

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA**

**DEL RÍO ILAVE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ILAVE, PUNO**

**2021 - 2022**

**PRESENTADO POR:**

**WILLIAM GERÓNIMO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](#)

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA  
DEL RÍO ILAVE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ILAVE, PUNO  
2021-2022**

**PRESENTADO POR:**

**WILLIAM GERÓNIMO MAMANI**

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

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE :



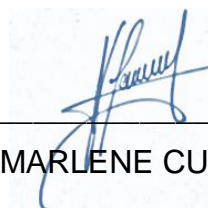
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO :



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

SEGUNDO MIEMBRO :



M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS :



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ciencias Naturales.

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua.

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreo Ambientales, Ecosistemas Acuáticos.

Puno, 22 de setiembre del 2022.

## DEDICATORIA

Primeramente a Dios todo poderoso quien guía mi camino en todo momento, por darme motivación día a día de seguir adelante y por guiarme por el buen camino.

A mi madre Elvira a quien quiero, estimo y admiro mucho, por inculcarme siempre con buenos valores y principios, por estar siempre en los buenos y malos momentos, por su apoyo incondicional y por ser un ejemplo de persona y modelo a seguir.

A mis hermanos Yackeline y Yerko que siempre estuvieron apoyándome y por sus consejos, quienes han sido esenciales para mi desarrollo personal.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por haberme dado una vida llena de aprendizajes, enseñanzas, de buenos y malos momentos que han servido como motivación personal.

A la Universidad Privada San Carlos - Puno, por haberme permitido estudiar y poder concluir con mis estudios de pre grado.

A la E. P. de Ingeniería Ambiental, a toda su plana docente por sus enseñanzas impartidas en sus aulas y poder encaminarme en la formación como un excelente profesional.

Al Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda por su asesoría de este proyecto de tesis bajo su vasta capacidad, apoyo y confianza.

También expresar mis agradecimientos a la Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta, al Dr. Esteban Isidro Leon Apaza, a la M.Sc Marlene Cusi Montesinos, por su importante participación en el desarrollo de la tesis.

A mi madre y a mis hermanos, por la confianza, la comprensión y el apoyo brindado en cada momento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE ANEXOS	15
ACRÓNIMOS	16
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>

## CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>21</b>
1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
<b>1.2 ANTECEDENTES</b>	<b>23</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	28
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	28
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>28</b>

1.4.1 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	29
1.4.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	29
1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	29

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>31</b>
2.1.1 EL AGUA	31
2.1.2 PROPIEDADES DEL AGUA	33
2.1.3 CALIDAD DE AGUA	34
2.1.4 CONTAMINACIÓN DE AGUA	36
2.1.5 CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO ILAVE	38
2.1.6 CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES	40
2.1.7 AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES	41
2.1.8 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	42
2.1.9 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA	43
2.1.10 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	49
2.1.11 TIPOS DE MUESTRAS	50
2.1.12 TÉCNICAS DE MUESTREO PARA AGUAS SUPERFICIALES	50
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>51</b>
2.2.1 MARCO NORMATIVO	53
<b>2.3 HIPÓTESIS</b>	<b>54</b>
2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	54

2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA	54
----------------------------	----

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1 ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>56</b>
<b>3.2 TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>59</b>
3.2.1 POBLACIÓN	59
3.2.2 MUESTRA	59
<b>3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>60</b>
3.3.1 TIPO DE ESTUDIO	60
3.3.2 RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO	60
3.3.3 MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS	60
3.3.4 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA	61
3.3.5 ROTULADO Y ETIQUETADO	63
3.3.6 MEDICIÓN DEL CAUDAL	63
3.3.7 MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO	63
3.3.8 MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN LABORATORIO	64
3.3.9 MATERIALES	64
<b>3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>65</b>
<b>3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>66</b>

## CAPÍTULO IV

## EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

<b>4.1 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (1)</b>	<b>70</b>
4.1.1 TEMPERATURA	71
4.1.2 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)	74
4.1.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	78
4.1.4 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (Unidad de pH)	81
4.1.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	85
4.1.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	90
4.1.7 OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	93
4.1.8 FÓSFORO TOTAL(mg/L)	97
4.1.9 NITRATOS (mg/L)	101
<b>4.2 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (2)</b>	<b>105</b>
4.2.1 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	106
<b>4.3 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (3)</b>	<b>109</b>
4.3.1 TEMPERATURA	110
4.3.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	111
4.3.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (Unidad de pH)	112
4.3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)	113
4.3.5 OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	114
4.3.6 FÓSFORO TOTAL(mg/L)	115
4.3.7 NITRATOS (mg/L)	116
4.3.8 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	117



<b>4.4 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS</b>	<b>118</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>120</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>122</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01.</b> Distribución del agua en la Tierra.	32
<b>Tabla 02.</b> Propiedades generales del agua.	34
<b>Tabla 03.</b> Tipos de contaminantes del agua.	37
<b>Tabla 04.</b> Vertimiento de aguas residuales industriales incidentes a la cuenta del río llave.	38
<b>Tabla 05.</b> Vertimiento de aguas residuales municipales incidentes a la cuenta del río llave.	39
<b>Tabla 06.</b> Valores medios de parámetros de calidad de agua para aguas urbanas de carga alta, media y baja.	42
<b>Tabla 07.</b> Variación de pH con las concentraciones de $H^*$ y $OH^*$ .	45
<b>Tabla 08.</b> Valores usuales para BDO5 para aguas de calidad diferente.	46
<b>Tabla 09.</b> Concentraciones de oxígeno disuelto y sus consecuencias.	47
<b>Tabla 10.</b> Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo.	58
<b>Tabla 11.</b> Cuadro de operacionalización de variables.	65
<b>Tabla 12.</b> Resumen general de resultados obtenidos en épocas de avenida, transición y estiaje.	67
<b>Tabla 13.</b> Resumen general de resultados obtenidos en épocas de avenida, transición y estiaje.	68

<b>Tabla 14.</b> Ubicación y altura de los puntos de muestreo.	69
<b>Tabla 15.</b> Resultados correspondientes a la temperatura, sus promedios.	71
<b>Tabla 16.</b> Resultados correspondientes a los sólidos totales disueltos y sus promedios.	74
<b>Tabla 17.</b> Resultados correspondientes a la conductividad eléctrica y sus promedios	78
<b>Tabla 18.</b> Resultados correspondientes al potencial de hidrógeno y sus promedios.	82
<b>Tabla 19.</b> Resultados correspondientes a la demanda bioquímica de oxígeno y sus promedios.	86
<b>Tabla 20.</b> Resultados correspondientes a la demanda química de oxígeno y sus promedios.	90
<b>Tabla 21.</b> Resultados correspondientes al oxígeno disuelto y sus promedios.	94
<b>Tabla 22.</b> Resultados correspondientes al fósforo total y sus promedios.	98
<b>Tabla 23.</b> Resultados correspondientes a los nitratos y sus promedios.	102
<b>Tabla 24.</b> Resultados correspondientes a los coliformes termotolerantes y sus promedios.	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01.</b> Ubicación de los puntos de monitoreo en el río llave.	57
<b>Figura 02.</b> Ubicación del distrito de llave.	58
<b>Figura 03.</b> Valores de temperatura en las tres épocas de muestreo.	71
<b>Figura 04.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la Temperatura.	72
<b>Figura 05.</b> Valores de sólidos totales disueltos en las tres épocas de muestreo.	73
<b>Figura 06.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a sólidos totales disueltos.	75
<b>Figura 07.</b> Análisis por puntos de muestreo de sólidos totales disueltos.	76
<b>Figura 08.</b> Valores de conductividad eléctrica en las tres épocas de muestreo.	78
<b>Figura 09.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la conductividad eléctrica.	79
<b>Figura 10.</b> Análisis por puntos de muestreo de conductividad eléctrica.	80
<b>Figura 11.</b> Valores de potencial de hidrógeno en las tres épocas de muestreo.	81
<b>Figura 12.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente al pH.	83
<b>Figura 13.</b> Análisis por puntos de muestreo del potencial de hidrógeno.	84
<b>Figura 14.</b> Valores de demanda bioquímica de oxígeno en las tres épocas de muestreo.	85
<b>Figura 15.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la DBO.	87
<b>Figura 16.</b> Análisis por puntos de muestreo de la demanda bioquímica de oxígeno.	88
<b>Figura 17.</b> Valores de demanda química de oxígeno en las tres épocas de muestreo.	89

<b>Figura 18.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la DQO	91
<b>Figura 19.</b> Análisis por puntos de muestreo de la demanda química de oxígeno	92
<b>Figura 20.</b> Valores de oxígeno disuelto en las tres épocas de muestreo.	94
<b>Figura 21.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente al oxígeno disuelto.	95
<b>Figura 22.</b> Análisis por puntos de muestreo del oxígeno disuelto.	96
<b>Figura 23.</b> Valores de fósforo total en las tres épocas de muestreo.	98
<b>Figura 24.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente al fósforo total.	99
<b>Figura 25.</b> Análisis por puntos de muestreo del fósforo total.	100
<b>Figura 26.</b> Valores de nitratos en las tres épocas de muestreo.	101
<b>Figura 27.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a los nitratos.	103
<b>Figura 28.</b> Análisis por puntos de muestreo de nitratos.	104
<b>Figura 29.</b> Valores de coliformes termotolerantes en las tres épocas de muestreo.	106
<b>Figura 30.</b> Desviación estándar, media y varianza correspondiente a los coliformes termotolerantes.	107
<b>Figura 31.</b> Análisis por puntos de muestreo de los coliformes termotolerantes	108
<b>Figura 32.</b> Comparación de la temperatura con los ECA para el agua.	110
<b>Figura 33.</b> Comparación de la conductividad eléctrica con los ECA para el agua.	111
<b>Figura 34.</b> Comparación del potencial de hidrógeno con los ECA para el agua.	112
<b>Figura 35.</b> Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno con los ECA para el agua	113
<b>Figura 36.</b> Comparación del oxígeno disuelto con los ECA para el agua.	114
<b>Figura 37.</b> Comparación del fósforo total con los ECA para el agua.	115
<b>Figura 38.</b> Comparación de los nitratos con los ECA para el agua.	116

<b>Figura 39.</b> Comparación de los coliformes termotolerantes con los ECA para el agua	117
<b>Figura 40.</b> Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo(Punto 1).	143
<b>Figura 41.</b> Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo(Punto 2).	143
<b>Figura 42.</b> Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo (Punto 3).	144
<b>Figura 43.</b> Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo (Punto 4).	144
<b>Figura 44.</b> Toma de muestras del primer muestreo (Punto 1).	145
<b>Figura 45.</b> Toma de muestras del primer muestreo (Punto 2).	145
<b>Figura 46.</b> Toma de muestras del primer muestreo (Punto 3).	146
<b>Figura 47.</b> Toma de muestras del primer muestreo (Punto 4).	146
<b>Figura 48.</b> Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 1).	147
<b>Figura 49.</b> Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 2).	147
<b>Figura 50.</b> Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 3).	148
<b>Figura 51.</b> Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 4).	148
<b>Figura 52.</b> Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 1)	149
<b>Figura 53.</b> Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 2)	149
<b>Figura 54.</b> Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 3)	150
<b>Figura 55.</b> Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 4)	150
<b>Figura 56.</b> Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 1).	151
<b>Figura 57.</b> Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 2)	151
<b>Figura 58.</b> Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 3).	152
<b>Figura 59.</b> Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 4).	152
<b>Figura 60.</b> Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 1).	153

<b>Figura 61.</b> Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 2).	153
<b>Figura 62.</b> Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 3).	154
<b>Figura 63.</b> Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 4).	154
<b>Figura 64.</b> Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 1).	155
<b>Figura 65.</b> Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 2).	155
<b>Figura 66.</b> Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 3).	156
<b>Figura 67.</b> Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 4).	156
<b>Figura 68.</b> Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 1).	157
<b>Figura 69.</b> Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 2).	157
<b>Figura 70.</b> Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 3).	158
<b>Figura 71.</b> Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 4).	158
<b>Figura 72.</b> Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 1).	159
<b>Figura 73.</b> Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 2).	159
<b>Figura 74.</b> Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 3).	160
<b>Figura 75.</b> Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 4).	160
<b>Figura 76.</b> Llenado de formatos de campo.	161
<b>Figura 77.</b> Georreferenciación con GPS Garmin.	161
<b>Figura 78.</b> Muestras de parámetros microbiológicos.	162
<b>Figura 79.</b> Rotulado y etiquetado en campo.	162
<b>Figura 80.</b> Toma de muestras de parámetros microbiológicos.	163
<b>Figura 81.</b> Almacenamiento y transporte con hielo.	163
<b>Figura 82.</b> Identificación de punto de vertimiento de aguas residuales domésticas.	164

<b>Figura 83.</b> Multiparametro marca Milwaukee.	164
<b>Figura 84.</b> Laboratorio de análisis de muestras.	165
<b>Figura 85.</b> Almacenamiento y conservación de muestras en laboratorio.	165
<b>Figura 86.</b> Licencia de uso de software SPSS, para procesamiento de datos estadísticos.	166
<b>Figura 87.</b> Datos importados en SPSS.	166



## INDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO 01.</b> MATRIZ DE CONSISTENCIA	129
<b>ANEXO 02.</b> INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE AVENIDA	130
<b>ANEXO 03.</b> INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE TRANSICIÓN	131
<b>ANEXO 04.</b> INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE ESTIAJE	132
<b>ANEXO 05.</b> INFORME FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE AVENIDA	133
<b>ANEXO 06.</b> INFORME FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE TRANSICIÓN	134
<b>ANEXO 07.</b> INFORME FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE ESTIAJE	135
<b>ANEXO 08.</b> REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 01	136
<b>ANEXO 09.</b> REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 02	137
<b>ANEXO 10.</b> REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 03	138
<b>ANEXO 11.</b> REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 04	139
<b>ANEXO 12.</b> CADENA DE CUSTODIA MUESTRAS DE AGUA FÍSICOQUÍMICA	140
<b>ANEXO 13.</b> CADENA DE CUSTODIA MUESTRAS DE AGUA MICROBIOLÓGICA	141
<b>ANEXO 14.</b> RESULTADOS DE PARÁMETROS EN CAMPO	142
<b>ANEXO 15.</b> PANEL FOTOGRÁFICO	143
<b>ANEXO 16.</b> RESULTADOS SPSS	167

## ACRÓNIMOS

ECA	Estándares de calidad ambiental.
OD	Oxígeno disuelto.
QDO	Demanda química de oxígeno.
pH	Potencial de hidrógeno.
STD	Sólidos disueltos totales.
ANA	Autoridad Nacional del Agua.
Mg/l	Miligramos por litro.
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno.
CE	Conductividad eléctrica.
RILAV	Código río llave (ANA).

## RESUMEN

La presente investigación titulada: Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río llave en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022, cuyo objetivo fue: determinar la calidad del agua del río llave por la influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022. La metodología que se empleó para el trabajo de investigación fue la evaluación de las muestras basadas en un estudio no experimental, ya que no se realizó modificación alguna de la realidad ni manipulación de las variables. El estudio corresponde al enfoque cualitativo y cuantitativo ya que, se realizó la recolección de datos con base en la medición numérica, para la interpretación de los resultados, utilizando el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales y el decreto supremo N° 004-2017-MINAM categoría 4, realizando 4 muestreos en 3 estaciones (avenida, transición y estiaje), obteniendo los siguientes resultados: temperatura 14.96°C, sólidos totales disueltos (949.17 mg/L), conductividad eléctrica (468.67  $\mu$ S/cm), pH (7.09), demanda bioquímica de oxígeno de (37.92 mg/L), demanda química de oxígeno (56.5 mg/L), oxígeno disuelto (5.03 mg/L), fósforo total (1.39 mg/L), nitratos (10.91 mg/L) y coliformes termotolerantes (3300 NMP) ; comparando los resultados con el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 4 se encuentran fuera de los estándares de calidad ambiental para el agua, concluyendo que las aguas residuales domésticas inciden de forma negativa y de manera directa en el cuerpo de agua en su condición de cuerpo receptor.

**Palabras clave:** Agua, calidad, contaminación, parámetros, microbiológico.

**ABSTRACT**

The present investigation entitled: Determination of the physicochemical and microbiological quality of the llave river in the area of influence of the wastewater treatment plant of the llave district, Puno 2021 - 2022, whose objective was: To determine the water quality of the llave river by the influence of the dumping of the wastewater treatment plant of the district of llave, Puno 2021 - 2022. The methodology that was used for the research work was the evaluation of the samples based on a non-experimental study, since it did not make any modification of reality or manipulation of the variables. The study corresponds to the qualitative and quantitative approach, since data collection was carried out based on numerical measurement, for the interpretation of the results, using the national protocol for monitoring the quality of surface water resources. and Supreme Decree No. 004-2017-MINAM category 4, carrying out 4 samples at 3 stations (avenue, transition and low water), obtaining the following results: temperature 14.96°C, total dissolved solids (949.17 mg/L), electrical conductivity (468.67  $\mu$ S/cm), pH (7.09), biochemical oxygen demand (37.92 mg/L), chemical oxygen demand (56.5 mg/L), dissolved oxygen (5.03 mg/L), total phosphorus (1.39 mg/ L), nitrates (10.91 mg/L) and thermotolerant coliforms (3300 NMP); comparing the results with the Supreme Decree No. 004-2017-MINAM, category 4 are outside the environmental quality standards for water, concluding that domestic wastewater has a negative and direct impact on the body of water in its condition as receiving body.

Keywords: Water, quality, contamination, parameters, microbiological.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más esenciales para la vida y el desarrollo del medio ambiente, ha sido primordial para el desarrollo de las sociedades a lo largo de la historia, siendo un elemento abundante en el planeta tierra, los océanos simbolizan un 97% del total y solo un 3% se encuentra en lagos y ríos la cual es agua dulce, esta pequeña cantidad es imprescindible para el desarrollo de vida, el crecimiento acelerado de las poblaciones ha llevado a una mayor demanda del recurso agua, así como el aumento de contaminación ambiental, lo que ha generado el deterioro de los cuerpos de agua, consecuencias negativas para el medio ambiente y en especial para ser humano, la contaminación de cuerpos de agua está fuertemente relacionado a problemas gastrointestinales ya que su consumo afecta a la salud de la población y el medio ambiente.

En los últimos años el agua en la región Puno, ha logrado tener más importancia, debido a que es fuente de ingresos económicos de gran parte de la población Puneña, lo cual implica un aspecto importante la protección y conservación de los recursos hídricos, es por ello que se necesita planes integrales de manejo y cuidado, no solo porque en todo el mundo el agua dulce cada vez es más escaso, sino que en épocas de avenida no se aprovecha su abundancia. En la ciudad de llave el recurso hídrico del río llave es destinado para el consumo humano y en las poblaciones aledañas es destinado principalmente a la crianza de animales y para el cultivo de papa (León, 2021).

El río llave es uno de los principales ríos que desembocan a la cuenca del Titicaca, con una longitud de aproximadamente 163 km, pasa por poblaciones cercanas y desarrollo urbano como la ciudad de llave, capital de la provincia de El Collao, dicho río no está ajeno a la problemática de contaminación del agua, para lo cual se realizó un estudio denominado "Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016" (Pari, 2017). Por eso es relevante realizar este trabajo de

investigación, con el fin de garantizar la calidad de agua, así como, proteger la salud de la población y el medio ambiente, aportando datos actualizados y reales sobre la calidad de agua del río llave y el impacto que tiene la laguna de oxidación, ya que, si no se informa sobre la calidad del agua y su impacto podría afectar gravemente en la salud de las poblaciones y el medio ambiente. La información será de gran importancia para que pueda servir como instrumento para la buena gestión ambiental y la toma de decisiones.

El presente trabajo de investigación consta de 4 capítulos, el primero capítulo trata sobre el planteamiento del problema, un breve resumen de los antecedentes y los objetivos planteados, el segundo capítulo detalla el marco teórico, el tercer capítulo detalla la metodología utilizada en la tesis, y finalmente el cuarto capítulo donde se detalla la información obtenida en campo y el análisis sobre el impacto que causa el vertimiento de aguas residuales domésticas.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso al agua de calidad es uno de los derechos humanos básicos, es esencial para el desarrollo de la sociedad y el medio ambiente, el crecimiento exponencial de las poblaciones ha llevado a una mayor demanda del recurso hídrico, así como el aumento de contaminación ambiental, ya que este recurso como tal es considerado como el disolvente universal, lo que ha generado el deterioro de los cuerpos de agua y consecuencias negativas para el medio ambiente y en especial para ser humano, están fuertemente relacionados a problemas gastrointestinales ya que su consumo afecta a la salud de la población y el medio ambiente.

Según la OMS (2021), por lo menos 2000 millones de habitantes se abastecen de una fuente de agua que está contaminada por aguas residuales domésticas. Dichos datos seguirán aumentando de la misma forma que la demanda de agua crezca. Además, se estima que de aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. En los países en vías de desarrollo, el 22% de los centros sanitarios carecen de fuentes de agua, el 21% de servicios de saneamiento, y el 22% de servicios de gestión de desechos.

En el Perú, la contaminación del agua por aguas residuales es uno de los problemas que existe desde hace décadas afectando la calidad de vida de la población y el medio ambiente, los recursos hídricos en los últimos años se ven deterioradas debido a que la gran mayoría de aguas residuales no son tratadas y devueltas completamente contaminados a los cuerpos de agua, por lo cual, la calidad de agua no cumple con las expectativas de la población.

Para la Comisión multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), el río llave es uno de los principales ríos que desembocan a la cuenca del Titicaca, con una longitud de aproximadamente 163 km, pasa por poblaciones cercanas y desarrollo urbano como la ciudad de llave, capital de la provincia de El Collao, dicho río no está ajeno a la problemática de contaminación del agua. Considerando que existe un estudio denominado “Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016” (Pari, 2017), por eso es relevante realizar este trabajo de investigación, con el fin de garantizar la calidad de agua, así como, proteger la salud de la población y el medio ambiente, aportando datos actualizados y reales sobre la calidad de agua del río llave, ya que, si no se informa sobre la calidad del agua y su posterior impacto, la problemática con el pasar de los años sería aún peor. La información será de gran importancia para que pueda servir como instrumento para la buena gestión ambiental y la toma de decisiones.

### **1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **Problema general**

¿Cuál es la calidad del agua del río llave por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022?



### Problemas específicos

- ¿Cuáles son los valores físicoquímicos que posee el río llave después del vertimiento de aguas residuales domésticas del distrito de llave?
- ¿Cuáles son las concentraciones de contaminación microbiológica tiene el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas?
- ¿Cuál es el nivel de contaminación físicoquímica y microbiológica que posee el río llave por el vertimiento de aguas residuales en relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM?

## 1.2 ANTECEDENTES

### INTERNACIONALES

Campaña et al. (2017), realizaron un estudio denominado “Evaluación físicoquímica y microbiológica de la calidad de agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito”, con la finalidad de conocer la calidad de agua de ambos ríos, los parámetros físicoquímicos fueron: caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto y potencial de óxido reducción (ORP), realizando monitoreos in situ en los meses de agosto a noviembre del 2014, los parámetros analizados en laboratorios fueron: coliformes totales y fecales, los análisis evidenciaron que ambos ríos superan ampliamente los límites permisibles, concluyendo que la demanda bioquímica de oxígeno muestran concentraciones de 107,8 ppm para el río Machángara y de 98,00 ppm, el valor del oxígeno disuelto para el río Machángara es de 7,01 mg/L confirmando la deficiencia de la calidad de los ríos que atraviesan zonas de gran densidad poblacional.

Him et al. (2019), realizaron un artículo científico denominado “Calidad físicoquímica y microbiológica del agua del río Santa María en las inmediaciones del reservorio de agua del acueducto de Santiago, Veraguas” en Panamá, con el objetivo de analizar las principales fuentes de agua y verificar si su calidad estaba siendo comprometida por la

contaminación, seleccionando cuatro puntos de muestreo, los cuales fueron analizadas por variables fisicoquímicas y microbiológicas, siendo los resultados más relevantes los siguientes: La conductividad eléctrica presentó un rango entre 42  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y 81  $\mu\text{s}/\text{cm}$  en la época de estiaje; mientras que en época de avenida fue entre 52  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y 54  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , el pH mostró un mínimo de 7.6 y máximo de 8.5 en la época de estiaje y 7.4 y 7.9 en la época de avenida, para los coliformes totales obtuvo valores de 100 a 8600 bact/100 mL concluyendo que posee concentraciones elevadas de coliformes totales.

Por otra parte, en el estudio de Gil-Marín et al. (2018), denominado “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). caso de estudio: cuenca del río Guarapiche, Monagas, Venezuela” evaluaron 14 parámetros de calidad de agua en el río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela, con el objetivo de evaluar el índice de calidad del agua (ICA) en el río Guarapiche, estado Monagas, Venezuela. Concluyendo que los parámetros fisicoquímicos estudiados se encontraron con valores por debajo y que no superan los límites permisibles, los valores de temperatura en el presente estudio variaron de 21.1°C a 29.6 °C. Como resultado obtuvo un valor mínimo de 7.5 y un máximo de 8.4, lo que le da una naturaleza ligeramente alcalina.

## **NACIONALES**

La investigación realizada por Castillo & Quispe (2019) denominada “Calidad fisicoquímica y microbiológica del río Chonta impactadas por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito Baños del Inca - Cajamarca, 2018” cuyo objetivo principal fue evaluar la calidad del río Chonta mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el distrito de Baños del Inca, Cajamarca. Las cuales realizaron en 2 puntos de monitoreo, el primero en el punto de descarga y el segundo fuera del punto de descarga de aguas residuales domésticas, para lo cual determinó que el agua en ambos puntos de muestreo no es apta para riego de vegetales y bebida de animales, porque se

encuentran superando los niveles que la norma estipula, la demanda química de oxígeno con 151 NMP/100 mL, además los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites a excepción del pH, valor que superó la normativa nacional en la Zona 1 en los meses de febrero y abril. Concluyendo que, dichas actividades de agricultura y ganadería impactan negativamente en el medio ambiente.

Rojas (2018), realizó en su tesis "Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas - Simon Bolivar - Pasco - 2018" a fin de evaluar los parámetros físicoquímico y microbiológico del río Ragra en Pasco, llegó a la conclusión de que los parámetros físicoquímico y microbiológico del río Ragra no cumple en su totalidad con los estándares de calidad ambiental para agua que corresponde a la categoría 3, ya que, dentro de los parámetros que incumplen la normativa ambiental determinó los siguientes: sólidos totales disueltos, metales totales (cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc) y microbiología (coliformes fecales), de esta manera atribuye dicha contaminación al aumento de la actividad minera y poblaciones (aguas residuales domésticas) que se tiene alrededor del río Ragra, las cuales vierten sus efluentes industriales y domésticos directamente al cuerpo de agua.

Pérez (2017), en su tesis titulada "Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales OMO, durante el periodo 2014 - 2015" realizó un estudio de determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Moquegua con la finalidad de determinar el índice de calidad de agua por la influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando la metodología de ICA- NFS la cual requiere de nueve parámetros: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno. Los resultados obtenidos muestran un valor de 51.44 ICA-NFS antes del vertimiento (calidad media) y 44.18 ICA-NFS después del vertimiento (mala calidad), de esta manera, concluyendo que superan los

estándares de calidad ambiental para el agua: 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.

Costa (2021), realizó un estudio denominado "Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua de efluentes del río Chillón durante los meses enero a junio del 2019", con el objetivo de evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua de seis efluentes cercanos al margen del río Chillón durante los meses de enero a junio de 2019, empleando un total de 12 muestras las cuales fueron contrastadas con los estándares de calidad ambiental para el agua, a partir de ello demostró que en el mes de febrero y los puntos de muestreo cuatro, cinco y seis tenían mayor concentración de sales, mientras que para los parámetros microbiológicos demostró que en todos los puntos se encontraron contaminación por coliformes totales.

## **LOCALES**

Menendez (2018), en su trabajo de investigación denominado "Evaluación de parámetros fisicoquímicos y calidad bacteriológica del río Coata - región Puno 2015" realizó una investigación en el río Coata con la finalidad de determinar los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales) y químicos: (pH, demanda bioquímica de oxígeno, sulfatos y nitratos del río Coata), además, determinar el contenido bacteriológico de coliformes totales, fecales y termotolerantes. Obteniendo los siguientes resultados pH 7,51; temperatura 12,94 °C; conductividad eléctrica 1120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; sólidos disueltos totales 553 mg/L; sulfatos 73,46 mg/L; nitratos 0,09 mg/L; y demanda bioquímica de oxígeno 30,56 mg/L; coliformes totales 7240 NMP/100 ml; coliformes fecales 48 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes 0 NMP/100 ml. Llegando a la conclusión de que los parámetros DBO y los coliformes totales fueron los parámetros que superaron los estándares de calidad ambiental para el agua.

La investigación realizada por Siguiro (2017), denominada “Calidad de las aguas del río choquechaca, lago wiñaymarca y la captación por Emapa - Yunguyo para la Salud Ambiental”, realizó un análisis de agua durante seis meses en época seca y lluviosa, siendo los parámetros analizados los siguientes : físicos (temperatura, conductividad eléctrica, color, turbidez y SDT), químicos (pH, oxígeno disuelto, DBO, DQO, fósforo total, cloruros, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal) y bacteriológicos (coliformes totales y termotolerantes). Concluyendo que los parámetros: pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, fósforo total y cloruros no cumplen con los estándares de calidad ambiental para el agua.

Pari (2017), en su tesis “Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016” , determinó la calidad del agua del río llave, en un tramo de 6 kilómetros aproximadamente, las cuales conforman la zona urbana del distrito de llave, fosfato (1.75, 2.1, 1.56 y 1 .45 mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (84,96,76 y 72 mg/L), demanda química de oxígeno (183, 218, 173 y 165 mg/L), también se determinó la presencia de coliformes fecales; la más alta en el segundo muestreo con concentraciones de hasta (3200 NMP/100 ml), concluyendo de que el pH tiende a ser alcalino, el oxígeno a nivel óptimo y una alta concentración de fosfatos, indicativo de niveles de contaminación en el río llave, ya que en la zona existen vertimientos clandestinos de aguas residuales.

Turpo (2018), en su investigación denominada: “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento aziruni, Puno 2017” con el objetivo de evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimú suministradas por la planta de tratamiento de agua potable. Los resultados obtenidos muestran que para el parámetro conductividad eléctrica excede la normativa nacional con 396.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual demuestra un exceso de sales en forma ionizada, para el parámetro temperatura obtuvo 17.6 °C como valor más alto en el mes de septiembre y 13.6 °C en el mes de Junio como el valor más bajo, lo cual evidencia un

incremento en la temperatura en base a la estación climática de la región Puno. El resultado más alto (17.6°C) fue en la época más cálida demostrando una variación muy baja con respecto a la media.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la calidad del agua del río llave por la influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022.

#### **1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Determinar las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022.
- Determinar los niveles de concentración de microorganismos biológicos en el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas.
- Analizar las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas con relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La razón del presente informe final de tesis se basa principalmente en la investigación de la necesidad de verificar la influencia del vertimiento de aguas residuales de origen doméstico que realiza la población de llave a través de una laguna de oxidación, así mismo comparar los datos con la normativa nacional D.S. 004-MINAM estándares de calidad ambiental para el recursos agua.

El río llave es la principal fuente de agua de la población de llave, así como de las comunidades aledañas que utilizan el recurso hídrico para diferentes actividades. Es por ello que es preciso levantar información respecto a este problema, actualmente se cuenta

con un estudio del lugar que data del año 2016, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permitirá actualizar datos, planear alternativas de control y tener datos sobre el impacto ocasionado por la medidas preventivas a fin de salvaguardar la salud de las personas y el medio ambiente, es por esto que resulta relevante realizar este trabajo de investigación, analizar y sentar las bases para que se abra nuevos caminos para otras modalidades de investigación.

#### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

Concentraciones elevadas de contaminantes afectan directamente al medio ambiente, inciden en el proceso natural de las plantas, disminuyendo el proceso de crecimiento, pérdida de flora y fauna, degradación del suelo y pérdida de fertilidad, las aguas pueden transportar los contaminantes a la población cercana afectando directamente en la salud de las personas.

#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

En los últimos años se ha ido priorizando la protección del medio ambiente, ya que es un derecho fundamental para las personas gozar de un ambiente sano y equilibrado, a fin de garantizar el recurso hídrico, ya que un cuerpo de agua contaminado fuera de los impactos en el medio ambiente causa malestar y molestias a la población.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Según el INEI (2021), solo para el año 2020 el departamento de Puno dispone 6 519 745 metros cúbicos de aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua, los cuales son traducidos en costos ambientales para su recuperación de las áreas degradadas por aguas residuales de origen doméstico.

En caso de enfermedades relacionadas al consumo de aguas contaminadas, los impactos afectan a la economía de la población, se dedica un tiempo para acudir a

postas médicas y hospitales, el posterior tratamiento médico y en muchos casos a las personas con enfermedades gastrointestinales, algunas actividades se limitan, lo cual se traduce en pérdida de oportunidades de trabajo y su calidad de vida es afectada, por consiguiente, el desarrollo del país disminuye.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 EL AGUA

Orozco et al. (2003), indica que el recurso agua es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la vida en general, sin ella el hombre y los animales no podrían existir, viendo del punto de vista cualitativo, podemos asegurar que casi todas las formas de vida, incluso en el desierto, requieren una entrada de agua en casi todas las funciones de nutrición y excreción, ya que los seres vivos en general se basan en el agua, es por ello que todo el desarrollo de las poblaciones y crecimiento urbano se desarrolló cerca de alguna fuente de agua.

El agua normalmente circula a través de los océanos, la atmósfera, ríos, lagos, glaciares y las fuentes de agua subterránea, siendo el agua y el aire los elementos que más movilidad poseen dentro del sistema terrestre. Dicha característica de circulación constante: evaporación, precipitación, evaporación y escorrentía, se puede llamar el ciclo planetario del agua. Para ilustrar la disponibilidad del agua en el mundo la tabla 01 muestra un resumen de los valores estimados (Sierra, 2011).

**Tabla 01.** Distribución del agua en la Tierra.

Situación del agua	Volumen en Km <sup>3</sup>		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	De agua dulce	De agua salada
Océanos y mares	-	1.338.000.00 0	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y Permafrost	300.000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.000	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.400	-	0,006
Humedad del suelo	16.500	-	0,05	0,001
Atmósfera	12.900	-	0,04	0,001
Embalses	11.470	-	0,03	0,0008
Ríos	2.120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua en la tierra	1.386.000.000		-	100

**Fuente:** (Sierra, 2011)

El recurso hídrico es uno de los elementos más importantes en la naturaleza, debido a que cubre casi tres cuartas partes de la superficie total de la tierra, se encuentra en océanos, ríos, lagos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, ayuda a

regular el clima del mundo. Tiene propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: considerado un solvente universal, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Fernández, 2012).

Barrenechea (2004) menciona que, en la salud humana, el recurso agua ayuda a depurar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en nuestros organismos, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. Sin embargo, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de toxinas al organismo que pueden afectar a diferentes órganos de manera reversible o irreversible.

### **2.1.2 PROPIEDADES DEL AGUA**

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua son de vital importancia para un profesional medioambiental, el agua es considerado una sustancia químicamente pura, que solo existe en el laboratorio, cuando este recurso entra en contacto con la atmósfera, el suelo y adquiere elementos o sustancias disueltas, alteran su composición natural. En cualquiera de sus estados, se caracteriza por ciertas propiedades y su calidad se determina con un análisis de laboratorio, tomando en cuenta los parámetros físicoquímicos y biológicos (Sierra, 2011),

Orozco et al. (2003), indica que el agua en su forma natural posee propiedades fisicoquímicas de más trascendencia: Alta conductividad térmica, altos valores de su capacidad calorífica, alto valor de tensión superficial, gran capacidad disolvente y la capacidad de reacción, para lo cual la tabla 02 muestra las principales propiedades generales del agua tales como: color, olor, sabor, transparencia relativa, capacidad calorífica específica, temperatura de fusión y temperatura de ebullición.

**Tabla 02.** Propiedades generales del agua.

Propiedad	Valor	Comentario
Color	Ninguno	Cuando está pura
Olor	Ninguno	Cuando está pura
Sabor	Ninguno	Cuando está pura
Transparencia relativa	Buena	Absorbe intensamente en IR y UV
Capac. Calorífica específica (20°C)	4.18.10 <sup>3</sup>	La más alta (salvo el NH <sup>3</sup> )
T° de fusión (1 atm)	0 °C	La más alta de su serie
T° de ebullición (1 atm)	100 °C	La más alta de su serie

**Fuente:** (Orozco et al., 2003).

Sierra (2011) menciona que, a aquellas características que posee en recurso hídrico, independientemente que esté contaminada o no, se conoce como propiedades del agua, y estas con las características que pueden distinguir de otros líquidos, a continuación, se mencionan algunos: Densidad, Viscosidad, Calor Específico y Tensión Superficial.

### 2.1.3 CALIDAD DE AGUA

Dada la complejidad de factores que determinan la calidad del agua y la vasta cantidad de variables empleadas para determinar el estado de los cuerpos de agua en aspectos cuantitativos, es muy complicado dar una definición simple de calidad de agua. A medida que los usos del agua han ido aumentando a lo largo de la historia, también han ido aumentando y mejorando las metodologías para interpretar sus características (Sierra, 2011).

Jaramillo (2014), menciona que la calidad del agua se define como una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de las sustancias orgánicas e inorgánicas, y la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad puede presentar alteraciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua.

La calidad ecológica del agua se manifiesta por la necesidad del ser humano, por tanto, se refiere al grado de perturbación y potencial de conservación o restauración de un ecosistema que se somete a las necesidades humanas, para ello necesariamente debe definir la calidad de agua, en función de su uso que se le asigne, dado que para el consumo humano las exigencias del recurso agua deben ser más estrictas (Aguilar, 2010).

La OMS (2006) define a la calidad de agua como una relación de un conjunto de variables tanto físicas, químicas y biológicas, la calidad del agua se basa principalmente en la cantidad de sustancias que puedan alterar al medio ambiente y a la salud humana, la calidad de agua hace referencia a aquellas que cumplan con los estándares pre establecidos considerando la finalidad a la que se destina.

El término calidad del agua está muy relacionado con el uso que se le destine, esto quiere decir que una fuente de agua adecuadamente limpia que consienta la vida de los pescados puede no ser idónea para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inconveniente para la manufactura. Para decidir si el agua es apta para un propósito específico, su calidad debe especificarse en destino del uso que se le va a proporcionar. Bajo estas consideraciones, se indica que un agua está contaminada cuando sufre cambios que perturban su uso real o potencial (Weiner, 2000).

#### 2.1.4 CONTAMINACIÓN DE AGUA

La contaminación del ambiente acuático pueden ser de dos tipos: de forma natural y antrópica, esto significa la inducción por el hombre ya sea directa o indirectamente de sustancias extrañas, en concentraciones lo suficientemente altas para que puedan ser perjudicial o resulte en problemas como: daños en los organismos vivos, efectos y alteraciones sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades como pesca, natación, canotaje, etc., e interferencia en actividades económicas como el riego, etc. La descripción de la calidad del agua puede realizarse básicamente de dos formas: Midiendo variables fisicoquímicas y biológicas y empleando índices de calidad del agua (Sierra, 2011).

Henry & Heinke (1999), indica que la contaminación del agua incide en las plantas y organismos presentes en los cuerpos de agua, y en muchos de los casos afecta no solamente a las especies individuales y las poblaciones sino también puede afectar a comunidades biológicas, a través de las cadenas tróficas. El agua de dichos cuerpos se contamina mediante sustancias introducidas y que son nocivas como ácidas, solventes orgánicas, pinturas, metales y demás derivados de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, domésticas, dichas agua ya no son aptas para el consumo. La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua, también se encuentra la construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos pueden degradar seriamente su calidad y muchas veces volverlas no aptas para el uso requerido.

Para Orozco et al. (2003), la contaminación del agua consiste en una modificación, que muchas veces es provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o nociva para el consumo humano, la agricultura, las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural etc. Un agua se encuentra contaminada cuando se ve alterada en sus características naturales, ya sea directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana en su constante búsqueda del desarrollo, de tal

modo que quede menos apta para el uso a la cual sea destinada. De esta forma se puede tomar en cuenta tres aspectos fundamentales: a) que se parte desde su composición natural y no de agua pura, b) se mide la calidad de agua en función al uso al cual el recurso está destinada y por último c) es considerado contaminación la cual es provocada por el hombre ya sea de forma directa o indirecta. Para su mayor explicación, la tabla 03 muestra los tipos de contaminantes, sus causas y los principales efectos.

**Tabla 03.** Tipos de contaminantes del agua.

Tipo de contaminante		Causas	Efectos
Físicos	Térmico	Vertimientos industriales	Al elevar la temperatura (°T), se reducen los niveles de oxígeno disuelto, incrementa las actividades biológicas y químicas, y pone en riesgo la existencia de fauna susceptible a cambios de °T.
	Sólidos suspendidos	Vertimientos industriales, arrastre de material, procesos erosivos.	Depósito en cuerpos hídricos alterando, por ejemplo, el nivel de profundidad. Incremento del nivel de turbidez.
	Aceites y grasas	Derrames y vertimientos industriales y domésticos.	Puede llegar a inhibir el crecimiento de flora y fauna al evitar la absorción de oxígeno. Altera las propiedades organolépticas del agua.
Químicos	Nitratos y fosfatos	Fertilizantes, detergentes y vertimientos industriales.	Responsables del proceso de eutrofización en cuerpos de agua lénticos, lo que disminuye la concentración de oxígeno disuelto.
	Plomo	Baterías, cables eléctricos, redes de	Tóxico para la salud humana. Metal bioacumulable.

	Ácidos	tuberías, vertimientos industriales.	Medidas extremas de acidez o alcalinidad pueden ser nocivas para la fauna y la flora.
Biológicos	Microbiológicos	Vertimientos industriales y domésticos, actividades pecuarias.	Microorganismos patógenos causan enfermedades en seres humanos y animales.

Fuente: (Ramirez, 2015)

### 2.1.5 CONTAMINACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO ILAVE

La cuenca del río llave es la tercera en importancia de toda la región, viendo desde el punto de vista de población y por la superficie que abarca, solamente después del río Ramis y Coata, a lo largo de su recorrido se conforma el río Huenque al unirse al río Aguas calientes, conforman el río llave, teniendo a sus márgenes poblaciones que realizan el vertimiento de aguas residuales en el ámbito de la cuenca del Río llave, ver tabla 04 y 05 (Ocola & Laqui, 2017).

Tabla 04. Vertimiento de aguas residuales industriales incidentes a la cuenta del río llave.

Vertimientos de aguas residuales industriales						
N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
V-In-1	A.R.I Camal Municipal de la ciudad de llave.	1,0	Río llave	Municipalidad Provincial de El Collao.	434 026	8 221 856
V-In-2	A.R.I Camal Privado.	0,5	Río Jelata	Camal Privado en el C.P. Mi Perú	392 089	8 242 025
<b>TOTAL</b>		1.5				

Fuente: (Ocola & Laqui, 2017).



**Tabla 05.** Vertimiento de Aguas Residuales Municipales incidentes a la cuenta del río llave.

<b>Vertimientos de aguas residuales municipales</b>						
N.º	Tipo de vertimiento	Caudal (L/s)	Cuerpo receptor	Responsable	Coordenadas	
					Este	Norte
<b>VARm -1</b>	A.R.M. Ciudad de llave.	0,2	Río llave	Municipalidad Provincial de El Collao.	432 615	8 222 404
<b>VARm -2</b>	A.R.M. Ciudad de llave.	100,0	Río llave	Municipalidad provincial de El Collao	433 221	8 222 619
<b>VARm -3</b>	A.R.M. Ciudad de llave.	0,2	Río llave	UGAS llave	432 578	8 222 167
<b>VARm -4</b>	A.R.M. Centro P. Conduriri.	0,9	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Conduriri.	426 776	8 162 619
<b>VARm -5</b>	A.R.M Ciudad Santa Rosa.	0,4	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Santa Rosa.	409 715	8 146 865
<b>VARm -6</b>	A.R.M Ciudad Mazo Cruz.	1,0	Río Huenque	Municipalidad Distrital de Mazo Cruz.	425 665	8 149 677
<b>VARm -7</b>	A.R.M Centro P. Totorani.	0,5	Río Grande	Centro Poblado Totorani.	418 459	8 208 632
<b>VARm -8</b>	A.R.M. Ciudad de Laraqueri (planta de tratamiento con macrófitas -Totora).	Intermitente	Río Loripongo	Municipalidad Distrital de Pichacani Laraqueri.	387 650	8 214 130
<b>VARm -9</b>	A.R.M Centro P. Huacochullo.	1,0	Río Blanco	Convenio con Minera Aruntani y el	365 702	8 191 668

Municipio de  
Huacochullo.

**TOTAL**                      **103.2**

---

**Fuente:** (Ocola & Laqui, 2017).

### **2.1.6 CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES**

Remenieras (2000), indica que las aguas residuales están compuestas por restos orgánicos que son producto de la actividad humana, animales, etc. A este grupo, se le incluye las heces y demás que las bacterias aeróbicas pueden descomponer, en otras palabras el proceso con consumo de oxígeno, cuando estos compuestos se encuentran en gran cantidad, el exceso de las bacterias agota el oxígeno, y poco a poco los seres vivos y peces empiezan a morir por la falta de oxígeno, para ello existen varios índices para medir la contaminación de un cuerpo de agua, por ejemplo, cantidad de oxígeno disuelto en el agua, o la demanda bioquímica de oxígeno.

Henry & Heinke (1999), indica que las aguas residuales municipales, llamadas también aguas negras, es una mezcla que por lo general tiene 99% de agua que está mezclada con contaminantes inorgánicos y orgánicos, ya sea en suspensión o disueltos. Su concentración usualmente es muy baja por lo cual se expresa en mg/L, lo que se traduce como miligramos de contaminantes por litro de mezcla. Es una relación de peso/volumen, algunos componentes que posee son: microorganismos: en cualquier medio donde existe alimento adecuado, humedad y adecuada temperatura prosperan los microorganismos, las aguas negras son un ambiente ideal para que estas se desarrollen, no obstante, las aguas residuales también pueden contener patógenos, enfermedades bacterianas como la cólera y la tifoidea. Materia orgánica: las proteínas y carbohidratos constituyen casi el noventa por ciento de las aguas residuales domésticas, las principales fuentes son la orina y la excreta, los residuos de los alimentos, jabones y detergentes, etc.

### 2.1.7 AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Los residuos que excretan los humanos, son conocidos como aguas residuales domésticas, incluyen residuos provenientes de baños, cocinas, lavado de prendas de vestir. Esto junto a los residuos de los establecimientos comerciales, se denominan como aguas residuales municipales. Usualmente se transporta en un sistema de alcantarillado público, donde se depositan en una planta de tratamiento de aguas residuales para evitar algún impacto en el recurso hídrico, el problema está cuando estas se depositan sin tratamiento alguno, las cuales causan daño e impactan de manera ofensiva con las poblaciones que le dan algún uso al mismo recurso (Henry & Heinke, 1999).

Orozco et al. (2003), menciona que las aguas residuales urbanas, son aguas procedentes de las viviendas, también una parte se deposita las aguas de origen pluvial y de limpieza pública, las cuales drenan al sistema de alcantarillado, también muchas veces ingresa aguas procedentes de actividades industriales, una vez realizado el uso, se intenta devolver a su cauce receptor, pero el agua ya contiene una serie de contaminantes que muchas veces está muy por encima de su capacidad auto depuradora. Las características que posee un agua residual doméstica son las siguientes:

- Materia en suspensión
- Materia orgánica (disuelta o en suspensión)
- Nutrientes compuestos por P y N
- Además, se encuentran, bacterias y virus, aceites y grasas, sales disueltas y trazas de elementos tóxicos.

En la tabla 06 muestran los valores medio de parámetros de calidad para aguas residuales de origen domiciliario, categorizados por alta, media y baja, de acuerdo a los parámetros.

**Tabla 06.** Valores medios de parámetros de calidad de agua para aguas urbanas de carga alta, media y baja.

PARÁMETRO	CONTAMINACIÓN ALTA	CONTAMINACIÓN MEDIA	CONTAMINACIÓN BAJA
Sólidos totales	1.000 - 1.200	500 - 700	200 - 300
Sólidos en suspensión	350 - 500	200 - 300	100
Sólidos disueltos	500 - 850	200 - 500	100 - 200
Demanda bioquímica de oxígeno	300	200	100
Demanda química de oxígeno	800 - 1000	450 - 500	160 - 250
Oxígeno disuelto	0	0.1	0.2
Nitrógeno total	85 - 90	40 - 50	20 - 25
Fósforo total	17 - 20	7 - 10	2 - 6

**Fuente:** (Orozco et al., 2003)

### 2.1.8 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elemento, sustancia o parámetro físicoquímico y biológico, presente en el agua, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la población y al medio ambiente, así mismo que los estándares de calidad ambiental es obligatorio para la aplicación de todo tipo de instrumento de gestión ambiental (Minam, 2017).

Los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. Para controlar las emisiones de

agentes contaminantes del agua se emitió el D.S. 004-2017-MINAM estándares nacionales de calidad ambiental para agua, a fin de garantizar la gestión adecuada del recurso hídrico y establecer medidas preventivas y correctivas, garantizando el agua en función al uso que esté destinada.

### **2.1.9 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA**

#### **a) TEMPERATURA**

La temperatura es un parámetro físico del agua que afecta considerablemente en la calidad de la misma, debido a que tiene la capacidad de afectar a los siguientes parámetros: cambios en las reacciones químicas y bioquímicas, desarrollo de organismos en el agua lo que se traduce en proliferación de especies (eutrofización), así también el aumento de temperatura acelera el proceso de putrefacción en el agua (Orozco et al., 2003).

Ramirez (2015), indica que es considerado como uno de los parámetros físicos más importantes del agua, comúnmente influye en la aceleración o el retardo de la actividad biológica, como en la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y en los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Y muchos más factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua cambie constantemente. Los organismos aeróbicos necesitan de la presencia de oxígeno en el agua y que, a mayor temperatura, mayor actividad biológica. Por lo tanto, el aumento de temperatura disminuirá la cantidad de oxígeno y aumentará la actividad bacteriana y podrá llegar a producir condición séptica con problemas de malos olores y sabores. Por otro lado, a altas temperaturas se aceleran los problemas de corrosión de tuberías, lo que ocasiona el deterioro temprano de estas.

## **b) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

La conductividad eléctrica es una medida de resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica, es un buen indicativo de la concentración de iones disueltos, una conductividad eléctrica elevada supone salinidad elevada o valores inusuales de pH, la unidad de medida es el Siemen (S). las causas de alta concentración de sales disueltos pueden atribuirse a efluentes industriales y aguas mineras (Orozco et al., 2003).

Martínez (2006), indica que la característica que posee el agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja con respecto al agua natural que tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por ello se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos.

Sierra (2011), menciona que se mide en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La conductividad Eléctrica Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los carbonatos, cloruros o iones de sodio, etc. Permite determinar las relaciones y posibilita la interpretación de resultados con los sólidos disueltos en el agua. Es la mejor medida indirecta de la salinidad, debido a que por otros métodos se hace más difícil y tedioso. Mediante el establecimiento de relaciones de la conductividad en soluciones estándar, hace posible resultados más rápidos y funcionales.

## **c) POTENCIAL DE HIDRÓGENO**

Jaramillo (2014), indica que el pH es una medida relativa de alcalinidad o acidez. La acidez natural es producida principalmente por el  $\text{CO}_2$  y ocurre cuando el pH está entre 8.5 y 4.5. valores más bajos de 4.5 son por acidificación mineral por elementos como el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y el ácido clorhídrico (HCL) o el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), la alcalinidad natural es producida por carbonatos y bicarbonatos que puede elevar el pH a 8.3. Los valores más altos requieren de alcalinidad de hidróxido (OH) que es producida

por bases fuertes como el Hidróxido de Sodio (NaOH) y el hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>, ver tabla 07.

**Tabla 07.** Variación de pH con las concentraciones de H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup>.

pH	pOH	[H <sup>+</sup> ] mol/L	[OH <sup>-</sup> ] mol/L
0	14	1	10 <sup>-14</sup>
2	12	0.01	10 <sup>-12</sup>
4	10	0.0001	10 <sup>-10</sup>
6	8	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>
8	6	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>
10	4	10 <sup>-10</sup>	0.0001
12	2	10 <sup>-12</sup>	0.01
14	0	10 <sup>-14</sup>	1

**Fuente:** (Jaramillo, 2014).

#### d) SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

El término sólido hace referencia a la materia suspendida o suspendida en un cuerpo de agua. Para determinar la cantidad de sólidos totales disueltos, se calcula específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Estos estudios de sólidos disueltos son también muy importantes, ya que, son indicadores de la certeza de técnicas de tratamiento biológico y físico del agua (Martínez, 2006).

#### e) DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

La demanda bioquímica de oxígeno es el parámetro que se maneja para conocer la concentración de materia orgánica biodegradable y se calcula midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua después de incubar en 5 días y 20°. Una

concentración elevada de demanda bioquímica de oxígeno, indica alto contenido de materia orgánica biodegradable:

Aguas muy puras DBO5 < 3 ppm O2

Pureza Intermedia DBO5 3-5 ppm O2

Agua contaminada DBO5 > 8 ppm O2

Residuales urbanas BBO 5 100-400 ppm O2

Orozco et al. (2003)

Domenech (1998). Es la cantidad de oxígeno en mg/L que necesitan los microorganismos aeróbicos para poder descomponer la materia orgánica, normalmente se emplea la demanda bioquímica de oxígeno, que mide el oxígeno consumido por los microorganismos pasados los cinco días, ver tabla 08.

**Tabla 08.** Valores usuales para BDO5 para aguas de calidad diferente.

TIPO DE AGUA	DBO5 (mg/L)
Agua potable	0.75 a 1.5
Agua poco contaminada	5 a 50
Agua potable negra municipal	10 a 400
Residuos industriales	500 a 10 000

**Fuente:** (Remenieras, 2000).



## f) OXÍGENO DISUELTO

La cantidad de oxígeno disuelto es un indicador muy importante que determina la calidad del agua, debido a que es un parámetro indispensable para la vida acuática: los peces necesitan los niveles de oxígeno más altos y las bacterias los más bajos niveles. La ley de Henry indica que la solubilidad de un gas depende de la presión, además de variar con la temperatura, para que un cuerpo de agua sea considerado con menor grado de contaminación debe ser al menos superior al 50% del valor de saturación a esa presión y temperatura (Orozco et al., 2003).

Barrenechea (2004), indica que su presencia es esencial en el agua y su procedencia es específicamente del aire. valores bajos o ausencia de oxígeno en el agua; suelen indicar una contaminación elevada, por la proliferación de la materia orgánica o una actividad bacteriana muy elevada; es por ello que se le puede considerar como un indicador de contaminación de agua. Su presencia en el agua depende muchas veces de la temperatura, la mineralización del agua y la presión. Los cuerpos de aguas superficiales que no poseen polución, si son ríos o que contengan corriente; usualmente poseen altas concentraciones de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas, su contenido depende de la aireación de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), ver tabla 09.

**Tabla 09.** Concentraciones de oxígeno disuelto y sus consecuencias.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencia
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aeróbicos acuáticos.
0-5	Hipoxia	Desaparición de los organismos y especies sensibles acuáticas.

5-8	Aceptable	[OD] apta para la vida de una gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	[OD] adecuada para la vida de una gran mayoría de especies de peces y otros organismos de vida acuática.
>12	Sobresaturad a	Sistemas en una producción fotosintética.

---

**Fuente:** (Pari, 2017).

### **g) DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

Martínez (2006), indica que la demanda química de oxígeno (DQO) se realiza para medir el contenido de la materia orgánica. En aguas residuales es posible establecer una relación entre DBO y DQO lo cual es de gran utilidad determinar la cantidad de DQO puesto que la QBO necesita 5 días para ser determinada con respecto a las 3 horas que necesita la DQO para ser determinada. Una vez establecida la correlación entre los 2 parámetros.

### **h) FOSFATO TOTAL**

Rovira et al. (2015), indica que es muy usual que el agua contenga fosfato, ya que son nutrientes de la vida acuática y pueden limitar el desarrollo de las plantas. Sin embargo, su presencia en concentraciones elevadas está asociada con la eutrofización de los cuerpos de agua, con proliferación y crecimiento de algas indeseables en embalses y lago, lo cual evita el paso de la luz solar para que organismos y microorganismos que necesitan de la fotosíntesis para su desarrollo, no puedan crecer adecuadamente, la cual genera condiciones sépticas y proliferación de especies anaeróbicas con acumulación de sedimentos.

Yungán (2010), manifiesta que un cuerpo de agua que contiene alta presencia de contaminantes fosfatados se da principalmente por la actividad agrícola, en donde se emplean fertilizantes fosfatados y que son transportados al agua. El fosfato, es un elemento indispensable para la vida al igual que carbono, azufre y nitrógeno, está implicado en un complejo ciclo bioquímico que implica el tránsito del elemento a través de una serie de estados inorgánicos y orgánicos, que lo transforman fundamentalmente vía microbiana.

### **i) NITRATOS**

Pari (2017), menciona que los nitratos son obtenidos a partir de aguas de desecho, que fueron descargadas directamente al cuerpo de agua y de sistemas en mal funcionamiento. Estos muchas veces son construidos junto a pozos de agua, contaminando las aguas subterráneas con nitrógeno, los cuales en niveles altos pueden ocasionar una condición llamada Metahemoglobinemia. También los niveles altos de nitrógeno, están justo debajo de los suelos destinados para el cultivo, en el cual se utilizan los fertilizantes.

Las concentraciones naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito por la acción de las bacterias nitrificantes Nitrosomas, y estos a su vez son oxidados a nitratos por la acción de las bacterias Nitrobacter. La nitrificación es más vertiginosa a un pH de 7 a 8 y a temperaturas de 25-30 °C la nitrificación hace que el pH del agua disminuya (Claros, 2012).

## **2.1.10 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA**

### **a) COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

Gómez et al. (1996), indica que los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de los demás microorganismos que hacen parte de este

grupo, que son índole positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45°C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, ya que las heces contienen dichos microorganismos, presentes en la flora intestinal y de ellos un 90% y un 100% son E. coli mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59%.

Los coliformes termotolerantes se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44°- 45°C, las cuales comprenden un grupo pequeño de microorganismos los cuales son considerados indicadores de calidad de agua, ya que son de origen fecal en gran parte son representados por el microorganismo el género *Escherichia coli* (Schütz et al., 2008).

#### 2.1.11. TIPOS DE MUESTRAS

- **Muestras puntuales:** denominada discreta, consiste en la toma de muestra de un punto determinado para su análisis individual
- **Muestras compuestas:** es la mezcla de muestras puntuales, se utiliza generalmente para la caracterización de aguas residuales.
- **Muestra integrada:** consiste en la homogeneización de las muestras puntuales tomadas en diferentes puntos, con el objetivo de conocer la calidad de agua promedio de los cuerpos de agua.

(Minagri, 2016)

#### 2.1.12 TÉCNICAS DE MUESTREO PARA AGUAS SUPERFICIALES

Para la obtención de datos es de mucha importancia la técnica de muestreo empleada, de lo contrario los datos recolectados serán inútiles, para ello existen técnicas de monitoreo según el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Las muestras de agua deberán recogerse lo más cerca posible al

cuerpo de agua y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales (Minagri, 2016).

Cuando no se presenten las condiciones adecuadas para el monitoreo de agua, se podrá hacer uso de un brazo telescópico debidamente diseñado para el recojo de muestras lo más alejado de la orilla, donde la turbulencia sea mínima y el cuerpo presente condiciones homogéneas. En los casos en que no es posible recoger las muestras del centro del río, por los riesgos que representan las corrientes fuertes, la profundidad, falta de implementos de seguridad o el apoyo logístico necesario, se deberá ubicar el punto en zona de orilla o en una zona apropiada para la toma de muestra, buscando que la muestra sea representativa del cuerpo de agua (Minagri, 2016).

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Factores físicoquímicos.** - Los parámetros físicoquímicos como por ejemplo la temperatura, DBO, etc. pueden condicionar las concentraciones de oxígeno, lo que puede ser un factor limitante en los ambientes lóticos. (Boltovskoy, 1995).
- **Contaminación del agua.** - La contaminación del agua se define como la introducción de una sustancia extraña al cuerpo de agua a niveles tales que puedan llevar a la degradación del recurso hídrico y su pérdida, lo que en un futuro puede afectar a la salud del ser humano (Mihelcic et al., 2012).
- **Contaminación química.** - Es la introducción de soluciones químicas al medio ambiente, dicha cantidad de productos químicos con capacidad para deteriorar los cursos de agua y los cuerpos de agua, que pueda alterar su composición natural. lo que posteriormente lleva a la degradación del medio, la cantidad de productos químicos en la actualidad es tan grande que se encuentra casi en todos los artículos y en diferentes grados de severidad (IANAS, 2019).
- **Evaluación de la calidad del agua.** - Es el acto de valoración total de la naturaleza físico-química y biológica (microbiológica) en el agua con respecto a la calidad

natural, esencialmente los que los que tienen riesgo de afectar los cuerpos de agua y a la salud humana (Chapman et al., 1996).

- **Cadena de custodia.** - Formato donde se registra la información relacionada con la toma de muestra, la cual es entregada al laboratorio para su análisis (Minagri, 2016).
- **Monitoreo.** - Es el acto de instalar monitores en un lugar para someterlo en análisis o muestreo, también es una acción que se extiende con el fin de conocer algo, así cómo se halla, el estado de objetos en materia ambiental de un medio y por lo tanto resulta ser la acción de gran ayuda en lo que respecta al cuidado del ecosistema (FAO, 1997).
- **Temperatura.-** es uno de los parámetros más importantes, es un parámetro termodinámico, que caracteriza el calor o la transferencia de energía, por lo cual tiene incidencia en otros parámetros como la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo que acelera el proceso de remoción de la materia orgánica (Cornejo, 2019).
- **Demanda bioquímica de oxígeno.-** indica la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan las bacterias para descomponer la materia orgánica existente en 1 litro de muestra de agua, es considerado una medida para establecer los niveles de contaminación de aguas por materia orgánica (Pérez, 2017).
- **Oxígeno disuelto .-** presente en los cuerpos de agua es de vital importancia para el desarrollo de vida acuática y depende mucho de las condiciones medioambientales, así como el caudal, ya que aguas con alto caudal son oxigenadas, al igual que su relación inversamente proporcional con respecto a la temperatura, mientras la cantidad de oxígeno disuelto aumenta, disminuye la temperatura. la relación que posee con la materia orgánica presentes en el agua residual son descompuestos por los microorganismos que usan oxígeno para su respiración. Es por ello que el análisis del oxígeno disuelto es fundamental para determinar la contaminación de aguas (Castillo & Quispe, 2019).

- **Fósforo total.**- se encuentra en fertilizantes agrícolas, en los detergentes, y vertimientos industriales, las aguas residuales poseen altas concentraciones por los detergentes y demás vertimientos que pueda contener fósforo, las cuales en los cuerpos receptores de nutrientes, produce el proceso de eutrofización y disminuye la concentraciones de oxígeno disuelto presente (Cornejo, 2019).
- **Nitratos.**- Usualmente las concentraciones de nitratos en las aguas superficiales es baja, pero pueden llegar a los cuerpos de agua por escorrentía superficial o infiltración, así como por aguas residuales ya que se encuentra en la materia orgánica, alimentos, verduras y uso agrícola, compuestos nitrogenados como la urea procedente de la orina y fuentes similares (Cornejo, 2019).
- **Coliformes termotolerantes.**- forman parte de los coliformes totales que es representado por el género E Coli, caracterizada por fermentar la lactosa a 45°C, son considerados indicadores de calidad de agua y de contaminación de aguas residuales domésticas (Castillo & Quispe, 2019).

### 2.2.1 MARCO NORMATIVO

- ✓ Ley General del Ambiente Ley N°28611, de fecha 15.10.2005.
- ✓ Ley de Recursos Hídricos Ley N°29338 de fecha 30.03.2009 y su Reglamento Aprobado por Decreto Supremo N°001-2010-AG, de fecha 23.03.2010.
- ✓ Decreto Supremo N°006-2010-AG, de fecha 08.07.2010, Reglamento De Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua.

- ✓ Decreto Supremo N°023-2009-MINAM, de fecha 19.12.2009, Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- ✓ Decreto Supremo N°015-2015-MINAM, de fecha 19.12.2016 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
- ✓ Decreto Supremo N°004-2015-PRODUCE, de fecha 23.02.2015, Reglamento de Organizaciones y Funciones del Instituto Nacional de Calidad - INACAL.
- ✓ Resolución Jefatural N°202-2010-ANA de fecha 22.03.2010, que aprueba la clasificación de cuerpos de aguas superficiales y marino - costeros.
- ✓ Resolución Jefatural N°010-2016 de fecha 11.01.2016 Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

## 2.3 HIPÓTESIS

### 2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

La calidad de agua del río llave se deteriora considerablemente después de la planta de tratamiento, debido al vertimiento de aguas residuales que son vertidas sin tratamiento, lo cual implica que tenga un alto grado de contaminación afectando la calidad fisicoquímica y microbiológica.

### 2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- Las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave son elevadas y se encuentran por



encima a lo establecido en la normativa nacional, la calidad de agua se muestra afectada por la influencia de aguas residuales domésticas vertidas directamente al río llave.

- Desde el punto de vertimiento de aguas residuales, existe alta concentración de microorganismos patógenos que alteran la calidad del agua del río llave, debido a que se vierten sin tratamiento alguno, ya que la planta de tratamiento superó su tiempo de vida útil.
- Las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas que posee el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio en el río llave, uno de los afluentes al lago Titicaca, con una longitud aproximada de 163 kilómetros , provincia de El Collao a una altitud media de 4 309.31 m.s.n.m, bordeando la ciudad de llave , conformado por población dedicada al comercio y la ganadería, dicho río es la principal fuente de agua de la población de llave, así como aguas abajo es atendida principalmente para el uso de bebida de animales por las poblaciones aledañas, siendo esta el sustento de las familias ganaderas. El distrito de llave tiene los siguientes límites:

- Por el norte, limita con el distrito de Acora.
- Por el sur, limita con el distrito de Juli.
- Por el este, con el Lago Titicaca y del distrito de Pilcuyo.
- Y por el oeste, con el distrito de Acora y Juli.



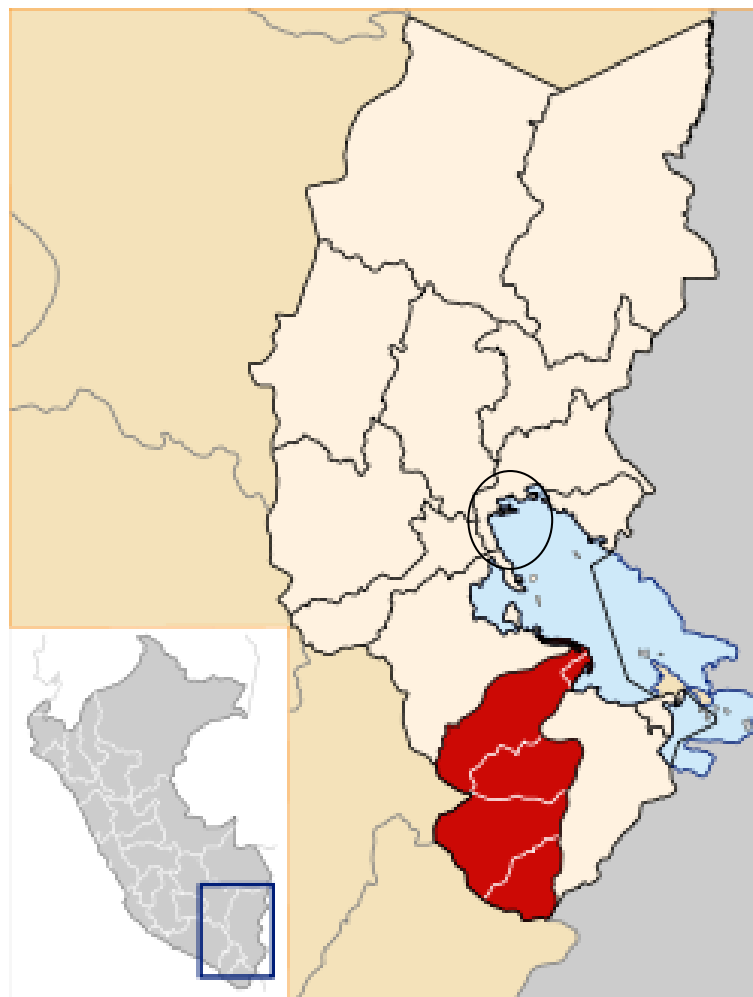
**Figura 01.** Ubicación de los puntos de monitoreo en el río ilave.

**Fuente:** Google Earth Pro

**Tabla 10.** Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo.

Código	PUNTOS DE MONITOREO		Altura (msnm)
	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	
RILAV - 01	432726	8222466	3825
RILAV - 02	433224	8222597	3828
RILAV - 03	433264	8222546	3831
RILAV - 04	433342	8222418	3823

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 02.** Ubicación del distrito de Ilave.

**Fuente:** Google Earth Pro

## 3.2 TAMAÑO DE MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

La cuenca del río llave está constituida principalmente por dos subcuencas de los ríos Huenque y Aguas Calientes, que se unen para formar el río llave, para posteriormente desembocar en el lago Titicaca posee una superficie total de 7,832.53 km<sup>2</sup>, a la que le corresponde una superficie de 3,934.00 km<sup>2</sup> (50.23%) a la cuenca del río Huenque y una superficie de 3,693.03 km<sup>2</sup> (47.15%) a la cuenca del río Aguas Calientes (ANA, 2009).

Desde su origen en la parte alta, hasta su desembocadura en el lago Titicaca, el río llave recorre aproximadamente 163 km.

### 3.2.2 MUESTRA

La muestra para el presente trabajo de investigación fue de 4 puntos a lo largo del cauce del río llave, que consiste en distribuir en un tramo aproximado de 300 metros, que fueron analizadas en el laboratorio del Instituto de Innovación Agraria Puno - La Rinconada, Laboratorio fisicoquímico y microbiológico (LAFYM - SUR) - PUNO y el Laboratorio físicoquímico y microbiológico Microlav - Cusco. Se realizó el análisis en un periodo de 5 meses época de avenida, época de transición, y época de estiaje (diciembre, febrero y abril respectivamente).

Los puntos de muestreo fueron denominados de acuerdo a lo establecido por la autoridad nacional del agua con los siguientes códigos (sigla del tipo de cuerpo de agua) (sigla del nombre del cuerpo de agua) (numeración continua):

- Punto 1, antes del punto de vertimiento de aguas residuales (RILAV - 01).
- Punto 2, punto de vertimiento de aguas residuales urbanas (RILAV - 02).
- Punto 3, a 150 metros aproximadamente del punto de vertimiento de aguas residuales (RILAV - 03).

- Punto 4, a 300 metros aproximadamente del punto de vertimiento de aguas residuales (RILAV - 04).

### **3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.3.1 TIPO DE ESTUDIO**

El tipo de estudio es no experimental, debido a que no se realizó modificación alguna de la realidad, sin la intervención directa y sin que se manipule ninguna de las variables. Así mismo, el estudio posee un enfoque cualitativo y cuantitativo (mixto), ya que, se realizó la recolección de datos con base en la medición numérica y se realizó la recolección de datos para la interpretación de los resultados.

#### **3.3.2 RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO**

Por medio de visita in situ para observar y verificar se realizó el reconocimiento del lugar. Se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS), registrado en el sistema UTM, estándar geodésico WGS84. Se registraron los puntos de monitoreo, indicando nombre del cuerpo de agua, clasificación, código, coordenadas, croquis y fotografía, de tal forma que puedan identificar la proximidad del punto de monitoreo para la ubicación rápida en campo, utilizando el formato de identificación del punto de monitoreo.

#### **3.3.3 MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS**

El método de toma de muestra utilizado en el presente trabajo de investigación denominado "Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río llave en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022", de acuerdo al "Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales" (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

### 3.3.4 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA

**Objetivo 1: Metodología para “Determinar las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022”**

La toma de muestras en campo se realizó utilizando el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” (Resolución jefatural N° 010-2016-ANA), tomando en cuenta la seguridad en el trabajo de campo y tomando las medidas adecuadas para no contaminar las muestras, enjuagando 3 veces los recipientes y se sumergieron en dirección opuesta al flujo de corriente. Evitando en todo momento muestrear suciedad y sedimentos.

#### **Procedimiento para la toma de muestras fisicoquímicas**

- Se tomó el recipiente y se retiró la tapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- Se enjuaga los frascos mínimamente 3 veces, para eliminar posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pueden alterar los resultados.
- Posteriormente se tomó el recipiente por debajo del cuello y se colocó en dirección opuesta al flujo de agua, estas muestras no requirieron ser llenadas al 100%, además, de evitar recolectar suciedad.
- Para la toma de muestras químicas: pH, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno se tomó en cuenta las mismas consideraciones que las muestras físicas.
- La muestra para demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fueron realizadas con frascos de plástico de boca ancha, se llenó completamente el frasco (sin burbujas de aire) para evitar alteración de los resultados por procesos de oxidación, e inmediatamente se colocó su tapa, manteniendo la muestra en un cooler plástico a 4 °C aproximadamente (no se deben congelar las muestras) y se evitó en todo momento recolectar suciedad.

**Objetivo 2: “Determinar los niveles de concentración de microorganismos biológicos en el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas”.**

- Se ingresó con botas de jebe y guantes descartables antes del inicio de toma de muestras microbiológicas, a fin de no alterar las muestras.
- Se realizó el muestreo en sentido contrario a la corriente hasta que esté parcialmente llena.
- Se ubicó en un punto de fácil acceso, donde la corriente era homogénea y poco turbia.
- Para la toma de muestras microbiológicas se realizó tomando en cuenta las mismas acciones que los parámetros fisicoquímicos con la diferencia de que los frascos para el análisis microbiológico no se enjuagaron.
- Se realizó el rotulado y etiquetado y su posterior llenado de cadena de custodia.

**Objetivo 3: “Analizar las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas con relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM”.**

Para determinar la calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se utilizó el decreto supremo N° 004 - 2017 MINAM “Estándares de calidad ambiental para el agua”.

El método estadístico SPSS, el cual es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y aplicadas, su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y una sencilla interfaz para la mayoría de los análisis creando tablas y gráficas con data compleja, se realizó un análisis de los datos descriptivos (media, mínimos, máximos, desviación estándar y coeficiente de variabilidad) utilizando es software estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences).



### 3.3.5 ROTULADO Y ETIQUETADO

Posteriormente al monitoreo, los recipientes fueron rotulados con etiquetas, que contienen la siguiente información: nombre del solicitante, código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora del muestreo, nombre del responsable de la toma de muestra y tipo de análisis requerido.

### 3.3.6 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Se realizó la medición del caudal del río por el método correntómetro, la cual consiste en la estimación de la velocidad del agua en un punto dado del río en determinar la profundidad y la velocidad del flujo, el nivel de agua y el ancho de la sección transversal.

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q: Caudal m<sup>3</sup>/s

V: Velocidad determinada por el Correntómetro.

A: Área de sección transversal.

### 3.3.7 MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN CAMPO

El río por ser un cuerpo de agua superficial de fácil accesibilidad se realizará la toma de muestra en campo de la temperatura con un multiparámetro marca Dophin.

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Sólidos totales disueltos

### 3.3.8 MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN LABORATORIO

- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Demanda química de oxígeno.
- Oxígeno disuelto.
- Fosfato total.
- Nitratos.
- Coliformes termotolerantes o fecales.

### 3.3.9 MATERIALES

- GPS
- Cámara fotográfica.
- Multiparametro marca Milwaukee modelo MW - 801.
- Botas de jebe.
- Cooler.
- Frasco de plástico y vidrio.
- Guantes descartables.
- Vestimenta de seguridad.
- Lentes.
- Poncho impermeable.
- Plumones indelebles
- Cinta adhesiva.
- Libreta de campo.
- Linterna de mano.
- Zapatos de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Mesa.
- Agua oxigenada.
- Hielo.

- Cinta métrica.
- Traje de Bioseguridad.
- Mascarillas quirúrgicas.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 11. Cuadro de operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNID. DE MEDIDA
<b>Variables Independientes</b>	Parámetros físicoquímicos	Temperatura	(°C)
		Sólidos totales disueltos	(mg/L)
		Conductividad eléctrica	(µS/cm)
		potencial de hidrógeno	(Unidad de pH)
		Demanda bioquímica de oxígeno	(mg/L)
		Demanda química de oxígeno	(mg/L)
		Oxígeno disuelto	(mg/L)
		Fósforo total	(mg/L)
		Nitratos	(mg/L)
		Coliformes termotolerantes o fecales	(NMP/100ml)

---

		Buena
<b>Variab</b>		
<b>Dependientes</b>	Calidad de agua	Regular
		Mala

---

### 3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO

Para realizar el tercer objetivo se realizó la diferencia entre los puntos de muestreo, con un análisis de varianza con el modelo estadístico lineal.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Con  $i = 1, 2, 3, 4.$  y  $j = 1, 2, 3$

Dónde:

- $i$  : Puntos de muestreo ( $i=1,2$ ).
- $j$  : Repeticiones expresado en meses ( $j=1,2,3$ ).
- $Y_{ij}$  : Variable de medición del parámetro.
- $\mu$  : Media general.
- $\alpha_i$  : Efecto del  $i$ -ésimo punto de muestreo.
- $\beta_j$  : Efecto de bloque por mes de muestreo.
- $e_{ij}$  : Error experimental (0.05).

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo consta de tres partes, que está estructurado de acuerdo a los objetivos planteados, con la información obtenida en el muestreo de 4 puntos, el primer punto aguas arriba, antes del vertimiento de aguas residuales domésticas, el segundo punto en el punto de vertimiento de aguas residuales, y el tercer y cuarto punto aguas abajo, después del vertimiento de aguas residuales, dichos muestreos se realizaron en las épocas de avenida, transición y estiaje (diciembre, febrero y abril respectivamente) las cuales se elaboraron figuras y tablas que permiten analizar y exponer los resultados y poder llegar a las conclusiones.

**Tabla 12.** Resumen general de resultados obtenidos en épocas de avenida, transición y estiaje.

	Temperatur a (°C)	Conductivida d eléctrica ( $\mu$ S/cm)	Sólidos totales disueltos (mg/L)	pH (Unidad de pH)	DBO (mg/L)
<b>ÉPOCA DE ESTIAJE</b>	16.95	657	1000	7.606	50

	16.8	327	1100	7.6	100
	16.76	328	1100	7.62	49
	16	322	1000	7.608	50
<b>EPOCA DE TRANSICION</b>	14	370	890	6.93	8.5
<b>N</b>	14.5	410	940	7.1	46.3
	14.4	400	920	6.53	29.2
	14.5	390	910	6.83	21.6
<b>ÉPOCA DE AVENIDA</b>	13.77	570	830	6.93	9.2
	13.4	630	940	6.76	49.2
	13.51	615	910	6.72	23
	14.93	605	850	6.9	19
<b>Promedio</b>	14.96	468.67	949.17	7.09	37.92

**Tabla 13.** Resumen general de resultados obtenidos en épocas de avenida, transición y estiaje.

	<b>DQO</b> <b>(mg/L)</b>	<b>OD</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Fósforo</b> <b>Total</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Nitratos</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Coliformes</b> <b>termotolerantes</b> <b>(NMP/100ml)</b>
<b>ÉPOCA DE ESTIAJE</b>	70	5	1.63	3.2	-
	150	3.8	4.57	15	-

	75	3.7	2.25	14.37	-
	88	3.6	2.02	9.3	-
<b>EPOCA DE TRANSICION</b>	15	6	0.55	3.8	2100
	65	6.2	1.53	17	4800
	31	6.2	1.27	14.5	4200
	25	5.5	0.93	13.1	4000
<b>ÉPOCA DE AVENIDA</b>	14	6.8	0.04	2.6	1900
	67	3.9	1.12	13.6	4000
	54	4.6	0.58	12.9	3000
	24	5.1	0.21	11.6	2400
<b>Promedio</b>	56.50	5.03	1.39	10.91	3300

En la tabla 12 y 13 se muestra los resultados obtenidos en las tres épocas muestreo (avenida, transición y estiaje) las cuales fueron comprendidas en 4 puntos de muestreo, así mismo sus correspondientes promedios para la interpretación y su posterior análisis sobre la influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas hacia el río llave.

**Tabla 14.** Ubicación y altura de los puntos de muestreo.

<b>PUNTOS DE MONITOREO</b>			
<b>Código</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Altura (msnm)</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	

RILAV - 01	432726	8222466	3825
RILAV - 02	433224	8222597	3828
RILAV - 03	433264	8222546	3831
RILAV - 04	433342	8222418	3823

---

En la tabla 14, muestra el código del cuerpo de agua a estudiar establecido por la Autoridad Nacional del Agua a través del siguiente código RILAV para el río llave y la numeración se inicia desde la cabecera de la cuenca o naciente (Minagri, 2016). La ubicación en el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator expresadas en Este y Norte en estándar geodésico WGS84 y la altura de los puntos de muestreo, expresado en metros sobre el nivel del mar.

#### 4.1 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (1)

**“Determinar las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022”**

Para alcanzar el primer objetivo específico, se ha realizado la recopilación de 4 puntos de muestreo, en tres periodos, llegando a 12 muestreos de los parámetros fisicoquímicos del río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas, obteniendo los siguientes resultados.



4.1.1 TEMPERATURA

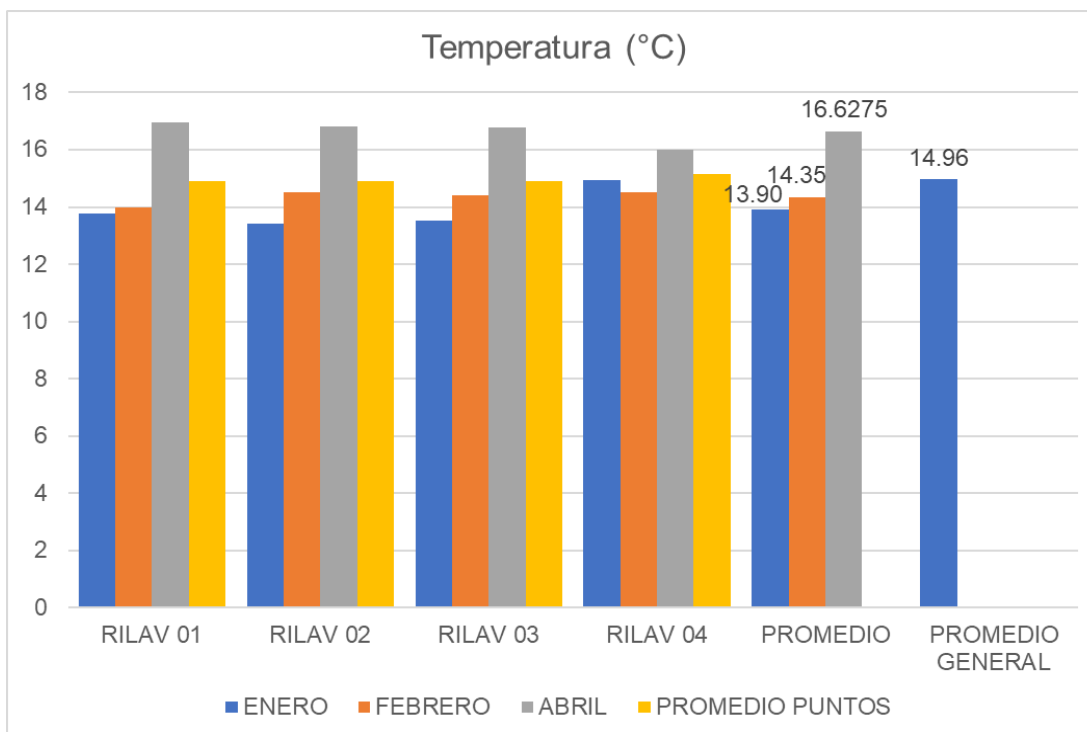
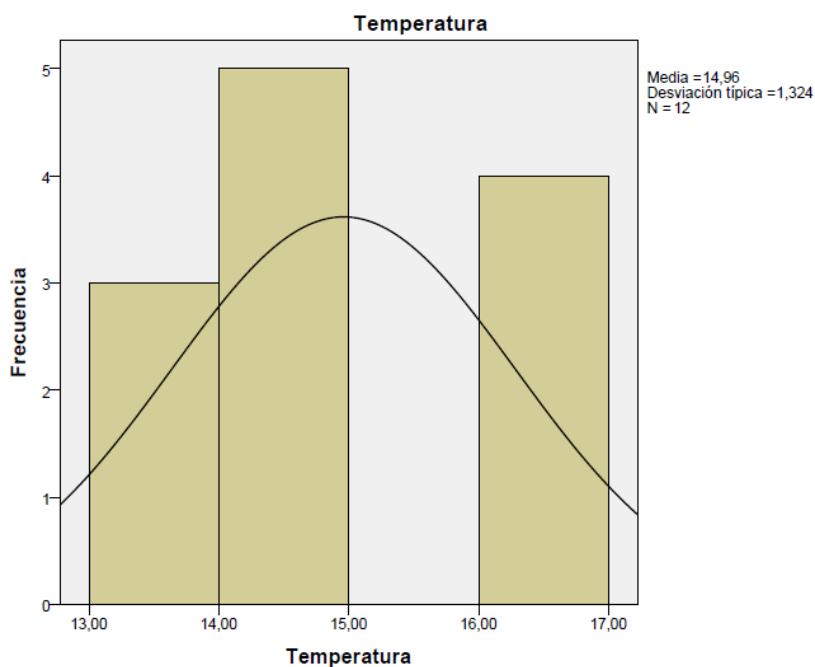


Figura 03. Valores de temperatura en las tres épocas de muestreo.

Tabla 15. Resultados correspondientes a la temperatura, sus promedios.

TEMPERATURA (°C)						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	13.77	13.4	13.51	14.93	13.90	
FEBRERO	14	14.5	14.4	14.5	14.35	
ABRIL	16.95	16.8	16.76	16	16.63	14.96
PROMEDIO PUNTOS	14.91	14.9	14.89	15.14		

En la tabla 15 se muestra los resultados obtenidos para el parámetro temperatura fueron de 16.95 °C, como el valor más alto, la cual se ubicó en el punto (RILAV - 01) en el mes de abril (época de estiaje), esto debido a que el caudal fue bajo, lo cual posee una temperatura ligeramente por encima del promedio. El valor más bajo que se obtuvo fue de 13.4 °C ubicada en el punto (RILAV - 02) en el muestreo del mes de diciembre (época de avenida), cuyo resultado mantiene una relación estrecha con lluvias de la época, la cual aumenta el caudal del río y mantiene con las temperaturas bajas. El promedio general que se obtuvo fue de 14.96 °C, la cual mantiene cerca del promedio de la temperatura de la zona. En la figura 3 se muestra el promedio para cada época de muestreo es de 13.9 °C para el mes de diciembre, 14.35 °C para el mes de febrero y 16.62 °C para el mes de abril, evidenciando que el mes de diciembre fue la temperatura más baja por las lluvias intensas, las cuales mantienen con un caudal alto y por consecuencia aguas más frías.



**Figura 04.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la temperatura.

En la figura 04 el coeficiente de variación que se muestra es de 1.75, una desviación estándar de 1.32, refiere que la medida es representativa ya que no se encuentra valores de dispersión anormales, por el contrario se obtuvieron valores semejantes, esto debido a que la temperatura no tuvo variación significativa por la introducción de aguas residuales domésticas.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene Turpo (2018), que obtuvo un promedio de temperatura de 17.6 °C como valor más alto en el mes de septiembre y 13.6 °C en el mes de junio como el valor más bajo, los cuales se asemejan a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, así mismo indica, que en el tiempo indica un incremento en la temperatura en base a la estación climática que atraviesa la región Puno. El resultado más alto (17.6°C) fue en la época más cálida demostrando una variación muy baja con respecto al resultado obtenido en su trabajo de investigación denominado "Evaluación de parametros fisicoquimicos y microbiologicos del agua potable de la planta de tratamiento Aziruni, Puno 2017". De igual forma los resultados guardan relación con lo que sostiene Pari (2017), obtuvo un promedio de 15.5°C como valor más alto y 13.5°C como el valor más bajo. Durante sus mediciones de temperatura en los muestreos que realizó no obtuvo una variación notable, teniendo temperaturas no tan altas, considerando las estaciones que realizó sus mediciones, ya que los cuerpos de agua inciden en su temperatura, el caudal en su primer muestreo fueron bajas y poco profundas llegado a calentarse más rápido que las profundas, concentrándose temperaturas alta con respecto a las demás., teniendo en cuenta la estación del año, de esta manera guarda relación con una variación menor a 3 °C.

4.1.2 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)

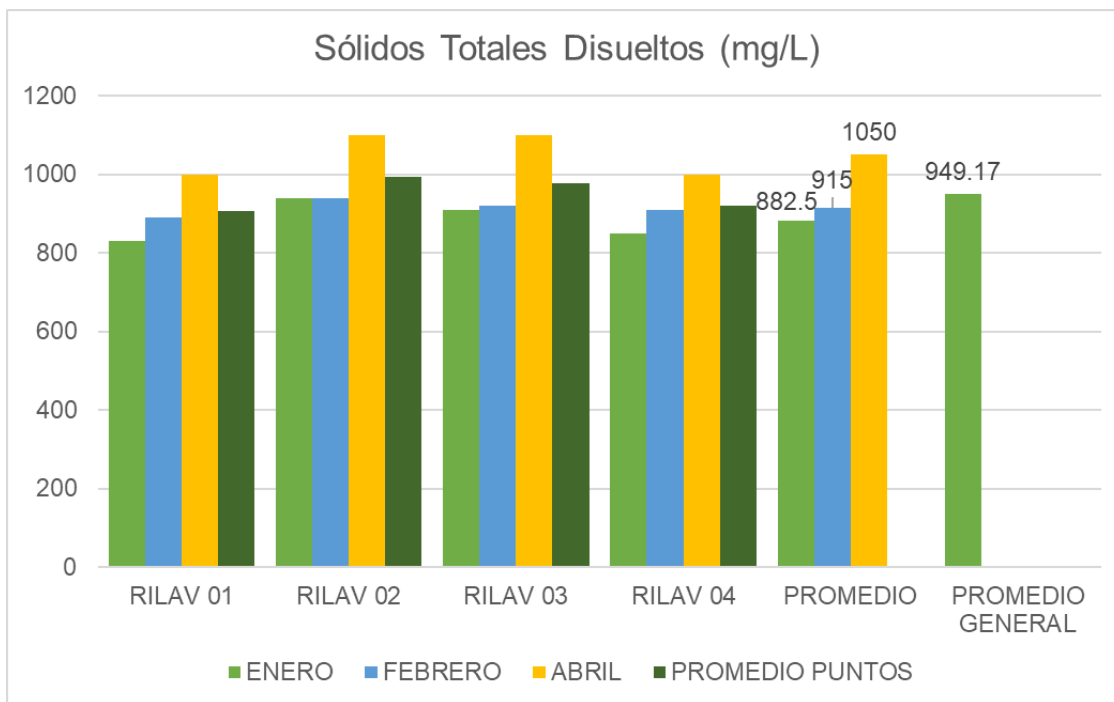
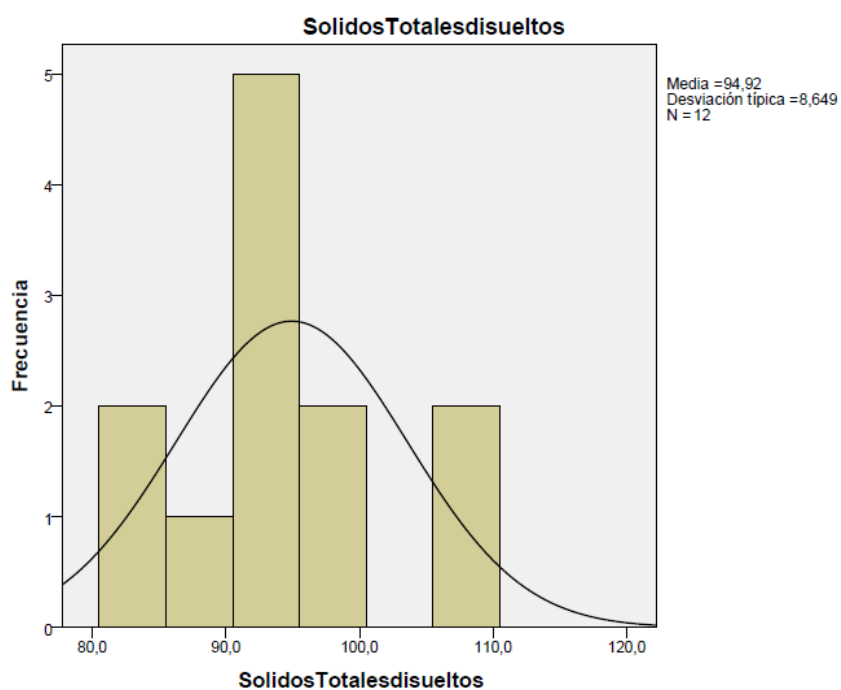


Figura 05. Valores de sólidos totales disueltos en las tres épocas de muestreo.

Tabla 16. Resultados correspondientes a los sólidos totales disueltos y sus promedios.

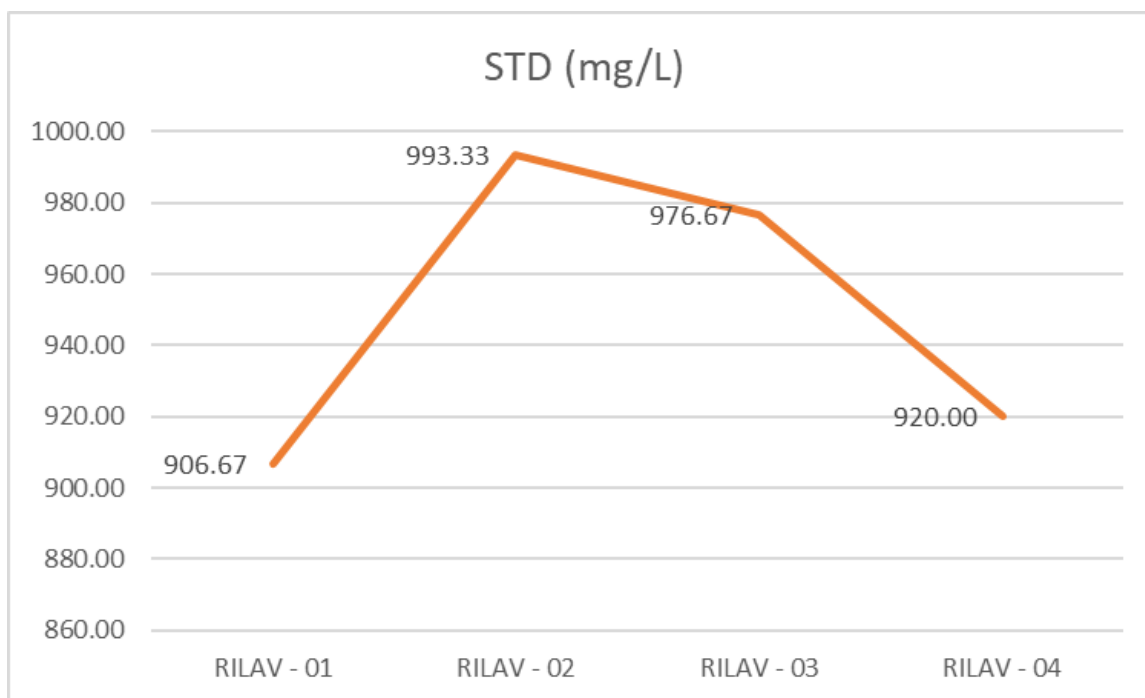
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO O	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	830	940	910	850	882.5	
FEBRERO	890	940	920	910	915	
ABRIL	1000	1100	1100	1000	1050	949.17
PROMEDIO PUNTOS	906.67	993.33	976.67	920		

En la figura 05 y la tabla 16 muestran el promedio general obtenido en los 3 puntos de muestreo para el parámetro sólidos totales disueltos fue de 949.17 mg/L, teniendo un valor de 830 mg/L como más bajo en el primer muestreo (RILAV - 01) y el más alto fue de 1100 mg/L en el tercer muestreo (RILAV - 02 y RILAV - 03). Las concentraciones elevadas de sólidos totales disueltos se encontró en el vertimiento de aguas residuales domésticas, debido a que se encuentra sin algún tratamiento y contiene sales inorgánicas, además los valores determinados en el mes de diciembre guardan relación con las precipitaciones pluviales que son características de la época de avenida, ya que posee un caudal alto, hace que se depure y posea bajas concentraciones de sólidos totales disueltos, a diferencia de la época de estiaje que posee un caudal bajo y a consecuencia un valores elevados de sólidos totales disueltos. A excepción del punto de vertimiento de aguas residuales, se encuentran concentraciones elevadas independientemente de la época de muestreo.



**Figura 06.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a sólidos totales disueltos.

En la figura 06 muestra la varianza de los sólidos totales disueltos de 74.81, desviación estándar de 8.64, refiere que la dispersión de los resultados con respecto a la media es alta, ya que se obtuvieron valores alejados debido a la introducción de contaminantes en alto grado en el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas procedentes de la ciudad de Ilave.



**Figura 07.** Análisis por puntos de muestreo de sólidos totales disueltos.

En la figura 07 se evidencia el promedio de los valores por punto de muestreo, en el punto 1 fue de 906.67 mg/L, para el punto 2 fue de 993.33 mg/L, el punto 3 con 976.67 mg/L y para el punto 4 de 920 mg/L, lo cual evidencia que los valores de sólidos totales disueltos en el punto de vertimiento aumentan debido a las altas concentraciones de las mismas, ya que las aguas residuales se vierten con un sistema de tratamiento ineficiente (estabilización), además de que sobrepasa su capacidad, por lo cual ingresa aguas residuales domésticas con poco o nulo tratamiento. En el punto 4 las concentraciones de sólidos totales disueltos bajan considerablemente ya que al ser un cuerpo de agua lótico posee autodepuración por disolución.

Dichos resultados guardan relación lo que sostiene Cornejo (2019), obtuvo un valor de 720.11 mg/L con una desviación estándar de 0.13, en los otros puntos de muestreo tiene un promedio de 800.56 mg/L con una desviación estándar de 0.13 g/L. Cabe resaltar que el lugar de muestreo fue en un área donde se encuentra gran cantidad de sólidos totales disueltos, debido a la gran cantidad de materia orgánica que contiene, lo que guarda relación debido a la gran cantidad de nutrientes. Así mismo, los resultados de Pari (2017) difieren en el parámetro sólidos totales disueltos con 390 mg/L en el río llave como el valor más alto, tomando en cuenta dicho resultado y analizando el parámetro obtenido se puede evidenciar la influencia de las aguas residuales domésticas, considerando que el muestreo que realizó fue en la gran parte de la zona urbana, reportando además, que los vertimientos de aguas residuales domésticos identificados sin un tratamiento adecuado contienen sales inorgánicas, lo cual hace que posea mayores concentraciones de sólidos totales disueltos, en épocas de avenida el río y las precipitaciones registradas durante la época de avenida donde evidencio un aumento del caudal lo cual hace que disminuye las concentraciones de sólidos totales disueltos debido a la depuración del río, a medida que las precipitaciones son constantes los suelos son lavados; encontrándose menores concentraciones de sales y contaminantes en los ríos; tal como se determina de acuerdo a los valores obtenidos.

Así mismo, los resultados se asemejan a los obtenidos por Pérez (2017), donde el promedio después del vertimiento de aguas residuales domésticas fue de 898 mg/L, con una desviación estándar de 360,75 mg/L. Calizaya et al (2013), indica que los sólidos totales aumentan progresivamente a lo largo del cauce debido al material suspendido proveniente del mismo terreno, y al material orgánico proveniente de la actividad agrícola, lo cual, hace que en las secciones bajas del río tenga más concentraciones de sólidos totales disueltos, sumado a la gran cantidad de materia orgánica en suspensión, hace que poseen altas concentraciones.

4.1.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S/cm}$ )

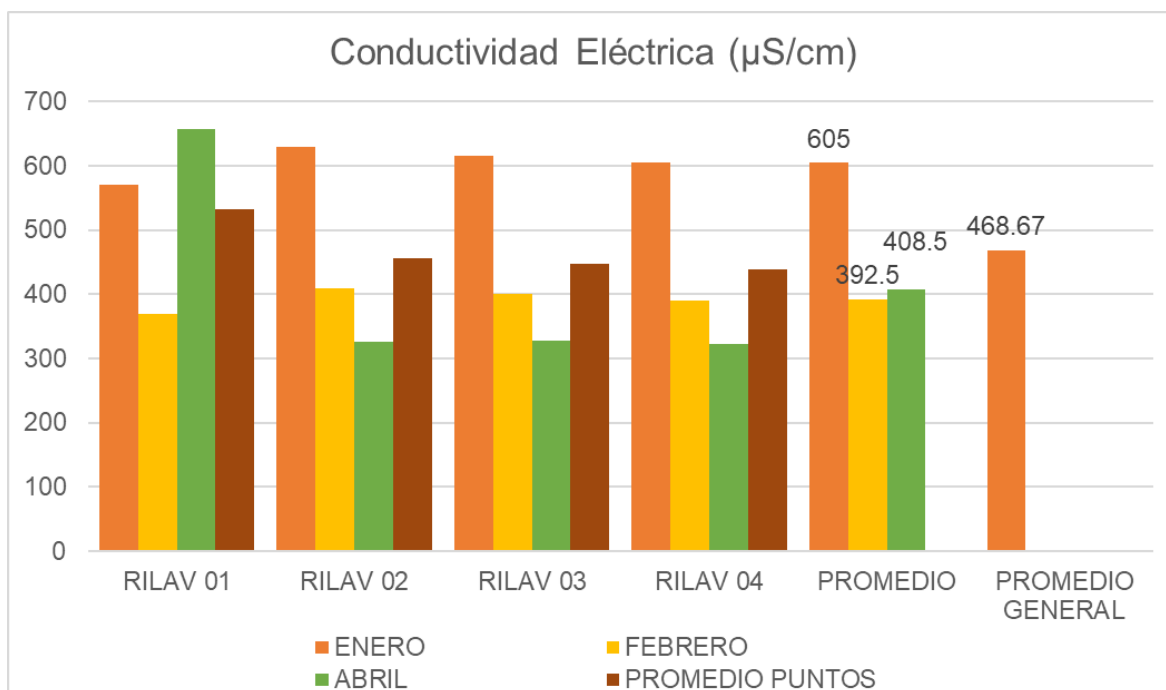


Figura 08. Valores de conductividad eléctrica en las tres épocas de muestreo.

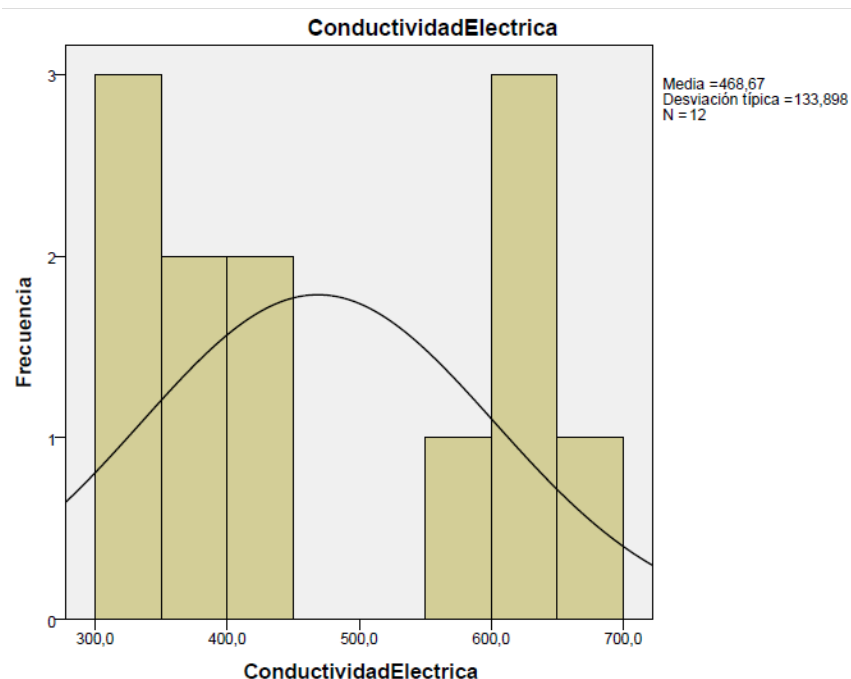
Tabla 17. Resultados correspondientes a la conductividad eléctrica y sus promedios.

Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ )						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
<b>DICIEMBRE</b>	570	630	615	605	605	
<b>FEBRERO</b>	370	410	400	390	392.5	
<b>ABRIL</b>	657	327	328	322	408.5	<b>468.67</b>
<b>PROMEDIO PUNTOS</b>	<b>532.33</b>	<b>455.67</b>	<b>447.67</b>	<b>439</b>		

Los resultados obtenidos para el parámetro conductividad eléctrica fueron de 657  $\mu\text{S/cm}$  como el valor más alto en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el tercer muestreo del mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 322  $\mu\text{S/cm}$  como el valor más bajo en el punto 4 (RILAV - 04) que se obtuvo en el tercer muestreo, las cuales se

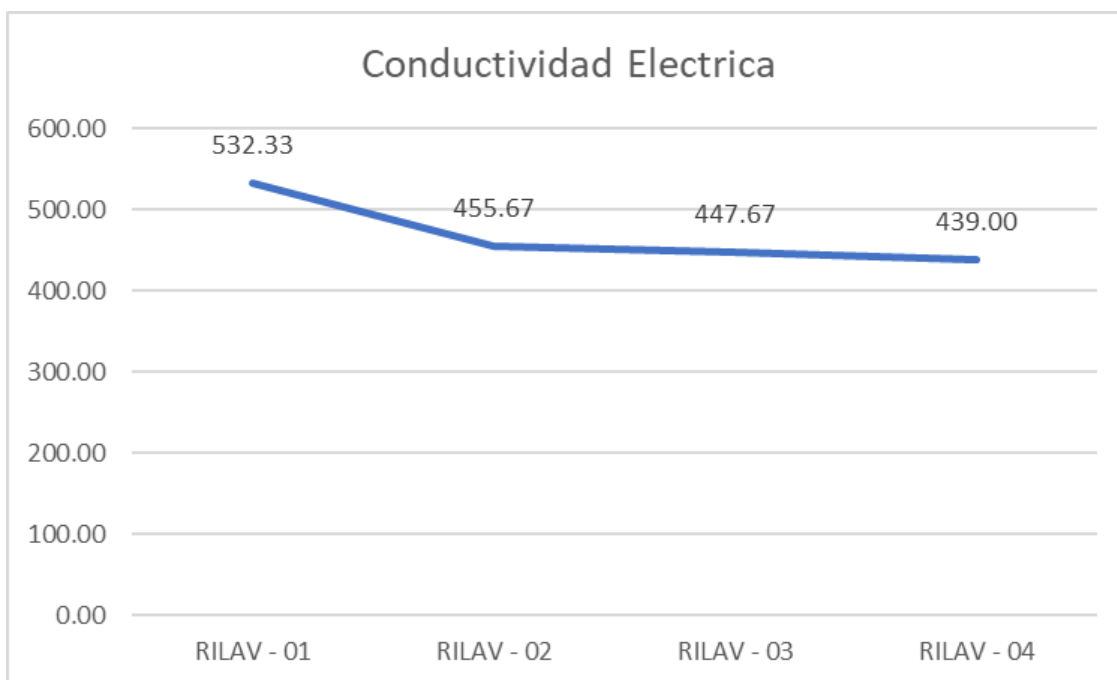


encuentran en la tabla 17. El promedio de valores obtenidos del parámetro Conductividad Eléctrica correspondiente al mes de diciembre fue de  $605 \mu\text{S}/\text{cm}$ ,  $392.5 \mu\text{S}/\text{cm}$  para el mes de febrero y  $408.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ , tal y como se muestra en la figura 08.



**Figura 09.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la conductividad eléctrica.

En la figura 09 muestra la varianza correspondiente a la conductividad eléctrica  $17928,6 \text{ mg}/\text{L}$ , desviación estándar de  $133,89 \text{ mg}/\text{L}$ , refiere que la dispersión de los resultados obtenidos con respecto a la media  $468,66 \text{ mg}/\text{L}$  lo cual es alta, ya que se desde el punto 2 se observa introducción de contaminantes en alto grado en el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas y aguas abajo procedentes de la ciudad de llave.



**Figura 10.** Análisis por puntos de muestreo de conductividad eléctrica.

En la figura 10 se muestra el promedio de los puntos de muestreo para los 3 meses fueron de 532.33  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el punto 1 (RILAV 01), para el punto 2 fue de 455.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (RILAV 02), el punto 3 con 447.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 de 439  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (RILAV 04), evidenciando que en el punto 1 las concentraciones de conductividad eléctrica bajan pero no muestran datos dispersos, encontrando un una conductividad eléctrica similar en todo el área de estudio, lo que refleja una concentración positiva de iones de sodio, ya que al ingresar aguas residuales domésticas bajan las concentraciones debido a que ingresa aguas residuales con concentraciones bajas de iones de sodio.

Los resultados obtenidos para el parámetro conductividad eléctrica guarda relación con lo que sostiene Castillo & Quispe (2019), en su proyecto de tesis donde obtiene que el nivel mínimo de conductividad en época de lluvia fue de 551  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual se asemeja al promedio obtenido para el parámetro conductividad eléctrica. Así mismo Costa (2021), en su trabajo de investigación obtiene 695  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la época de estiaje con un valor promedio de valor promedio de 1040  $\mu\text{S}/\text{cm}$  durante los seis meses de muestreo, y en

general ningún muestreo evidenció valores fuera de la normativa. Por otra parte Pari (2017), obtuvo valores de 820  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como valor más alto en la época de estiaje y 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como el valor más bajo, lo cual difiere del promedio obtenido, demostrando de esta forma que las precipitaciones registradas durante ese mes beneficiaron la disolución de aniones y siendo autodepurador en la época de avenida por el aumento del caudal. de esta forma, guardan relación con lo que se obtuvo en las 3 épocas de muestreo.

Gil-Marín et al. (2018), en su artículo científico denominado “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela” obtuvo un promedio de 312.12  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con una desviación estándar de 36.59  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , así como los resultados obtenidos, dichos resultados fueron tomados en el mes de febrero, los cuales están por encima de lo obtenido en el presente estudio para el mes de febrero, ya que en dicho mes se presentó precipitaciones, lo cual facilita la disolución de aniones siendo fácilmente depurados por el aumento de caudal.

#### 4.1.4 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (Unidad de pH)

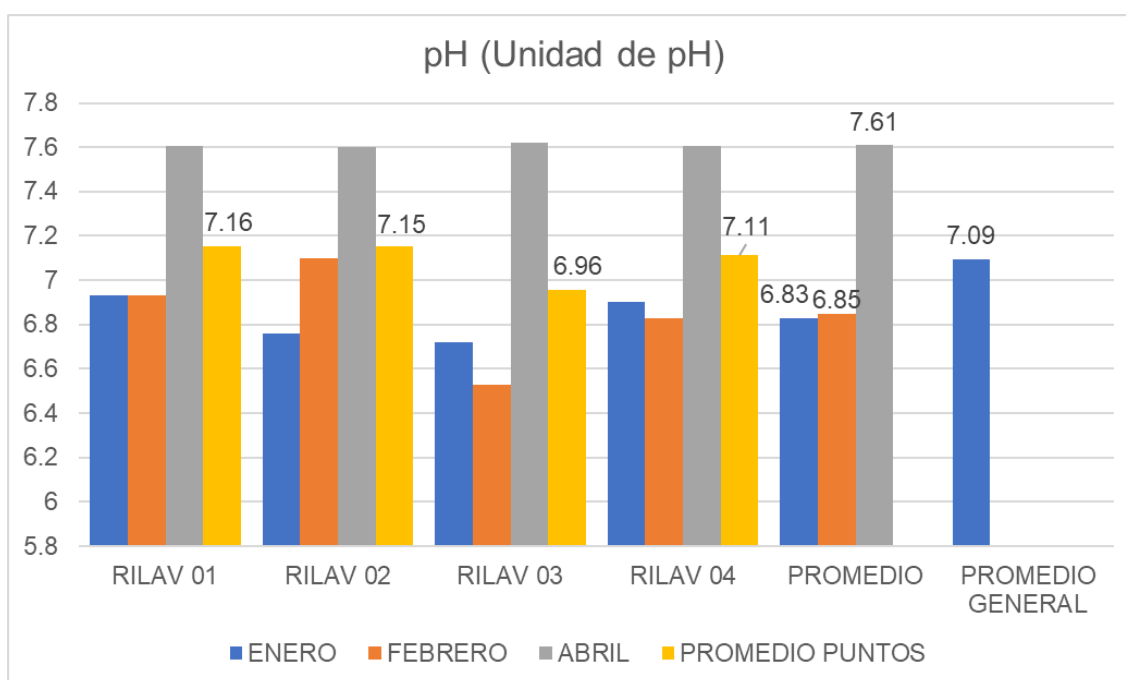
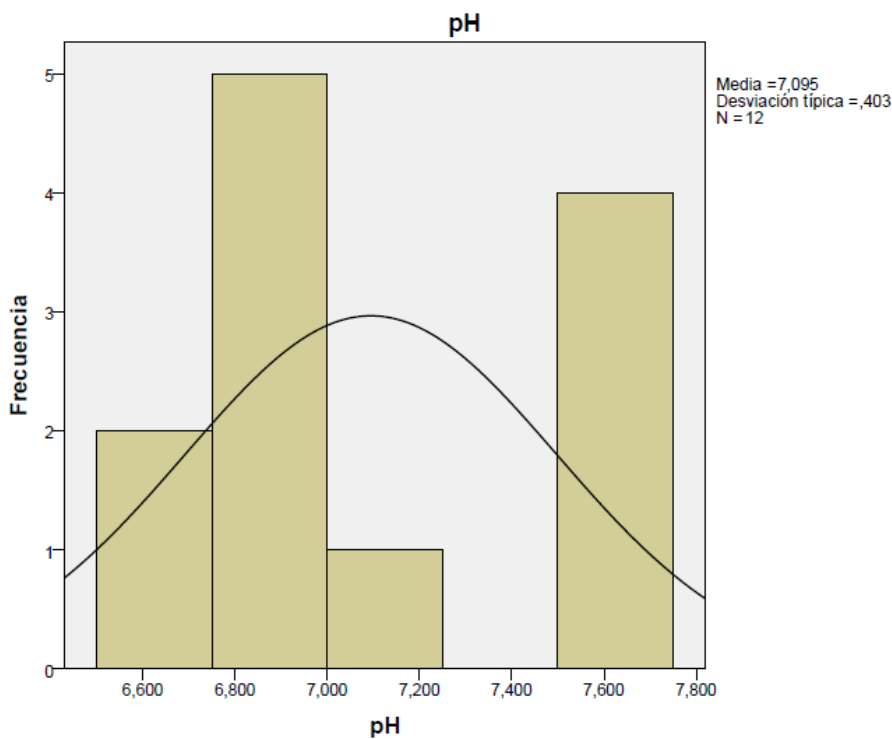


Figura 11. Valores de potencial de hidrógeno en las tres épocas de muestreo.

**Tabla 18.** Resultados correspondientes al potencial de hidrógeno y sus promedios.

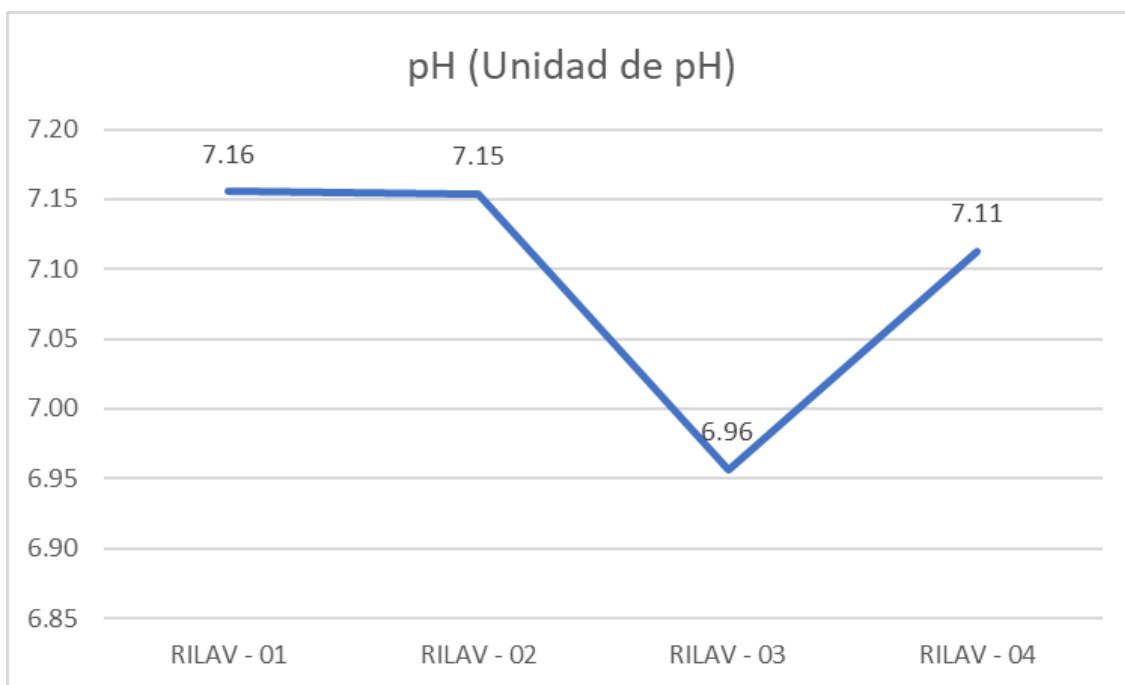
<b>pH (Unidad de pH)</b>						
	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>PROMEDI</b>	<b>PROMEDI</b>
	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>0</b>	<b>O</b>
						<b>GENERAL</b>
<b>DICIEMBR</b>	6.93	6.76	6.72	6.9	6.83	
<b>E</b>						
<b>FEBRERO</b>	6.93	7.1	6.53	6.83	6.85	
						<b>7.09</b>
<b>ABRIL</b>	7.606	7.6	7.62	7.608	7.61	
<b>PROMEDIO</b>						
<b>PUNTOS</b>	<b>7.16</b>	<b>7.15</b>	<b>6.96</b>	<b>7.11</b>		

En la tabla 18 y figura 11 muestran los resultados obtenidos para el parámetro pH fueron de 7.608 unidades de pH como el valor más alto en el punto 4 (RILAV - 04) que se obtuvo en el tercer muestreo del mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 6.53 unidades de pH como el valor más bajo en el punto 3 (RILAV - 03) que se obtuvo en el segundo muestreo en la época de transición. El promedio general de valores obtenidos del parámetro Potencial de Hidrógeno fue de 7.09 unidades de pH y los promedios correspondiente al mes de diciembre fue de 6.83 unidades de pH, 6.85 unidades de pH para el mes de febrero y 7.61 unidades de pH para el mes de abril, de acuerdo a lo que se detalla en la tabla, demostrando que la tendencia de aumento del pH se debe a la característica de la época de estiaje, ya que en la época de avenida el río llave posee alto caudal, lo que favorece la disolución del pH ácido, teniendo tendencia alcalina en las épocas de lluvia.



**Figura 12.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente al pH.

En la figura 12 muestra la varianza que corresponde al pH con 0.16 unidades de pH, desviación estándar de 0.40 unidades de pH, lo cual refiere que la dispersión de los resultados obtenidos con respecto a la media 7.09 unidades de pH es menos de una unidad de pH, lo que evidencia que no existe variación significativa en los resultados luego de la introducción de las aguas residuales domésticas procedentes de la ciudad de llave.



**Figura 13.** Análisis por puntos de muestreo del potencial de hidrógeno.

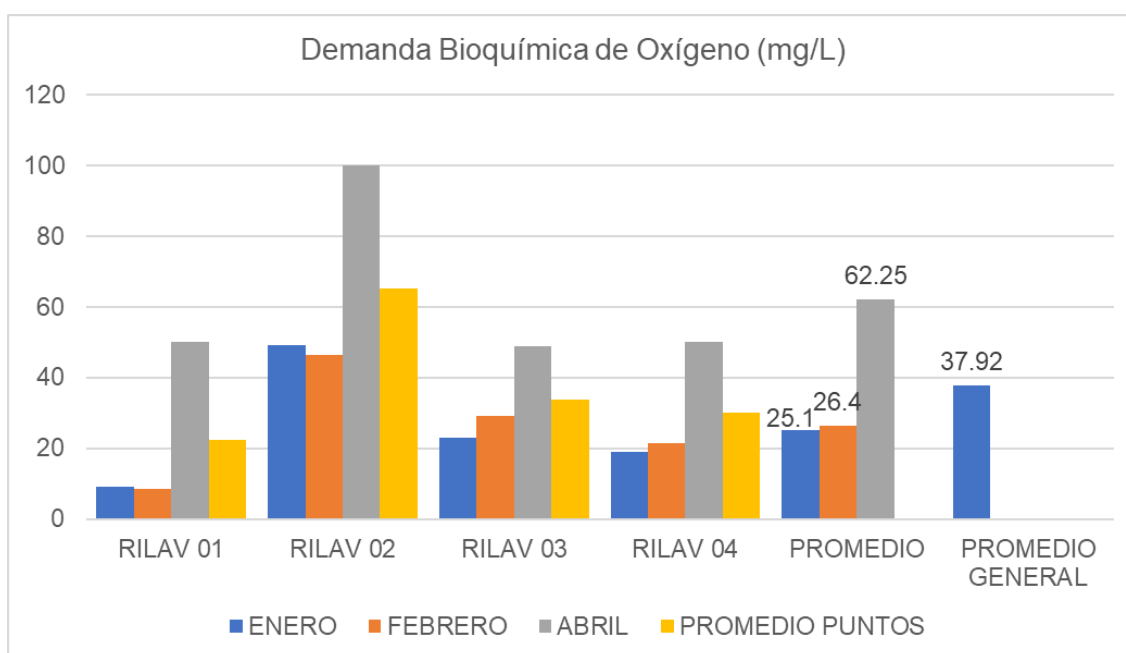
La figura 13 muestra el promedio de los puntos de muestreo para los 3 meses fueron de 7.16 unidades de pH para el punto 1 (RILAV 01), para el punto 2 fue de 7.15 unidades de pH (RILAV 02), el punto 3 con 6.96 unidades de pH (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 7.11 unidades de pH (RILAV 04), mostrando que en el punto 1 las concentraciones de pH se encuentran estables hasta el punto 2 de vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado que posee alta carga orgánica y sales disueltas, pero no se encuentra datos dispersos, así mismo se manifiesta una baja concentración de pH luego del punto de vertimiento de aguas residuales debido a las altas concentraciones de materia orgánica disuelta y aguas ácidas, pero por acciones de dilución y autodepuración de aguas lóxicas que posee el río llave, en el punto 4 las concentraciones de pH aumenta tendiendo a ser aguas ligeramentes alcalinas.

Dichos resultados difieren con lo que sostiene Pérez (2017), el cual obteniendo valores promedio de 8,37 unidades de pH antes del vertimiento de aguas residuales domésticas y valores promedio de 8.33 unidades de pH luego del vertimiento de aguas residuales, con una desviación estándar de 0,26 unidades de pH, concluyendo que se encuentra dentro

de lo establecido por la normativa nacional, sin embargo, se asemeja en cuanto a que no hubo variación con respecto al punto de vertimiento. Así como Costa (2021), obtuvo un promedio de 8.12 unidades de pH, lo que significa que se mantuvo en el rango permisible de los estándares de calidad ambiental para el agua de 6.5 a 8.5, siendo el mes de febrero que presentó mayor pH con 8.3 unidades de pH y la estación 4 con el valor más bajo, la cual obtuvo un pH de 8.4 unidades de pH, lo que nos indica que es relativamente alcalina sin limitar el crecimiento microbiano.

Así mismo los resultados guardan relación con lo que sustenta Siguiro (2017), el cual obtuvo un promedio de 7,51 unidades de pH, zona B 7.48 unidades de pH y zona C con 7,53 unidades de pH, concluyendo que los tres valores promedio son similares con una variación estándar mínima y los resultados resultados que se encuentran dentro del límite permisible para el estándar de calidad ambiental para el agua, además considera que no existe mayor variación para el parámetro pH, indicando que posee valores ligeramente alcalinos.

**4.1.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)**



**Figura 14.** Valores de demanda bioquímica de oxígeno en las tres épocas de muestreo.

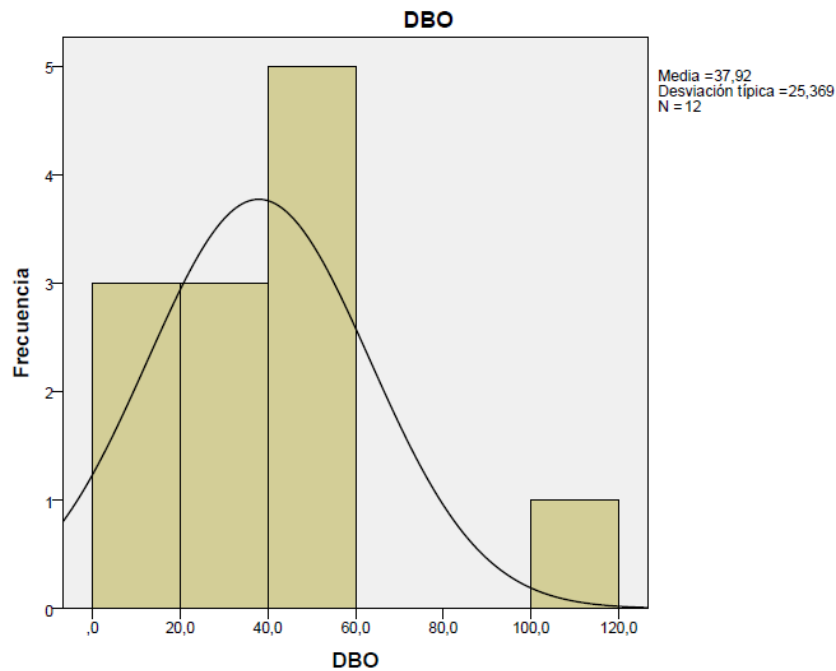
**Tabla 19.** Resultados correspondientes a la demanda bioquímica de oxígeno y sus promedios.

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)</b>						<b>PROMEDI O GENERAL</b>
	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>RILAV</b>	<b>PROMEDI</b>	
	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>O</b>	
<b>DICIEMBR E</b>	9.2	49.2	23	19	25.1	
<b>FEBRERO</b>	8.5	46.3	29.2	21.6	26.4	
<b>ABRIL</b>	50	100	49	50	62.25	<b>37.92</b>
<b>PROMEDIO PUNTOS</b>	<b>22.57</b>	<b>65.17</b>	<b>33.73</b>	<b>30.2</b>		

En la figura 14 y tabla 19 muestran los resultados obtenidos para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno las cuales fueron de 100 mg/L como el valor más alto en el punto 2 (RILAV - 02) que se obtuvo en el tercer muestreo del mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 8.5 como el valor más bajo en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el segundo muestreo en la época de transición. El promedio general de valores obtenidos para la demanda bioquímica de oxígeno fue de 37.92 mg/L y los promedios correspondiente al mes de diciembre fue de 25.1 mg/L , 26.4 mg/L para el mes de febrero y 62.25 para el mes de abril, de acuerdo a lo que se detalla en la tabla, demostrando que la tendencia de aumentar las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno se debe a la característica de la época de estiaje que posee de esta forma demandando mayor cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para oxidar la materia orgánica

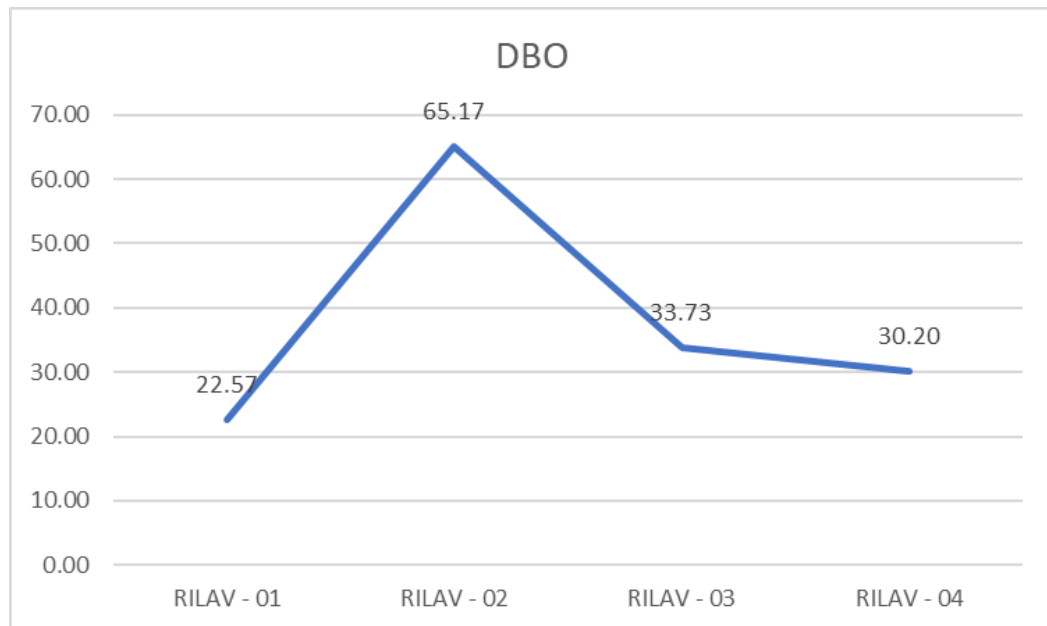


que posee las aguas residuales domésticas, ya que en la época de avenida el río llave posee alto caudal, lo que favorece la disolución y autodepuración, teniendo tendencia.



**Figura 15.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la DBO.

En la figura 15 muestra la varianza del parámetro demanda bioquímica de oxígeno con 643,57 mg/L, desviación estándar de 25,36 mg/L, lo cual indica la dispersión de la demanda bioquímica de oxígeno con respecto a la media que fue de 37,91 mg/L, una desviación elevada debido a que desde el punto 2 se evidencia introducción de alta cantidad de demanda bioquímica de oxígeno en el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas y aguas abajo procedentes de la ciudad de llave.



**Figura 16.** Análisis por puntos de muestreo de la demanda bioquímica de oxígeno.

En la figura 16 se muestra el promedio de los puntos de muestreo para los 3 meses fueron de 22.57 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), para el punto 2 fue de 65.17 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 33.73 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 30.20 mg/L (RILAV 04), mostrando que en el punto 1 las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno son bajas hasta el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas que posee tratamiento por estabilización y que se encuentra en situación de colapso y por consiguiente sin tratamiento adecuado, se evidencia la dispersión de los resultados en el punto 2 debido al impacto que causa las altas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno sobre el río llave, así mismo se evidencia una baja en las concentraciones del punto 4 luego del punto de vertimiento de aguas residuales debido a las altas concentraciones de materia orgánica disuelta y aguas ácidas, pero por acciones de dilución y autodepuración de aguas lóxicas que posee el río llave.

El valor obtenido en el primer punto de muestreo se asemeja con lo que sostiene Menendez (2018), en su investigación concluye concentraciones promedio de 30,56

mg/L, zona B 30,92 y zona C 21,37 mg/L, teniendo una variación mínima, lo cual se asemeja con el promedio obtenido para la demanda bioquímica de oxígeno, así mismo explica que las altas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno demuestran una alta concentración de materia orgánica biodegradables, debido a que los microorganismos están consumiendo el oxígeno disuelto. Así como, Castillo & Quispe, (2019) en su tesis obtiene una concentración máxima de 63.8 mg/L para el mes de agosto, lo cual sobrepasa el límite de estándar de calidad ambiental para el recurso agua - categoría 3, lo cual se asemeja al promedio establecido en el punto 2, también menciona que al incrementarse las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno aumenta, los niveles de oxígeno disuelto disminuyen, lo que hace que la vida acuática sea inexistente.

Por otro lado los resultados difieren con respecto a los resultados de Pari (2017), en su tesis obtuvo valores de 96 mg/L como el valor más alto y 19.68 mg/L con el valor más bajo, considerando que las altas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno se deben al arrastre de la materia orgánica y el vertimiento de las aguas residuales domésticas procedentes de la laguna de estabilización de la ciudad de Ilave, lo cual es difícilmente depuradas por el río debido a que las altas concentraciones de materia orgánica requieren grandes cantidades de oxígeno.

4.1.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)

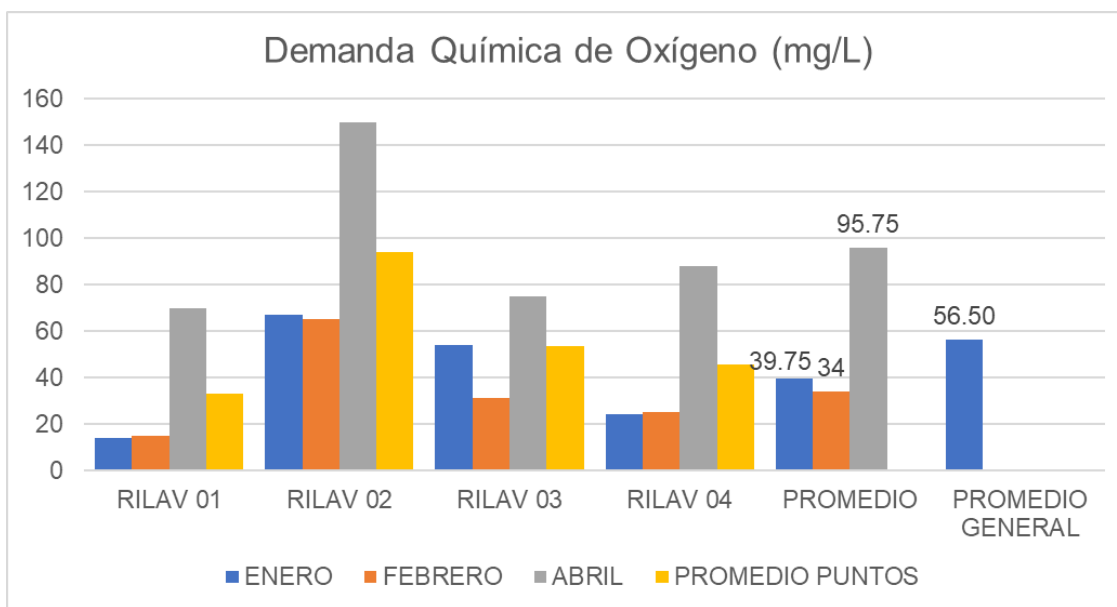
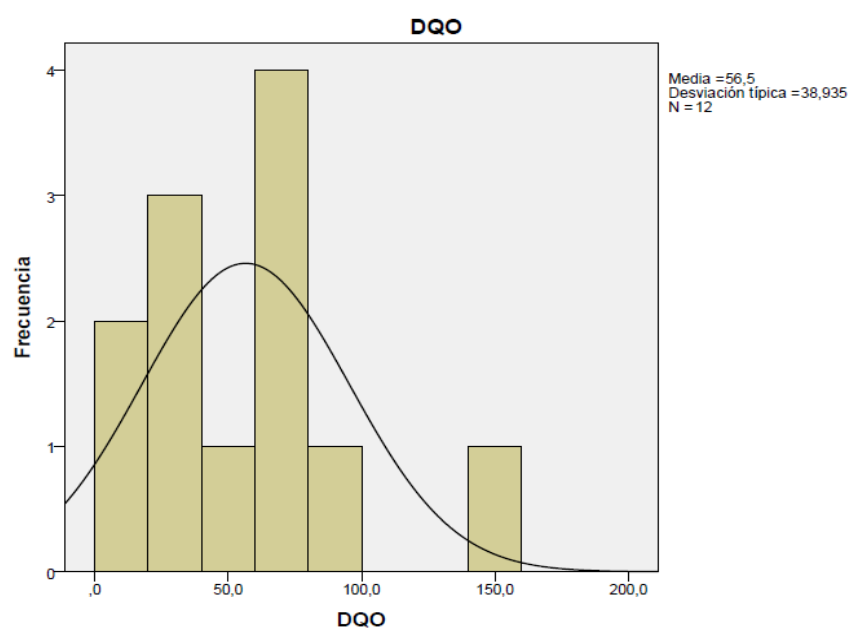


Figura 17. Valores de demanda química de oxígeno en las tres épocas de muestreo.

Tabla 20. Resultados correspondientes a la demanda química de oxígeno y sus promedios.

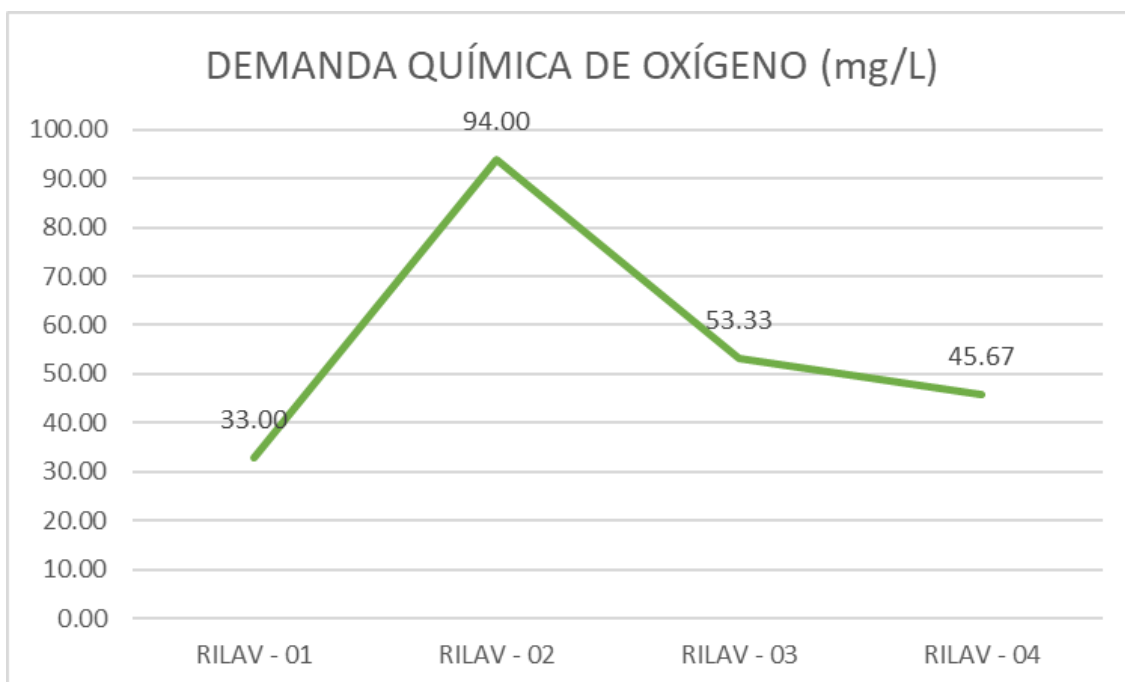
	Demanda química de oxígeno (mg/L)					
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	14	67	54	24	39.75	
FEBRERO	15	65	31	25	34	
ABRIL	70	150	75	88	95.75	56.50
PROMEDIO PUNTOS	33.00	94.00	53.33	45.67		

En la figura 17 y la tabla 20 muestran los resultados obtenidos para la demanda química de oxígeno las cuales fueron de 150 mg/L como el valor más alto en el punto 2 (RILAV - 02) que se obtuvo en el muestreo 3 del mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 14 mg/L como el valor más bajo en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el muestreo 2 en la época de transición. En la tabla 20 se muestra el promedio general de la demanda química de oxígeno la cual fue de 56.5 mg/L y el muestreo promedio correspondiente al mes de diciembre fue de 39.75 mg/L , 34 mg/L correspondiente al mes de febrero y 95.75 mg/L referente al mes de abril, de acuerdo a lo que se detalla en la tabla, evidenciando que existe una tendencia de aumento de las concentraciones de demanda química de oxígeno en las época de estiaje debido a su característica de poseer bajo caudal y la disolución es menor y por consiguiente su autodepuración es lenta, de esta forma demanda mayor cantidad de oxígeno para oxidar por medio químicos que se encuentran disueltas o suspendidas que posee las aguas residuales domésticas, las concentraciones bajas de demanda química de oxígeno en la época de avenida se explica ya que en esta época el río llave posee alto caudal, lo que favorece la disolución y autodepuración de la misma.



**Figura 18.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a la DQO.

En la figura 18 muestra la varianza del parámetro demanda química de oxígeno con 1515,90 mg/L, desviación estándar de 38,93 mg/L, lo cual indica dispersión de la demanda química de oxígeno con respecto a la media que fue de 56,5 mg/L, una desviación estándar elevada debido a que desde el punto 2 se vierte las aguas residuales domésticas, las cuales poseen alta cantidad de demanda química de oxígeno, de esta forma, confirmando el impacto que realiza la laguna de estabilización con respecto al punto 1.



**Figura 19.** Análisis por puntos de muestreo de la demanda química de oxígeno.

En la figura 19 se muestra el promedio de los 4 puntos de muestreo para los 3 meses (época de avenida, transición y época de estiaje) fueron de 33 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), para el punto 2 fue de 94 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 53.33 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 45.67 mg/L (RILAV 04), evidenciando que en el punto 1 (antes del vertimiento de aguas residuales domésticas) las concentraciones de demanda química de oxígeno son bajas hasta el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas (RILAV - 02), la cual posee tratamiento por estabilización, pero se encuentra en situación de colapso y su capacidad de tratamiento es inadecuada, por otro

lado, se encuentra datos dispersos, así mismo se evidencia una baja en las concentraciones de demanda química de oxígeno en los puntos 3 y 4 luego del punto de vertimiento de aguas residuales debido a las altas concentraciones de materia orgánica disuelta y en suspensión, sales minerales y compuestos orgánicos, pero por acciones de dilución y autodepuración de aguas lóxicas que posee el río llave.

Dichos resultados guardan relación con lo que sostiene Pari (2017), en su estudio del río llave, que obtuvo valores entre el rango de 48.38 mg /L y 218 mg/L para la demanda química de oxígeno, los cuales están dentro de lo establecido en el presente estudio, siendo sus valores más altos en el mes de diciembre, las cuales atribuye a contenido de materia fecal, grasas, aceites y detergentes, procedentes del vertimiento de aguas residuales de origen municipal y clandestino. Así mismo, Castillo & Quispe (2019), presentan valores promedio de 40 mg/L para la demanda química de oxígeno, con 15.8 mg/L como valor mínimo y 155.1 mg/L como el valor máximo las cuales evidencia el impacto del vertimiento de aguas residuales urbanas industriales en el distrito de Baños del Inca. Siguiendo (2017), en su tesis denominada "Calidad de aguas del río Choquechaca, lago Wiñaymarca y la captación por Emapa - Yunguyo para la salud ambiental", donde observa una mayor cantidad de la demanda química de oxígeno en el río Choquechaca con 24.91 mg/L, con lo que concluye que para el punto Choquechaca no cumple con los estándares de calidad ambiental para el agua.

4.1.7 OXÍGENO DISUELTO (mg/L)

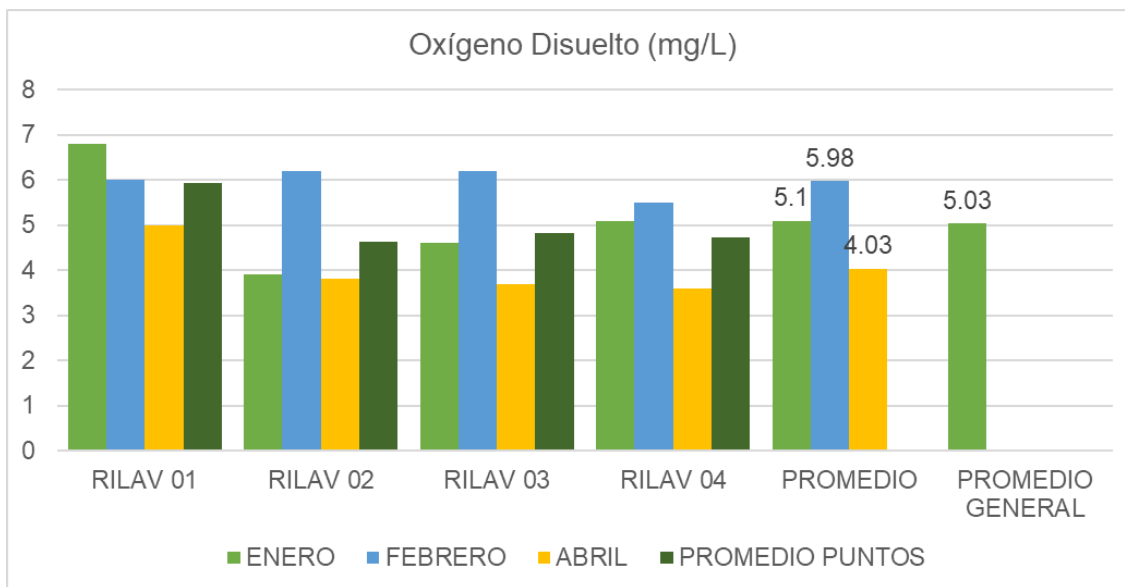


Figura 20. Valores de oxígeno disuelto en las tres épocas de muestreo.

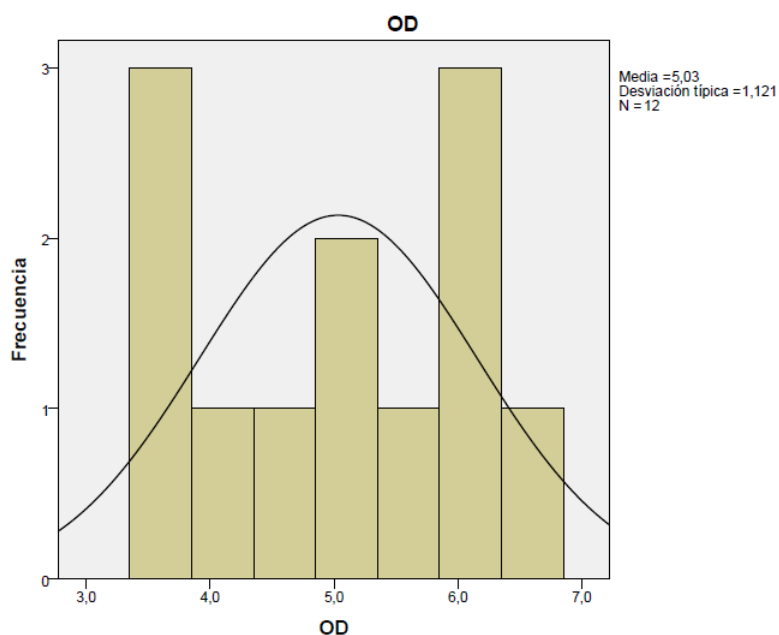
Tabla 21. Resultados correspondientes al oxígeno disuelto y sus promedios.

Oxígeno Disuelto (mg/L)						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	6.8	3.9	4.6	5.1	5.1	
FEBRERO	6	6.2	6.2	5.5	5.98	
ABRIL	5	3.8	3.7	3.6	4.03	5.03
PROMEDIO PUNTOS	5.93	4.63	4.83	4.73		

En la figura 20 y tabla 21 muestran los resultados que se obtuvieron para el oxígeno disuelto, las cuales fueron de 6.8 mg/L como el valor más alto en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el tercer muestreo correspondiente al mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 3.6 mg/L como el valor más bajo en el punto 4 (RILAV - 04) que se

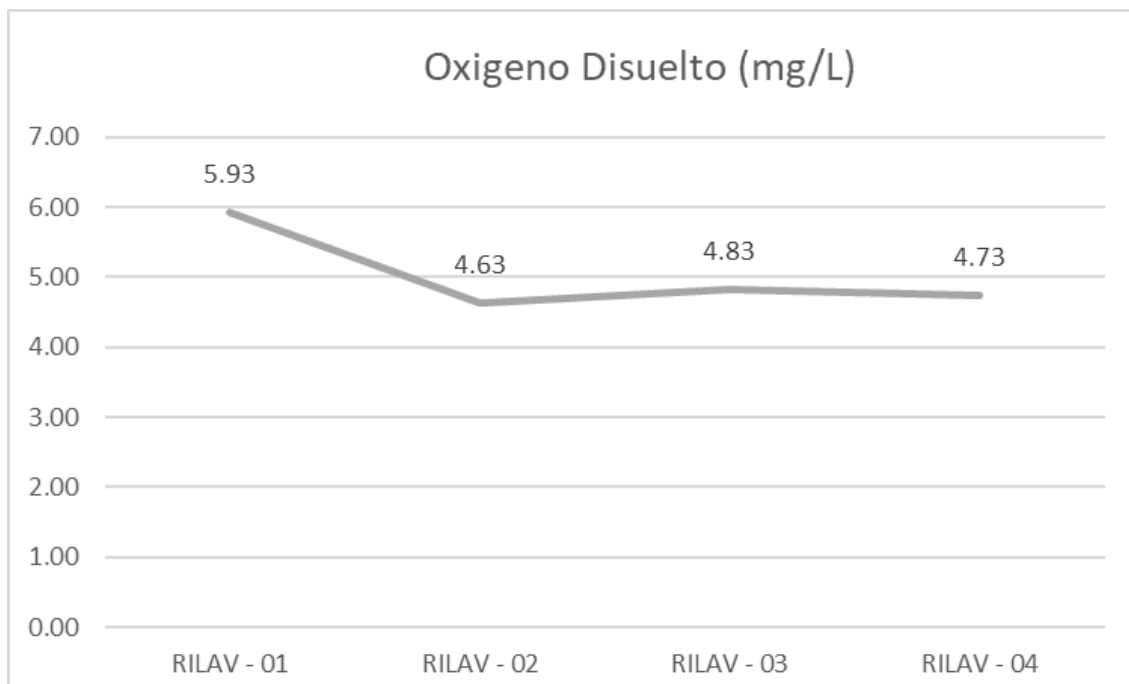


obtuvo en el primer muestreo de la época de transición. El promedio general del oxígeno disuelto fue de 5.03 mg/L y el resultado promedio correspondiente al mes de diciembre fue de 5.1 mg/L , 5.98 mg/L correspondiente al mes de febrero y 4.03 mg/L referente al mes de abril, de acuerdo a los resultados las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyen en la época de estiaje debido a que el caudal que posee dicha época (abril) son aguas lentas con y poco oxigenadas, además de agua las temperatura es elevada y posee una relación inversamente proporcional por lo tanto es menor y por consiguiente su autodepuración, de esta forma demanda mayor cantidad de oxígeno para oxidar por medio químicos que se encuentran disueltas o suspendidas que posee las aguas residuales domésticas, mientras más alta la temperatura del agua menor es la concentración de oxígeno disuelto en el agua. Debemos tomar en cuenta también la escorrentía que arrastra material orgánico, condicionando a las bacterias que necesitan un mayor consumo de oxígeno para descomponer los desechos orgánicos, los requerimientos de oxígeno disuelto en el agua varían según el requerimiento, pero valores de OD debajo de 3 mg/L dañan a gran parte de organismos acuáticos.



**Figura 21.**Desviación estándar, media y varianza correspondiente al oxígeno disuelto.

En la figura 21 muestra los resultados del análisis estadísticos descriptivos del parámetro oxígeno disuelto, con varianza de 1,25 mg/L, desviación estándar de 1,12 mg/L, lo cual indica la dispersión de la demanda bioquímica de oxígeno con respecto a la media que fue de 5,03 mg/L, una desviación estándar elevada con respecto a la media, ya que en el punto 2 se introduce aguas residuales de origen doméstico, las cuales contienen bajas concentraciones de oxígeno disuelto, afectando de esta forma la vida acuática del río llave.



**Figura 22.** Análisis por puntos de muestreo del oxígeno disuelto.

En la figura 22 se muestra los resultados obtenidos de los cuatro puntos de muestreo para los tres meses (época de avenida, transición y época de estiaje) fueron de 6.93 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 fue de 4.63 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 4.83 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 4.73 mg/L (RILAV 04), Dichos resultados muestran que en el punto 1 (antes del vertimiento de aguas residuales domésticas) las concentraciones de oxígeno disuelto son elevadas hasta el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas (RILAV - 02), las cuales bajan las concentraciones de oxígeno disuelto presente en el agua debido a que el agua residual

posee altas concentraciones de materia orgánica y microbiológica en descomposición las cuales consumen el oxígeno , así como se evidencia una baja del parámetro oxígeno disuelto en los puntos 2 3 y 4 luego del punto de vertimiento de aguas servidas.

Dicho resultado guarda relación con los resultados obtenidos por Pari (2017), obteniendo valores entre 5.8 mg/L y 4.2 mg/L, evidenciando que el aumento del caudal influyó considerablemente la difusión de la materia orgánica presente, además el movimiento del río hace que las aguas sean oxigenadas, sin embargo atribuye el vertimiento de las aguas residuales municipales de la ciudad de Ilave y la escorrentía de los cultivos que se encuentran cerca, ya que presentan fertilizantes con altas cantidades de materia orgánica. De igual forma, Rojas (2018), en su proyecto de tesis titulada “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas - Simón Bolívar - Pasco - 2018” obtiene valores promedios de de 3.6 mg/L en sus 2 puntos de muestreo el oxígeno disuelto se encuentra fuera de los estándares de calidad ambiental, lo cual atribuye al exceso de materia orgánica que se vierte por la población de Paragsha y Cerro de Pasco, los cuales se asemejan a lo obtenido en el punto 2.

Así mismo las investigaciones realizadas por Campaña et al. (2017), indican que el valor medio de oxígeno disuelto en el río Machángara es de 7.01 mg/L, por otro lado en el río Monjas obtuvo una concentración media de 5.5 mg/L, de esta forma relacionando que a medida que las concentraciones de oxígeno disuelto disminuye debido a las altas densidades microbianas, lo que provoca la reducción de iones y moléculas importantes para el desarrollo de microorganismos y posteriormente afectando a las cadenas tróficas.

4.1.8 FÓSFORO TOTAL(mg/L)

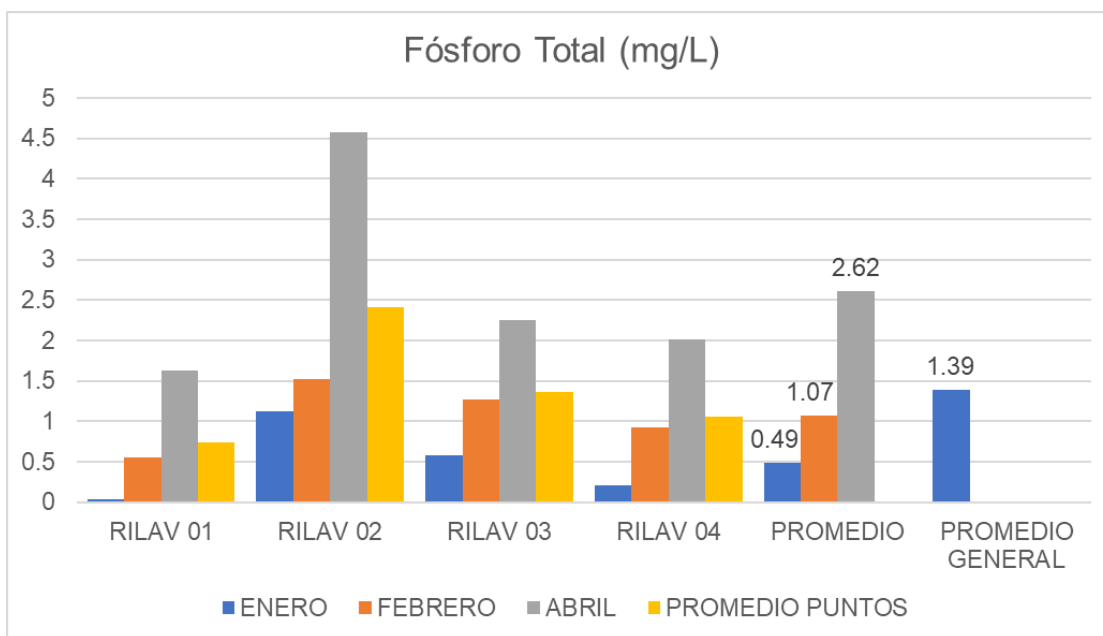


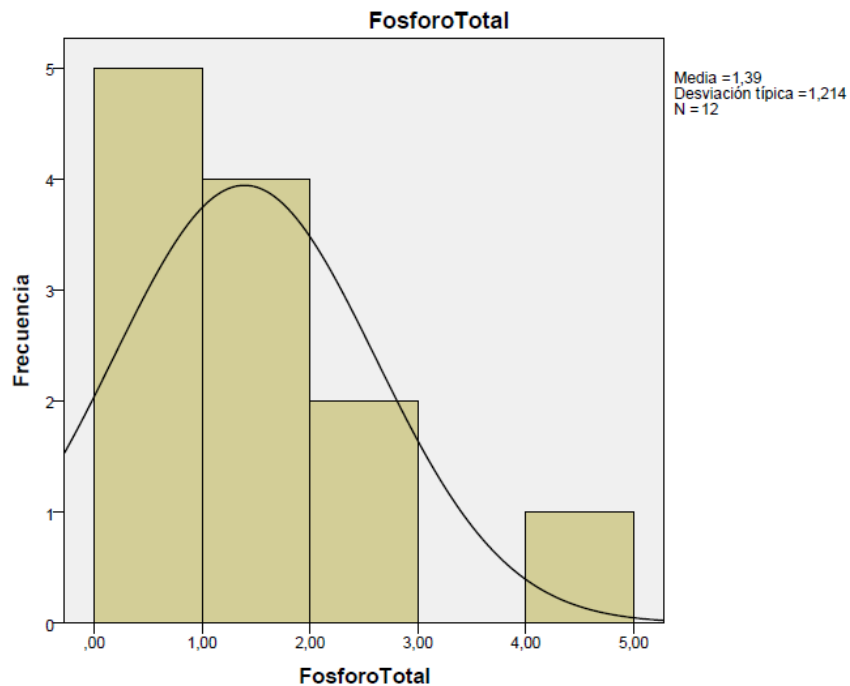
Figura 23. Valores de fósforo total en las tres épocas de muestreo.

Tabla 22. Resultados correspondientes al fósforo total y sus promedios.

Fósforo Total (mg/L)						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	0.04	1.12	0.58	0.21	0.49	
FEBRERO	0.55	1.53	1.27	0.93	1.07	
ABRIL	1.63	4.57	2.25	2.02	2.62	1.39
PROMEDIO PUNTOS	0.74	2.41	1.37	1.05		

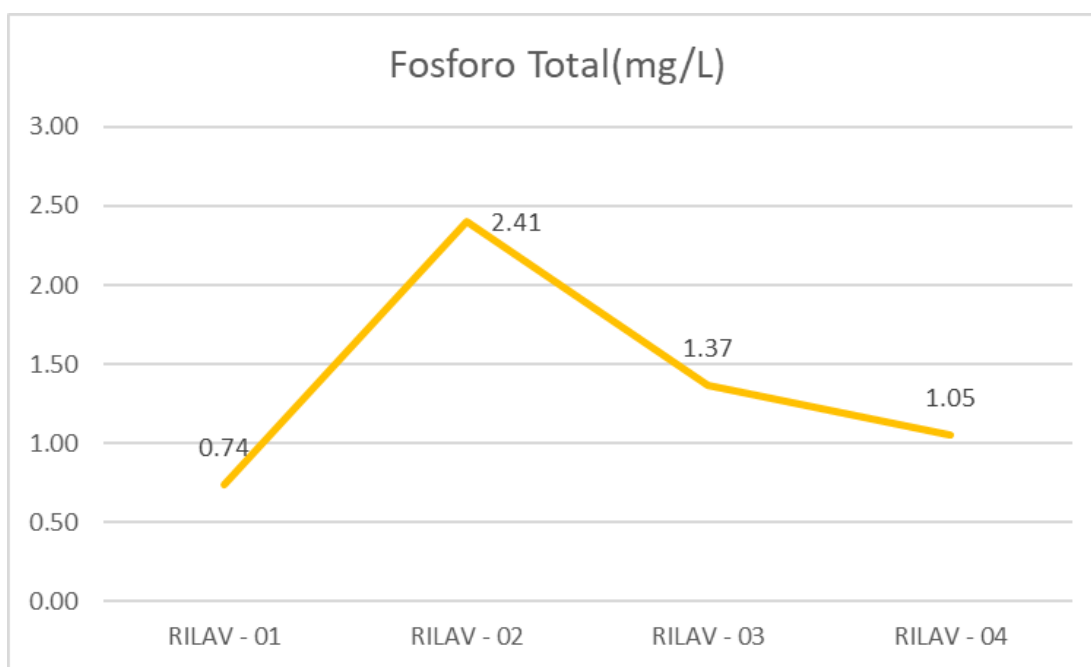
En la figura 23 y la tabla 22 muestran los resultados obtenidos para el parámetro fósforo total fue de 4.57 mg/L con el valor más alto en el punto 2 (RILAV - 02) que se obtuvo en el muestreo tercer muestreo del mes de abril (época de estiaje), y el valor más bajo con 0.04 mg/L como el valor más bajo en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el primer muestreo en la época de avenida. El promedio general del parámetro fósforo total es de

1.39 mg/L y el muestreo promedio correspondiente al mes de diciembre fue de 0.49 mg/L , 1.07 mg/L de fósforo total para el mes de febrero y 2.61 mg/L el promedio del mes de abril, así como se muestra en la tabla, las concentraciones de fósforo total muestran que en la época de estiaje se elevan, principalmente debido al bajo caudal que posee dicha temporada, al tener un caudal bajo y pocas cantidades de agua en época seca la disolución del contaminante es menor y su autodepuración demora más tiempo o se arrastran aguas abajo contaminando, ya que el río llave es utilizado para diversas actividades como bebida de animales en algunos casos hasta de consumo humano, las aguas residuales domésticas poseen altas concentraciones nitrógeno y fósforo, nutrientes presentes en la materia orgánica, estas al ingresar sin tratamiento adecuado al río llave, se ven contaminadas con un flujo continuo y permanente, contaminando el recurso hídrico que se destina para diversos fines. En la época de avenida las concentraciones de fósforo total disminuyen debido a que posee alto caudal, lo que favorece la disolución y autodepuración.



**Figura 24.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente al fósforo total.

En la figura 24 muestra la varianza del parámetro fósforo total de con 1,47 mg/L, desviación estándar de 1,21 mg/L, lo cual indica la dispersión del fósforo total con respecto a la media que fue de 1,39 mg/L, una desviación elevada debido a que desde el punto 2 se introduce aguas residuales domésticas, las cuales contienen altas concentraciones de fósforo total.



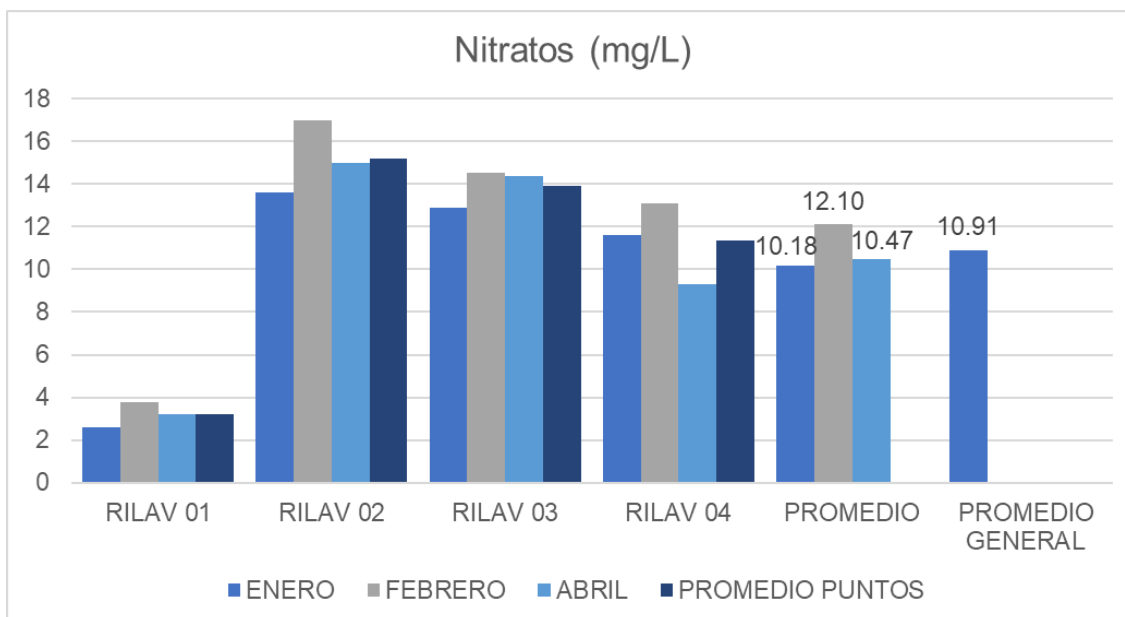
**Figura 25.** Análisis por puntos de muestreo del fósforo total.

Según los resultados de la figura 25, el promedio de los 4 puntos de muestreo para los 3 meses (época de avenida, transición y época de estiaje) fueron de 0.74 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 se obtuvo un promedio de 2.41 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 1.37 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 1.05 mg/L (RILAV 04), en el punto 1 antes del vertimiento de aguas residuales domésticas, las concentraciones de fósforo total fueron bajas, en el punto 2 ubicado en el vertimiento de aguas residuales domésticas, las concentraciones se elevan ya que dichas aguas contaminadas poseen altas concentraciones de fósforo, por otro lado, se encuentran datos dispersos en las concentraciones, así mismo se evidencia una tendencia de disminución en las concentraciones de fósforo total en los puntos 3 y 4 luego del punto de

vertimiento de aguas residuales, ya que por acciones de dilución y autodepuración de aguas lólicas que posee el río llave va disminuyendo las cantidad existente.

Dichos resultados guardan relación con lo que sostiene Siguiro (2017), en su investigación obtiene valores de 0.07 mg/L en el río Choquechaca, el lago Wiñaymarca y la captación por Emapa muestran resultados similares con 0.10 mg/L, en la época de avenida fue de 0.11 mg/L y en la época de estiaje fue 0.09 mg/L. En los tres casos no cumple con los estándares de calidad ambiental para el agua categoría 4. Además, explica que el incremento de fósforo en un medio hídrico produce un crecimiento exponencial de la actividad del fitoplancton, lo cual produce problemas como el agotamiento de oxígeno y problemas como la eutrofización, en la época de avenida las concentraciones de fósforo total se incrementan por el arrastre de las aguas de lluvia que contienen nutrientes del fertilizante de las plantas, animales y desechos, así como de las aguas residuales.

**4.1.9 NITRATOS (mg/L)**



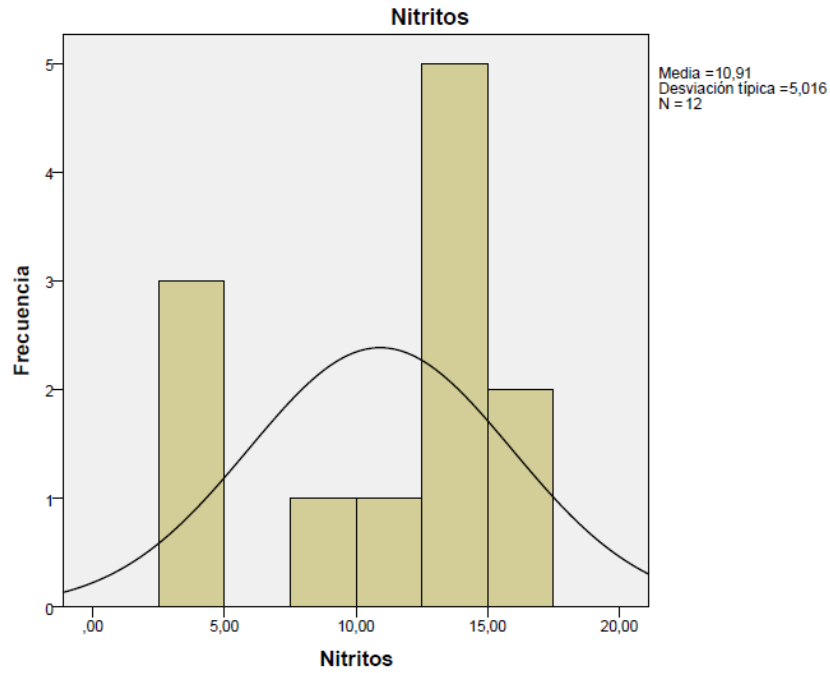
**Figura 26.** Valores de nitratos en las tres épocas de muestreo.

**Tabla 23.** Resultados correspondientes a los nitratos y sus promedios.

<b>Nitratos (mg/L)</b>						
	<b>RILAV 01</b>	<b>RILAV 02</b>	<b>RILAV 03</b>	<b>RILAV 04</b>	<b>PROMEDI O</b>	<b>PROMEDI O GENERAL</b>
<b>DICIEMBRE</b>	2.6	13.6	12.9	11.6	10.18	
<b>FEBRERO</b>	3.8	17	14.5	13.1	12.10	
<b>ABRIL</b>	3.2	15	14.37	9.3	10.47	<b>10.91</b>
<b>PROMEDIO PUNTOS</b>	<b>3.20</b>	<b>15.20</b>	<b>13.92</b>	<b>11.33</b>		

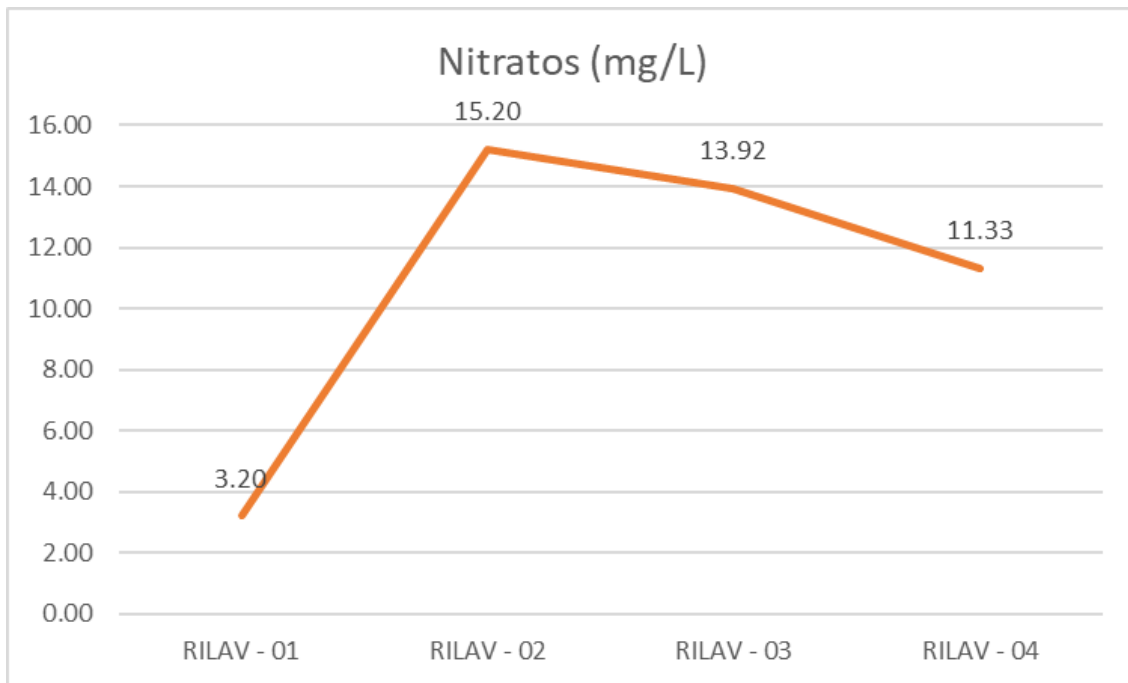
En la figura 26 y la tabla 23 muestran los resultados obtenidos en las muestras de agua para nitratos, las cuales fueron de 17 mg/L con el valor más alto en el punto 2 (RILAV - 02) que se obtuvo en el muestreo segundo muestreo en el mes de febrero (época de avenida), y el valor más bajo con 2.6 mg/L como el valor más bajo en el punto 1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el primer muestreo del mes de diciembre (época de avenida). El promedio general de los nitratos es de 10.91 mg/L y el muestreo promedio correspondiente al mes de diciembre fue de 10.18 mg/L , 12.10 mg/L de nitratos para el mes de febrero y 10.47 mg/L el promedio del mes de abril, así como se muestra en la tabla, dichos resultados muestran datos dispersos entre en punto 1 y 2 donde las concentraciones de nitratos que muestran que en la época de transición se elevan, principalmente debido al bajo caudal que posee dicha temporada, pero la influencia de la planta de tratamiento es elevada ya que aporta grandes cantidades de nitratos al cuerpo de agua por la procedencia, al poseer altas compuestos nitrogenados, nutrientes presentes en la materia orgánica así como en detergentes, estas al ingresar sin algún tratamiento adecuado al río llave.





**Figura 27.** Desviación estándar, media y varianza correspondiente a los nitratos.

En la figura 27 muestra los resultados del análisis estadístico, donde muestra la varianza de los nitratos con 25,16 mg/L, desviación estándar de 5,01 mg/L, lo cual indica la dispersión de nitratos con respecto a la media que fue de 10,91 mg/L, una desviación estándar elevada debido a que desde el punto 2 se evidencia introducción de alta cantidad de nitratos en el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas y aguas abajo procedentes de la ciudad de llave.



**Figura 28.** Análisis por puntos de muestreo de nitratos.

En la figura 28 se muestran los resultados obtenidos por promedios de los 4 puntos de muestreo para los 3 meses (época de avenida, transición y época de estiaje) fueron de 3.2 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 se obtuvo un promedio de 15.2 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 13.92 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 11.33 mg/L (RILAV 04), en el primer punto antes del vertimiento de aguas residuales, el promedio de las concentraciones de nitratos son bajas, en el segundo punto ubicado en el vertimiento de aguas residuales domésticas, las concentraciones se elevan ya que dichas aguas contaminadas poseen altas concentraciones de nitratos, así mismo se evidencia una tendencia de disminución progresiva en las concentraciones de nitratos en los puntos 3 y 4 luego del punto de vertimiento de aguas residuales, lo que se explica por la capacidad de autodepuración que posee un río, al ser aguas rápidas y oxigenadas (aguas lóxicas), pero concentraciones elevadas en ríos conlleva a la contaminación difusa, afectando a las poblaciones aguas abajo lo que implica afectación a las poblaciones cercanas que realizan uso del recurso agua.

Dichos resultados guardan relación con lo que sostiene Siguiro (2017), que obtuvo valores entre 5.12 mg/L y 0.95 mg/L, las cuales se encuentran dentro de lo establecido por la normativa nacional. Además, indica que la presencia de nitratos en los cuerpos de agua indican descomposición de materia vegetal y animal, así como de los lixiviados de la tierra agrícola en las cuales se utiliza estiércol, también se origina a partir de la descomposición de los microorganismos de la materia orgánica nitrogenada. Así mismo, Pari (2017), obtiene valores de 2.8 mg/L en el río llave, las cuales atribuyen al vertimiento de aguas residuales clandestinas. Pérez (2017), en su trabajo de investigación denominado “Determinación del índice de calidad del agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, durante el periodo 2014 -2015”, en su monitoreo de aguas luego del vertimiento de aguas residuales domésticas obtiene valores de 6.65 mg/L para el parámetro nitratos, concluyendo que luego de la planta de tratamiento posee un nivel de contaminación media.

De igual forma los resultados de Costa (2021) que obtuvo valores entre 14.0 mg/L a 37.8 mg/L para los nitratos, lo cual se asemeja el promedio en el punto 2, lo que evidencia el uso de fertilizantes o de desechos de humanos fueron arrastrados hacia el cuerpo de agua, pero sin generar un efecto negativo en las plantas o animales que beban el agua estando dentro de los valores permisibles.

#### **4.2 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (2)**

**“Determinar los niveles de concentración de microorganismos biológicos en el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas”**

Para alcanzar el segundo objetivo específico, se realizó la recopilación de 4 puntos de muestreo, en dos periodos en el mismo lugar, llegando a 8 muestras y trata sobre la determinación de los microorganismos biológicos presentes en el río llave por la influencia de las aguas residuales domésticas.

4.2.1 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)

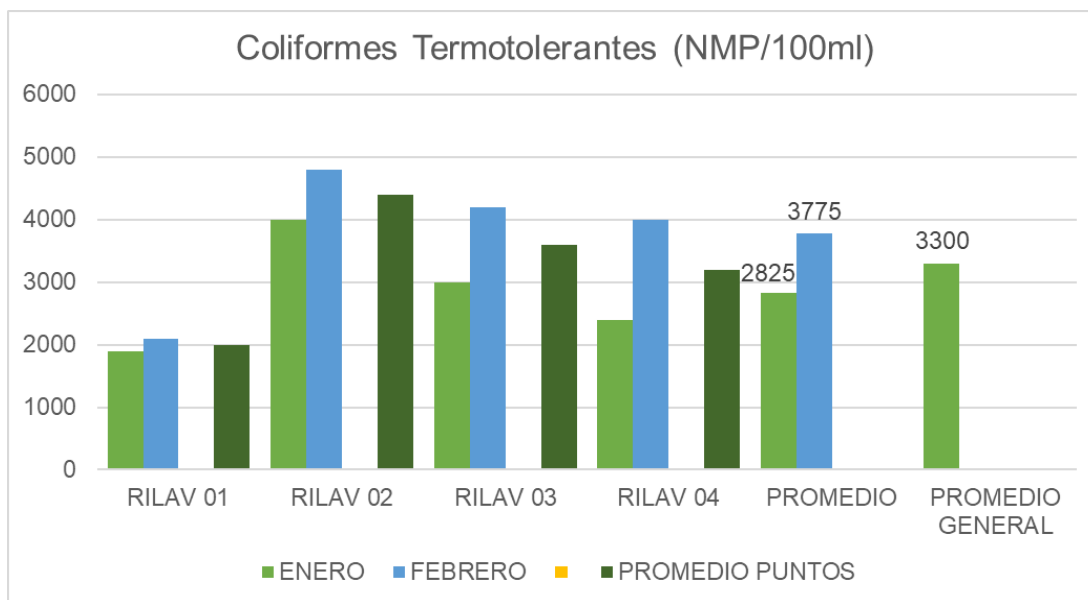


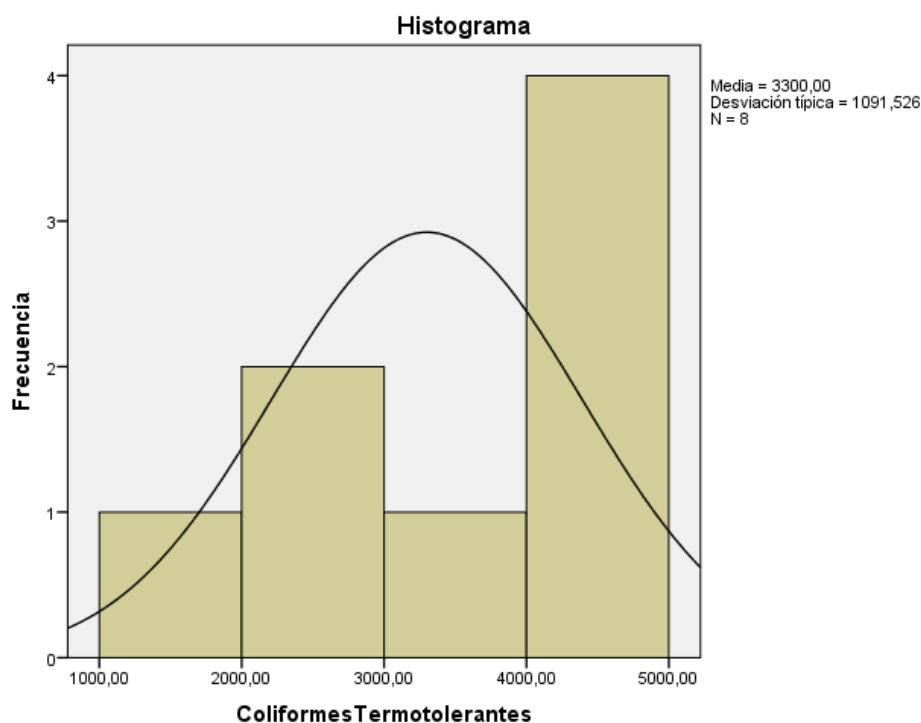
Figura 29. Valores de coliformes termotolerantes en las épocas de muestreo.

Tabla 24. Resultados correspondientes a los coliformes termotolerantes y sus promedios.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)						
	RILAV 01	RILAV 02	RILAV 03	RILAV 04	PROMEDIO	PROMEDIO GENERAL
DICIEMBRE	1900	4000	3000	2400	2825	
FEBRERO	2100	4800	4200	4000	3775	3300
PROMEDIO PUNTOS	2000	4400	3600	3200		

En la tabla 24 y la figura 26 se muestran los resultados que se obtuvieron para los coliformes termotolerantes las cuales fueron de 4800 NMP/100ml como el valor más alto en el punto 2 (RILAV - 02) que se obtuvo en el segundo muestreo correspondiente al mes de febrero (época de transición), el resultado más bajo con 1900 NMP/100ml en el punto

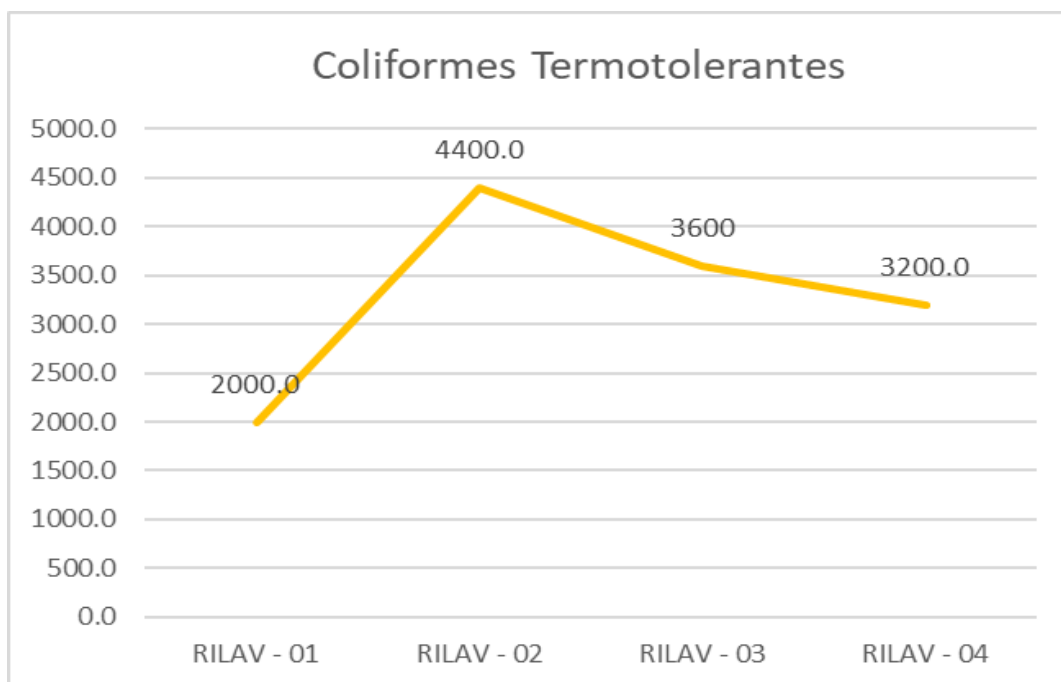
1 (RILAV - 01) que se obtuvo en el primer muestreo del mes de diciembre (época de avenida). El promedio general de coliformes termotolerantes fue de 3300 NMP/100ml y el resultado promedio correspondiente al mes de diciembre fue de 2825 NMP/100ml, 3775 NMP/100ml correspondiente al mes de febrero, de acuerdo a los resultados las concentraciones de coliformes termotolerantes existen en gran cantidad en la época de transición, con ligera disminución en la época de avenida debido a que el caudal es más alto, en los puntos de monitoreo se muestran datos muy elevados en el punto de vertimiento de aguas residuales domésticas debido a que las aguas residuales traen consigo gran cantidad de carga orgánica, materia fecal, así mismo se considera que en dicho punto de muestreo se percibió un olor fétido y color característico de las aguas residuales domésticas (Ver Anexo 2).



**Figura 30.** Desviación estándar y media de los coliformes termotolerantes.

En la figura 30 muestra el resultado del análisis estadístico descriptivo para el parámetro coliformes termotolerantes con 1191515.91 NMP/100ml de varianza, desviación estándar

de 1091.52 NMP/100ml, lo cual indica una dispersión de los resultados muy elevada con respecto a la media que fue de 3300 NMP/100 ml, una desviación elevada debido a que la introducción de coliformes de origen fecal procedentes de las aguas residuales domésticas al cuerpo de agua es elevada.



**Figura 31.** Análisis por puntos de muestreo de los coliformes termotolerantes.

Según la figura 31 muestra las concentraciones de coliformes termotolerantes que se obtuvieron, evidencian que el promedio de los cuatro puntos de muestreo, fueron de 2000 NMP/100 ml para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 se obtuvo un promedio de 4400 NMP/100 ml (RILAV 02), el punto 3 con 3600 NMP/100 ml (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 3200 NMP/100 ml (RILAV 04), en el primer punto antes del vertimiento de aguas residuales de origen doméstico se muestra resultados dentro de la normativa nacional, sin embargo aguas arriba existen fuentes de vertimiento de aguas servidas con conexiones clandestinas lo cual contribuye a la contaminación, en el segundo punto de muestreo ubicado justo en el lugar de vertimiento de aguas residuales domésticas, las concentraciones se elevan de forma exponencial llegando a contener concentraciones tan elevadas que su tendencia de autodepuración es muy baja, lo cual imposibilita su

disolución temprana, la cual afecta a las poblaciones aguas abajo, contaminando de forma difusa, altas concentraciones de coliformes causan problemas gastrointestinales, infecciones, y hasta puede transmitir bacterias y virus presentes en las aguas residuales.

Los resultado guardan relación con lo que sostiene Pari (2017), que en su muestreo más alto para los coliformes termotolerantes fueron 3200 NMP/100 ml, El promedio de los valores del coliformes termotolerantes para el mes de noviembre fue de 599 NMP/100 ml, seguido del mes diciembre con de 1023 NMP/100 ml, y finalmente el mes de diciembre con 575 NMP/100 ml, considerando justamente el vertimiento de aguas residuales domésticas, los cuales afectan a la salud de los animales aguas abajo, ya que es su única fuente de consumo de agua.

Los resultados obtenidos por Pérez (2017), en su tesis denominada “ Determinación del índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la cual obtiene un valor de 3300 NMP/100 ml en el mes de abril como el valor más alto se asemeja al promedio obtenido en el presente estudio, de esta forma evidenciando que en el punto de muestreo luego del vertimiento de aguas residuales domésticas sobrepasa los estándares de calidad ambiental para el agua “riego de vegetales y bebida de animales”. Así mismo, Rojas (2018), obtiene 3400 NMP/ ml para los coliformes fecales o termotolerantes, los cuales se deben al vertimiento de efluentes domésticos que se vierten al río Ragra.

#### **4.3 CON RESPECTO AL OBJETIVO ESPECÍFICO (3)**

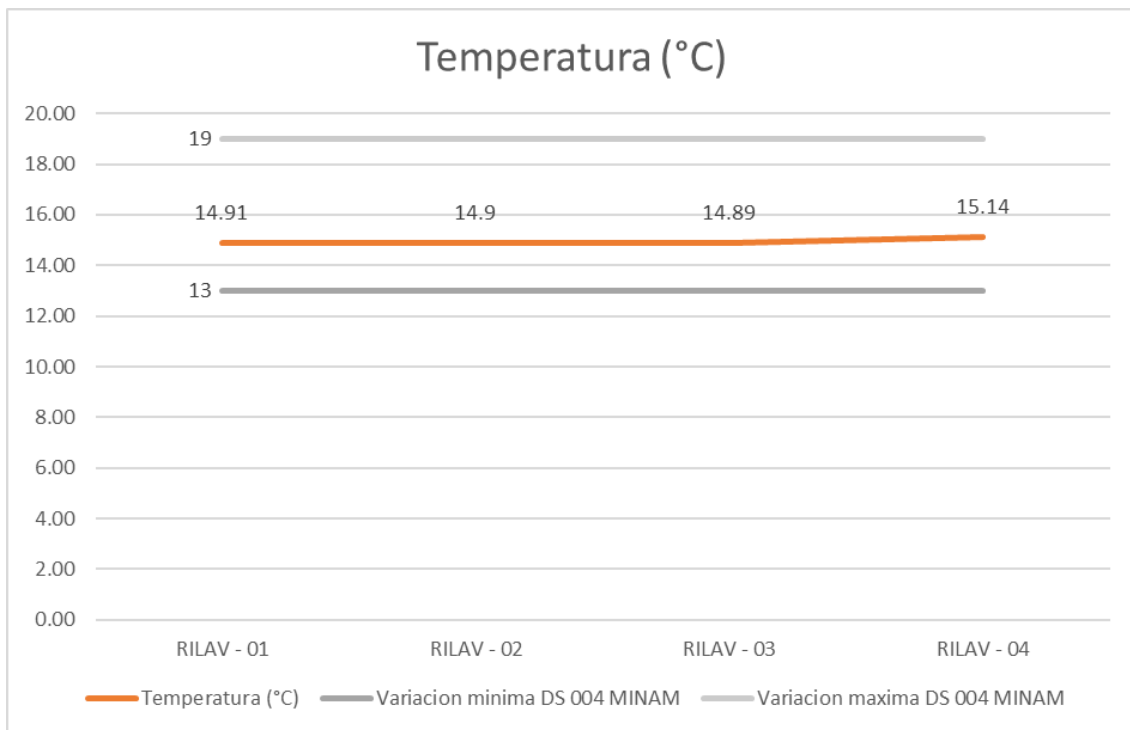
**“Analizar las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas con relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM”**

Para determinar el tercer objetivo específico, se realizó el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río llave por la influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas, las cuales se evaluaron con respecto a la normativa nacional, se

utilizó el decreto supremo N° 004 -2017- MINAM categoría 4 conservación del medio acuático, subcategoría E2 ríos de la sierra, que se entiende como aquellos ríos comprendidas en la cuenta del Titicaca, considerados por encima de los 600 metros sobre el nivel del mar, así mismo forma parte de uno de sus afluentes del lago Titicaca la cual es considerado área natural protegida. Los valores tomados se analizaron por puntos de muestreo, con la finalidad de evidenciar la influencia del vertimiento de aguas residuales domésticas con respecto al río llave en condiciones naturales, así mismo se tomó en cuenta que antes del vertimiento existen vertimientos clandestinos que inciden en la contaminación del río llave.

para ello se muestra las siguientes interpretaciones:

**4.3.1 TEMPERATURA**



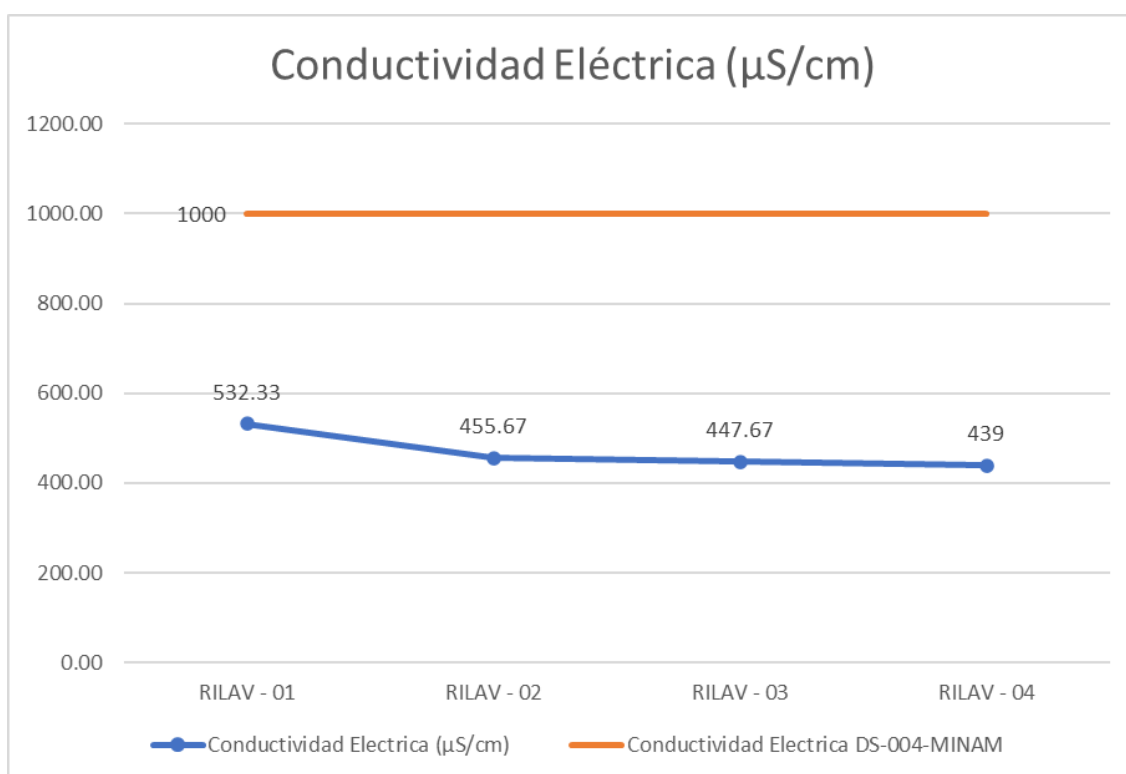
**Figura 32.** Comparación de la temperatura con los ECA para el agua.

Si bien es cierto la temperatura no tiene un límite establecido, por la normativa nacional (D.S. 004-2017-MINAM Categoría 4), para el parámetro de Temperatura la normativa



presenta una variación de 3 grados centígrados con respecto a la temperatura promedio de la zona, la figura 32 muestra los resultados que se obtuvieron para los 4 puntos de muestreo fueron de 14.91°C, 14.9°C, 14.89 °C y 15.14°C, según Pari (2017) para el río llave se considera una temperatura multianual promedio de 16 °C, por ello las muestras tomadas en el punto 1, 2, 3 y 4 se encuentran dentro del rango establecido por el D.S. 004 - 2017-MINAM Categoría 4.

**4.3.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (µS/cm)**

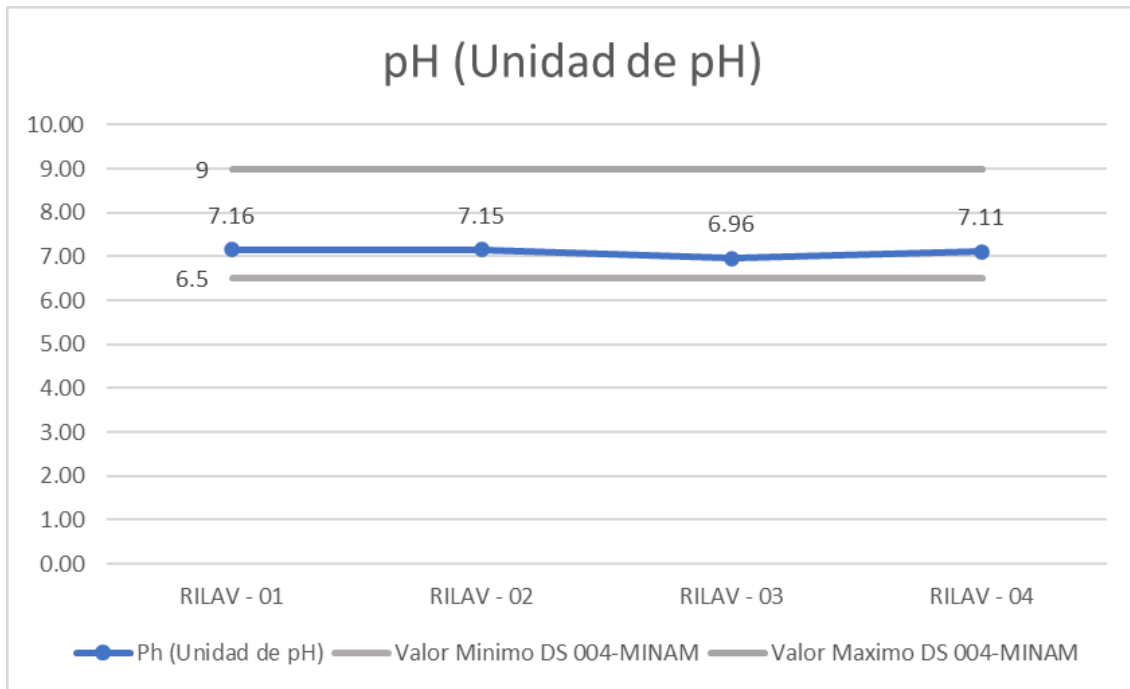


**Figura 33.** Comparación de la conductividad eléctrica con los ECA para el agua.

la figura 33 muestra la conductividad eléctrica de acuerdo a la normativa vigente en referencia de calidad de agua en su condición de cuerpo receptor (Decreto Supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua) el dato permisible como agua destinada para conservación del medio acuático es de 1000 µS/cm (microsiemens por centímetro), en el punto 1 se obtuvo un valor de 532 µS/cm, el punto 2 con 455.67 µS/cm, el punto 3 con 447.67 µS/cm y el punto 4 con 439 µS/cm, en el punto más alto de

todos, así como se muestra en la tabla, las cuales se encuentran por debajo del límite permisible.

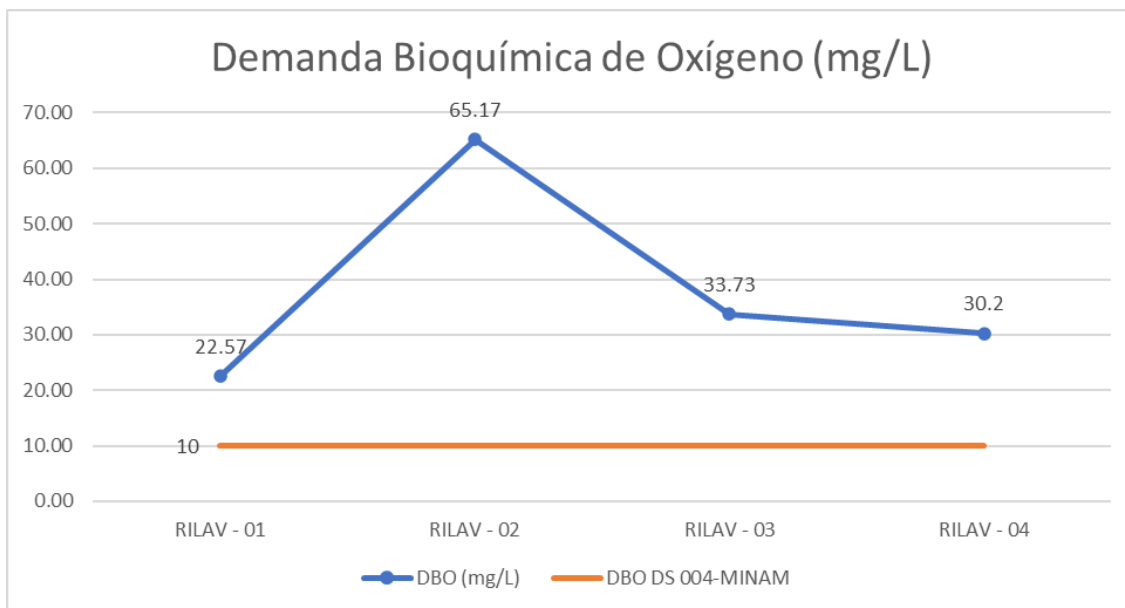
**4.3.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (Unidad de pH)**



**Figura 34.** Comparación del potencial de hidrógeno con los ECA para el agua.

En la figura 34 muestra el análisis de los 4 puntos de muestreo se obtuvo los siguientes datos: punto 1 con 7.16, punto 2 con 7.15, el punto 3 con 6.96 y el punto 4 con 7.11 unidades de pH. en los puntos tomados los resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por el decreto supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4.

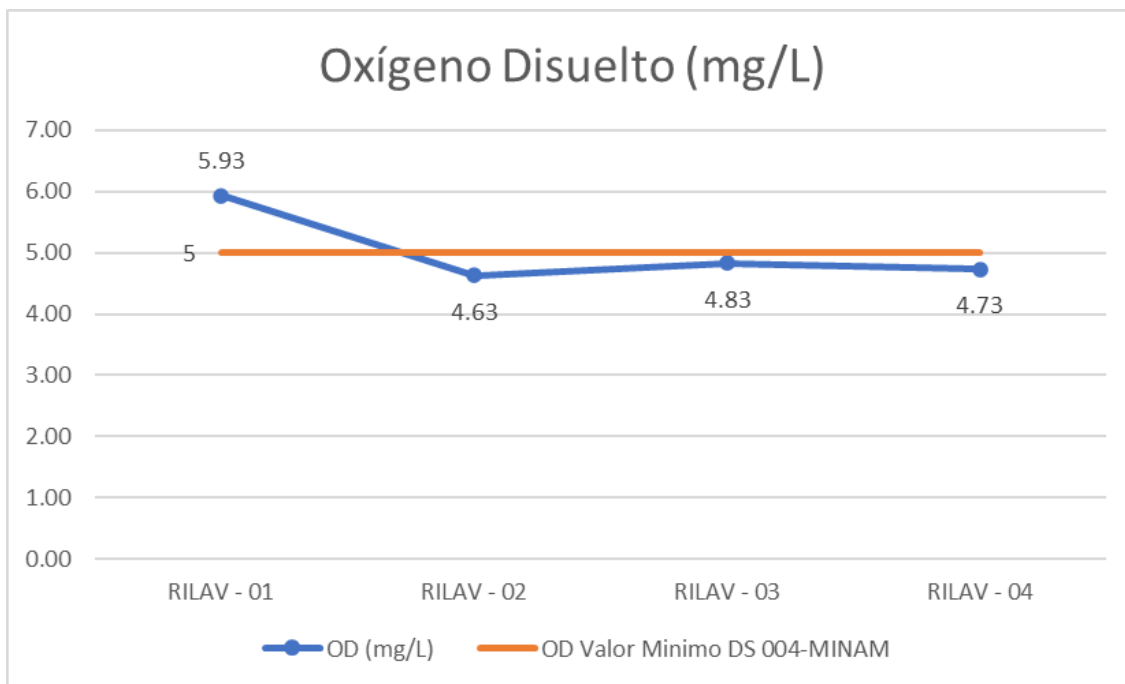
4.3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)



**Figura 35.** Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno con los ECA para el agua.

Los resultados obtenidos que se muestran en la figura 35 para la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los 4 puntos de monitoreo son de: 22.57 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), para el punto 2 fue de 65.17 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 33.73 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 30.2 mg/L (RILAV 04). Lo establecido por el Decreto Supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4, es de 10 mg/L para la DBO, por lo tanto los resultados obtenidos están fuera de lo establecido y por lo tanto lo que indica que el agua tiene poca capacidad de disolver la materia orgánica.

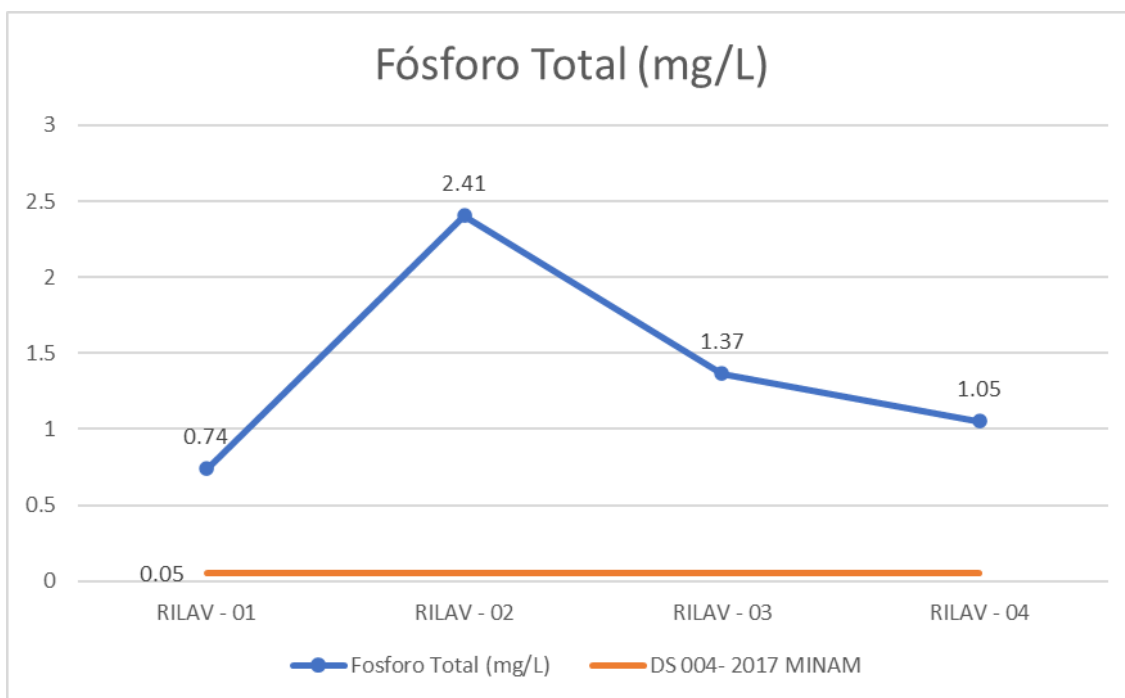
4.3.5 OXÍGENO DISUELTO (mg/L)



**Figura 36.** Comparación del oxígeno disuelto con los ECA para el agua.

Dentro de los resultados obtenidos que se muestran en la figura 36, los promedios por puntos de muestreo fueron los siguientes: 6.93 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 fue de 4.63 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 4.83 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 4.73 mg/L (RILAV 04). Los límites establecidos por el decreto supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - Categoría 4, establecen 5 mg/L como valor mínimo, es decir los que los puntos 2, 3 y 4, ubicado aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales doméstica, concluyendo que la influencia de las aguas servidas es negativa y se encuentran fuera de lo establecido en la normativa nacional.

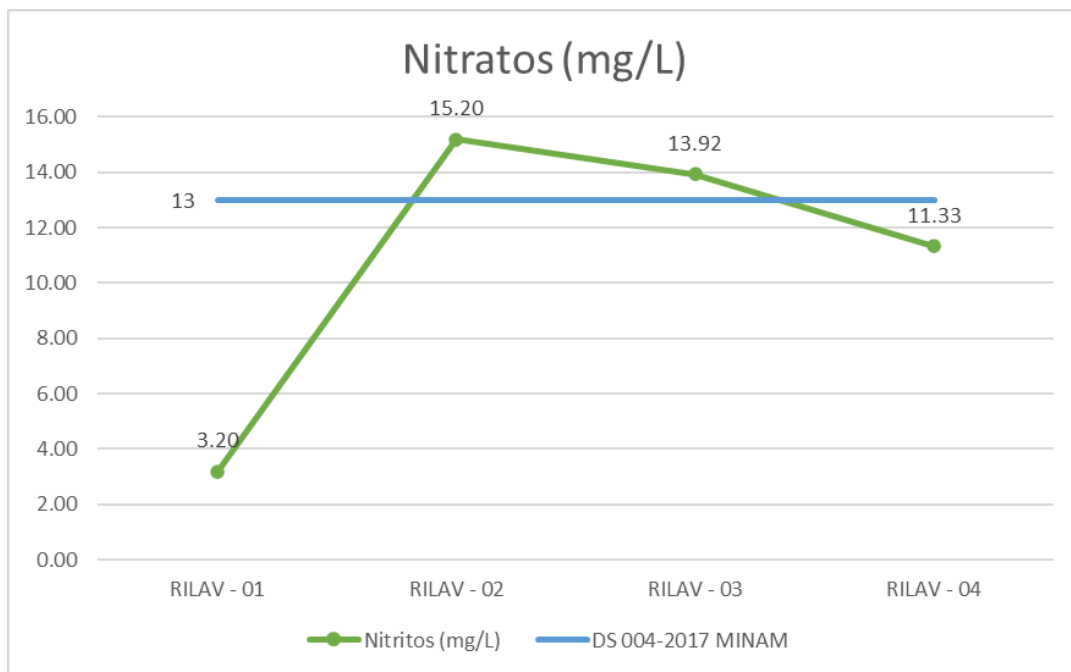
4.3.6 FÓSFORO TOTAL(mg/L)



**Figura 37.** Comparación del fósforo total con los ECA para el agua.

En la figura 37 muestra los resultados obtenidos en las muestras de agua, los promedios por puntos de muestreo fueron los siguientes: 0.74 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 fue de 2.41 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 1.37 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 1.05 mg/L (RILAV 04). Los límites establecidos por el Decreto Supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4, establecen 0.05 mg/L como valor mínimo, es decir que el punto 1 antes del vertimiento está fuera de lo establecido, pero se acerca y posee concentraciones más bajas con respecto a los puntos 2, 3 y 4, ubicado aguas abajo del punto de vertimiento de aguas residuales doméstica, concluyendo que la influencia de las aguas servidas es negativa y el mismo río posee concentraciones elevadas, lo que se puede explicar debido a que aguas arriba se realiza actividades de lavado de carros y ropas en los márgenes del río Ilave, por lo que aumenta las concentraciones de fósforo total y se encuentran fuera de lo establecido en la normativa nacional.

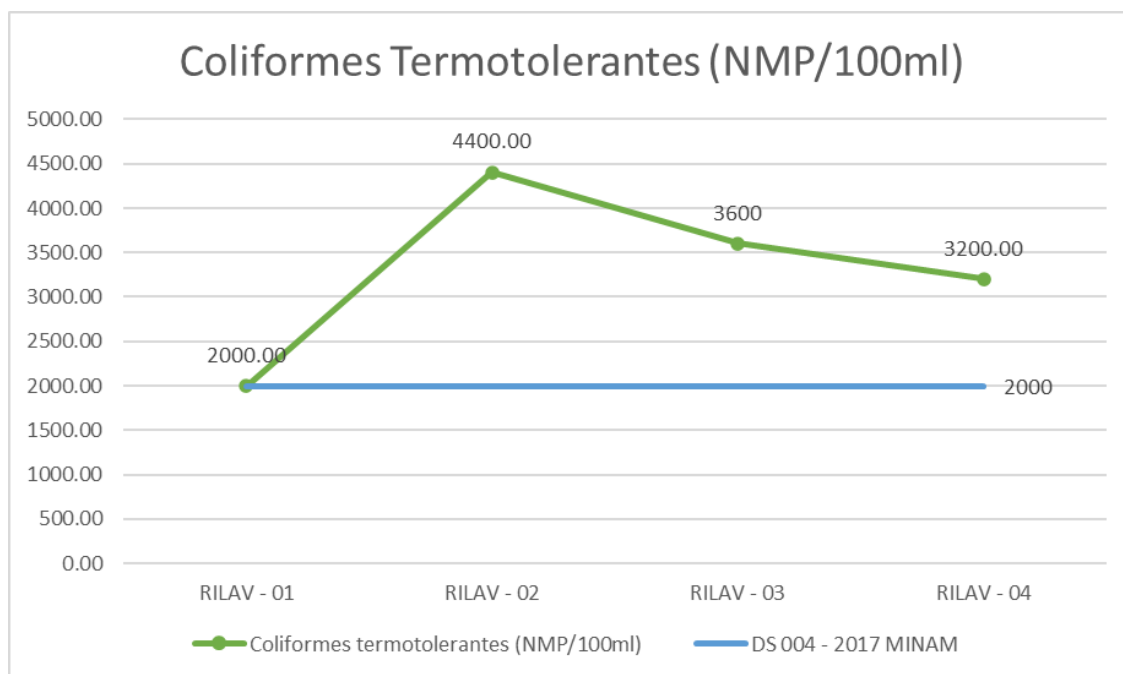
4.3.7 NITRATOS (mg/L)



**Figura 38.** Comparación de los nitratos con los ECA para el agua.

De acuerdo a los resultados que se muestran en la figura 38 son lo siguiente: 3.2 mg/L para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 se obtuvo un promedio de 15.2 mg/L (RILAV 02), el punto 3 con 13.92 mg/L (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 11.33 mg/L (RILAV 04). Los límites establecidos por el decreto supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4, son de 13 mg/L, se evidencia que en el punto 1 se encuentra por debajo de lo establecido, ya en el punto 2 y 3 las concentraciones se elevan y sobrepasan, pero se observa que en punto 4 por acciones de autodepuración y disolución disminuyen sus concentraciones, de acuerdo a lo planteado en los objetivos, se concluye que la influencia de las aguas residuales hacia el cuerpo de agua receptor, incide en la calidad de agua por lo tanto no se encuentra apta para el uso requerido.

4.3.8 COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)



**Figura 39.** Comparación de los coliformes termotolerantes con los ECA para el agua.

Dentro de los resultados que se obtuvieron por puntos de muestreo fueron de: 2000 NMP/100ml para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 se obtuvo un promedio de 4400 NMP/100ml (RILAV 02), el punto 3 con 3600 NMP/100ml (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 3200 NMP/100ml (RILAV 04), la normativa nacional decreto supremo 004-2017-MINAM estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4, indica que puede contener como máximo 2000 NMP/100ml, en el primer punto de muestreo muestra que está dentro de lo establecido, pero los resultados a partir del punto 2, 3 y 4 evidencian un aumento de las concentraciones por influencia directa de las aguas residuales domésticas, en tal sentido se concluye que la planta de estabilización no cuenta con un tratamiento adecuado y no cumple con la normativa vigente para la conservación del medio acuático.

#### 4.4 ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS

-Con respecto a **“Las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave son elevadas y se encuentran por encima a lo establecido en la normativa nacional, la calidad de agua se muestra afectada por la influencia de aguas residuales domésticas vertidas directamente al río llave”**.

Los resultado obtenido en el presente trabajo de investigación fueron: temperatura 14.96 °C, conductividad eléctrica 468.67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totales disueltos 949.17mg/L, potencial de hidrógeno 7.09 unidades de pH, demanda bioquímica de oxígeno 37.92 mg/L, demanda química de oxígeno 56.50mg/L, oxígeno disuelto 5.03mg/L, fósforo total 1.39mg/L y nitratos (10.91mg/L), sus altas concentraciones afectan la calidad de agua del río llave, la cual afirma la hipótesis alterna planteada. (revisar la redacción).

-Con respecto a **“Desde el punto de vertimiento de aguas residuales, existe alta concentración de microorganismos patógenos que alteran la calidad del agua del río llave, debido a que se vierten sin tratamiento alguno, ya que la planta de tratamiento superó su tiempo de vida útil”**.

El promedio de los valores obtenidos para los parámetros microbiológicos son: coliformes termotolerantes 3300 NMP/100ml, en el punto 1, antes del vertimiento de aguas residuales posee valores dentro de lo establecido por la normativa nacional, sin embargo en el punto 2 del vertimiento de aguas residuales, incrementan su concentración hasta el punto de verse afectada la calidad de agua ya que las aguas residuales llegan con un tratamiento inadecuado, lo cual evidencia que la hipótesis alterna es correcta.

-Con respecto a **“Las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas que posee el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.”**

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, luego de analizar sus concentraciones por punto de muestreo, se concluye que el agua residual



impacta de forma negativa y sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el agua Categoría 4 conservación del medio acuático DS 004 - 2017- MINAM, demostrando que la hipótesis alterna es correcta.

## CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Al evaluar la calidad de agua con el D.S 004-2017 MINAM estándares de calidad ambiental para el agua, se evidencian que el vertimiento de aguas residuales domésticas, por el método de estabilización, las cuales son procedentes de la red de alcantarillado de la ciudad de Ilave, influyen negativamente sobre la calidad de agua del río Ilave, lo que hace que el cuerpo de agua se vea afectada por la contaminación, causando problemas a las poblaciones aledañas y animales aguas abajo.

**SEGUNDO:** Los resultados de los muestreos realizados en las 3 épocas de avenida, transición y estiaje muestran que la temperatura posee 14.96°C (16.95°C el valor más alto y 13.4°C el más bajo), sólidos totales disueltos (949.17 mg/L), conductividad eléctrica de 468.67  $\mu\text{S/cm}$  (657  $\mu\text{S/cm}$  el valor más alto y el valor más bajo con 322  $\mu\text{S/cm}$ ), potencial de hidrógeno fue de 7.09 unidades de pH(7.608 el valor más alto y el valor más bajo con 6.53 unidades de pH), demanda bioquímica de oxígeno fue de 37.92 mg/L (100 mg/L el valor más alto y el valor más bajo con 8.5 mg/L), demanda química de oxígeno fue de 56.5 mg/L (150 mg/L el valor más alto y el valor más bajo 14 mg/L), oxígeno disuelto fue de 5.03 mg/L(6.8 mg/L el valor más alto y el valor más bajo con 3.6 mg/L), fósforo total fue de 1.39 mg/L (máximo de 4.57 mg/L y mínimo de 0.04 mg/L) y finalmente los nitratos fueron de 10.91 mg/L (máximo de 17 mg/L y mínimo de 2.6 mg/L).

**TERCERO:** Se determinó la presencia de microorganismos: coliformes termotolerantes (3300 NMP/100ml), siendo 2000 NMP/100ml para el punto 1 (RILAV 01), en el punto 2 con un promedio de 4400 NMP/100ml (RILAV 02), el punto 3 con 3600 NMP/100ml (RILAV 03) y finalmente para el punto 4 con 3200 NMP/100ml (RILAV 04).

**CUARTO:** Los parámetros que se encuentran dentro del rango establecido por el decreto supremo 004-2017-MINAM ECA - categoría 4, son: temperatura, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, sin embargo, la demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, fósforo total, nitratos y coliformes termotolerantes están fuera de lo establecido por la normativa nacional.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** A la Autoridad Nacional del Agua, Ministerio del Ambiente, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental y PEBLT, establecer un planes de monitoreo de la calidad de agua, así como realizar la evaluación de Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales con muestreos periódicos, a fin de determinar niveles de concentraciones de contaminantes y seguimiento.

**SEGUNDO:** Al Gobierno Regional - Puno, implementar un sistema de vigilancia y control de parámetros en diferentes estaciones, para posteriormente implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas eficiente y planificada de acuerdo al crecimiento urbano de la ciudad de Ilave así como planes de acción y prevención del recurso hídrico.

**TERCERO:** A la Municipalidad Provincial de El Collao Ilave priorizar la gestión de la construcción de un sistema de tratamiento, así como realizar el seguimiento de los parámetros, en caso de realiza un tratamiento, realizar un monitoreo y vigilancia de los Límites Máximos Permisibles en la salida del punto de vertimiento y Estándares de Calidad Ambiental a fin de garantizar la salud de la población y la protección del medio ambiente.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar, A. (2010). Calidad del agua: Un enfoque multidisciplinario. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Investigaciones Económicas Restauración Ecológica y Desarrollo (REDES).
- ANA. (2009). Evaluación de los recursos hídricos en la cuenca del río llave. 282.
- Barrenechea, M. (2004). De Vargas L Barrenechea Martel A 2004 Tratamiento de agua para consumo humano | Course Hero. <https://www.coursehero.com/file/p4at052/de-Vargas-L-Barrenechea-Martel-A-2004-Tratamiento-de-agua-para-consumo-humano/>
- Boltovskoy, D. (1995). Ecosistemas de aguas continentales y metodologías para su estudio: Afinidad entre comunidades bentónicas de un ambiente lótico. 1 ed. La plata, argentina,.
- Campaña, A., Gualoto, E., Laboratorio de Investigación, Análisis y Monitoreo de Quito IAMQ, Secretaría de Ambiente, Av. Río Coca E6 – 85 e Isla Genovesa, Quito, Ecuador., Chiluisa-Utreras, Laboratorios de Ciencias de la Vida CIVABI, Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. *Bionatura*, 2(2), 305-310. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.6>
- Castillo, K., & Quispe, R. (2019). Calidad físicoquímica y microbiológica del río Chonta impactadas por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito Baños del Inca—Cajamarca, 2018.
- Chapman, D. V., Organization, W. H., Unesco, & Programme, U. N. E. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. London: E & FN Spon. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/41850>
- Claros, J. A. (2012). Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno

- amoniacal [Universitat Politècnica de València].  
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/17653>
- Comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes. (2014). Estudio del estado de la calidad ambiental—Cuenca del Titicaca.
- Cornejo, C. (2019). Evaluación de la calidad del agua en la presa lagunillas – Santa Lucia, 2018. Universidad Privada San Carlos.  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4495>
- Costa, C. (2021). Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua de efluentes del río Chillón durante los meses enero a junio del 2019.
- FAO. (1997). Los fertilizantes, en cuanto contaminantes del agua.  
<http://www.fao.org/3/w2598s/w2598s00.htm>
- Fernández, A. (2012). El agua: Un recurso esencial. 25.
- Gil-Marín, J. A., Vizcaino, C., & Montañó-Mata, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111-119. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>
- Gómez, M., Vazquez, M., & Peña, P. (1996). (95) Determinación y diferenciación de *Escherichia coli* y coliformes totales. Aplicando un mismo sustrato cromogénico | Mariano Gómez and María José Vázquez garcía—Academia.edu.  
[https://www.academia.edu/11502934/Determinaci%C3%B3n\\_y\\_diferenciaci%C3%B3n\\_de\\_Escherichia\\_coli\\_y\\_coliformes\\_totales\\_Aplicando\\_un\\_mismo\\_sustrato\\_cromog%C3%A9nico](https://www.academia.edu/11502934/Determinaci%C3%B3n_y_diferenciaci%C3%B3n_de_Escherichia_coli_y_coliformes_totales_Aplicando_un_mismo_sustrato_cromog%C3%A9nico)
- Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería ambiental*. Pearson Educación.
- Him, J., Arena, E., & Bósquez. (2019). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Santa María en las inmediaciones del reservorio de agua del acueducto de Santiago, Veraguas. 16.

- IANAS. (2019, marzo 28). Calidad del Agua en las Américas – Riesgos y Oportunidades. Academia Nacional de Ciencias. <https://www.anc-argentina.org.ar/es/2019/03/28/publicacion-calidad-del-agua-en-la-s-americas-riesgos-y-oportunidades/>
- INEI. (2021). Anuario de estadísticas ambientales—2021.
- Jaramillo, A. (2014). Bioingeniería de aguas residuales. Teoría y diseño. Lemoine Editores. <https://www.librosyeditores.com/ingenieria/4764-bioingenieria-de-aguas-residuales-teoria-y-diseno-978958965482.html>
- León, B. E. M. (2021). Plan regional de acción ambiental 2014 al 2021. 100.
- Martínez, O. (2006). Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico. 146.
- Menendez, W. (2018). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y calidad bacteriológica del río Coata—Región Puno 2015. UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI, 1(1), 112.
- Mihelcic, J., Zimmerman, J., Auer, M., Hand, D., & Mayer, A. (2012). Ingeniería ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad y diseño. <https://docplayer.es/94445281-Ingenieria-ambiental.html>
- Minagri. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.
- Minam. (2017). Estándares de Calidad Ambiental ( ECA ) para Agua y Disposiciones Complementarias.
- Ocola, J., & Laqui, W. (2017). Fuentes contaminantes en la cuenca del lago Titicaca Un aporte al conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Autoridad Nacional del Agua.
- OMS. (2006). OMS | Hojas informativas sobre enfermedades relacionadas con el agua. WHO; World Health Organization. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diseasefact/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/)

- OMS. (2021, octubre 26). Agua. Agua.  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Orozco, C., Perez, A., Alfayate, J., Rodríguez, F., González, Nieves. (2003). Contaminación ambiental. Una visión desde la química.  
<https://www.paraninfo.es//catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica>
- Pari, J. (2017). Determinación de la calidad de agua del río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno—2016. Universidad Privada San Carlos.  
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4379>
- Pérez, J. (2017). Determinación del índice de calidad de agua del río moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales OMO, Durante el periodo 2014 2015. 1, 109.
- Ramirez, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. 19.
- Remenieras, G. (2000). Tratado de hidrología aplicada (Barcelona. Editores Técnicos Asociados, S.A. (Eta).).
- Rojas, O. mirely. (2018). Evaluación de parámetros físico-químico y microbiológico del río Ragra afluente del río San Juan, para determinar la categoría de sus aguas -Simón-Bolívar-Pasco-2018.  
<https://1library.co/document/yr2p9gjz-evaluacion-parametros-quimico-microbiologico-afluente-determinar-categoria-bolivar.html>.  
<https://1library.co/document/yr2p9gjz-evaluacion-parametros-quimico-microbiologico-afluente-determinar-categoria-bolivar.html>
- Rovira, D., Castillo, R., & Espinoza, V. (2015). Parámetros físico-químicos y microbiológicos como indicadores de la calidad de las aguas de la subcuenca baja del río David, Provincia de Chiriquí Panamá | ISBN 978-9962-5567-0-1—Libro.  
<https://isbn.cloud/9789962556701/parametros-fisico-quimicos-y-microbiologicos-c>



omo-indicadores-de-la-calidad-de-las-aguas-de-la-s/

- Schütz, G., Hacon, S., Silva, H., Moreno Sánchez, A. R., & Nagatani, K. (2008). Principales marcos conceptuales aplicados para la evaluación de la salud ambiental mediante indicadores en América Latina y el Caribe. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 24, 276-285. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892008001000008>
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (1a ed). Ediciones de la U.
- Siguairo, W. S. (2017). *Calidad de las aguas del río Choquechaca, lago Wiñaymarca y la captación de Emapa—Yunguyo para la salud ambiental*. 168.
- Turpo, A. (2018). *Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento Aziruni, Puno 2017*. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4469>
- Weiner, E. R. (2000). *Applications of Environmental Chemistry: A Practical Guide for Environmental Professionals*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420032963>
- Yungán, J. (2010). *Estudio de la Calidad del agua en los Afluentes de la Microcuenca del Río Blanco para Determinar las Causas de la Degradación y Alternativas de Manejo*. 145.

**ANEXOS**

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICAS
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es la calidad del agua del río llave por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022?</p>	<p>Determinar la calidad del agua del río llave por la influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022</p>	<p>La calidad de agua del río llave se deteriora considerablemente después de la planta de tratamiento, debido al vertimiento de aguas residuales que son vertidas sin tratamiento, lo cual implica que tenga un alto grado de contaminación afectando la calidad fisicoquímica y microbiológica.</p>	<p><b>INDEPENDIENTES</b></p> <p>Temperatura (°C)</p> <p>Sólidos Totales</p> <p>Disueltos (mg/L)</p> <p>Conductividad (µS/cm)</p> <p>OD(mg/L)</p> <p>pH (Unidad de pH)</p> <p>DBO (mg/L)</p> <p>DQO(mg/L)</p> <p>Fósforo total(mg/L)</p> <p>Nitratos(mg/L)</p> <p>Coliformes totales y termotolerantes(N MP/100ml)</p>	<p>-Parámetros Fisicoquímicos</p> <p>-Parámetros Microbiológicos</p>	<p>Manual de presentación del proyecto de investigación e informe final</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental</p>	<p>-Análisis de datos e interpretación de datos.</p> <p>-Reducir los datos.</p>
<p><b>ESPECÍFICO</b></p> <p>¿Cuáles son los valores fisicoquímicos que posee el río llave después del vertimiento de aguas residuales domésticas, distrito de llave, Puno 2021 - 2022?</p>	<p>Determinar concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave, Puno 2021 - 2022.</p>	<p>Las concentraciones fisicoquímicas del río llave por el vertimiento de aguas residuales del distrito de llave son elevadas y se encuentran por encima a lo establecido en la normativa nacional, la calidad de agua se muestra afectada por la influencia de aguas residuales domésticas vertidas directamente al río llave.</p>	<p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p>Calidad de agua del río llave</p>	<p>Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua D.S. N° 004-2017-MINAM</p>	<p>Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R. J. N° 010-2016-ANA)</p>	<p>-Categorización y comparación.</p>
<p><b>ECOLÓGICO</b></p> <p>¿Cuáles son las concentraciones de contaminación microbiológica que el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas?</p>	<p>Determinar los niveles de concentración de microorganismos biológicos en el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas.</p>	<p>Desde el punto de vertimiento de aguas residuales, existe alta concentración de microorganismos patógenos que alteran la calidad del agua del río llave, debido a que se vierten sin tratamiento alguno, ya que la planta de tratamiento superó su tiempo de vida útil.</p>				
<p><b>SOCIOECONÓMICO</b></p> <p>¿Cuál es el nivel de contaminación fisicoquímica y microbiológica que posee el río llave por el vertimiento de aguas residuales en relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM?</p>	<p>Analizar concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas con relación a los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>Las concentraciones fisicoquímicas y microbiológicas que posee el río llave a causa del vertimiento de aguas residuales domésticas sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.</p>				



**ANEXO 02. INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE AVENIDA**



**microlab**

LABORATORIO MICROBIOLÓGICO  
Telf.: 229773 - RPC: 969 772139

LABORATORIO CATEGORIZADO POR EL MINSA RESOLUCION Nº 0555-2015-DRSC

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS**

Datos Generales	
Proyecto:	"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO ILAVE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ILAVE, PUNO -2022"
Solicita:	William GERÓNIMO MAMANI
Número de muestra:	04
Distrito:	Ilave
Provincia:	El Collao
Departamento:	Puno
Fuente:	RÍO ILAVE AR
Fecha de obtención de la muestra:	30 de enero del 2022
Hora de obtención de la muestra:	03: 20 pm – 04: 50 pm

EXAMEN BACTERIOLÓGICO	UNIDADES	Muestra	Resultados
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 01	1900 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 02	4000 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 03	3000 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 04	2400 NMP/100ml

**TABLA DE VALORES NORMALES** (ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA-D.S. Nº 004-2017-MINAM)

PARAMETROS en NMP/100 mL	A1	A2	A3
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Hasta 20	Hasta 2000	Hasta 20 000

- A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (claración).
- A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
- A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo.

**NOTA:**

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.
- La toma de muestra no fue realizada por el laboratorio Microlab.

06/02/2022

*[Signature]*  
Bla. Elizabeth Samaniego Gibaja  
MAGISTER EN BIOTECNOLOGÍA

*[Signature]*  
Blga. Rocio M. Escalante Chuzmas  
MAGISTER EN BIOTECNOLOGÍA

Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)  
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.  
(Horario Corrido)

*"Calidad y Rapidez a su Servicio"*

**ANEXO 03. INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE TRANSICIÓN**



**microlab**  
**LABORATORIO MICROBIOLÓGICO**  
 Telf.: 229773 - RPC. 969 772139  
 LABORATORIO CATEGORIZADO POR EL MINSA RESOLUCION N° 0555-2015-DRSC

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUAS**

Datos Generales	
Proyecto:	"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RÍO ILAVE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ILAVE, PUNO -2022"
Solicita:	William GERÓNIMO MAMANI
Número de muestra:	04
Distrito:	Ilave
Provincia:	El Collao
Departamento:	Puno
Fuente:	RÍO
Fecha de obtención de la muestra:	28 de febrero del 2022
Hora de obtención de la muestra:	04: 53 pm – 06: 12 PM

EXAMEN BACTERIOLÓGICO	UNIDADES	Muestra	Resultados
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 01	2100 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 02	4800 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 03	4200 NMP/100ml
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	RILAV - 04	4000 NMP/100ml

**TABLA DE VALORES NORMALES** (ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA-D.S. N° 004-2017-MINAM)

PARAMETROS en NMP/100 mL	A1	A2	A3
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Hasta 20	Hasta 2000	Hasta 20 000

A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (claración).  
 A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.  
 A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo.

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.
- La toma de muestra no fue realizada por el laboratorio Microlab.

04/03/2022

**microlab**  
  
 Bta. Elizabeth Summeiz Gibaja  
 MAGISTER EN BIOTECNOLOGÍA

**microlab**  
  
 Bta. Rocío M. Escalante Guzmán  
 MAGISTER EN BIOTECNOLOGÍA

Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)  
 Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.  
 (Horario Corrido)

*"Calidad y Rapidez a su Servicio"*

**ANEXO 04. INFORME BACTERIOLÓGICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE ESTIAJE**



**LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO**

**INFORME DE ENSAYO**

**UPSC 02-2022**

**HOJA DE DATOS**

Solicitante: WILLIAM GERONIMO MAMANI

Dirección legal:

Atención: : WILLIAM GERONIMO MAMANI

Proyecto: Tesis "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL RIO ILAVE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE ILAVE, PUNO-2022"

Numero de muestra: 04

Toma de muestras realizado por: Tesista

Cantidad y descripción de la Muestra: 04 Frasco de vidrio de 250ml.

Registro de Muestreo: 02-2022

Fecha de recepción: 08/04/2022

Fecha de ensayo: 08/04/2022

Fecha de Emisión: 16/04/2022

Nombre de la muestra	Tipo de la muestra	Lugar de muestreo	Coordenadas UTM Este/Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
RILAV - 01	Agua de Rio Ilave (aguas arriba )	ILAVE/PUNO / PUNO/PUNO	432726 8222466 COTA	08/04/2022	10:43 a.m.
RILAV - 02	Agua Residual	Salida de LAGUNA FACULTATIVA BIRF/ILAVE/PUNO/ PUNO/PUNO	433224 8222597 COTA	08/04/2022	09:27 a.m.
RILAV - 03	Agua de Rio Ilave (Aguas Abajo)	ILAVE/PUNO / PUNO/PUNO	433264 8222546 COTA	08/04/2022	09:44 a.m.
RILAV - 04	Agua de Rio Ilave (Aguas Abajo)	/ILAVE/PUNO/ PUNO/PUNO	433342 8222418 COTA	08/04/2022	10:05 a.m.

*Beatriz Humoza Vilca*  
 ING. QUÍMICO  
 CIP: 144041

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ  
 TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com

**ANEXO 05. INFORME FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE AVENIDA**



**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : William Geronimo Mamani.  
 PROCEDENCIA : Ilave  
 ANALISIS SOLICITADO : ANALISIS FISICO QUIMICO.  
 PRODUCTO : Agua.  
 FECHA DE MUESTREO : 30 de Enero del 2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 30 de Enero del 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 30 al 31 de Enero del 2022  
 FECHA DE EMISION : 31 de Enero del 2022

**RESULTADOS**

De acuerdo al informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son

**DETERMINACIONES DE CALIDAD FISICO QUIMICO, METALES PESADOS Y ORGANOLEPTICO:**

ENSAYO	UNIDADES	RILAV 1	RILAV 4	RILAV 3	RILAV 2
Temperatura agua	°C	13.77	14.93	13.51	13.4
Temperatura ambiente	°C	17.00	17.00	17.00	17.00
Oxigeno Disuelto	mg/L	6.8	5.1	4.6	3.9
DBO5	mg/L	9.2	19	23	49.2
DQO	mg/L	14	24	54	67
Nitratos	mg/L	2.6	11.6	12.9	13.6
Fosforo Total	mg/L	0.04	0.21	0.58	1.12
pH		6.93	6.9	6.72	6.76
CE	uS/cm 20 °C	570.00	605.00	615.00	630.00

**CONCLUSIÓN:**

Ninguna



ING. JORGE CANIHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno  
 T: (051) 363 812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe

**ANEXO 06. INFORME FISICOQUIMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE TRANSICIÓN**



**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : William Geronimo Mamani.  
 PROCEDENCIA : Rio Ilave  
 ANALISIS SOLICITADO : ANALISIS FISICO QUIMICO.  
 PRODUCTO : Agua.  
 FECHA DE MUESTREO : 28 de Febrero del 2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 28 de Febrero del 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 01 al 03 de Marzo del 2022  
 FECHA DE EMISION : 03 de Marzo del 2022

**RESULTADOS**

De acuerdo al informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son

**DETERMINACIONES DE CALIDAD FISICO QUIMICO, METALES PESADOS Y ORGANOLEPTICO:**

ENSAYO	UNIDADES	RILAV 1	RILAV 4	RILAV 3	RILAV 2
Temperatura agua	°C	14	14.5	14.4	14.5
Temperatura ambiente	°C	14	14.5	17.00	17.00
Oxigeno Disuelto	mg/L	6	5.5	6.2	6.2
DBO5	mg/L	8.5	21.6	29.2	46.3
DQO	mg/L	15	25	31	65
Nitratos	mg/L	3.8	13.1	14.5	17
Fosforo Total	mg/L	0.55	0.93	1.27	1.53
pH		6.93	6.83	6.53	7.1
CE	uS/cm 20 °C	370.00	390.00	400.00	410.00

**CONCLUSIÓN:**  
Ninguna



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE GANIHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno  
 T: (051) 363 812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe



**ANEXO 07. INFORME FISICOQUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA ÉPOCA DE ESTIAJE**



**PERÚ** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



**CERTIFICADO DE ANALISIS**

SOLICITANTE : William Geronimo Mamani.  
 PROCEDENCIA : Ilave  
 ANALISIS SOLICITADO : ANALISIS FISICO QUIMICO.  
 PRODUCTO : Agua.  
 FECHA DE MUESTREO : 08 de Abril 2022  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 08 de Abril 2022  
 FECHA DE ENSAYO : 10 al 13 de Abril- 2022  
 FECHA DE EMISION : 16 de Abril del 2022

**RESULTADOS**

De acuerdo al informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son

**DETERMINACIONES DE CALIDAD FISICO QUIMICO, METALES PESADOS Y ORGANOLEPTICO:**

ENSAYO	UNIDADES	RILAV 1	RILAV 4	RILAV 3	RILAV 2
Temperatura agua	°C	16.95	16.00	16.76	16.80
Temperatura ambiente	°C	17.00	17.00	17.00	17.00
Oxígeno Disuelto	mg/L	5	3.60	3.70	3.80
DBO5	mg/L	50	50	49	100
DQO	mg/L	70	88	75	150
Nitratos	mg/L	3.2	9.3	14.37	15
Fosforo Total	mg/L	1.63	2.02	2.25	4.57
pH		7.606	7.608	7.620	7.600
CE	uS/cm 20 °C	657.00	322.00	328.00	327.00

**CONCLUSIÓN:**

Ninguna



**I N I A**  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 S I A L I C E D O

Los resultados son aplicables a esta muestra.

La Rinconada Salcedo S/N\*-Puno  
 T: (051) 363 812  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe

ANEXO 08. REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 01

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua: RIO ILAVE

Clasificación del cuerpo de agua: RIO  
(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero: ←  
(Código Pto. "stúite")

**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**

Código del punto de monitoreo: RILAV - 01  
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción: Antes del vertimiento de aguas Residuales  
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad: Acceso al costado del Colegio Perla Búrf  
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad: Porox 900 metros.  
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo: Determinación de la influencia de Aguas Residuales  
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ....)

Reconocimiento del Entorno: Describibilidad Accidentado, poro tramitado  
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

**UBICACIÓN**

Distrito: ILAVE Provincia: EL COLLADO Departamento: PUNO

Localidad: ILAVE

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud: 8222466 Zona: 19 (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud: 432726 Altitud: 3825 (metros sobre el nivel del mar)

Crucis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)

Fotografía: (tomada a un mínimo de 20 ms. de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por William Jerónimo m. Fecha 30-12-21

William  
73643732

ANEXO 09. REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 02

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:   
(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:   
(Código Pfafstatter)

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo:   
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:   
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:   
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas pueden encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:   
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:   
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno:   
(Indicar referencias topográficas que permiten el fácil reconocimiento del punto en campo.)

UBICACIÓN

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud:  Zona:  (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud:  Altitud:  (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)

Fotografía: (tomada a un mínimo de 20 mts. de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por Williams Gerónimo Fecha 30-12-21

*Williams*  
73643732

ANEXO 10. REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTO DE MONITOREO 03

Registro de Identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:   
(Categorizado de acuerdo a la R.J. N°202-2010-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:   
(Código Pta. SUTer)

**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**

Código del punto de monitoreo:   
(Según lo indicado en ítem 6.5.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales)

Descripción:   
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:   
(Describir detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:   
(Describir el tramo de río o quebrada o la bahía o zona de laguna a mar, que el punto de monitoreo representa)

Finalidad del monitoreo:   
(Describir la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ....)

Reconocimiento del Entorno:   
(Indicar referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo.)

**UBICACIÓN**

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84): Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud:  Zona:  (17, 18 o 19; para UTM solamente)

Este/Longitud:  Altitud:  (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de Ubicación del Punto de Monitoreo (referencia)

Fotografía: (tomada a un mínimo de 20 mts. de distancia del punto de monitoreo)

Elaborado por William Jerónimo m. Fecha 30-12-21

*William Jerónimo m.*  
73643732





**ANEXO 13. CADENA DE CUSTODIA MUESTRAS DE AGUA MICROBIOLÓGICA**

**B.1 Cadena de custodia**

N.º de encuesta 01			Muestreadores: nombres y firma William Gerónimo		
Puntos de muestreo	Fecha	Hora	Tipo de muestra	N.º de envase	Análisis requerido
Rilav - 01	08/04/22	10:43	Agua de Río Ilave	01	Microbiológico
Rilav - 02	08/04/22	09:27	Agua - Salida de laguna	02	Microbiológico
Rilav - 03	08/04/22	09:44	Aguas abajo de río	03	Microbiológico
Rilav - 04	08/04/22	10:05	Aguas abajo de laguna	04	Microbiológico
Punto de cadena de custodia	Entregado por: Nombres y firma	Recibido por: Nombres y firma	Fecha y hora		
Río Ilave -	William Gerónimo	Beatriz Humera V.	08/04/22 - 11:00 am.		
Entregado al laboratorio por: Nombres y firma	Fecha y hora	Recibido en laboratorio por: Nombres y firma	Fecha y hora		

Nota: este formato es una propuesta para ser usada en el caso de que se requiera enviar la muestra a un laboratorio para su análisis.

**ANEXO 14. RESULTADOS DE PARÁMETROS EN CAMPO**

**B.2 Formulario para toma de muestras de agua y evaluación**

1 Ubicación Rio Ilave. Código \_\_\_\_\_  
 Localidad Ilave. Distrito Puno  
 Provincia Puno Departamento Puno

**2. Muestras**

N.º	Tipo <sup>a</sup>	Hora de muestra	Número de muestra <sup>b</sup>			
			pH	STD	Temperatura	CE
1	10:43		7.9	100	15	210
2	09:27		7.9	110	15	230
3	10:05		8.0	110	15	220
4	10:05		7.9	100	15	210
5						
6						
7						

a Captación, reservorio, cámara reductora de presión, etcétera.

b Análisis de pH, STD, Temperatura.

Fecha: 08/04/2022

Muestreador: William Gerónimo Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: Rojas, R. (2002). *Elementos de vigilancia y control. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, CEPIS/OPS.



## ANEXO 15. PANEL FOTOGRÁFICO

## Época de avenida



**Figura 40.** Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo(Punto 1).



**Figura 41.** Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo(Punto 2).



**Figura 42.** Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo (Punto 3).



**Figura 43.** Ubicación de coordenadas UTM de primer muestreo (Punto 4).



**Figura 44.** Toma de muestras del primer muestreo (Punto 1).



**Figura 45.** Toma de muestras del primer muestreo (Punto 2).



**Figura 46.** Toma de muestras del primer muestreo (Punto 3).



**Figura 47.** Toma de muestras del primer muestreo (Punto 4).



**Figura 48.** Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 1).



**Figura 49.** Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 2).



**Figura 50.** Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 3).



**Figura 51.** Medición de parámetros In Situ del primer muestreo (Punto 4).

## EPOCA DE TRANSICION



**Figura 52.** Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 1)



**Figura 53.** Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 2)



**Figura 54.** Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 3)



**Figura 55.** Ubicación de coordenadas UTM de segundo muestreo(Punto 4)





**Figura 56.** Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 1).



**Figura 57.** Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 2).



**Figura 58.** Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 3).



**Figura 59.** Toma de muestras del segundo muestreo (Punto 4).



**Figura 60.** Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 1).



**Figura 61.** Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 2).



**Figura 62.** Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 3).



**Figura 63.** Medición de parámetros In Situ del segundo muestreo (Punto 4).

## ÉPOCA DE ESTIAJE



**Figura 64.** Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 1).



**Figura 65.** Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 2).



**Figura 66.** Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 3).



**Figura 67.** Ubicación de coordenadas UTM del tercer muestreo (Punto 4).



**Figura 68.** Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 1).



**Figura 69.** Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 2).



**Figura 70.** Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 3).



**Figura 71.** Toma de muestras del tercer muestreo (Punto 4).





Figura 72. Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 1).



Figura 73. Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 2).



Figura 74. Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 3).



Figura 75. Medición de parámetros In Situ del tercer muestreo (Punto 4).



Figura 76. Llenado de formatos de campo.



Figura 77. Georreferenciación con GPS Garmin.



**Figura 78.** Muestras de parámetros microbiológicos.



**Figura 79.** Rotulado y etiquetado en campo.



**Figura 80.** Toma de muestras de parámetros microbiológicos.



**Figura 81.** Almacenamiento y transporte con hielo.



**Figura 82.** Identificación de punto de vertimiento de aguas residuales domésticas.



**Figura 83.** Multiparametro marca Milwaukee.



**Figura 84.** Laboratorio de análisis de muestras.



**Figura 85.** Almacenamiento y conservación de muestras en laboratorio.

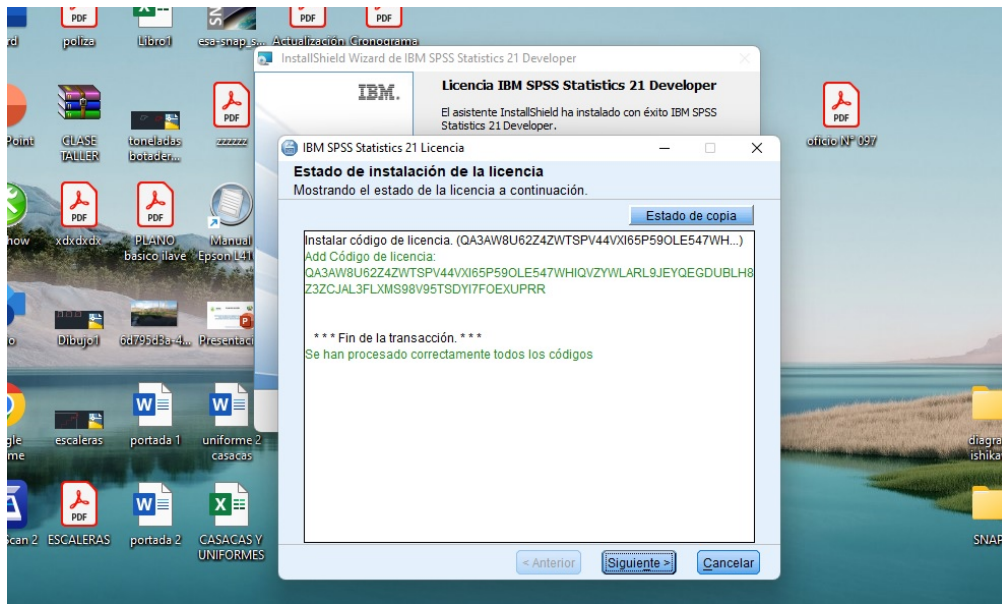


Figura 86. Licencia de uso de software SPSS, para procesamiento de datos estadísticos.

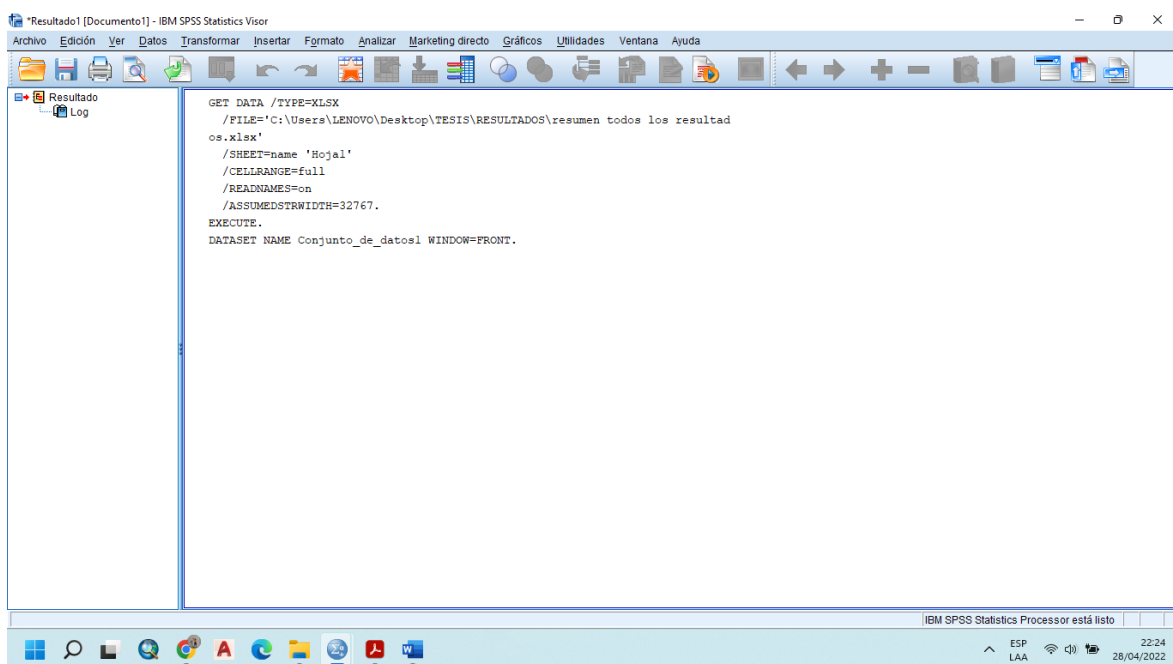


Figura 87. datos importados en SPSS.



ANEXO 16. RESULTADOS SPSS

```

GET DATA /TYPE=XLSX
  /FILE='C:\Users\LENOVO\Desktop\TESIS\RESULTADOS\resumen todos los resultados.xlsx'
  /SHEET=name 'Hojal'
  /CELLRANGE=full
  /READNAMES=on
  /ASSUMEDSTRWIDTH=32767.
EXECUTE.
DATASET NAME Conjunto_de_datos1 WINDOW=FRONT.
FRECUENCIAS VARIABLES=Temperatura ConductividadElectrica SolidosTotalesdisueltos pH DBO DQO
  /STATISTICS=STDDEV VARIANCE MINIMUM MAXIMUM MEAN
  /ORDER=ANALYSIS.
    
```

Frecuencias

Notas

Resultados creados		28-APR-2022 22:30:46
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	12
Manipulación de los valores perdidos	Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en todos los casos con datos válidos.
Sintaxis		FRECUENCIAS VARIABLES=Temperatura ConductividadElectrica SolidosTotalesdisueltos pH DBO DQO OD FosforoTotal Nitritos Coliformestermotolerantes <input type="checkbox"/> /STATISTICS=STDDEV VARIANCE MINIMUM MAXIMUM MEAN...
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.00
	Tiempo transcurrido	00:00:00.01

[Conjunto\_de\_datos1]

Estadísticos

		Temperatura	Conductividad Electrica	SolidosTotale sdisueltos	pH	DBO
N	Válidos	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	14,9600	468,667	94,917	7,09450	37,917
	Desv. tip.	1,32386	133,8977	8,6493	,403365	25,3688
	Varianza	1,753	17928,606	74,811	,163	643,576
	Mínimo	13,40	322,0	83,0	6,530	8,5
	Máximo	16,95	657,0	110,0	7,620	100,0

Estadísticos

		DQO	OD	FosforoTotal	Nitritos	Coliformester motolerantes
N	Válidos	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	56,500	5,033	1,3917	10,9142	3000,000
	Desv. tip.	38,9347	1,1211	1,21362	5,01623	977,0084
	Varianza	1515,909	1,257	1,473	25,163	954545,455
	Mínimo	14,0	3,6	,04	2,60	1900,0
	Máximo	150,0	6,8	4,57	17,00	4800,0

Tabla de frecuencia

Temperatura

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	13,40	1	8,3	8,3	8,3
	13,51	1	8,3	8,3	16,7
	13,77	1	8,3	8,3	25,0
	14,00	1	8,3	8,3	33,3
	14,40	1	8,3	8,3	41,7
	14,50	2	16,7	16,7	58,3
	14,93	1	8,3	8,3	66,7
	16,00	1	8,3	8,3	75,0
	16,76	1	8,3	8,3	83,3
	16,80	1	8,3	8,3	91,7
	16,95	1	8,3	8,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

**ConductividadElectrica**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 322,0	1	8,3	8,3	8,3
327,0	1	8,3	8,3	16,7
328,0	1	8,3	8,3	25,0
370,0	1	8,3	8,3	33,3
390,0	1	8,3	8,3	41,7
400,0	1	8,3	8,3	50,0
410,0	1	8,3	8,3	58,3
570,0	1	8,3	8,3	66,7
605,0	1	8,3	8,3	75,0
615,0	1	8,3	8,3	83,3
630,0	1	8,3	8,3	91,7
657,0	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**SolidosTotalesdisueltos**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 83,0	1	8,3	8,3	8,3
85,0	1	8,3	8,3	16,7
89,0	1	8,3	8,3	25,0
91,0	2	16,7	16,7	41,7
92,0	1	8,3	8,3	50,0
94,0	2	16,7	16,7	66,7
100,0	2	16,7	16,7	83,3
110,0	2	16,7	16,7	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**pH**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 6,530	1	8,3	8,3	8,3
6,720	1	8,3	8,3	16,7
6,760	1	8,3	8,3	25,0
6,830	1	8,3	8,3	33,3
6,900	1	8,3	8,3	41,7
6,930	2	16,7	16,7	58,3
7,100	1	8,3	8,3	66,7
7,600	1	8,3	8,3	75,0
7,606	1	8,3	8,3	83,3
7,608	1	8,3	8,3	91,7
7,620	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**DBO**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	8,5	1	8,3	8,3	8,3
	9,2	1	8,3	8,3	16,7
	19,0	1	8,3	8,3	25,0
	21,6	1	8,3	8,3	33,3
	23,0	1	8,3	8,3	41,7
	29,2	1	8,3	8,3	50,0
	46,3	1	8,3	8,3	58,3
	49,0	1	8,3	8,3	66,7
	49,2	1	8,3	8,3	75,0
	50,0	2	16,7	16,7	91,7
	100,0	1	8,3	8,3	100,0
Total		12	100,0	100,0	

**DQO**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	14,0	1	8,3	8,3	8,3
	15,0	1	8,3	8,3	16,7
	24,0	1	8,3	8,3	25,0
	25,0	1	8,3	8,3	33,3
	31,0	1	8,3	8,3	41,7
	54,0	1	8,3	8,3	50,0
	65,0	1	8,3	8,3	58,3
	67,0	1	8,3	8,3	66,7
	70,0	1	8,3	8,3	75,0
	75,0	1	8,3	8,3	83,3
	88,0	1	8,3	8,3	91,7
	150,0	1	8,3	8,3	100,0
Total		12	100,0	100,0	

OD

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 3,6	1	8,3	8,3	8,3
3,7	1	8,3	8,3	16,7
3,8	1	8,3	8,3	25,0
3,9	1	8,3	8,3	33,3
4,6	1	8,3	8,3	41,7
5,0	1	8,3	8,3	50,0
5,1	1	8,3	8,3	58,3
5,5	1	8,3	8,3	66,7
6,0	1	8,3	8,3	75,0
6,2	2	16,7	16,7	91,7
6,8	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

FosforoTotal

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos ,04	1	8,3	8,3	8,3
,21	1	8,3	8,3	16,7
,55	1	8,3	8,3	25,0
,58	1	8,3	8,3	33,3
,93	1	8,3	8,3	41,7
1,12	1	8,3	8,3	50,0
1,27	1	8,3	8,3	58,3
1,53	1	8,3	8,3	66,7
1,63	1	8,3	8,3	75,0
2,02	1	8,3	8,3	83,3
2,25	1	8,3	8,3	91,7
4,57	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

Nitritos

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 2,60	1	8,3	8,3	8,3
3,20	1	8,3	8,3	16,7
3,80	1	8,3	8,3	25,0
9,30	1	8,3	8,3	33,3
11,60	1	8,3	8,3	41,7
12,90	1	8,3	8,3	50,0
13,10	1	8,3	8,3	58,3
13,60	1	8,3	8,3	66,7
14,37	1	8,3	8,3	75,0
14,50	1	8,3	8,3	83,3
15,00	1	8,3	8,3	91,7
17,00	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

Coliformestermotolerantes

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 1900,0	1	8,3	8,3	8,3
2100,0	1	8,3	8,3	16,7
2400,0	5	41,7	41,7	58,3
3000,0	1	8,3	8,3	66,7
4000,0	2	16,7	16,7	83,3
4200,0	1	8,3	8,3	91,7
4800,0	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

```
FRECUENCIAS VARIABLES=Temperatura ConductividadElectrica SolidosTotalesdisueltos pH DBO DQO
/STATISTICS=STDDEV VARIANCE MINIMUM MAXIMUM MEAN
/HISTOGRAM NORMAL
/ORDER=ANALYSIS.
```

Frecuencias

Notas

Resultados creados		28-APR-2022 22:37:39
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	12
Manipulación de los valores perdidos	Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en todos los casos con datos válidos.
Sintaxis		FRECUENCIAS VARIABLES=Temperatura ConductividadElectrica SolidosTotalesdisueltos pH DBO DQO OD FosforoTotal Nitritos Coliformestermotolerantes <input type="checkbox"/> /STATISTICS=STDDEV VARIANCE MINIMUM MAXIMUM MEAN <input type="checkbox"/> /HISTOGRAM NORMAL..
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:01.08
	Tiempo transcurrido	00:00:01.19

[Conjunto\_de\_datos1]

Estadísticos

		Temperatura	Conductividad Electrica	SolidosTotale sdisueltos	pH	DBO
N	Válidos	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	14,9600	468,667	94,917	7,09450	37,917
	Desv. típ.	1,32386	133,8977	8,6493	,403365	25,3688
	Varianza	1,753	17928,606	74,811	,163	643,576
	Mínimo	13,40	322,0	83,0	6,530	8,5
	Máximo	16,95	657,0	110,0	7,620	100,0

Estadísticos

		DQO	OD	FosforoTotal	Nitritos	Coliformester motolerantes
N	Válidos	12	12	12	12	12
	Perdidos	0	0	0	0	0
	Media	56,500	5,033	1,3917	10,9142	3000,000
	Desv. típ.	38,9347	1,1211	1,21362	5,01623	977,0084
	Varianza	1515,909	1,257	1,473	25,163	954545,455
	Mínimo	14,0	3,6	,04	2,60	1900,0
	Máximo	150,0	6,8	4,57	17,00	4800,0

Página 7

Tabla de frecuencia

Temperatura

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	13,40	1	8,3	8,3
	13,51	1	8,3	16,7
	13,77	1	8,3	25,0
	14,00	1	8,3	33,3
	14,40	1	8,3	41,7
	14,50	2	16,7	58,3
	14,93	1	8,3	66,7
	16,00	1	8,3	75,0
	16,76	1	8,3	83,3
	16,80	1	8,3	91,7
	16,95	1	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

ConductividadElectrica

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	322,0	1	8,3	8,3
	327,0	1	8,3	16,7
	328,0	1	8,3	25,0
	370,0	1	8,3	33,3
	390,0	1	8,3	41,7
	400,0	1	8,3	50,0
	410,0	1	8,3	58,3
	570,0	1	8,3	66,7
	605,0	1	8,3	75,0
	615,0	1	8,3	83,3
	630,0	1	8,3	91,7
	657,0	1	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	



**SolidosTotalesdisueltos**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 83,0	1	8,3	8,3	8,3
85,0	1	8,3	8,3	16,7
89,0	1	8,3	8,3	25,0
91,0	2	16,7	16,7	41,7
92,0	1	8,3	8,3	50,0
94,0	2	16,7	16,7	66,7
100,0	2	16,7	16,7	83,3
110,0	2	16,7	16,7	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**pH**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 6,530	1	8,3	8,3	8,3
6,720	1	8,3	8,3	16,7
6,760	1	8,3	8,3	25,0
6,830	1	8,3	8,3	33,3
6,900	1	8,3	8,3	41,7
6,930	2	16,7	16,7	58,3
7,100	1	8,3	8,3	66,7
7,600	1	8,3	8,3	75,0
7,606	1	8,3	8,3	83,3
7,608	1	8,3	8,3	91,7
7,620	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**DBO**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 8,5	1	8,3	8,3	8,3
9,2	1	8,3	8,3	16,7
19,0	1	8,3	8,3	25,0
21,6	1	8,3	8,3	33,3
23,0	1	8,3	8,3	41,7
29,2	1	8,3	8,3	50,0
46,3	1	8,3	8,3	58,3
49,0	1	8,3	8,3	66,7
49,2	1	8,3	8,3	75,0
50,0	2	16,7	16,7	91,7
100,0	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

DQO

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 14,0	1	8,3	8,3	8,3
15,0	1	8,3	8,3	16,7
24,0	1	8,3	8,3	25,0
25,0	1	8,3	8,3	33,3
31,0	1	8,3	8,3	41,7
54,0	1	8,3	8,3	50,0
65,0	1	8,3	8,3	58,3
67,0	1	8,3	8,3	66,7
70,0	1	8,3	8,3	75,0
75,0	1	8,3	8,3	83,3
88,0	1	8,3	8,3	91,7
150,0	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

OD

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 3,6	1	8,3	8,3	8,3
3,7	1	8,3	8,3	16,7
3,8	1	8,3	8,3	25,0
3,9	1	8,3	8,3	33,3
4,6	1	8,3	8,3	41,7
5,0	1	8,3	8,3	50,0
5,1	1	8,3	8,3	58,3
5,5	1	8,3	8,3	66,7
6,0	1	8,3	8,3	75,0
6,2	2	16,7	16,7	91,7
6,8	1	8,3	8,3	100,0
Total	12	100,0	100,0	

**FosforoTotal**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	,04	1	8,3	8,3	8,3
	,21	1	8,3	8,3	16,7
	,55	1	8,3	8,3	25,0
	,58	1	8,3	8,3	33,3
	,93	1	8,3	8,3	41,7
	1,12	1	8,3	8,3	50,0
	1,27	1	8,3	8,3	58,3
	1,53	1	8,3	8,3	66,7
	1,63	1	8,3	8,3	75,0
	2,02	1	8,3	8,3	83,3
	2,25	1	8,3	8,3	91,7
	4,57	1	8,3	8,3	100,0
Total		12	100,0	100,0	

**Nitritos**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	2,60	1	8,3	8,3	8,3
	3,20	1	8,3	8,3	16,7
	3,80	1	8,3	8,3	25,0
	9,30	1	8,3	8,3	33,3
	11,60	1	8,3	8,3	41,7
	12,90	1	8,3	8,3	50,0
	13,10	1	8,3	8,3	58,3
	13,60	1	8,3	8,3	66,7
	14,37	1	8,3	8,3	75,0
	14,50	1	8,3	8,3	83,3
	15,00	1	8,3	8,3	91,7
	17,00	1	8,3	8,3	100,0
Total		12	100,0	100,0	

**Coliformestermotolerantes**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1900,0	1	8,3	8,3	8,3
	2100,0	1	8,3	8,3	16,7
	2400,0	5	41,7	41,7	58,3
	3000,0	1	8,3	8,3	66,7
	4000,0	2	16,7	16,7	83,3
	4200,0	1	8,3	8,3	91,7
	4800,0	1	8,3	8,3	100,0
Total		12	100,0	100,0	

Histograma

