coliformes termotolerantes, antes denominados coliformes fecales, presentaron un cambio de nombre debido a que se demostró que en

el grupo de coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas de 44,5 °C y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal (García & Iannacone, 2014).

2.4. Definición de términos

- a) **Advección:** Representa el transporte del contaminante originado por la velocidad del flujo (Agua, 2002).
- b) **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (Ministerio de Salud, 2011).
- c) **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- d) **Agua de consumo humano:** agua apta para consumo humano y para todo uso (Ministerio del Ambiente, 2019)
- e) **doméstico habitual:** Incluida la higiene personal (Ministerio de Salud, 2011).
- f) **Bacteria:** Las bacterias son organismos unicelulares procariontes, esto quiere decir que están formados por una sola célula carente de núcleo. Su ácido desoxirribonucleico se encuentra libre en el citoplasma y no tienen organelos, como las mitocondrias, cloroplastos o aparato de Golgi. A pesar de su sencilla organización celular, cuentan con una pared celular (capa de polisacáridos) que envuelve la célula proporcionándole rigidez y protección. Son tan pequeñas que es imposible verlas a simple vista, solamente cuando llegan a agruparse formando colonias es cuando las podemos reconocer (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2019).
- g) **Control de calidad:** Conjunto de medidas que, según una metodología de análisis de muestras, aseguran que el proceso se encuentra bajo control (Ministerio del Ambiente, 2017).

- h) **Dosis:** La cantidad de una sustancia a la que se expone una red de distribución durante un periodo de tiempo. En general, cuanto mayor es la dosis, mayor es la probabilidad de un efecto nocivo o benéfico (Ministerio del Ambiente, 2017).
- i) **Evaluación de calidad:** Procedimiento para la determinación de la calidad de las medidas de laboratorio mediante el empleo de datos a partir de las medidas de control de calidad internas y externas (Ministerio de Salud, 2011).
- j) **Muestra:** Porción representativa de las condiciones naturales de un cuerpo de agua (Sampieri et al., 2010).
- k) **Muestreo:** Es un instrumento de gran validez en la investigación, por medio del muestreo, el investigador selecciona las unidades representativas para obtener los datos que le permitirán obtener información acerca de la población que investiga (Gomez, 2012).
- l) **Parámetros microbiológicos:** Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- m) **Parámetros organolépticos:** Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (Ministerio de Salud, 2011).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

Hipótesis nula:

La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, no supera los estándares de calidad ambiental de agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

Hipótesis alterna:

La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM

2.6. Variables

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
- Coliformes termotolerantes

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 1.
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Unidades de medida	Instrumento	Técnicas o protocolo
Demanda bioquímica de oxígeno.	La demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual, es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos (Sierra, 2011).	Para medir el DBO ₅ se usará el sensor D.B.O SKU: F102B0133 ecológico (sin mercurio), con microprocesador, mediante la técnica manométrica, el cual usa un transductor de presión controlado por un microprocesador que convierte la lectura del display directamente en el valor de la DBO. Después de la lectura del DBO ₅ es posible determinar la DBO total.	Partículas suspendidas.	Carga orgánica.	De razón	mg/L	Sensor DBO ₅	Dilución.
Coliformes termotolerantes	Son organismos que no pueden ser observados si no es con la ayuda de un microscopio, y que causan enfermedades en los seres humanos (García & Iannaccone, 2014).	Para la medida de los coliformes termotolerantes por el método del número más probable (NMP), consiste en fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35 °C durante 48 horas utilizando un método de cultivo que contenga sales biliares.	Cantidad de coliformes termotolerantes	Colonias de coliformes termotolerantes		UFC/100 ml	Incubadora.	Número más probable.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Básica: También recibe el nombre de investigación pura, teórica, dogmática y fundamental, se caracteriza porque parte de un marco teórico y permanece en él; la finalidad radica en formular nuevas teorías o modificar las existentes, en incrementar los conocimientos científicos o filosóficos, pero sin contrastarlos con ningún aspecto práctico, esta forma de investigación emplea cuidadosamente el procedimiento de muestreo, a fin de extender sus hallazgos más allá del grupo o situaciones estudiadas (Riveros, 2008).

El trabajo de investigación no busca desarrollar o crear teorías, lo que buscó fue determinar si el río Ichu del distrito de Huancavelica no supera los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales.

3.2. Nivel de investigación

Descriptivo: El diseño de investigación descriptivo es un método científico que consiste en observar y describir el comportamiento de un sujeto fenómeno que se estudie sin influir en él de ninguna manera, cabe mencionar que el carácter de no intervenir en ninguna medida es de vital importancia para este diseño (Hale, 2018).

En la presente investigación se usó el nivel de investigación descriptiva ya que solo se encargó de recoger la información con respecto a los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes termotolerantes del río Ichu del distrito de Huancavelica, en la que el investigador no tiene ninguna influencia en la variable de estudio.

3.3. Método de Investigación

3.3.1. Método general

El método científico es el camino planeado o la estrategia que se debe seguir para obtener un resultado; éste opera con conceptos, definiciones, hipótesis, variables e indicadores que son los elementos básicos que proporcionan los recursos e instrumentos intelectuales con los que se ha de trabajar para construir el sistema teórico de la ciencia, y así lograr el objetivo de la investigación (Gómez, 2012).

La investigación científica entendida como disciplina, es un ámbito de conocimiento reciente, que se encuentra en la actualidad en un momento de cambio debido al avance de los nuevos sistemas de accesos e intercambio de información y al impacto que ha tenido la computarización y lo que está produciendo en el modo de recopilación y tratamiento de la información (Gonzales et al., 2011).

El proyecto de investigación está orientado al método científico, ya que es el medio mediante el cual obtendremos nuevos conocimientos de manera ordenada, comprobada y sistematizada con respecto a los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu del distrito de Huancavelica.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación no experimental, es la que no manipula deliberadamente las variables a estudiar, lo que hace este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto actual, para después analizarlo, en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, existen diferentes criterios para clasificar la investigación no experimental, adoptaremos la dimensión temporal, es decir de acuerdo con el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan los datos (Cortés & León , 2004).

Diseño descriptivo simple: Aquí se busca y recoge información respecto a una situación previamente determinada (Gonzales et al., 2011). Su esquema es el siguiente:



Donde:

M: Muestra.

O: Observación

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población o universo es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares, así podríamos hablar de la población de Colombia o México, del número de miembros de un sindicato de trabajadores, de la población de indígenas residentes en un pueblo sureño o de la cantidad de estudiantes universitarios (Gonzales et al., 2011).

Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones (Sampieri et al., 2010).

La población en este proyecto de investigación es el río Ichu del distrito de Huancavelica comprendido desde el Camal Municipal hasta el puente Santa Rosa.

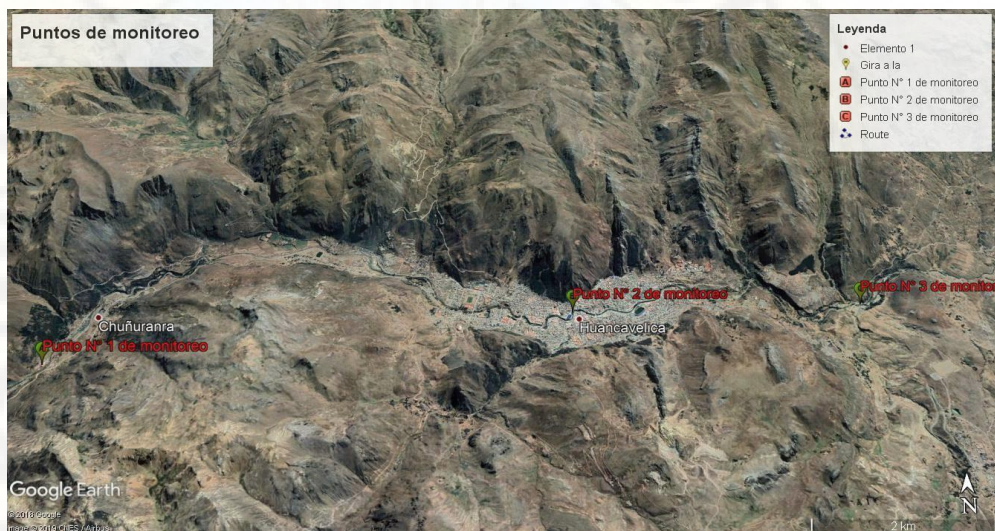
3.5.2. Muestra

Muestra no probabilística o dirigida. Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación (Sampieri et al., 2010). En la investigación se tuvo tres puntos de muestras.

3.5.3. Muestreo

Las muestras no probabilísticas, también conocidas como muestras dirigidas, en donde la selección de muestras es orientada por las características de la investigación más que teniendo en consideración un criterio estadístico (Sampieri et al., 2010).

Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo en el río de Ichu sector urbano



Fuente: Google Earth Pro.

a) 50 m río arriba del camal municipal del distrito de Huancavelica.

Figura 4. Ubicación del punto 1 de muestreo



Fuente: propia tomado con cámara fotográfica.

b) 50 metros arriba del puente de Ascensión.

Figura 5. *Ubicación del punto 2 de muestreo*



Fuente: propia tomado con cámara fotográfica.

c) 50 m rio arriba del puente Santa Rosa de Huancavelica.

Figura 6. *Ubicación de punto 3 de muestreo.*



Fuente: propia tomado con cámara fotográfica.

El muestreo se realizó una dos veces al mes de cada punto de monitoreo que se está considerando en la investigación, durante un tiempo de 4 meses.

3.6. Instrumentos y técnicas para recolección de datos

3.6.1. Técnicas

La observación: Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis, la observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos y gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación (Gonzales et al., 2011).

Es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos (Gómez, 2012).

Estas técnicas son específicas para cada momento de la investigación: primero en los puntos de recolección de muestra y segundo la etapa de análisis de laboratorio

3.6.2. Instrumentos

En el presente proyecto de tesis se realizó una recolección de datos de manera ordenada, sistemática y planificada. Para ello se contó con una ficha de recolección de los datos de muestreo correspondientes a las variables de coliformes termotolerantes y de demanda biológica de oxígeno. Se recolectaron las muestras dos veces por semana durante 3 meses, de esa manera se obtuvieron datos suficientes para realizar un procesamiento confiable.

Tabla 2.
Instrumentos de recolección de datos

PARÁMETROS/ METODOLOGÍA	TÉCNICA	INSTRUMENTO	MÉTODO
Coliformes Termo tolerantes	Técnica de diluciones en tubo múltiple	Incubadora	Método por el número más probable
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Manométrica	Sensor DBO5	Método de DBO por autocontrol
Temperatura	Estándar	Termómetro bimetálico	Método Mecánico
Potencial de Hidrogenoides	Potensiométrica	pH metro	Método Mecánico

3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Los datos obtenidos pasaron por una validación de distribución normal de datos, para saber si son datos típicos o atípicos, esto se realizó con ayuda de software como el Excel, Minitab, SPSS.

Los datos obtenidos de los diversos parámetros, se procesaron en hojas de cálculos tales como el Microsoft Excel 2019, de manera que el procesamiento de la información resulto lo más sencillo posible y queda disponible para los requerimientos del presente trabajo.

El procesamiento de análisis estadístico y distribución de frecuencias de variabilidad en el tiempo de cada elemento analizado se realizó mediante el programa Minitab para obtener los parámetros descriptivos las medidas de tendencia central y de dispersión y gráficos de los parámetros a analizar, para la prueba de contrastación de hipótesis de este proyecto se contó con un total de 24 datos para procesar el cual se procesó mediante la prueba de hipótesis T-student.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Resultados del objetivo general

Como objetivo general se indicó determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021 con los estándares de calidad ambiental de agua, para agua, categoría 3: riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM, que de acuerdo a los análisis realizados se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 3.

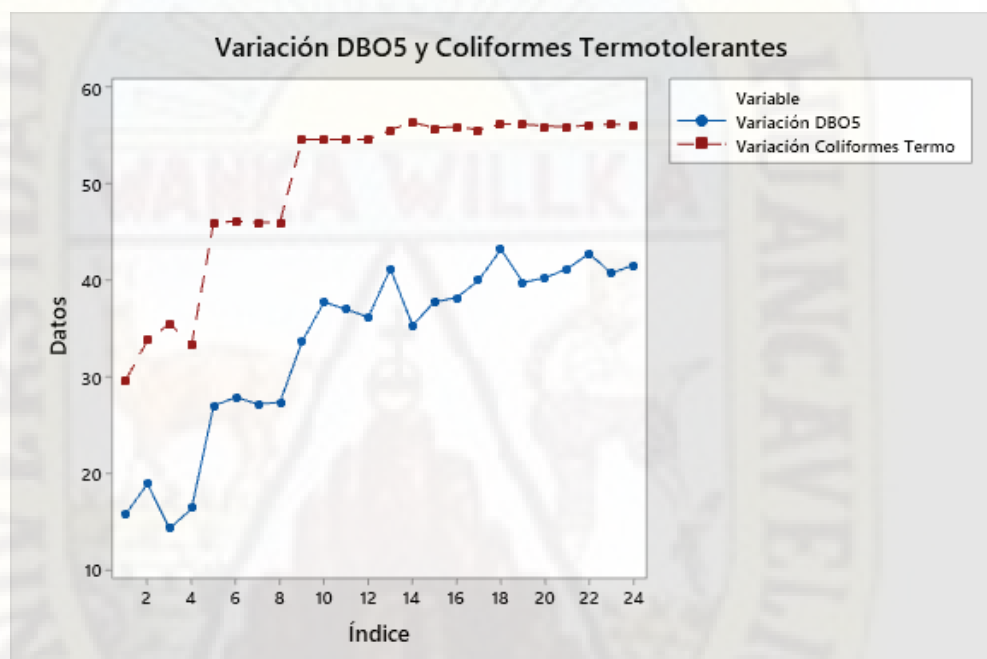
Resultados del porcentaje de variación de la DBO₅ y coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3

PUNTOS DE MUESTREO	VARIACIÓN DBO ₅ (%)	VARIACIÓN COLIFORMES TERMOTOLERANTES (%)
P1-M1	15.7	29.6
P1-M2	18.9	33.8
P1-M3	14.3	35.5
P1-M4	16.4	33.3
P1-M5	27.0	45.9
P1-M6	27.9	46.1
P1-M7	27.2	45.9
P1-M8	27.4	46.0
P2-M1	33.6	54.5
P2-M2	37.8	54.5
P2-M3	37.0	54.5
P2-M4	36.2	54.5
P2-M5	41.2	55.6
P2-M6	35.3	56.3
P2-M7	37.8	55.8
P2-M8	38.2	55.9
P3-M1	40.0	55.6

P3-M2	43.2	56.1
P3-M3	39.8	56.1
P3-M4	40.2	55.9
P3-M5	41.2	55.8
P3-M6	42.7	56.0
P3-M7	40.7	56.1
P3-M8	41.6	56.0

Fuente: Ficha de recolección de datos

Figura 7. Porcentaje de variación de la DBO₅ y coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3



Fuente: Procesamiento gráfico

Interpretación:

En la tabla y figura del porcentaje de variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los coliformes termotolerantes evaluados en 3 puntos del río Ichu por 4 meses se puede apreciar que el porcentaje mínimo de la DBO₅ fue 14.3% y el mayor de 43.2%, en cuanto a los coliformes termotolerantes evaluados simultáneamente se aprecia que un valor mínimo de 29.6% y el máximo de 56.3%.

4.1.2. Resultados del objetivo específico 1

Para la determinación de la variación del parámetro de demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅), del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM, se presentan los siguientes datos obtenidos evaluados periódicamente, tal y como se muestra en la siguiente tabla y figura.

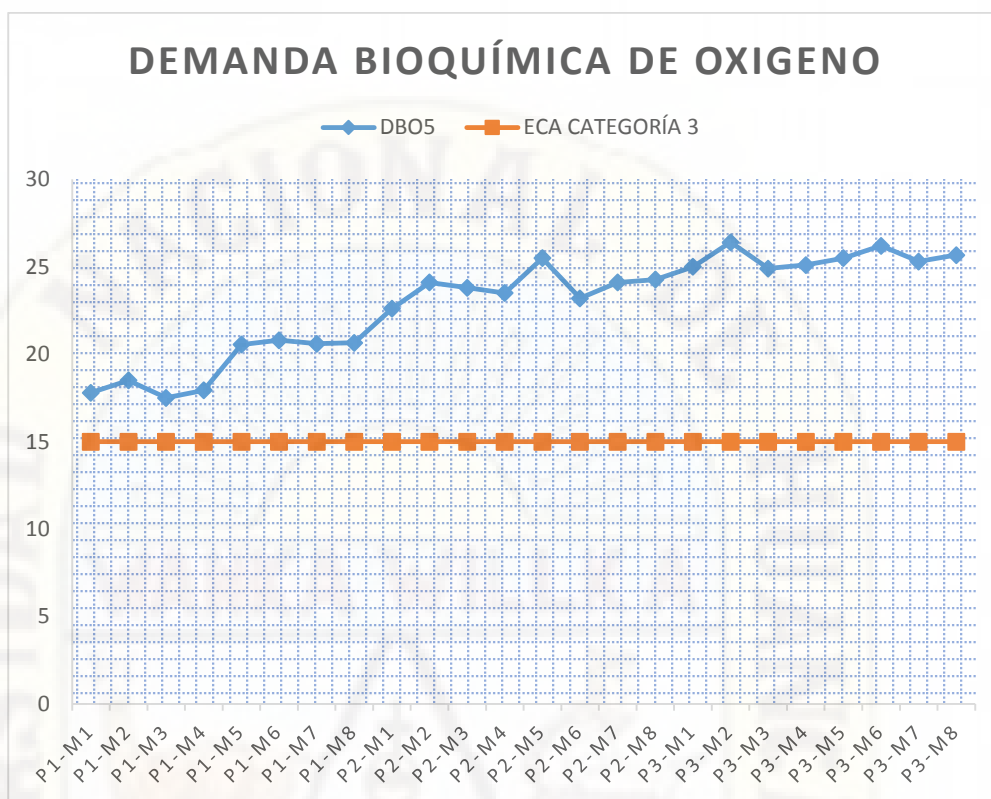
Tabla 4.

Resultados del parámetro de DBO₅ en relación a los ECA's categoría 3

PUNTOS DE MUESTREO	DBO5 (mg/L)	ECA CATEGORÍA 3(mg/L)
P1-M1	17.8	15
P1-M2	18.5	15
P1-M3	17.5	15
P1-M4	17.9	15
P1-M5	20.5	15
P1-M6	20.8	15
P1-M7	20.6	15
P1-M8	20.7	15
P2-M1	22.6	15
P2-M2	24.1	15
P2-M3	23.8	15
P2-M4	23.5	15
P2-M5	25.5	15
P2-M6	23.2	15
P2-M7	24.1	15
P2-M8	24.3	15
P3-M1	25	15
P3-M2	26.4	15
P3-M3	24.9	15
P3-M4	25.1	15
P3-M5	25.5	15
P3-M6	26.2	15
P3-M7	25.3	15
P3-M8	25.7	15

Fuente: Ficha de recolección de datos

Figura 8. Parámetro de la DBO₅ en relación a los ECA's categoría 3



Fuente: Procesamiento gráfico

Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla y figura donde se presentan los valores obtenidos sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), se revela el valor máximo obtenido de 26.4 mg/L y el mínimo de 17.5 mg/L, y en comparación con los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM, ninguno de los valores encontrados se encuentra por debajo de 15 mg/L indicado en el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), concluyendo que el agua del río Ichu no es apta para riego de vegetales y bebida de animales en ninguno de los puntos evaluados.

4.1.3. Resultados del objetivo específico 2

Determinar la variación del parámetro de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica

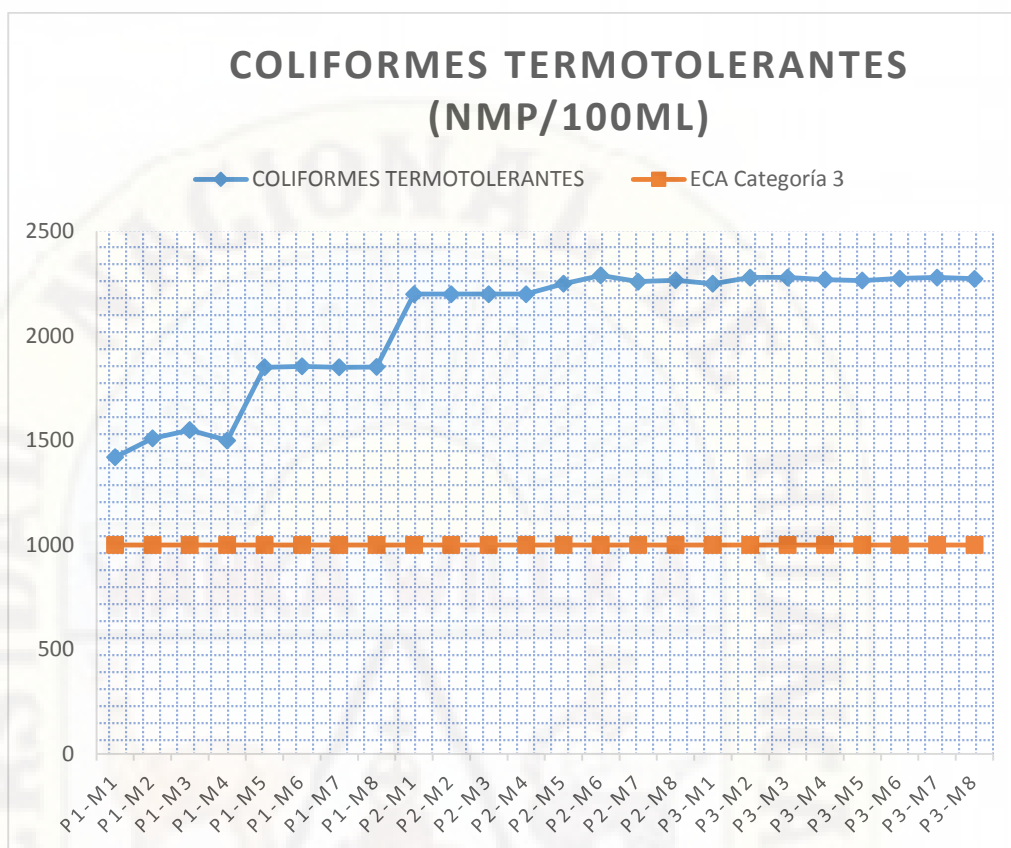
2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM, se presentan los siguientes datos obtenidos evaluados periódicamente, tal y como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 5.
Resultados del parámetro de coliformes termotolerantes en relación a los ECA's categoría 3

PUNTOS DE MUESTREO	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	ECA CATEGORÍA 3 (NMP/100ml)
P1-M1	1420	1000
P1-M2	1510	1000
P1-M3	1550	1000
P1-M4	1500.0	1000
P1-M5	1850	1000
P1-M6	1855	1000
P1-M7	1850	1000
P1-M8	1851.7	1000
P2-M1	2200	1000
P2-M2	2200	1000
P2-M3	2200	1000
P2-M4	2200.0	1000
P2-M5	2250	1000
P2-M6	2290	1000
P2-M7	2260	1000
P2-M8	2266.7	1000
P3-M1	2250	1000
P3-M2	2280	1000
P3-M3	2280	1000
P3-M4	2270.0	1000
P3-M5	2265	1000
P3-M6	2275	1000
P3-M7	2280	1000
P3-M8	2273.3	1000

Fuente: Ficha de recolección de datos

Figura 9. Parámetro de la DBO₅ en relación a los ECA's categoría 3



Fuente: Procesamiento gráfico

Interpretación:

En la tabla y figura se aprecian los valores obtenidos sobre los coliformes termotolerantes (NMP/100mL) se indica el valor máximo obtenido de 2290 NMP/100mL y el mínimo de 1420 NMP/100mL, y en comparación con los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM, que señala un valor de 1000 NMP/100mL para coliformes termotolerantes y como se muestra en la figura, ningún valor se encuentra por debajo de este límite establecido, revelando que el agua no es apto para riego de vegetales y bebida de animales en ninguno de los tres puntos evaluados.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis para la variación de la DBO₅ y coliformes termotolerantes

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del rio Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

Hipótesis Nula (Ho): La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del rio Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental de Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

b. Prueba unilateral o de una cola

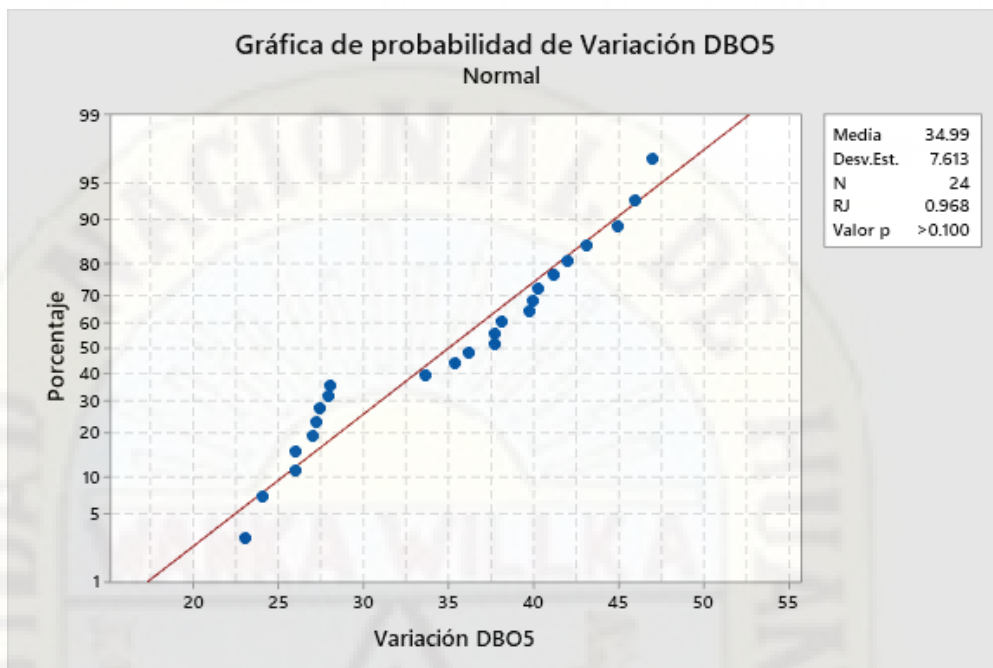
$$H_a < \alpha$$

$$H_o > \alpha$$

c. Prueba de normalidad de datos

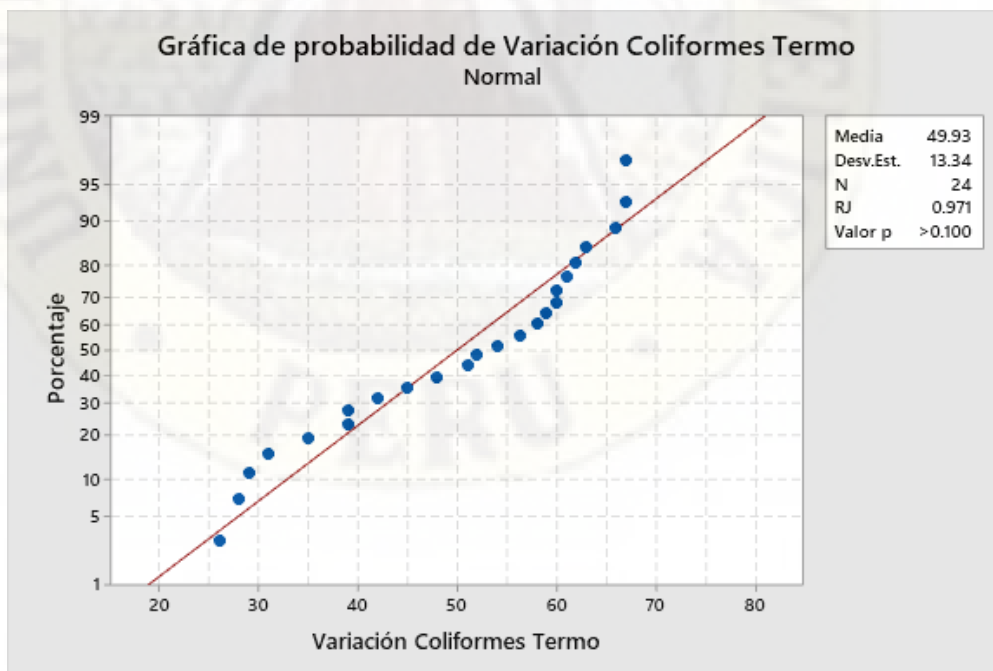
Para la determinación de la normalidad de los datos sobre variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del rio Ichu, se procedió a realizar mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner que tiene la propiedad de analizar datos menores a 50 muestras, y como se puede apreciar en los siguientes gráficos el valor p para la variación de la demanda bioquímica de oxígeno fue de 0.100 y para la variación de coliformes termotolerantes se tuvo un valor p de 0.100, de estos valores se deduce que la distribución de datos es normal, por lo que se empleó una prueba estadística paramétrica para contrastar la hipótesis planteada.

Figura 10. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)



Fuente: Procesamiento gráfico

Figura 11. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de los coliformes termotolerantes



Fuente: Procesamiento gráfico

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los coliformes termotolerantes del río Ichu, se estableció el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), generando un nivel de 95%. La prueba estadística empleada fue el estadístico T de Student para 2 muestras, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0,000 y el valor T de -4.77. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0,05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 6.

Resultados de la prueba estadística de la variación de la DBO₅ y coliformes termotolerantes

Hipótesis nula		$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-4.77	36	0.000

Fuente: Programa estadístico Minitab 19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student para 2 muestras realizado a la variación de la demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes termotolerantes del río Ichu se tuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) lo cual significa que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que “La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM” con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.2.2. Prueba de hipótesis para la DBO₅

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (H_a): La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

Hipótesis Nula (H₀): La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental de Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

b. Prueba unilateral o de una cola

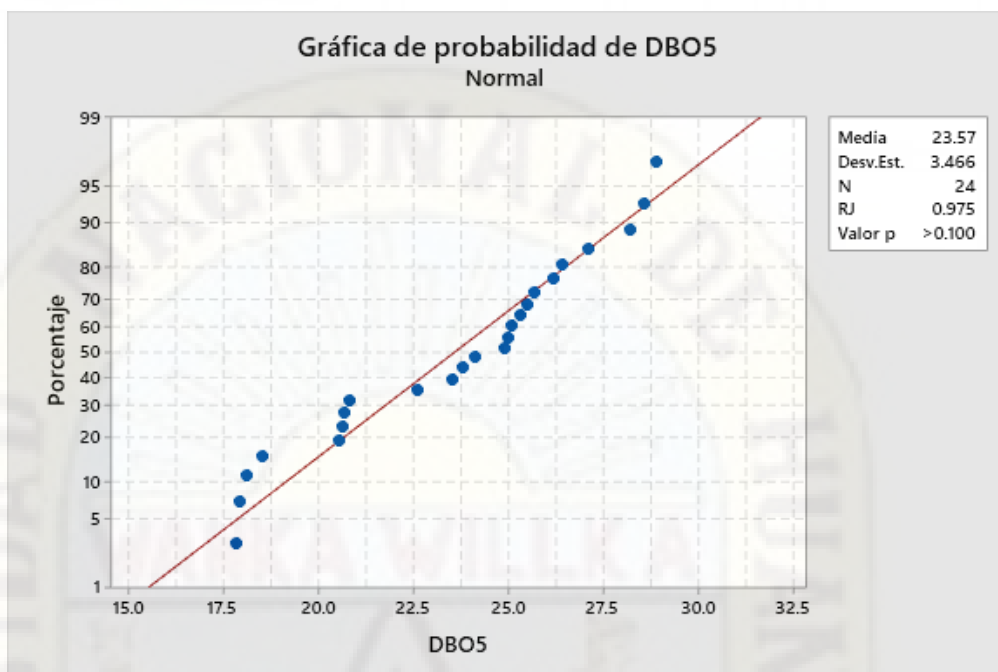
$$H_a < \alpha$$

$$H_0 > \alpha$$

c. Prueba de normalidad de datos

Para la determinación de la normalidad de los datos sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Ichu, se procedió a realizar mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner que tiene la propiedad de analizar datos menores a 50 muestras, y como se puede apreciar en el siguiente gráfico el valor p para la demanda bioquímica de oxígeno fue de 0.100 de este valor se deduce que la distribución de datos es normal, por lo que se empleó una prueba estadística paramétrica para contrastar la hipótesis planteada.

Figura 12. Resultados de la prueba de normalidad para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)



Fuente: Procesamiento gráfico

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Ichu, se estableció el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), generando un nivel de 95%. La prueba estadística empleada fue el estadístico T de Student para 1 muestra, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0,000 y el valor T de -4.77. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0,05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 7.
Resultados de la prueba estadística de la DBO₅

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 15$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu \neq 15$
Valor T	Valor p
12.12	0.000

Fuente: Programa estadístico Minitab 19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student para 1 muestra realizado a la demanda bioquímica de oxígeno del río Ichu se tuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) lo cual significa que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que “La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM” con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.2.3. Prueba de hipótesis para los coliformes termotolerantes

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): Los coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

Hipótesis Nula (Ho): Los coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental de Agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.

b. Prueba unilateral o de una cola

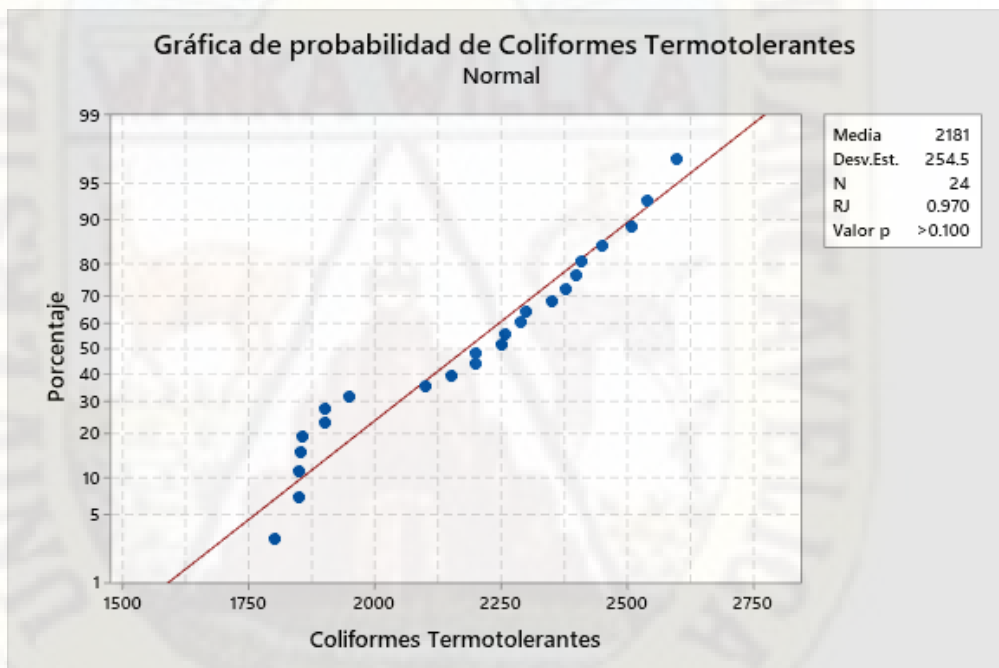
$$H_a < \alpha$$

$$H_o > \alpha$$

c. Prueba de normalidad de datos

Para la determinación de la normalidad de los datos sobre los coliformes termotolerantes del río Ichu, se procedió a realizar mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner que tiene la propiedad de analizar datos menores a 50 muestras, y como se puede apreciar en los siguientes gráficos el valor p para los coliformes termotolerantes se tuvo un valor p de 0.100, de este valor se deduce que la distribución de datos es normal, por lo que se empleó una prueba estadística paramétrica para contrastar la hipótesis planteada.

Figura 13. Resultados de la prueba de normalidad para la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)



Fuente: Procesamiento gráfico

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de los coliformes termotolerantes del río Ichu, se estableció el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), generando un nivel de 95%. La prueba estadística empleada fue el estadístico T de Student para 1 muestra, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0,000 y el valor T de 22.74. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0,05 lo cual nos conduce a

deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 8.

Resultados de la prueba estadística de la variación de la DBO5 coliformes termotolerantes

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 1000$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu \neq 1000$
Valor T	Valor p
22.74	0.000

Fuente: Programa estadístico Minitab 19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student para 1 muestra realizado a los coliformes termotolerantes del río Ichu se tuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) lo cual significa que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que “Los coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, superan los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM” con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.3. Discusión de resultados

La discusión de los resultados de la investigación se realizó de manera deductiva, partiendo del objetivo general hasta llegar a los objetivos específicos.

4.3.1. Discusión de resultados del objetivo general

Como objetivo general se tuvo “Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica 2021 con los estándares de calidad ambiental de agua, para agua, categoría 3: riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa

vigente DS 004 – 2017 MINAM”, en donde Salazar (2018) en su estudio de tesis grado titulado “*Influencia del vertido del efluente líquido del camal municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona*”, obtuvo que para DBO₅ un valor de 4.3 mg/l y 22.3 mg/l, donde el resultado en el punto uno no supera el estándar de calidad ambiental de agua, pero en el punto numero dos supera el estándar de calidad ambiental de agua, con respecto al parámetro de coliformes termotolerantes los resultados del punto uno es 5 222.5 NMP/100 ml, y del punto dos fue 77 250 NMP/100 ml, superando los estándares de calidad ambiental del agua, en la investigación se encontró que la variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los coliformes termotolerantes donde el porcentaje mínimo de la DBO₅ fue 14.3% y el mayor de 43.2%, en cuanto a los coliformes termotolerantes evaluados simultáneamente existe un valor mínimo de 29.6% y el máximo de 56.3%, al respecto Sierra (2011) señala que la contaminación del agua es un cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua, tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas naturales, la descomposición de la materia animal y vegetal da lugar a ácidos húmicos y fúlvico y a materia colorantes, como se aprecia en el antecedente y el resultado de la investigación, en ambos casos se aprecia una alta variación de los parámetros evaluados, los cuales superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, así mismo se puede señalar que estos no son aptos para riego de vegetales y bebida de animales, ya que existe contaminación del agua que es producida por diversos factores locales.

4.3.2. Discusión de resultados del objetivo específico 1

Como primer objetivo específico se tuvo “Determinar la variación del parámetro de demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅), del rio Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riegos de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM”, donde Menendez (2018) en su tesis que titula “*Evaluación de parámetros*

fisicoquímicos y calidad bacteriológica del río Coata – región Puno 2015”, en el cual tuvo como resultado del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno fue para la zona A el promedio fue de 30,56 mg/L, zona B 30,92 y zona C 21,37 mg/L. los valores obtenidos superan los valores permisibles para ríos de sierra, según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM., considerando que la concentración máxima permisible es 10 mg/L, en la investigación se pudo hallar que para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) el valor máximo obtenido de 26.4 mg/L y el mínimo de 17.5 mg/L, y en comparación con los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales se encuentran por encima de 15 mg/L, al respecto Sierra (2011) señala que el parámetro más ampliamente utilizado para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua es la demanda bioquímica de oxígeno. La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente) para degradar, oxidar, estabilizar, etc. la materia orgánica. La prueba de DBO más conocida es la DBO₅. Esta prueba se realiza incubando la muestra de agua en el laboratorio y al cabo de cinco días se mide el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, y los resultados se reportan en mg/L de oxígeno consumido, existe evidencia significativa para deducir que el agua del río Ichu se encuentra contaminado ya que los parámetros de la demanda bioquímica de oxígeno superan los Estándares de Calidad Ambiental para agua en donde se determina un valor máximo de 15 mg/L, y en comparación con el antecedente citado existe relación ya que también estos valores superan los límites admisibles, además de ello este parámetro muestra que la cantidad de oxígeno es limitado.

4.3.3. Discusión de resultados del objetivo específico 2

Como segundo objetivo específico se tuvo “Determinar la variación del parámetro de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector urbano de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2021, con los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales DS 004 – 2017 MINAM”, en donde Cumpa (2015) en la investigación “*Flora*

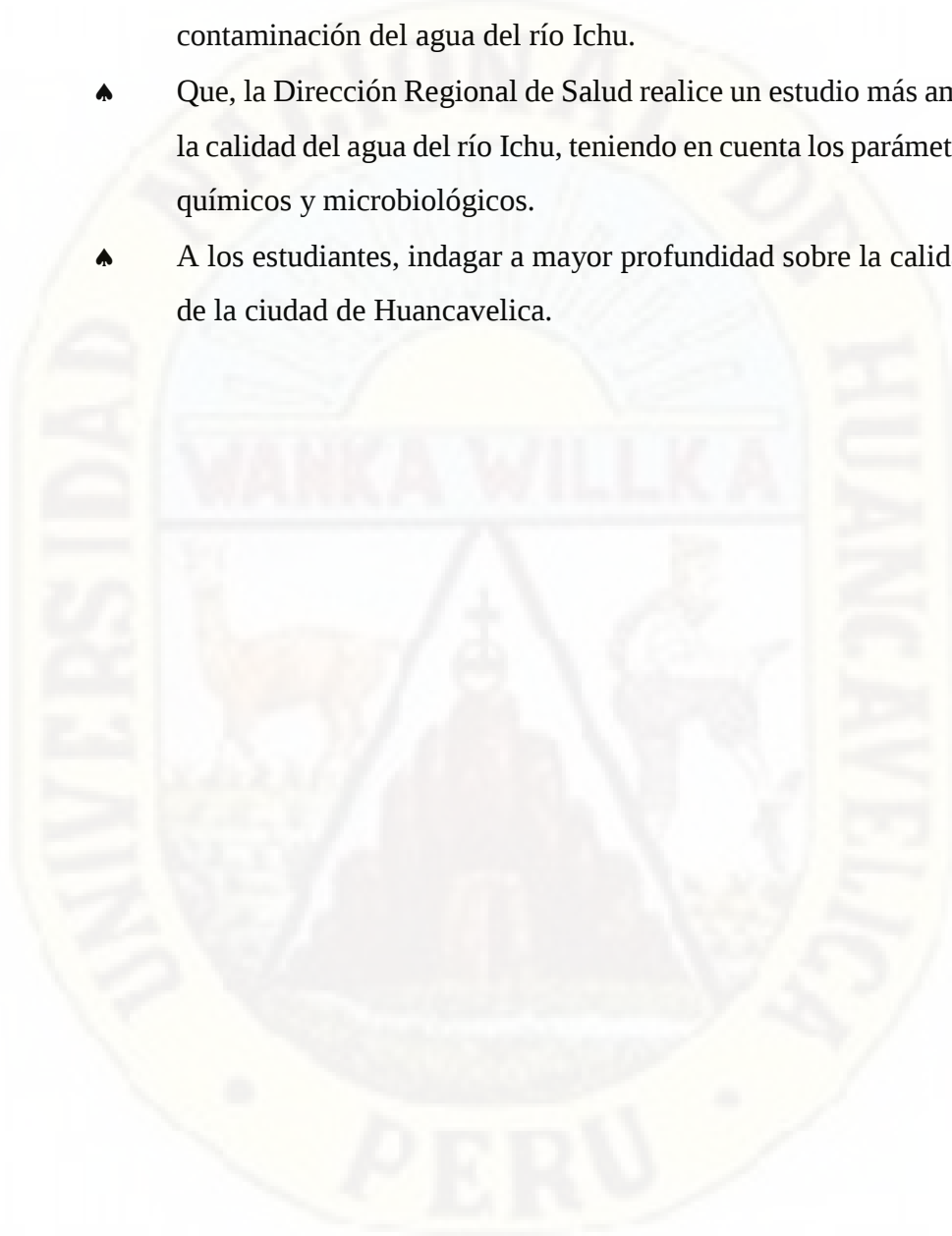
ribereña y calidad de agua de uso agrícola en cuenca baja del río Virú”, en el cual sus resultados para Coliformes termotolerantes variaban de 20.5 a 1100 NMP/100ml, en la investigación se evidenció que el valor máximo obtenido de 2290 NMP/100mL y el mínimo de 1420 NMP/100mL, y en comparación con los valores establecidos por los estándares de calidad ambiental, para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales que señala un valor de 1000 NMP/100mL, ninguno cumple con el nivel permitido, al respecto Murrell et al. (2013) menciona que “los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 °C, comprenden a los géneros de Escherichia y en menor grado klebsiella, Enterobacter y Citrobacter”, en la investigación se consiguió que todos los valores obtenidos superan los valores de 1000 NMP/100mL de acuerdo con lo señalado por los Estándares de Calidad Ambiental para agua y a diferencia con el antecedente citado ninguno de los puntos de muestreo obtuvo un valor menor a 1000 NMP/100mL, señalando así que existe una concentración alta de coliformes termotolerantes.

CONCLUSIONES

- ♠ La variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los coliformes termotolerantes evaluados en el río Ichu, superan los Estándares de Calidad Ambiental para agua, con un valor máximo del 43.2% para DBO_5 y con un 56.3% para coliformes termotolerantes, concluyendo así que el agua no es apta para riego de vegetales y bebida de animales.
- ♠ En cuanto al parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) evaluado en el río Ichu, se pudo apreciar que el valor máximo encontrado de 26.4 mg/L y el mínimo de 17.5 mg/L, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua que establece un valor máximo de 15 mg/L, superan estos límites, concluyendo que el agua no es apto para el riego de vegetales y bebida de animales.
- ♠ Sobre los coliformes termotolerantes evaluados en el río Ichu de la ciudad de Huancavelica, se tuvo un valor mínimo de 1420 NMP/100mL y un valor máximo de 2290 NMP/100mL, que comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales con un valor de 1000 NMP/100mL, concluyendo que el agua del río Ichu no es apto para riego de vegetales y bebida de animales.

RECOMENDACIONES

- ♠ A, el Gobierno Regional de Huancavelica, tomar medidas frente a la contaminación del agua del río Ichu.
- ♠ Que, la Dirección Regional de Salud realice un estudio más amplio sobre la calidad del agua del río Ichu, teniendo en cuenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- ♠ A los estudiantes, indagar a mayor profundidad sobre la calidad de agua de la ciudad de Huancavelica.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua, C. N. del. (2002). *Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento*.
- Alvarez, B., Larrea, J., Moya, D., Rojas, N., & Perez, M. (2012). Calidad microbiológica de las aguas del río Luyanó, La Habana, Cuba. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, 43(3), 10.
- Aquae Fundación. (2018). *Tales de Mileto: el agua principio de todo* | Fundación Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/el-agua-principio-de-todas-las-cosas-que-existen- Tales-de-mileto/>
- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*.
- Bauer, J. L., Castro, J. C., & Chung, B. (2017). *CAPÍTULO 4 Calidad del agua*.
- Behar Riveros, D. S. (2008). Metodología de la investigación. In Shalom (Ed.), *Foreign Affairs* (A. Rubeira, Issue 5). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bermejo, M. (2019). *Teoría de la biogénesis: explicando la aparición de la vida*. Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/miscelanea/teoria-biogenesis>
- CAF. (2017). *Agua y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/02/agua-y-saneamiento-en-la-nueva-ruralidad-de-america-latina/>
- Castañeda, M. B., Cabrera, A. F., Navarro, Y., & De Vries, W. (2010). Procesamiento de dato y análisis estadístico utilizado SPSS. In □□ □ □□□□□ (Vol. 1, Issue 4). –Editora Universitária da PUCRS.
- Chávez Araujo, E. R., & Sánchez Araujo, V. G. (2010). Evaluación técnico ambiental de los recursos hídricos e Hidrobiológicos de las lagunas de Choclococha y Ccochapata, Huancavelica. *Quintaesencia*, 3, 8.
- Chavez, L. S. (2018). *Determinación del índice de calidad del agua de consumo humano, del centro poblado de agua frescas, distrito de Chontabamaba- 2018*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.

- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 16(31), 66–71.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2019). *Bacterias*.
https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/Bacterias/bacteria.html?fbclid=IwAR15xRXtYyMZZo0q4TihkMC3F-ID4SYjNECas3dEl5e6zj-esS2Emf_WkUY
- Cortés Cortés, M. E., & León Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. In Ana Polkey Gómez (Ed.), *Universidad Autónoma del Carmen* (Vol. 1, Issue Primera Edición).
- Cumpa Yupton, C. C. (2015). *Flora riverense y calidad de agua de uso Agrícola en la cuenca baja del río Virú, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Custodio Villanueva, M. (2013). *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú*. Universidad Nacional de Centro del Perú.
- Dadon, J. R., María Bush, Rodríguez, M. C., & Ambas, J. A. (2010). *Los seres vivos: Características, origen, evolución* (Ediciones de aula taller (ed.)).
- FAO. (2019). *Agua*. <http://www.fao.org/water/es/>
- García, L., & Iannaccone, J. (2014, June). *Pseudomonas aeruginosa* un indicador complementario de la calidad de agua potable: análisis bibliográfico a nivel de Sudamérica. *The Biologist (Lima)*, 12(1), 133–152.
- García, M., Sánchez, F. D., Guzmán, H., Verdugo, N., Vargas, O., Domínguez, E., Panizzo, L., Sánchez, N., Gómez, J., & Cortés, G. (2008). El agua. In *El medio ambiente en Colombia* (pp. 114–189).
- Gómez Bastar, S. (2012). Metodología De La Investigación. In E. B. López (Ed.),

Metallurgia Italiana: Vol. 6ta edició (1st ed., Issue 1). RED TERCER MILENIO S.C. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Gonzales Castro, A., Oseda Gago, D., Ramírez Rosales, F. G., & Gave Chagua, J. L. (2011). *¿Como aprender y enseñar investigacion cientifica?* (J. J. O. Rojas (ed.); 1st ed.).

Guadarrama Tejas, R., Kido Miranda, J., Roldan Antunez, G., & Salas Salgado, M. (2016). *Contaminación del agua*. 2, 1–10.

Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la Investigación* (J. Mares Chacón (ed.); Quinta edición). MCGRAW-HILL.

Larrea Murrell, J. A., Rojas Badía, M. M., Romeu Alvarez, N., Hernández, R., & Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, 44(3), 24–34.

Loayza Quispe, J. L., & Cano Rojas, P. A. (2015). *Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Menendez Coaquira, W. M. (2018). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y calidad bacteriológica del río Coata - región Puno 2015*. Universidad Jose Carlos Mariategui.

Ministerio del Ambiente. (2017). Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 10.

Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. In *Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud*.

Montalvo , J. S., & Quispe , M. (2020). *Estudio de la calidad del agua en las quebradas de la comunidad San Jose de Canay, Cajamarca en el año 2019*. Universidad Privada del Norte.

Naciones Unidas Bolivia. (2019). *ONU alerta que la contaminación en ríos de*

américa latina creció en 50% | Naciones Unidas en Bolivia.
<http://www.nu.org.bo/noticias/destacados-internacionales/onu-alerta-que-la-contaminacion-en-rios-de-america-latina-crecio-en-50/>

Nolasco Salazar, C. O. (2018). *Influcia del vertidos del efluente liquido del camal municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuatico del canal Galindona.* Universidad Catolica Sede Sapientiae.

Olguín, E. J., González portela, R. E., Sánchez galván, G., Zamora Castro, J. E., & Tomas, O. (2010). Contaminación de ríos urbanos : El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa , Veracruz , México. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 1(2), 178–190.

Peréz Alvaro, J. K. (2017). *Determinacion del indice de calidad del agua del rio Moquegua por Influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales-OMO, durante el periodo 2014-2015.* Universidad José Carlos Mariátegui.

Raffino, M. E. (2019). *Teoría de la Generación Espontánea - Concepto y refutación.* Concepto.De. <https://concepto.de/teoria-de-la-generacion-espontanea/>

Ramos, Andino, F. L. (2011). *Caracterización regional de la calidad del agua subterránea y superficial en el Departamento de El Paraíso, Honduras.*

Rigola, M. (1990). *Tratamineto de aguas industriales: Agua de Proceso y residuales.*

Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua evaluacion y diagnóstico. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (1st ed., Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

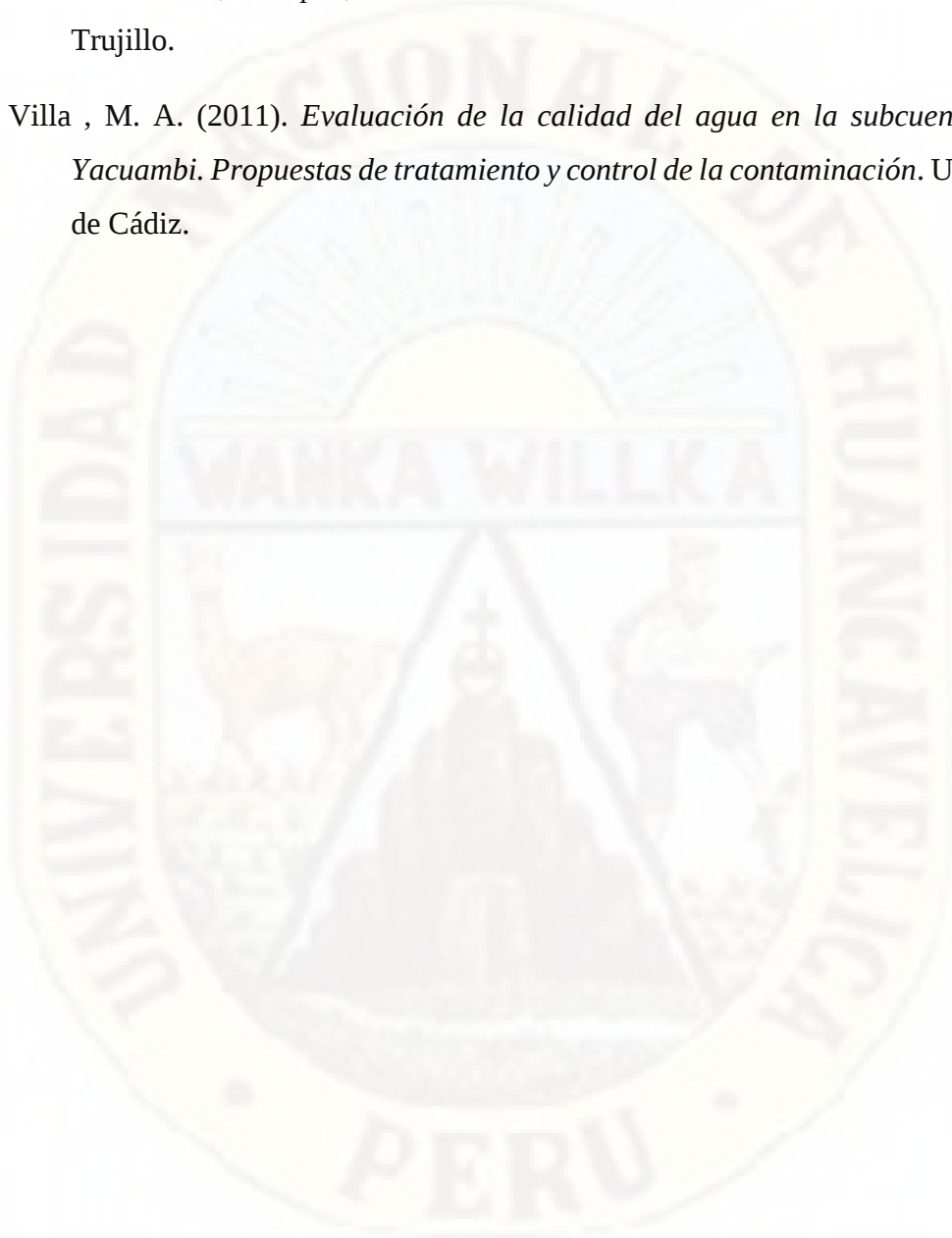
Solana, J. (2009). El agua como el primer principio: Las razones de Tales de Mileto. *Convivium*, 22(2009), 5–24.

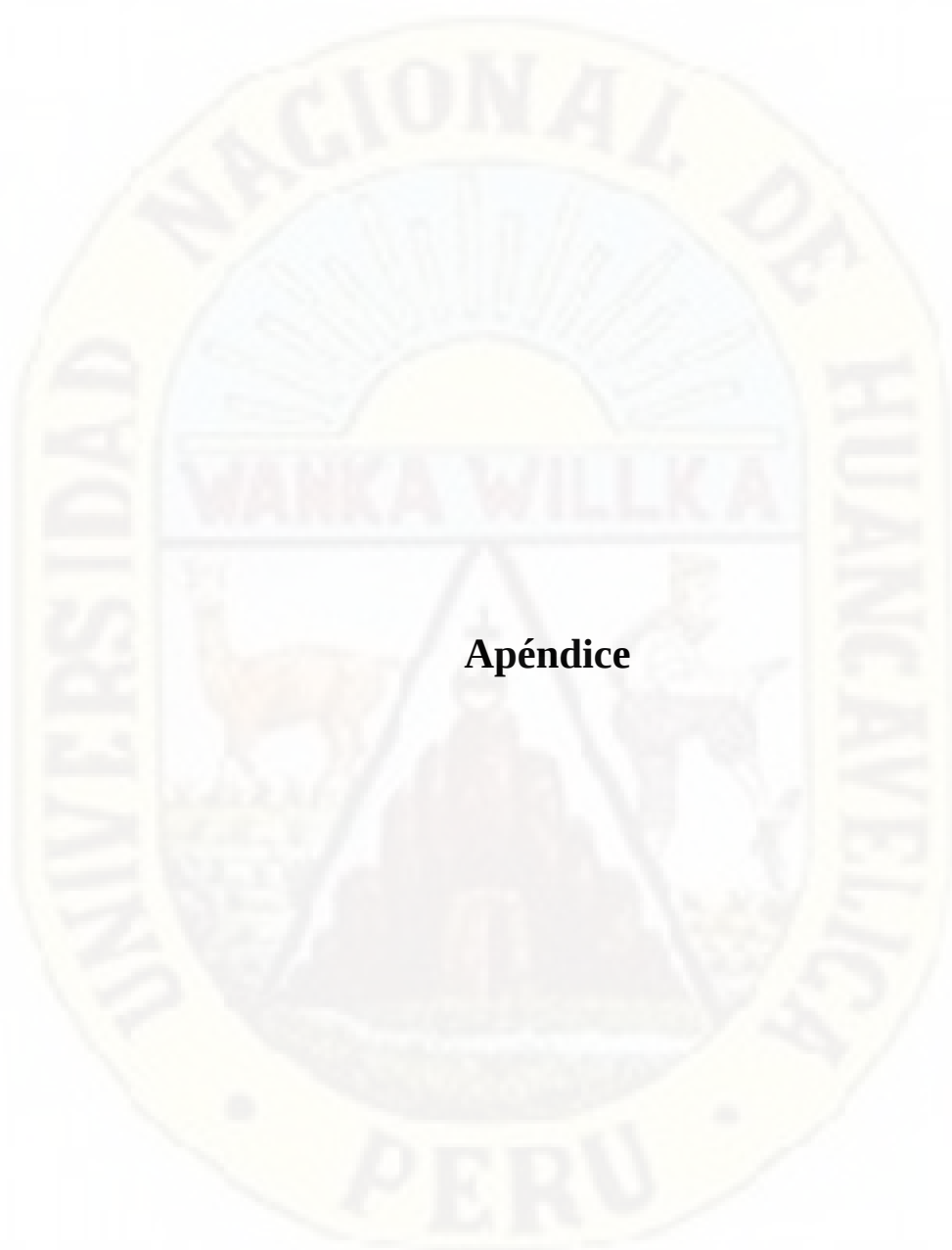
Solsona, F. (2002). *Guías para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo.*

Tupia. (2015, August 9). Río Ichu, desprotegido de la contaminación | Diario Correo. *Correo*, 1diario.

Vásquez , M. (2015). *Evaluación de la calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca, Pampas,Pallasca. Ancash.Perú 2014.* Universidad Nacional de Trujillo.

Villa , M. A. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación.* Universidad de Cádiz.





Apéndice

Matriz de consistencia

PROB. GENERAL	OBJ. GENERAL	HIPOTESIS	METODOLOGIA	VARIABLE	INTRUMENTO/ ESTADISTICA
¿Cuál es la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) y coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica 2019?	Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) y de coliformes termotolerantes del río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica 2019.	Hipótesis alterna Ha	Tipo de investigación: Basica	V1:	Colorímetro.
Problemas específicos. ¿Cuál es la variación del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica?	Objetivo específico. Determinar la variación del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica.	La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2019, superan los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.	Nivel de investigación: Descriptivo	- Parámetro demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ .	Medidor de DBO5 Microscopio electrónico
¿Cuál es la variación del parámetro de coliformes termotolerantes en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito Huancavelica?	Determinar la variación del parámetro de coliformes termotolerantes en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito Huancavelica.	Hipótesis nula Ho	Diseño de la investigación: No experimental-Transversal-Descriptivo		Estadística
¿Cuál es la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) y coliformes termotolerantes, en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica, con los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM?	Determinar la variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) y coliformes termotolerantes, en el río Ichu en el sector Urbano de la Región, Provincia y Distrito de Huancavelica, con los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM	La variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ y coliformes termotolerantes del río Ichu de la región, provincia y distrito de Huancavelica 2019, no supera los estándares de calidad ambiental de agua categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales según la normativa vigente DS 004 – 2017 MINAM.	M → O Donde: M: Muestra. O: Observación	- Parámetros de coliformes termotolerantes.	- Prueba de normalidad - Prueba inferencial PRUEBA Z
			Método: Método Científico		
			No probabilístico		
			Población: río Ichu del distrito de Huancavelica		
			Muestra: Por conveniencia 3 puntos de monitoreo con 1000 ml de muestra en cada punto de monitoreo en el río Ichu.		