

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



TESIS

**IMPACTO DE LOS EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL EN LA
CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILAVE – PUNO, 2021**

PRESENTADA POR:

SAUL ALEXHEID MENDOZA VALERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2023



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



6.95%

SIMILARITY OVERALL

0%

POTENTIALLY AI

SCANNED ON: 22 AUG 2023, 6:34 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
1.96%

● CHANGED TEXT
4.99%

Most likely AI

Highlighted sentences with the lowest perplexity, most likely generated by AI.

● LIKELY AI
0%

● HIGHLY LIKELY AI
0%

Report #17988593

SAULALEXHEID MENDOZA VALERO IMPACTO DE LOS EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILAVE – PUNO, 2023 RESUMEN Los objetivos de esta investigación fueron caracterizar los efluentes líquidos residuales del camal de Ilave; determinar el efecto de los efluentes residuales del camal en la calidad de agua del río Ilave. La metodología consistió en un estudio de nivel descriptivo, tomando muestras de agua bajo el protocolo establecido. Los resultados indican que el efluente presentó un caudal de 4.9 m³/seg, 16 °C de temperatura, 3387.5 µS/cm de conductividad, 1.65% de salinidad, 1565.25 mg/l de sólidos totales disueltos, 159.95 mg/l de sólidos suspendidos totales, 7.62 de pH, 3.13 mg/l de oxígeno disuelto, 167.25 mg/l de DBO₅, 418.25 mg/l de DQO, >1100 NMP/100 ml de coliformes totales, 118.50 NMP/100 ml de coliformes fecales, la calidad del efluente fue aceptable según la normativa nacional, pero inaceptable según normativa de la Unión Europea. Se consideró tres estaciones de muestreo del río Ilave (100 metros antes, la descarga y 100 metros después) dando como resultado: 10.8 °C, 13 °C y 11.5 °C de temperatura; 895 µS/cm, 891.5 µS/cm y 878.7 µS/cm de conductividad; 0.18%, 0.2% y 0.2% de salinidad; 418 mg/l, 412.50 mg/l y 407.5 mg/l de sólidos totales disueltos; 44.8 mg/l, 62.4 mg/l y 48.8 mg/l de sólidos suspendidos totales; 7.84, 8.43 y 8.37 de pH; 8.83 mg/l, 7.13 mg/l y 10.98 mg/l de oxígeno

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

IMPACTO DE LOS EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL EN LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILAVE – PUNO, 2021

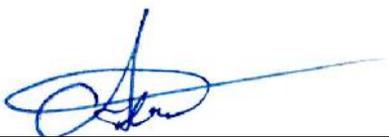
PRESENTADA POR:

SAUL ALEXHEID MENDOZA VALERO

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

: 
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería y tecnología

Disciplina: Hidrología y Recursos del Agua

Especialidad: Aguas residuales industriales y aguas servidas

Puno, 05 de setiembre del 2023

DEDICATORIA

A mi padre José Filiberto Mendoza Pino por ser mi consejero y ejemplo a seguir. Este proyecto y todo lo que logré a lo largo de mi formación profesional será gracias a tu fortaleza, virtudes y valores inculcados en mí. Gracias por recorrer parte del camino seguirás siendo mi soporte para continuar adelante.

A mi madre Beatriz Catalina Valero Ruelas por su amor incondicional a lo largo de todos estos años de vida, que, sin importar la situaciones y circunstancias adversas, siempre estarás ahí para apoyarme y demostrarme que, con trabajo duro y perseverancia, se logran las metas que uno se propone.

A mis hermanos Elizabeth, José, Magali y Arturo quienes siempre me brindaron su apoyo, por sus acertados consejos y continuo soporte.

AGRADECIMIENTOS

- Gracias a la divinidad por brindar este camino y la oportunidad de servir a mis semejantes dónde quiera que me encuentre.

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme la oportunidad de desarrollar capacidades y competencias que constituyen el pilar fundamental de mi formación profesional

- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su guía académica y profesional, compartiendo sus valiosos conocimientos.

- A mis amigos, en los cuales encontré un gran apoyo en el ámbito personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2 ANTECEDENTES	15
1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES	18
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 MATADERO	20
2.1.2 EL AGUA	23
2.1.3 CONTAMINACIÓN DE RÍOS	25
2.1.4 MUESTREO, PARÁMETROS Y NORMATIVIDAD EN LA CALIDAD DEL AGUA	26
	3

2.2 MARCO CONCEPTUAL	27
2.3 MARCO NORMATIVO	28
2.4 HIPÓTESIS	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO	30
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	30
3.1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	31
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.2.1 POBLACIÓN	32
3.2.2 MUESTRA	32
3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS	33
3.3.1 UNIDADES DE ANÁLISIS	34
3.3.2 METODOLOGÍA PARA MUESTREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	39
3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	41

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE RESIDUAL PRODUCTO DE LOS PROCESOS DE MATANZA EN EL CAMAL ILAVE	43
4.1.1 CAUDAL DEL EFLUENTE DEL CAMAL	43
4.1.2 TEMPERATURA DEL EFLUENTE DEL CAMAL	45
4.1.3 CONDUCTIVIDAD DEL EFLUENTE DEL CAMAL	46
4.1.4 SALINIDAD DEL EFLUENTE DEL CAMAL	47
4.1.5 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	47
4.1.6 MATERIALES EN SUSPENSIÓN (SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	48
4.1.7 POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	50

4.1.8 OXÍGENO DISUELTO (OD) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	51
4.1.9 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	52
4.1.10 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	54
4.1.11 COLIFORMES TOTALES DEL EFLUENTE DEL CAMAL	55
4.1.12 COLIFORMES FECALLES (Coliformes Termotolerantes) DEL EFLUENTE DEL CAMAL	56
4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILAVE	57
4.2.1 CAUDAL DEL RÍO ILAVE	57
4.2.2 TEMPERATURA DEL AGUA DEL RÍO ILAVE	58
4.2.3 CONDUCTIVIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE	60
4.2.4 SALINIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE	61
4.2.5 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	62
4.2.6 MATERIALES EN SUSPENSIÓN O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (S.S.T.) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	63
4.2.7 POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	65
4.2.8 OXÍGENO DISUELTO (OD) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	67
4.2.9 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	68
4.2.10 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) DE AGUA DEL RÍO ILAVE	71
4.2.11 COLIFORMES TOTALES DE AGUA DEL RÍO ILAVE	73
4.2.12 COLIFORMES FECALLES DEL AGUA DEL RÍO ILAVE	75
4.2.13 CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE	77
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 01: Caracterización de los efluentes típicos de un matadero	22
Tabla 02: Producción promedio de contaminantes por cabeza de vacuno en mataderos	22
Tabla 03: Criterios de clasificación de cauce de ríos por índice de calidad de aguas	24
Tabla 04: Clasificación de ríos contaminados de acuerdo con DBO5	25
Tabla 05: Operacionalización de variables de estudio	40
Tabla 06: Caudal de efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	44
Tabla 09: Salinidad del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	47
Tabla 10: Sólidos totales disueltos en efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	48
Tabla 11: SST en el efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	49
Tabla 12: Potencial hidrógeno en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	50
Tabla 13: Oxígeno disuelto en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	52
Tabla 14: DBO5 en efluente del camal de llave, mayo y agosto del 2021	53
Tabla 15: DQO en efluente del camal de llave, mayo y agosto del 2021	54
Tabla 16: Coliformes totales en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	56
Tabla 17: Coliformes fecales en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	57
Tabla 18: Caudal del río llave entre mayo y agosto del 2021	58
Tabla 19: Temperatura del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021	59
Tabla 20: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	60
Tabla 21: Salinidad (%) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente	

del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	62
Tabla 22: Sólidos totales disueltos (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	63
Tabla 23: Sólidos suspendidos totales (mg/l) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	64
Tabla 24: Potencial hidrógeno (pH) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	65
Tabla 25: Oxígeno disuelto (mg/l) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	67
Tabla 26: DBO5 (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	69
Tabla 27: DQO (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	71
Tabla 28: Relación entre DQO/DBO5 del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	73
Tabla 29: Coliformes totales (NMP/100ml) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	74
Tabla 30: Coliformes fecales (NMP/100ml) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021	75
Tabla 31: Parámetros fisicoquímicos del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre junio y agosto de 2021	78
Tabla 32: Índice de calidad de agua (ISQA) para puntos de muestreo en el río llave entre junio y agosto de 2021	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 01: Ubicación geográfica de la zona de estudio	31
Figura 02: Localización satelital	32
Figura 03: Ubicación y localización del área de estudio	33
Figura 04: Localización de puntos de muestreo en el río llave	38
Figura 06: Comportamiento de SST (mg/l) en efluente del camal de llave	50
Figura 07: Comportamiento de pH en efluente de camal de llave	51
Figura 08: Comportamiento de DBO5(mg/l) en efluente de camal de llave	53
Figura 09: Comportamiento de DQO (mg/l) en efluente de camal de llave	55
Figura 10: Conductividad media ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en el río llave	61
Figura 11: Sólidos Totales Disueltos (mg/l) del agua en el río llave	64
Figura 12: pH en el agua del río llave	66
Figura 13: Oxígeno Disuelto (mg/l) en el agua del río llave	68
Figura 14: Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) del agua en el río llave	71
Figura 15: DQO del agua en el río llave	72
Figura 16: Coliformes Totales (NMP/100 ml) del agua, río llave	75
Figura 17: Coliformes Fecales en el agua del río llave	76

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág
Anexo 01: Matriz de Consistencia	89
Anexo 02: Resultados de laboratorio	90
Anexo 03: Panel Fotográfico	98
Anexo 04: Procesamiento con T-Student	103

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron caracterizar los efluentes líquidos residuales del camal de llave; determinar el efecto de los efluentes residuales del camal en la calidad de agua del río llave. La metodología consistió en un estudio de nivel descriptivo, tomando muestras de agua bajo el protocolo establecido. Los resultados indican que el efluente presentó un caudal de 4.9 m³/seg, 16 °C de temperatura, 3387.5 μS/cm de conductividad, 1.65% de salinidad, 1565.25 mg/l de sólidos totales disueltos, 159.95 mg/l de sólidos suspendidos totales, 7.62 de pH, 3.13 mg/l de oxígeno disuelto, 167.25 mg/l de DBO₅, 418.25 mg/l de DQO, >1100 NMP/100 ml de coliformes totales, 118.50 NMP/100 ml de coliformes fecales, la calidad del efluente fue aceptable según la normativa nacional, pero inaceptable según normativa de la Unión Europea. Se consideró tres estaciones de muestreo del río llave (100 metros antes, la descarga y 100 metros después) dando como resultado: 10.8 °C, 13 °C y 11.5 °C de temperatura; 895 μS/cm, 891.5 μS/cm y 878.75 μS/cm de conductividad; 0.18%, 0.2% y 0.2% de salinidad; 418 mg/l, 412.50 mg/l y 407.5 mg/l de sólidos totales disueltos; 44.8 mg/l, 62.4 mg/l y 48.8 mg/l de sólidos suspendidos totales; 7.84, 8.43 y 8.37 de pH; 8.83 mg/l, 7.13 mg/l y 10.98 mg/l de oxígeno disuelto; 21.30 mg/l, 20.60 mg/l y 13.90 mg/l de DBO₅; 53.25 mg/l, 51.5 mg/l y 34.75 mg/l de DQO; 877.5 NMP/100 ml, 647.5 NMP/100 ml y 250.75 NMP/100 ml de coliformes totales; 64.5 NMP/100 ml, 142 NMP/100 ml y 26 NMP/100 ml de Coliformes Fecales respectivamente; superándose los valores permisibles de la normatividad nacional en DBO₅, DQO, coliformes totales y fecales por lo que existe contaminación ligera a media con efecto puntual sobre la calidad del agua del río llave siendo los parámetros significativamente afectados por el efluente la temperatura y oxígeno disuelto. El índice de calidad de agua (ISQA) de 44.4, 38.4 y 51.5 son valores inferiores al valor normal aceptable (60).

Palabras Clave: Agua, calidad, camal, efluente y río.

ABSTRACT

The objectives of this research were to characterize the residual liquid effluents from the llave slaughterhouse; to determine the effect of the slaughterhouse's residual effluents on the water quality of the llave River. The methodology consisted of a descriptive study, taking water samples under the established protocol. The results indicate that the effluent presented a flow rate of 4.9 m³/sec, 16 °C temperature, 3387.5 μS/cm conductivity, 1.65% salinity, 1565.25 mg/l total dissolved solids, 159.95 mg/l total suspended solids, 7.62 pH, 3.13 mg/l dissolved oxygen, 167.25 mg/l BOD₅, 418.25 mg/l COD, >1100 NMP/100 ml total coliforms, 118.50 NMP/100 ml fecal coliforms, the effluent quality was acceptable according to national regulations, but unacceptable according to European Union regulations. Three sampling stations of the llave River were considered (100 meters before, discharge and 100 meters after) resulting in: 10.8 °C, 13 °C and 11.5 °C of temperature; 895 μS/cm, 891.5 μS/cm and 878.75 μS/cm of conductivity; 0.18%, 0.2% and 0.2% salinity; 418 mg/l, 412.50 mg/l and 407.5 mg/l total dissolved solids; 44.8 mg/l, 62.4 mg/l and 48.8 mg/l total suspended solids; 7.84, 8.43 and 8.37 pH; 8.83 mg/l, 7.13 mg/l and 10.98 mg/l dissolved oxygen; 21.30 mg/l, 20.60 mg/l and 13.90 mg/l BOD₅; 53.25 mg/l, 51.5 mg/l and 34.75 mg/l COD; 877.5 NMP/100 ml, 647.5 NMP/100 ml and 250.75 NMP/100 ml total coliforms; 64.5 NMP/100 ml, 142 NMP/100 ml and 26 NMP/100 ml of fecal coliforms, respectively; exceeding the permissible values of the national standards for BOD₅, COD, total coliforms and fecal coliforms, there is light to medium contamination with a punctual effect on the water quality of the llave River, with the parameters significantly affected by the effluent being temperature and dissolved oxygen. The water quality index (WQI) of 44.4, 38.4 and 51.5 are values below the normal acceptable value (60).

Keywords: Water, quality, slaughterhouse, effluent and river.

INTRODUCCIÓN

La región de Puno cuenta con un gran capital pecuario, constituyendo esta una actividad importante y fuente principal de ingresos económicos para los productores; así en Puno se produjo en el 2009, 31.4% de carne de ovino, 2% de carne de porcino y 11.1% de carne de vacuno de la producción nacional, beneficiándose 35442 ovinos, 15580 porcinos y 38409 vacunos (MINAG, 2009).

Por otro lado la población viene creciendo constantemente a una tasa anual de 1.3% a nivel mundial, 1.28% en el Perú y 1.3% en Puno, este último con una población al 2007 de 1'268,441.00 (INEI, 2008), que se concentra en las ciudades, ocasionando que aparezcan problemas urbanos, que antes no se presentaban en las poblaciones rurales, uno de los problemas que se hace evidente es, en la matanza de ganado realizada desorganizadamente, sin obedecer a ningún plan previamente establecido pudiendo dar origen a enfermedades en los consumidores y alterar el medio ambiente con efectos reversibles y hasta irreversibles de acuerdo a la magnitud e importancia de los daños.

Es así que en la región Puno y en la provincia de El Collao, el crecimiento vegetativo, las ininterrumpidas migraciones a la ciudades y la posibilidad de que en un futuro mediano se eleve el nivel de vida de la población, de manera que pueda consumir el mínimo per-cápita recomendable para una dieta balanceada; hacen prever una demanda superior al doble del actual de carnes rojas a mediano plazo, demanda que difícilmente podría soportar la actual infraestructura con el incremento consecuente de los impactos negativos al medio ambiente en especial a los cuerpos de agua dulce, que son recursos escasos en el Altiplano.

Por otro lado, uno de los retos más importantes que actualmente tiene la industria moderna es el de hacer compatible la producción con la depuración de los residuos, emisiones y vertidos que ésta genera; ya que la dilución de los vertidos fue una solución aceptada hasta hace 40 años, pero inadmisibles hoy día.

El procedimiento de esta investigación comienza por caracterizar el efluente producto de las actividades del camal y el agua del río llave en sus parámetros físico, químico y bacteriológico, para luego evaluar cómo es que afecta el primer al segundo objetivo.

La estructura del presente informe inicia con el primer capítulo, el planteamiento del problema, en el mismo se especifican los antecedentes y objetivos, posteriormente en el segundo capítulo se muestra el marco teórico, conceptual, así como las hipótesis de la investigación. En el capítulo tres se exponen el aspecto metodológico especificando la zona de estudio, tamaño de muestra, métodos y técnicas, las variables de estudio y el análisis estadístico. En el capítulo cuarto se exponen los resultados, en forma de tablas y figuras para cada objetivo, finalmente se especifican las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía utilizada y los anexos respectivos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua, fuente de vida y derecho humano fundamental, es el elemento central de una crisis a la que se enfrentan millones de personas diariamente y que se agrava en las zonas más vulnerables del planeta. La privación del acceso al agua es una crisis silenciosa que experimenta la población empobrecida y que toleran aquellos con los recursos, la tecnología y el poder político para resolverla, incrementado la brecha entre los países ricos y los empobrecidos (Lázaro, 2015).

El río llave es uno de los principales ríos que desemboca a la cuenca del Titicaca que discurre por áreas de gran presión de desarrollo y desparrame urbano como el distrito de llave capital de la provincia El Collao, que tiene como su origen en la confluencia de los ríos Huenque y aguas calientes (Ancco, 2009).

El camal municipal de la ciudad de llave, atendiendo a sus actividades productivas como recuperación de la carne y subproductos, genera gran cantidad de residuos líquidos y sólidos de rumen con alta cargas orgánicas contaminantes, las cuales al ser vertidas directamente al río llave provocan una severa contaminación en dicha fuente hídrica (Calizaya y Flores, 2013).

La contaminación por el efluente se localiza en la margen este del río, observándose la presencia de aguas turbias y rojizas en el punto de emisión y de color oscuro aguas

abajo; habiéndose observado en un tramo de aproximadamente 1 km signos de eutrofización en especial en época seca (A.T.A., 2005).

Ello ha generado preocupación de los pobladores quienes se han pronunciado para que el camal controle sus emisiones y la adecuada disposición de residuos, manifestando que se ha afectado el río llave y por tanto a sus actividades y bienestar de la población.

Por lo cual es necesario conocer los efectos de las actividades del camal sobre la calidad de agua del río y el entorno socioeconómico, ya que del río llave dependen muchas comunidades para su consumo, la ganadería, agricultura, transformación de productos primarios (papa en tunta), pesca artesanal y esparcimiento, hasta su desembocadura en el lago Titicaca. Por lo cual formulamos los siguientes problemas:

Problema General

¿Cuál es el impacto de los efluentes residuales producto de las actividades del camal sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave?

Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las características de los efluentes residuales, producto de los procesos de matanza en el camal de llave?
- ¿Cuál es el impacto de los efluentes residuales del camal de llave sobre la calidad del agua del río llave?

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Aguilar & Solano (2018), en el estudio “Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-meta” de la Universidad Santo Tomás, se planteó como objetivo el evaluar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas en la afluyente Caño Grande ubicada en Villavicencio, Meta, aplicando el índice de contaminación ICOMO en un tramo de 4.9 km. Se establecieron tres estaciones de

muestreo a lo largo del tramo analizado y cuatro monitoreos en temporada de precipitación alta, midiendo variables in situ (pH, oxígeno disuelto, temperatura y conductividad) y ex situ (coliformes totales y DBO5). Se evidenciaron una diferencia en el índice de contaminación 0.32 y 0.22, respectivamente, con el estudio actual, 13 estas diferencias pueden atribuirse a las obras de actualización del sistema de acueducto y alcantarillado de los últimos años, así como, al monitoreo en condiciones de temporada seca.

Borja et al., (2019) realizó la determinación de efluentes de las aguas residuales generadas en los procesos de faenamiento de ganado porcino, bovino y ovino realizado en el camal Frigorífico Riobamba, indicando como resultado que en el agua residual de cada proceso, los parámetros Demanda Química de Oxígeno (porcinos 7840 mg/L, bovinos 9280 mg/L y ovinos 872 mg/L), Demanda Biológica de Oxígeno (porcinos 4000 mg/L, bovinos 4500 mg/L y ovinos 450 mg/L) y tensoactivos (porcinos 2,05 mg/L, bovinos 2,40 mg/L y 2,75 mg/L) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles, concluyendo que los efluentes líquidos constituyen uno de los principales problemas debido al alto contenido de carga orgánica que genera el proceso de faenamiento como sangre, estiércol y grasa.

Cutiño et al., (2019) en su investigación sobre la Gestión ambiental de los residuos de mataderos en Namibe Angola, con el objetivo de aplicar una metodología para la gestión ambiental por residuos del matadero en el barrio de Eucaliptos Namibe Angola, analizó la muestra de agua procedente de los afluentes líquidos del matadero municipal de Namibe, y se comprobó en el ensayo físico, químico que la turbidez tenía el valor de 4,3 y ensayos microbiológicos la presencia de coliformes totales, ratificando con estos resultados que los afluentes provenientes del matadero municipal provocan contaminación ambiental en el barrio y en el suelo del barrio de Eucaliptos.

1.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Chávez y Vásquez (2017), realizaron la determinación de la composición física, química y bacteriológica de efluentes de residuos sólidos orgánicos del camal municipal de Moyobamba. Los resultados del análisis reportaron que contienen en promedio, Turbiedad 301.44 UNT; Nitrógeno amoniacal 36.39 mg/L; Fósforo Total 17.33 mg/L; DQO 717.11 mg/L; DBO5 391.56 mg/L; Sólidos Solubles Totales 371.22 mg/L; Coliformes Fecales 3534.78 UFC/100mL; Conductividad Eléctrica 119.11 uS/cm; pH 4.72, con valores mayores a los LMP en la Turbiedad, DQO, DBO5, SST, Coliformes Fecales; mientras que están por debajo de los LMP los valores de Nitrógeno amoniacal, Fósforo total y pH.

Ruiz (2018), en su investigación “impacto en la salud pública y el ambiente que producen las actividades de sacrificio de animales para consumo humano en el Camal Municipal de la ciudad de Moyobamba”, cuyo objetivo general es determinar el impacto de las actividades realizadas en el camal municipal con respecto a la salud pública, dando como resultado una temperatura con una diferencia entre la del ambiente y la sub – superficial, con relativamente poco oxígeno disuelto 0.2 mg/L, con DBO y DQO bastante elevados de 521 mg/L y 973 mg/L, sólidos totales disueltos llegando hasta los 1728 mg/L, y la elevada cantidad de fosfatos (63 mg/L) concluyendo que el impacto que produce el camal municipal en la salud de las personas aledañas, es moderada y directamente relacionada, por motivos de molestias, al generar olores y atraer vectores infecciosos.

Nolasco (2018), en su estudio “influencia del vertido del efluente líquido del camal municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona” tuvo como finalidad determinar la influencia de los efluentes líquidos del Camal Municipal de la ciudad de Nueva Cajamarca sobre el ecosistema acuático, cuyo resultado en el P2 aguas abajo del vertimiento se encuentran muy por encima de los señalado por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) con DBO5 en promedio de 22.3 mg/l, DQO en promedio de 74

mg/l, fósforo total promedio 16.8 mg/l, Nitrógeno total con un promedio de 16.03 mg/l y Coliformes Termotolerantes en promedio de 77 250 NMP/100 ml. Determinando que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente líquido del Camal Municipal de la ciudad de Nueva Cajamarca vertido en el cuerpo de agua altera su composición.

Sánchez y Quispe (2019) en su investigación “impacto en la calidad del agua del colector Santa Lucía ocasionado por los efluentes del camal municipal de Chachapoyas-2018” el cual tiene como objetivo determinar el impacto en la calidad del agua del colector “Santa Lucía” ocasionado por los efluentes del camal municipal de Chachapoyas durante el año 2018, obtuvo como resultados que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5) 258,2 mg/L y Coliformes Totales de NMP mayor a 160 000, ocasionando un impacto negativo en las aguas del mismo, degradando la corriente de agua debido a que sus valores están fuera de los estándares de calidad ambiental (ECA) y los LMP para las descargas al sistema de alcantarillado.

1.2.3 ANTECEDENTES LOCALES

Amachi (2017), realizó la evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios con el objetivo evaluar la calidad del agua en la cuenca del río llave y sus principales tributarios mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos, logrando obtener resultados que ayudan a ubicar los principales focos de contaminación que afectan al río llave teniendo entre los puntos más álgidos la laguna de oxidación de llave y el camal municipal los cuales vierten directamente sus aguas contaminadas al río.

Limache (2021), desarrollo la “evaluación del riesgo Sanitario – Ambiental por las actividades desarrolladas en el camal municipal de llave”, el resultado de la evaluación muestra un nivel de “riesgo significativo”, donde sus valores máximos fueron: DQO 1032.00 mg/L, DBO 412.80 mg/L, Aceites y grasa 13.90 mg/L, Coliformes termotolerantes 2400.00 NMP/100ml, estos parámetros evaluados se encuentran por encima de los ECAs y LMP.

Según Estrella (2021), en su estudio “efectos de los efluentes líquidos del camal municipal en el río llave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento – 2018”, tuvo por objetivo determinar los efectos de los efluentes líquidos del camal municipal en el río llave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento, obteniendo como resultado que los efluentes del camal municipal de llave (CMI), con un resultado en los coliformes totales (2,400 NMP/100 ml), superiores a las normas vigentes, llegando a la conclusión que las aguas del río llave sufre efectos de contaminación por los efluentes del camal municipal de llave (CMI).

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Determinar el impacto de los efluentes líquidos producto de las actividades del camal sobre la calidad físico, químico y bacteriológico del agua del río llave.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los efluentes líquidos residuales del camal de llave.
- Determinar el efecto de los efluentes residuales del camal de llave en la calidad de agua del río llave.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 MATADERO

Sitio donde se mata y desuella el ganado destinado al abasto público, utilizándose el término de camal en Bolivia, Ecuador y Perú.(Real Academia Española, 2010), también se le denomina rastro, centro de beneficio o planta faenadora de carne, que cuenta con la tecnología requerida para realizar los procesos de industrialización de las diversas especies de abasto, estableciéndose que los animales de abasto deberán ser beneficiados obligatoriamente en los camales autorizados y registrados por el SENASA, a fin de salvaguardar la salud pública D.S. N° 015-2012-AG de 2012.

a. Instalaciones Mínimas en Mataderos

La legislación nacional señala que los camales deberán estar ubicados en áreas rurales, fuera del radio urbano, en zonas altas, no afectas a inundaciones, exentos de olores desagradables, humo, polvo u otros elementos contaminantes, los desagües deberán contar con sistemas de colectores que garanticen el flujo de las aguas servidas y con canaletas de buena pendiente, contar con tratamiento primario de sólidos suspendidos y con lechos de secado; así el efluente resultante sólo será evacuado al colector público previo tratamiento según el Reglamento de Control Sanitario para la Apertura y Funcionamiento de Plantas Industriales; a su vez señala que, el desagüe de los servicios higiénicos será independiente del que evacúa las aguas servidas del beneficio.

b. Zonas y Secciones de un Matadero

Un camal debe contar con las siguientes zonas y secciones: zona de acceso, zona de abastecimiento, zona de beneficio (conformado por áreas de aturdimiento, sangría, degüello, desuello, eviscerado, inspección, sanitaria, seccionamiento de carcasas, limpieza fina, pesado y numeración, deshuesado), zona de menudencias, zona de oreo y clasificación, zona de conservación en frío, zona de comercialización, zona de despacho, zona de pieles, zona de necropsia, zona de incineración, zona de digestor, zona de administración, zona de personal profesional, zona de servicios generales y asistenciales, zona de energía, zona de derivados cárnicos, zona de subproductos y zona auxiliar.

c. Proceso de Matanza

Es la ejecución ordenada y cuidadosa de una serie de operaciones destacándose la higiene y limpieza en todo el proceso; sin embargo, la totalidad de los mataderos existentes en el departamento de Puno no satisfacen en absoluto las exigencias mínimas requeridas tanto para la localización, como a nivel de su funcionamiento interno (operación, mantenimiento, tecnología de beneficio, sanidad e higiene, comercialización, etc.) (Arias Tisnado & Urrutia Lerma, 2003).

d. Efluentes de Mataderos

La mayor parte de agua consumida en mataderos (2 a 15 m³ de agua por tonelada de peso vivo de carcasa) se vuelve efluente (80-95%) (UNEP, 2000).

Tabla 01: Caracterización de los efluentes típicos de un matadero

Parámetro	Bolivia ^a	UNEP ^b
pH		7.2
Sólidos suspendidos, mg/l		1600
DQO, mg/l.	1900-18407	4000
DBO ₅ , mg/l.	1880-5100	2000
Fósforo total, mg/l		27
Nitrógeno (N), mg/l		180
Grasas e hidrocarburos, mg/l	42-4100	

Fuente: CPTS, 2009(a) y UNEP, 2000 (b).

Tabla 02: Producción promedio de contaminantes por cabeza de vacuno en mataderos

Parámetro	Vacuno (promedio 250 kg.)
DBO5 (kg/cabeza)	01-may
Nitrógeno Total (kg/cabeza)	0.25-1.0
Fósforo Total (kg/cabeza)	0.030-0.1

Fuente: UNEP, 2000.

e. Gestión Ambiental en Mataderos

Por otro lado, la gestión adecuada de los residuos generados en las explotaciones ganaderas evita problemas de tipo sanitario en los animales, de higiene en las instalaciones y medioambientales en el entorno, así una buena gestión de los residuos generados ha de basarse en los siguientes aspectos: retirada periódica, almacenamiento en un lugar apropiado y eliminación (Tomé et al., 2002).

2.1.2 EL AGUA

a. Conceptos Generales

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales que junto con el aire, la tierra y la energía, constituyen los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. El agua ocupa cerca de las tres cuartas partes de la superficie del planeta, donde se desarrolla la vida siendo uno de los elementos más importantes para sostener la vida del planeta; el agua es necesaria para que los elementos químicos y otros materiales lleven a cabo su circulación por todo el ambiente, por medio de un ciclo constante, sin el agua no sería posible la descomposición, ni la circulación de los nutrientes. Del total del agua distribuida en nuestro planeta cerca de un 97% no es utilizable de forma directa para el consumo humano, debido a que se encuentra en los mares y océanos, es decir solo el 3% sería la reserva utilizable de agua dulce (Flores et al., 2019).

b. Calidad del Agua

Con respecto a los índices de calidad del agua para ríos se tiene los siguientes índices de calidad de agua: WQI (Water Quality Index) e ISQA (Índice simplificado de la calidad de agua) (Muñoz, 2001); la normatividad que se aplicará es la ley de recursos hídricos 29338 y el Decreto supremo 004-2017-MINAM, los parámetros contemplados en ambos se detallan en el Tabla 3.

Tabla 03: Criterios de clasificación de cauce de ríos por índice de calidad de aguas

PARÁMETRO	WQI	ISQA
Oxígeno disuelto	X	X
DBO ₅	X	
pH	X	
Oxidabilidad		X
Temperatura	X	X
Sólidos Totales	X	
Materiales en suspensión		X
Conductividad		X

Fuente: Muñoz (2001).

c. Contaminación del agua

La contaminación del agua es un cambio en la calidad, de tipo químico, biológico o físico, que tiene un efecto perjudicial sobre los organismos vivos o hace que el agua sea inadecuada para los usos deseados (Miller, 2002).

Lo cual, causa desequilibrios en los ciclos naturales, dando como resultado que las sustancias contaminantes se integren a las cadenas tróficas y de esta forma sean llevados y acumulados en distintos lugares donde no son requeridos, de tal forma que un elemento o sustancia, tóxica o no, puede pasar de un ambiente a otro, de un organismo a otro y retornar al ambiente o a otro organismo alterando sin duda al medio ambiente en general y contribuyendo de manera directa al deterioro de la calidad de vida (Flores et al., 2019).

Estos cambios indeseables pueden darse en el agua por distintos tipos de contaminantes como son:

- Contaminantes biodegradables u orgánicos
- Contaminantes no Degradables

- Contaminantes Tóxicos
- Contaminación por Sólidos Suspendidos
- Contaminación por Aceites/Grasas
- Contaminación por pH
- Contaminación Microbiológica

2.1.3 CONTAMINACIÓN DE RÍOS

Un curso de agua se considera contaminado o polucionado, cuando la composición o el estado de sus aguas son directa o indirectamente modificadas por la actividad del hombre, en una medida tal, que disminuye la facilidad de utilización para todos aquellos fines, o algunos de ellos, a los que podría servir en estado natural. Los ríos contaminados pueden clasificarse atendiendo al contenido de nutrientes y de parámetros indicadores de la contaminación como el DBO₅ y características químicas (Muñoz, 2001).

Tabla 04: Clasificación de ríos contaminados de acuerdo con DBO₅

Contaminación	Clasificación	DBO ₅ (ppm)
Sin contaminación		5
Ligera	Oligosaprobio	5 a 10
Moderado		10 a 20
Medio		20 a 40
Fuerte	Mesosaprobio	40 a 70
Muy fuerte		70 a 95
Fortísima	Polisaprobio	>95

Fuente: Muñoz, 2001

a. Monitoreo y calidad de ríos y lagos

La disponibilidad de agua es escasa en la vertiente del Lago Titicaca por el régimen temporal de los mismos, debido a la irregularidad de sus caudales, corto período de avenida (diciembre a abril) y prolongado período de estiaje (mayo a noviembre); los ríos tienen un caudal equivalente a 221.9 m³/s; entre ellos destacan los ríos Ramis con 88.2

m³/s e llave con 40.1 m³/s (TABLA 14). La cuenca del río llave tiene 71 305 km² área total que aporta al lago Titicaca (Emanuel y Escurra, 2000), siendo un río de corto recorrido y flujo torrencioso desde sus nacientes debido a la marcada pendiente que presenta SENAMHI (2008).

b. Autodepuración de ríos

Los cursos de agua, incluyendo los llamados grandes ríos, pueden recuperarse rápidamente de los residuos degradables, demandantes de oxígeno y de calor excesivo por una combinación de dilución y descomposición bacteriana. Este proceso natural de recuperación funciona en tanto los cursos no estén sobrecargados con estos contaminantes y en tanto no se reduzca por sequías, presas o desviación a la agricultura o a la industria; sin embargo, estos procesos naturales de dilución y biodegradación no eliminan los contaminantes no degradables o que se degradan con lentitud (Tyler, 2002).

2.1.4 MUESTREO, PARÁMETROS Y NORMATIVIDAD EN LA CALIDAD DEL AGUA

a. Muestreo

Las muestras de agua para hacer pruebas deben tomarse con botellas perfectamente limpias, que deben lavarse varias veces con la misma agua de la que se toma la muestra, preferentemente por personal calificado. Cualquier impureza adicional, mineral u orgánica, puede dar un análisis considerablemente distorsionado, considerando la pequeñez relativa de la muestra en comparación con la cantidad total de agua corriente (Zimmerman, 1981).

b. Parámetros de calidad del agua

Para evaluar los cambios que se puedan originar en la calidad del agua, empleamos parámetros físicos, químicos o biológicos, a estos parámetros se les denomina indicadores de calidad del agua (Calvo, 1998).

- Temperatura
- Turbiedad

- Potencial Hidrógeno (pH)
- Salinidad
- Conductividad
- Sólidos
- Oxígeno Disuelto (OD)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Coliformes Totales
- Coliformes Fecales

2.2 MARCO CONCEPTUAL

a. Aguas Sucias, se consideran aguas sucias los residuos líquidos de la explotación con un 3% de materia seca, según su origen las aguas sucias se clasifican en: aguas blancas y aguas verdes (Tomé et al., 2002).

b. Contaminación, es la polución que produce o puede producir efectos nocivos para los seres vivos y/o afectar la higiene pública (Prando, 1996).

c. Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicas y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos (Decreto Supremo N° 044-98-PCM).

d. Efluente, descarga líquida de materiales de desecho en el ambiente, el cuál puede estar tratado o sin tratar. Generalmente se refiere a aguas contaminadas (Decreto Supremo N° 044-98-PCM).

e. Estándar Internacional, es aquel estándar que procede de un organismo del sistema de las Naciones Unidas (Decreto supremo N° 044-98-PCM).

f. Límite Máximo Permissible (LMP), es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Dependiendo del parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresado en máximos, mínimos o rangos (Decreto Supremo N° 044-98-PCM).

g. Monitoreo, evaluación sistemática y periódica de la calidad de una muestra de efluente o cuerpo receptor en un punto de control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, la toma de muestras y el análisis de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (MINAM, 2009).

2.3 MARCO NORMATIVO

a. Agua para consumo humano

Se cuenta con normativa para agua potable en el Perú, mediante Oficio Circular No 677-2000/SUNASS-INF; donde se estableció los valores límite máximo permisibles referenciales de los parámetros de control; ello originado por la carencia de una norma nacional actualizada, ya que la vigente data del año 1946 y no considera varios parámetros, como turbiedad, coliformes, pH, aluminio, nitratos, cadmio, mercurio, cromo, entre otros: para los cuales se ha tomado los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS). El agua potable, también llamada para consumo humano, debe cumplir con las disposiciones legales nacionales, a falta de éstas, se toman en cuenta normas internacionales (Tabla 9) (SUNASS, 2000). Por otro lado, se considera la normativa internacional de la CEE mediante Directiva 80/778/CEE del Consejo (Tabla 9) que considera algunos parámetros de interés.

b. Cuerpos de agua

El 31 de julio de 2008, se aprueban en el Perú los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua,

en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua de territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

c. Efluentes

Existe una propuesta para la aprobación de (LMP) para efluentes de actividades agroindustriales tales como planta de camales y plantas de beneficio por parte del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2009).

2.4 HIPÓTESIS

Hipótesis general

El impacto producido por los efluentes líquidos residuales producto de las actividades del camal de llave sobrepasa los límites permisibles sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave.

Hipótesis específicas

- Las características de los efluentes líquidos residuales del camal de llave presentan valores no aceptables por las normas vigentes.
- El impacto de los efluentes residuales del camal de llave afecta de forma directa y negativa sobre la calidad del agua del río llave.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La provincia de El Collao se encuentra ubicada al sur del departamento de Puno. Limita por el norte con el Lago Titicaca, por el sur con el departamento de Tacna, por el este con la provincia de Chucuito, por el oeste con el departamento de Moquegua y la provincia de Puno; el total de población censada en el distrito de llave es de 46,018 habitantes distribuida en población urbana (21,838 habitantes) y población rural (24,180 habitantes) (INEI, 2017).

Posición geográfica : Latitud Sur 16°, 15' y 03"
Longitud Oeste 69°, 38' y 03"

Altitud y extensión : 3,847 m.s.n.m. y 5,600.51 km².

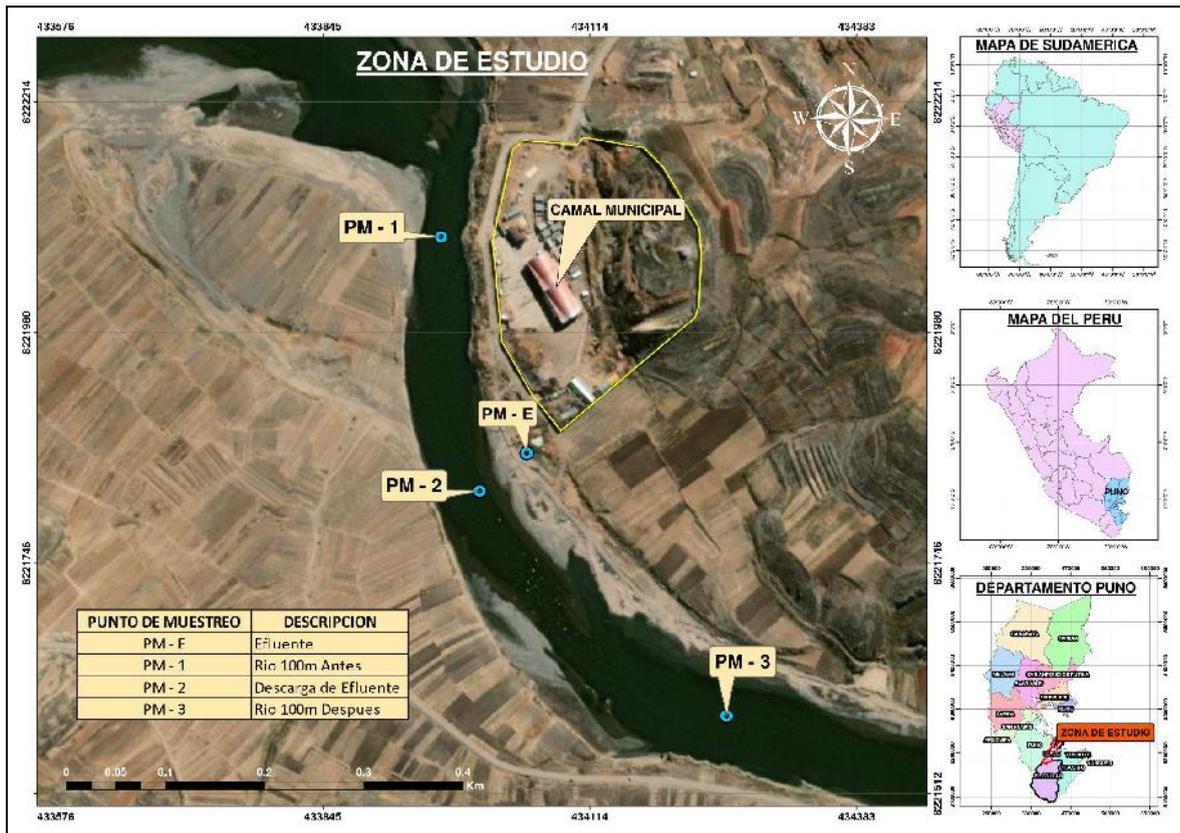


Figura 01: Ubicación geográfica de la zona de estudio

3.1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona está localizada en la región Puno, en la provincia El Collao, localidad de Ilave, a 1395 km de la ciudad de Lima, en la ruta aérea Lima – Juliaca – Puno- Ilave. El área específica donde funciona el centro de beneficio se localiza a 5 km de la ciudad de Ilave, y a 2 km del desvío de la carretera afirmada a Santa Rosa de Huayllata a 3 810 msnm (Figura 1), en las coordenadas UTM: (camal), Ilave -16.079473390904514, -69.61530019639396.



Figura 02: Localización satelital

Fuente: Google Earth

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

El enfoque para definir la población se basa en el análisis del agua del río llave y los efluentes del camal municipal de llave. Específicamente, se tomaron muestras a una distancia de 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto donde los efluentes del camal se vierten al río llave, siendo un total de 200 metros de tramo.

3.2.2 MUESTRA

La recolección de muestras se distribuyeron en cuatro puntos de muestreo (Efluente (PM-E), río 100 metros aguas arriba (PM-1), descarga de efluente (PM-2) y río 100 metros aguas abajo (PM-3). Se tomaron 1 litro en cada ubicación, y esta cantidad se repitió cuatro veces, totalizando 20 litros mensuales durante un período de cuatro meses.

Tamaño de la muestra para la población infinita o desconocida:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{i^2}$$

Donde:

Z = valor correspondiente a la distribución de Gauss (1.96)

p = prevalencia esperada (0.7)

q = diferencia de la prevalencia esperada (0.3)

i = error que se provee cometer (0.1)

Reemplazando en la ecuación matemática se obtuvo:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.7 * 0.3}{0.1^2}$$

$$n = \frac{0.8064}{0.01}$$

$$n = 80.6$$

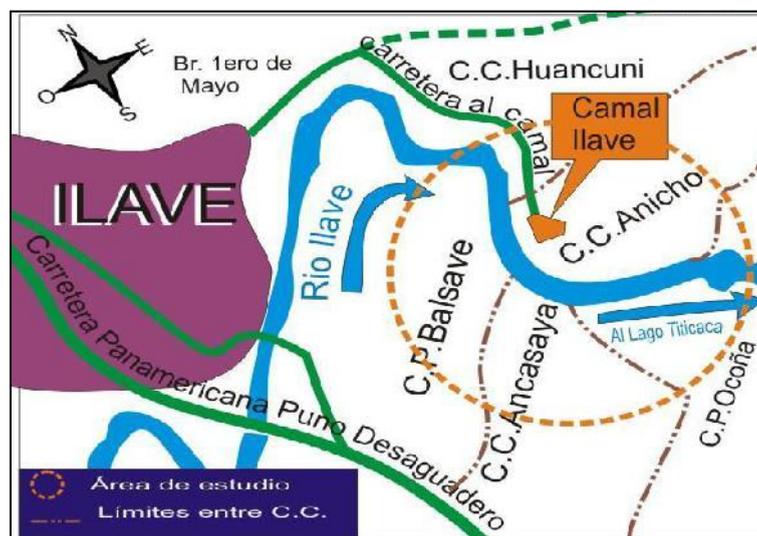


Figura 03: Ubicación y localización del área de estudio

3.3 MÉTODO Y TÉCNICAS

El tipo de investigación fue descriptivo y analítico. Desde el punto de vista del alcance de la investigación se trata de una investigación descriptiva y analítica. Desde el punto de

vista de la temporalidad del estudio se trata de una investigación de carácter transversal, ya que supone un corte en el tiempo.

3.3.1 UNIDADES DE ANÁLISIS

Los análisis que se realizaron son: Caudal, Temperatura, Conductividad, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Materiales en Suspensión (sólidos suspendidos totales), Potencial Hidrógeno (pH), Oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Coliformes Termotolerantes).

3.3.2 METODOLOGÍA PARA MUESTREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Objetivo 1: Caracterizar los efluentes residuales de los procesos de matanza en el camal de llave

La determinación de las características físicas, químicas y bacteriológicas se realizaron del efluente que ingresa al río llave, con mediciones in situ y toma de muestras para análisis en los laboratorio de agua y suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias y el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Las muestras se tomaron en cuatro fechas, entre mayo y agosto del 2021, con una medición mensual (Cuadro 23). En cada fecha de muestreo se tomaron 20 muestras para cada parámetro físico, químico y bacteriológico cada una de un volumen de 1 litro respectivamente.

Para la toma de muestras se tuvieron las siguientes consideraciones: frascos limpios (lavadas cuidadosamente y enjuagadas con agua destilada) y secas; en el momento del muestreo se enjuagó tres veces con el agua a ser recolectada antes de tomar la muestra, llenándose casi completamente teniendo en cuenta el espacio necesario de aire para permitir la expansión térmica durante el transporte y registro de cada muestra recolectada con rótulo en cada frasco.

Los análisis realizados fueron: Caudal, Temperatura, Conductividad, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Materiales en Suspensión (sólidos suspendidos totales), Potencial Hidrógeno (pH), Oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Coliformes Termotolerantes).

Para el Caudal: Se determinó a través del método volumétrico, midiéndose antes de su ingreso al río llave; siendo su unidad de medida: l/seg.

a. Análisis Físico (Normativa nacional propuesta por el MINAM)

- **Temperatura:** Se usó el equipo digital medidor multiparamétrico marca HI 9829 HANNA, cuyo sensor fue introducido directamente al efluente líquido; su unidad de medida fue: °C.
- **Conductividad:** Para su determinación se usó el equipo medidor multiparamétrico marca HI 9829 HANNA; siendo su unidad de medida: $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- **Salinidad:** Para su determinación se usó el equipo medidor multiparamétrico marca HI 9829 HANNA; siendo su unidad de medida: %.
- **Sólidos Totales Disueltos (TDS):** Para su determinación el equipo usado fue un multiparámetro medidor marca HI 9829 HANNA; siendo su unidad de medida: mg/l ó ppm.
- **Materiales en Suspensión (Sólidos Suspendidos Totales) (mg/l):** Para su determinación se procedió según los “Métodos Estándares para el Examen de Aguas y Aguas Residuales” de American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, (1998).

En el que se menciona que se debe eliminar la humedad en el filtro en una estufa a 105 °C, hasta obtener un peso constante (mínimo 2 horas), sacarlo de la estufa, enfriar en el desecador, y pesarlo. Acoplar el filtro en el equipo de filtración, montarlo sobre el matraz

Kitasato, y conectar éste a la bomba de vacío. Llenar el embudo con el agua problema y poner en marcha la bomba de vacío. Filtrar el volumen deseado, llenando repetidas veces el embudo si es necesario, y mantener el vacío hasta que el papel de filtro comience a secarse. Retirar el filtro con cuidado, colocarlo sobre una cápsula de porcelana previamente pesada y ponerlo a eliminar la humedad en la estufa a 105 °C (24 horas). Una vez seco y enfriado en el desecador, se pesa la cápsula con el filtro, siendo el peso de las materias en suspensión la diferencia entre este valor y el peso inicial del papel seco más la cápsula vacía. El resultado se expresa en mg de material en suspensión por litro de muestra:

$$U = \frac{\text{mg de sólidos en suspensión}}{\text{Litro de muestra}} = \frac{(A-B-C)*1000}{\text{Volumen (ml)}}$$

U = Sólidos en suspensión

A = Peso del filtro + cápsula + residuo (mg)

B = Peso de la cápsula (mg)

C = Peso del filtro (mg)

Debe evitarse utilizar un tiempo excesivo en el traslado del papel de filtro desde la estufa al desecador y desde éste a la balanza, para evitar que la humedad ambiente penetre en el mismo. La pesada debe, asimismo, procurar hacerse lo más brevemente posible. En aguas residuales, con concentraciones de 100 a 500 mg/l de sólidos en suspensión basta con filtrar 100 ml de agua (Clesceri, *et. al*, 1998).

b. Análisis Químico

- **Potencial Hidrógeno (pH):** Se usó el medidor multiparamétrico marca HI 9829 HANNA, previamente calibrado, que fue introducido directamente al cauce del efluente residual; siendo su unidad de medida: Unidad de pH.
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Se determinó mediante el instrumento digital medidor multiparamétrico marca HI 9829 HANNA, cuyo sensor se introdujo directamente al cauce

del efluente a fin de determinar la cantidad de oxígeno en el punto de muestreo; siendo su unidad de medida: mg/l.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):** Para su determinación, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de agua y suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, el cálculo se efectuó determinando el contenido de oxígeno de una muestra de agua y lo que queda después de un tiempo de 5 días como medida estándar, conservada durante este período a una temperatura de 20 °C en un recipiente cerrado, fuera del contacto con el aire y en la oscuridad, para evitar el aporte de oxígeno por fotosíntesis; siendo su unidad de medida: mg/l.

- **Disponibilidad Química de Oxígeno (DQO):** Se hizo mediante el Método Titulométrico de Reflujo Cerrado - método 5220 (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1998).

Para el cálculo de DQO de la muestra se determinó mediante la fórmula:

$$DQO(mg/l) = \frac{(A-B)*M*8,000}{V}$$

A = ml de FAS usados en la titulación del blanco.

B = ml de FAS usados en la titulación de la muestra

M = Molaridad de la solución FAS (FAS: Solución Estándar de Titulante Sulfato Ferroso Amónico)

V = Volumen de muestra empleado

8,000 = Peso miliequivalente de oxígeno x 1000 ml/l

c. Análisis Bacteriológico

- **Coliformes Totales:** (NMP/100 ml) para determinar coliformes totales se utilizó la técnica de NMP (Número Más Probable), utilizando caldo Lactosado seguido de la confirmación de los tubos positivos de formación de gas, la incubación se realizó a 35°C.

- **Coliformes Fecales:** (NMP/100 ml) se utilizó caldo Lactosado. incubando a 45.5 + 0.2°C, el inóculo de siembra procedió de los tubos positivos de gas de caldo lauril sulfato triptosa (Tatcher y Clark, 1973), así mismo para la determinación de E. coli se

sembró en placas con medio EMB a partir de tubos positivos con EC incubando por 24 horas a 35 °C.

Objetivo 2: Determinar el efecto de los efluentes residuales del camal de llave en la calidad de agua del río llave.

Para determinar el efecto en la calidad de agua del río llave por el efluente del camal se tomó muestras en tres puntos del cauce del río; el primer lugar fue en el río 100 metros antes de la descarga de efluente del camal; el segundo punto fue en el río luego de la descarga del efluente al borde de la zona de mezcla; finalmente el tercer punto de muestreo fue en el río a 100 metros después del punto de descarga; en estos puntos se hizo una medición in situ y tomaron muestras para su posterior análisis en los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno (Figura 3).



Figura 04: Localización de puntos de muestreo en el río llave

Los análisis fueron los mismos a las descritas para los efluentes del camal, teniendo la consideración que para la determinación del caudal del río llave se tomó la información

diaria, mensual y trimestral del SENAMHI de los meses de estudio (mayo-agosto de 2021).

Para determinar la calidad de agua del río llave, los valores obtenidos de los parámetros en los análisis del agua del río llave se contrastaron en función a los puntos de muestreo, e integrados en el Índice de Calidad de Agua señalado por Hernández (2001).

$$ISQA = T * (A + B + C + D)$$

T = Coeficiente de temperatura fijado entre (0.8 y 1) en función a la temperatura del agua.

$$"T" = 1 - (t - 20) * 1.25 * 10^{-2}$$

A = Coeficiente de oxidabilidad, varía entre 0 y 30, es la cantidad de oxígeno que se consume por oxidación en ebullición en medio ácido (DQO).

$$a < 10 \text{ "A"} = 30 - a; a > 10 \text{ "A"} = 21 - 0.35a; a > 50 \text{ "A"} = 0$$

B = Coeficiente de S.S. varía entre 0 y 25 es la materia en suspensión que pueden separarse por filtración.

$$b < 100 \text{ "B"} = 25 - 0.15b; b > 100 \text{ "B"} = 17 - 0.007b \text{ y } b > 250 \text{ "B"} = 0$$

C = Coeficiente de O.D. Varía entre 0 y 25.

$$"C" = 25 = 10\text{ppmOD}$$

D = Coeficiente de Conductividad a 18°C, varía entre 0 y 20.

$$"D" = (3.6 - (\log(d))) * 15.4$$

3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

El planteamiento del problema indica determinar las características del efluente de camal y su efecto en la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave. Esta relación de variables se expresa de la siguiente forma: $X \rightarrow Y$

Donde: (X) es la variable independiente (causa); (Y) es la variable dependiente (efecto) y (\rightarrow) es la relación existente (causa efecto).

- Variable independiente: Efluente Punto de muestreo "PM-E".
- Variables dependientes: Parámetros fisicoquímicos y coliformes del río llave.

Tabla 05: Operacionalización de variables de estudio

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente (Aguas del efluente)	Física	Temperatura	°C
		Conductividad	µS/cm
		Salinidad	%
	Química	Sólidos Totales Disueltos	mg/l
		Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
		Potencial Hidrógeno	pH
		Oxígeno Disuelto	mg/l
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l
		Demanda Química de Oxígeno	mg/l
		Microbiológica	Coliformes Fecales
Coliformes totales	NMP/100 ml		
Variable Dependiente (Aguas del río llave)	Física	Temperatura	°C
		Conductividad	µS/cm
		Salinidad	%
	Química	Sólidos Totales Disueltos	mg/l
		Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
		Potencial Hidrógeno	pH
		Oxígeno Disuelto	mg/l
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l

	Demanda Química de Oxígeno	mg/l
Microbiológica	Coliformes Fecales	NMP/100 ml
	Coliformes totales	NMP/100 ml

3.5 MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Los resultados fueron tabulados y contrastados con los parámetros estándar en las normas nacionales e internacionales. Estadísticamente los datos obtenidos fueron procesados mediante medidas de tendencia central (promedio, desviación estándar, y otros).

Para la comparación entre zonas de muestreo y meses, se aplicó el estadístico Análisis de Varianza, a través del diseño estadístico Diseño en Bloque Completo al Azar, cuyo modelo estadístico lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, T$ = Número de tratamiento

$j = 1, 2, \dots, r$ = Número de repeticiones o bloques

Donde:

Y_{ij} = Unidad experimental

μ = Efecto medio

T_i = Efecto de la i -ésimo Tratamiento (puntos de muestreo en el río)

B_j = Efecto del j -ésimo Bloque (meses)

E_{ij} = Error experimental

Para la explicación de la prueba F, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$).

Para el análisis de variables discretas (coliformes totales y coliformes fecales) primero se hizo una transformación de los datos de tal manera que sigan una distribución normal ya que los parámetros biológicos tienen una distribución asimétrica, mediante la fórmula \sqrt{X} para luego realizar el análisis de varianza.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE RESIDUAL PRODUCTO DE LOS PROCESOS DE MATANZA EN EL CAMAL ILAVE

4.1.1 CAUDAL DEL EFLUENTE DEL CAMAL

El caudal del efluente superficial que ingresa al río llave fue en promedio de 0.45 l/seg. (Tabla 6), proveniente del proceso de matanza y procesamiento de vísceras del beneficio de 95.50 unidades de vacunos/día en promedio, estos valores son inferiores al proyectado por la Municipalidad Provincial de El Collao en el 2019 (5.06 l/seg. y 320 vacunos/día); considerando el funcionamiento diario de 4 horas en promedio se tiene un volumen total de efluente que ingresa al río de 6.53 m³/día, con una descarga mínima al río de 1.6 m³/día.

El caudal que ingresa al río mostró una gran variabilidad 81%, sin una relación entre el volumen del efluente que ingresa superficialmente al río y el número de cabezas beneficiadas lo que se atribuye a la variación en el número de cabezas beneficiadas/día, mantenimiento de la planta de tratamiento del camal, existencia y reforzamiento de las paredes de las de pozas de sedimentación artesanales fuera del camal, modificación del curso de ingreso del efluente al río; todo ello realizado después de la primera toma de muestra. Así las labores de mantenimiento se reflejan en el mes de junio, donde por las labores de limpieza del tanque Imhoff y reforzamiento de las paredes de las pozas artesanales se tuvo una mayor retención y una menor evacuación de efluente hacia el río,

observándose un incremento en el siguiente mes, sin embargo, en el cuarto mes se observa una nueva reducción del volumen, atribuido al inadecuado funcionamiento del sistema de tratamiento y desborde del efluente de las pozas artesanales con evacuación por diversos lugares hacia el río. Así se puede decir que el volumen del efluente superficial no correspondió al total de la producción de aguas residuales del camal, porque inmediatamente a la salida del efluente de la planta de tratamiento del camal y antes de su ingreso al río llave el efluente fue retenido en pozas artesanales a orillas del río llave (Figura 5), desprendiendo un fuerte olor que atenta contra la salud pública, así mismo el efluente fue también filtrado al río ya que dichas pozas no cuentan con ningún tipo de capa impermeable siendo hechas con arena del río. Posibilitando solo la medición del efluente que desborda de las pozas luego de iniciado el beneficio de animales; también se apreció el ingreso de aguas residuales al río, sin pasar por la planta de tratamiento, producto del lavado de cabezas, incumpléndose la normativa dispuesta, de que todas las aguas residuales deben ser evacuadas mediante el sistema de desagüe (D.S. N°22-95-AG). No se registró ningún nivel de reciclado o uso de las aguas residuales aun cuando se previó en el EIA del camal (Asesores Técnicos Asociados (ATA), 2005), aun cuando se tiene referencia que con las tecnologías actuales se puede reciclar hasta el 95% de estas aguas; así el efluente del camal de llave constituye una fuente de contaminación puntual, según la clasificación mencionada para ríos de Tyler (2002).

Tabla 06: Caudal de efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Mes	Caudal (l/s)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	0.80	0.45	0.37	0.11	0.80	81%
Junio	0.11					
Julio	0.74					
Agosto	0.16					



Figura 5: Pozas artesanales para aguas residuales del camal

4.1.2 TEMPERATURA DEL EFLUENTE DEL CAMAL

La temperatura del efluente fué en promedio 16°C con una máxima de 17.4°C y una mínima de 15.1°C, presentando una variabilidad de 6% en los meses del estudio (Tabla 7).

La temperatura promedio del efluente no supera los 30 °C por lo que no causa contaminación térmica, ni requiere ser enfriado Muñoz, (2005); estos valores son similares con los estudios de Borja et al (2019), reportaron valores entre 11,73 °C a 28.3 mostrando igualmente una leve variación en el rango más pronunciada a valores mayores; sin embargo, el valor de temperatura hallado es mayor al promedio de la temperatura ambiental que está entre 7 a 9 °C, ello atribuido la presencia de fluidos biológicos en el efluente. Este parámetro no es considerado en la normatividad.

Tabla 07: Temperatura de efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Mes	Temperatura (°c)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	15.8					
Junio	15.8					
Julio	15.1	16.0	1.0	15.1	17.4	6%
Agosto	17.4					

4.1.3 CONDUCTIVIDAD DEL EFLUENTE DEL CAMAL

La conductividad promedio del efluente fue de 3387.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una mínima de 3250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una máxima de 3490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ presentándose solo una ligera variación del 3%; por otro lado, se observa una ligera disminución de la conductividad en el mes de junio atribuido al mayor tiempo de retención del efluente en el sistema de tratamiento por labores de mantenimiento del mismo (Tabla 8).

Tabla 08: Conductividad del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Mes	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	3470					
Junio	3250					
Julio	3490	3387.50	113.25	3250.00	3490.00	3%
Agosto	3340					

La conductividad promedio es inferior a 650 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para efluentes de un matadero referido en el Estudio de Impacto Ambiental del Centro de Beneficio Cárnico de llave (A.T.A., 2005) que se atribuye a la menor concentración de sales y mayor contaminación por materia orgánica el cual apenas modifica la conductividad del agua, como lo refiere Cutiño et al (2019), este parámetro no es tomado en cuenta en la normatividad correspondiente a efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y

mucho menos para efluentes de mataderos a pesar que constituye un parámetro que posibilitará una rápida estimación in situ de los sólidos disueltos totales como lo menciona (Aguilar y Solano, 2018).

4.1.4 SALINIDAD DEL EFLUENTE DEL CAMAL

La salinidad promedio del efluente del camal de llave fue de 1.65% con una mínima de 1.60% y una máxima de 1.70%, mostrando una variabilidad mínima de 3% (Tabla 9).

Tabla 09: Salinidad del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Mes	Salinidad (%)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	1.7					
Junio	1.6					
Julio	1.7	1.65	0.06	1.60	1.70	3%
Agosto	1.6					

La salinidad del efluente no ha sido considerada en estudios similares ni en la normatividad revisada. Este parámetro indica claramente que el efluente es ligeramente salino propio de industrias cárnicas, clasificando al efluente como agua salubre oligohalina según la clasificación realizada por Fuentes y Massol-Deyá (2002).

4.1.5 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

Los sólidos totales disueltos fueron en promedio 1565.25 mg/l con una mínima de 1495.00 mg/l y máxima de 1611 mg/l, con una mínima variación del 3% en este parámetro (Tabla 10). En el mes de junio se observó una disminución en la carga de TDS atribuido ello a la limpieza realizada de las pozas de tratamiento en las instalaciones del camal después del primer muestreo; sin embargo, los niveles de TDS se recuperan para el muestreo del mes siguiente, evidenciando una rápida colmatación de las pozas por la gran cantidad de sólidos que se evacuan en el proceso de faenado.

Tabla 10: Sólidos totales disueltos en efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Mes	TDS (mg/l)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	1589					
Junio	1495	1565.25	50.31	1495.00	1611.00	3%
Julio	1611					
Agosto	1566					

Los valores de TDS son superiores a los reportados en Honduras de 142-585 mg/l por Sánchez y Quispe (2019). Este parámetro no es considerado en la normatividad nacional ni la internacional sobre aguas residuales.

4.1.6 MATERIALES EN SUSPENSIÓN (SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

Sólidos suspendidos totales (SST) en el efluente del camal de llave alcanzan una media de 159.95 mg/l con una mínima de 72 mg/l y una máxima de 228 mg/l (Tabla 11) presentando una variabilidad del 49% atribuyéndose ello a la diferencia en volúmenes de reses sacrificadas en cada momento y evidencia el funcionamiento irregular de la planta de tratamiento.

Tabla 11: SST en el efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Mes	SST (mg/l)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	72					
Junio	228	159.95	77.80	72.00	228.00	49%
Julio	222.8					
Agosto	117					

Estos valores son muy superiores al valor referido para SST del efluente de buena calidad (15 mg/l) y aproximándose al valor de aguas negras brutas 250-400 mg/l según los referido por Cutiño et al (2019); a su vez supera los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas según Directiva 91/271/CEE de 1991, que establece una máxima de 35 mg/l y de la peruana (150 mg/l); de acuerdo a este parámetro el efluente causó una contaminación media (300 mg/l) según los referido para aguas residuales urbanas por Hernández, (2001), pudiendo dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias como lo menciona Sánchez y Quispe (2019).

Sin embargo, los sólidos suspendidos del efluente del camal de llave son superiores a la normativa nacional para camales propuesta por el D.S. 003-2010-MINAM, que es de 150 mg/l (Figura 6) junto con lo referido para efluentes en el Estudio de Impacto Ambiental del Centro de Beneficio Cárnico de llave 570 mg/l por la A.T.A. (2005), que evidencia una mayor tolerancia de la propuesta de la normatividad nacional; además de ello Chávez y Vásquez (2017), registran un valor de 371.22 mg/l mostrando niveles bastante elevados para este parámetro.

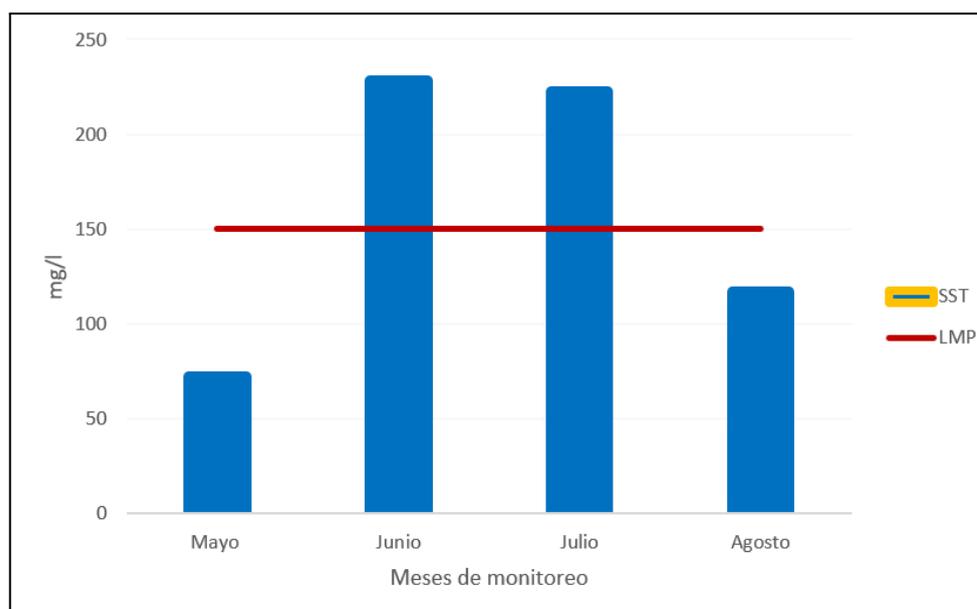


Figura 06: Comportamiento de SST (mg/l) en efluente del camal de llave

4.1.7 POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

El pH promedio del efluente del camal de llave fue de 7.62 registrándose una máxima de 8.05 y una mínima de 7.44, con una variabilidad del 4% (Tabla 12) por lo que el efluente del camal es ligeramente alcalino, el efluente muestra una reducción del pH con referente a la primera medición lo que se atribuye a la limpieza de la planta de tratamiento posterior a esta.

Tabla 12: Potencial hidrógeno en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Mes	Potencial Hidrógeno (pH)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	8.05					
Junio	7.48	7.62	0.29	7.44	8.05	4%
Julio	7.44					
Agosto	7.5					

Los valores de pH se encuentran dentro de los LMP propuestos por el D.S. 003-2010-MINAM, (6 a 9) para descarga de efluentes líquidos de la actividad

agroindustrial como planta de camales y plantas de beneficio del Perú (Figura 7), por otro lado se encuentra dentro de los límites recomendados por Aguilar y Solano (2018), de 6.5 a 8.5 para que su tratamiento biológico sea satisfactorio y dentro de los valores de contaminación ligera a fuerte para aguas residuales urbanas (6 a 9) referido por Hernández (2001), clasificándose el efluente según este parámetro como agua dura, neutra o alcalina según UTO y MINCO (2007) cuyos valores se encuentran entre 7.0 a 8.5.

Los valores encontrados son menores al pH obtenido por Chávez y Vázquez (2017), en Moyobamba (4.72), al valor referido en el EIA del Centro de Beneficio Cárnico de llave por A.T.A. (2005).

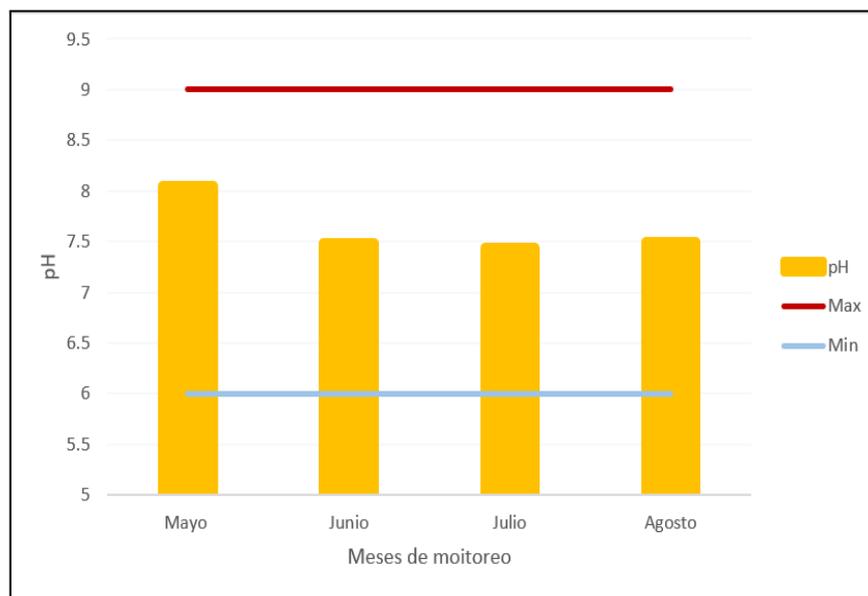


Figura 07: Comportamiento de pH en efluente de camal de llave

4.1.8 OXÍGENO DISUELTTO (OD) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

El oxígeno disuelto en el efluente del camal de llave fue en promedio 3.13 mg/l registrándose una mínima de 1.86 mg/l y una máxima de 4,12 mg/l (Tabla 13).

Tabla 13: Oxígeno disuelto en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Mes	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	-					
Junio	4.1	3.13	1.16	1.86	4.12	37%
Julio	3.4					
Agosto	1.9					

El OD promedio coincide con lo referido en el Estudio de Impacto Ambiental del Centro de Beneficio Cárnico de llave de 3.1 mg/l. (A.T.A., 2005); este valor que es mayor a 0.2 mg/l causó una contaminación ligera según Hernández (2001); por otro lado, este parámetro no es considerado en la legislación propuesta por el D.S. 003-2010-MINAM; ni legislaciones de países Latinoamericanos. La disminución del OD en el efluente del matadero se relaciona con la concentración y estabilidad del material orgánico presente mencionado por Aguilar y Solano (2018), por lo que el efluente mostró una menor concentración a medida que pasaron los meses.

4.1.9 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

La DBO₅ del efluente del camal de llave presentó una media de 167.25 mg/l con una mínima de 151.60 mg/l y una máxima de 182.40 mg/l presentando una gran variación en la concentración del 75% que se atribuye a la actividad de mantenimiento realizada a la planta de tratamiento del camal de llave que permitió un mejor tratamiento del efluente en los meses de junio y julio, después de la primera toma de muestra (Tabla 14).

En el mes de julio la DBO₅ se aproximó al LMP (182.40 mg/l) propuesto por el D.S. 003-2010-MINAM, y la norma Ecuatoriana para efluentes líquidos para plantas de camales y plantas de beneficio (Figura 8); sin embargo, los valores superaron largamente el LMP de la normativa de República Dominicana (35 mg/l), y de Bolivia (80 mg/l) por CTPS (2009).

Tabla 14: DBO₅ en efluente del camal de llave, mayo y agosto del 2021

Mes	DBO ₅ (mg/l)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	168					
Junio	167	167.2	12.58	151.60	182.40	75%
Julio	182.40	5				
Agosto	151.60					

Por otro lado, de acuerdo a la normativa para vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales según la Directiva 01/271/CEE de 1991 (25 mg/l) todos los valores superaron el LMP, según la normatividad Peruana (100 mg/l) referido en el D.S. 003-2010-MINAM y Mexicana (60-200 mg/L) todos los valores superaron los límites establecidos.

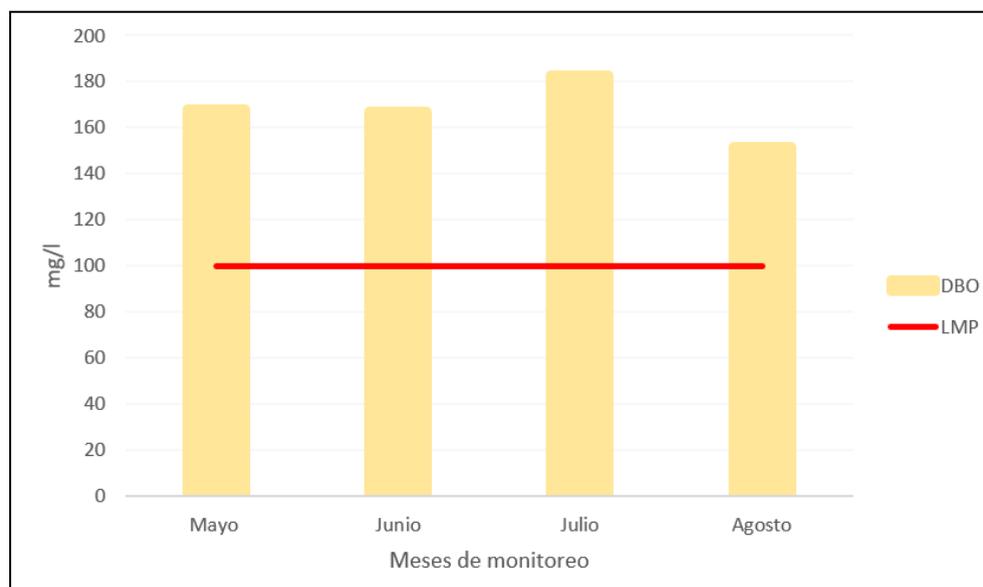


Figura 08: Comportamiento de DBO₅(mg/l) en efluente de camal de llave

La DBO₅ hallado es inferior a los valores referidos en Ecuador por Duque y Chinchay (2008), (405 a 4300 mg/l), Bolivia por CPTS (2009), (1880-5100 mg/l), y en Perú por Sánchez y Quispe (2019), (258.2 mg/l); las diferencias se atribuyen al origen de las

aguas, al tipo de ganado beneficiado en los camales y a las tecnologías utilizadas en los diferentes mataderos o camales.

4.1.10 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

La DQO en el efluente del camal de llave fue en promedio 418.25 mg/l con una mínima de 379.00 mg/l y una máxima de 456 mg/l, presentando una variabilidad del 8% (Tabla 15) no siendo afectado por los procesos de mantenimiento del tanque imhoff, que indica la presencia similar de sustancias reductoras al margen de todo proceso biológico.

Los niveles de DQO sobrepasan los LMP (200 mg/l) propuestos por el D.S. 003-2010-MINAM, (Figura 9); sin embargo, superan el requisito para vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas (125 mg/l) de la Unión Europea Directiva 91/271/CEE de 1991. La DQO hallado es inferior a lo referido en el EIA del Centro de Beneficio Cárnico de llave-Perú (3379.3 mg/l) (A.T.A., 2005) de Bolivia (1900-18407 mg/l) (CPTS, 2009), de Riobamba con 7840 mg/l para bovinos (Borja et al, 2019).

Tabla 15: DQO en efluente del camal de llave, mayo y agosto del 2021

Mes	DQO (mg/l)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	420					
Junio	418					
Julio	456	418.25	31.46	379.00	456.00	8%
Agosto	379					

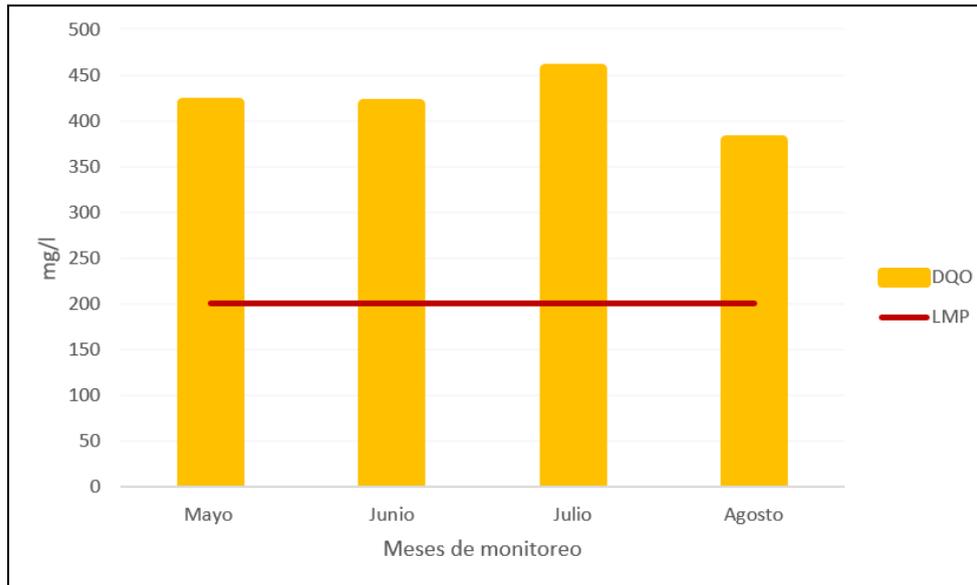


Figura 09: Comportamiento de DQO (mg/l) en efluente de camal de llave

4.1.11 COLIFORMES TOTALES DEL EFLUENTE DEL CAMAL

El Número más Probable (NMP) de coliformes totales del efluente presentó una moda de >1100 NMP/100 ml con una mínima de 28 NMP/100 ml y una máxima de > 1100 NMP/100 ml de coliformes totales (Anexo 2); observándose una considerable reducción en el NMP de Coliformes Totales después del mes de mayo (Tabla 16), que se atribuye a la labor de limpieza realizada al sistema de tratamiento, que contribuyó a un mayor tiempo de retención; cuyo efecto se registró hasta tercer mes del estudio, observándose el incremento del NMP de coliformes totales en el cuarto mes. La relación más evidente de los Coliformes Totales se aprecia con la DBO_5 , mas no así con otros parámetros medidos. La presencia de estos microorganismos denota contaminación fecal y constituye un riesgo para la salud de los pobladores por la posible transmisión de enfermedades, ya que el efluente fluye sobre la superficie del suelo antes de su ingreso al río sin ningún tipo de protección que evite el contacto directo.

Tabla 16: Coliformes totales en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Mes	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Moda	Mínimo	Máximo
Mayo	>1100	>1100	28.00	>1100
Junio	43			
Julio	28			
Agosto	>1100			

Los valores de coliformes totales del efluente fueron inferiores a los valores hallados por Chávez y Vásquez (2017), quienes hallaron una alta presencia del grupo de coliformes en cantidades sumamente grandes entre 2.2^4 - 3.5^8 NMP/100 ml; y lo reportado por Nolasco (2018) con 77 250 NMP/100 ml en el camal municipal de nueva Cajamarca.

4.1.12 COLIFORMES FECALES (Coliformes Termotolerantes) DEL EFLUENTE DEL CAMAL

El efluente presentó en promedio 118.50 NMP/100 ml de coliformes fecales con una mínima de 0 y una máxima de 460 NMP/100 ml, registrándose una alta variabilidad en los resultados de 192% (Tabla 17) atribuibles a las labores de mantenimiento a la planta de tratamiento de camal y lagunas de estabilización fuera del camal después del primer muestreo realizado, la reducción a partir del segundo mes se atribuye a la retención de aguas negras, considerándose que este por 12 días produce una mortalidad del 99.9% de coliformes fecales como lo refiere Ruiz (2018), con lo cual podemos asumir que en el primer muestreo las aguas residuales no eran retenidas en la planta de tratamiento ni en las lagunas, pasando directamente al río llave, en tanto que luego de las labores de mantenimiento la retención fue mayor llegando a niveles mínimos en coliformes fecales; sin embargo, se observa también un incremento progresivo del NMP, lo cual indica un menor tiempo de retención del efluente en el sistema de tratamiento del camal con el paso de los meses.

Tabla 17: Coliformes fecales en efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Mes	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variabilidad
Mayo	460					
Junio	0	118.50	227.71	0.00	460.00	192%
Julio	3					
Agosto	11					

Los valores hallados son inferiores a lo registrado por Chávez y Vásquez (2017) y Sánchez y Quispe (2019) quienes encontraron 3 534.79 NMP/100 ml y 160 000 NMP/100 ml. Este parámetro no ha sido considerado en estudios similares, ni en la normatividad revisada sobre aguas residuales.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILAVE

4.2.1 CAUDAL DEL RÍO ILAVE

El caudal del río llave fue en promedio 4.9 m³/seg con una máxima de 8.4 m³/seg en mayo y una mínima de 3.2 m³/seg en agosto. Cabe resaltar que existió una disminución del caudal en forma constante en los meses del estudio, cumpliendo un comportamiento usual a la época seca del altiplano por la ausencia de lluvias (Tabla 18).

Tabla 18: Caudal del río llave entre mayo y agosto del 2021

Parámetro	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
Caudal (m ³ /seg)	8.4	4.5	3.6	3.2	4.9	2.4	3.2	8.4	49%
Caudal Histórico (m ³ /seg)	12.1	8.2	7.6	6.7	8.6	2.4	6.7	12.1	28%

Fuente: En base a reportes mensuales y trimestrales del SENAMHI, 2021

El caudal del río llave en comparación con promedios históricos de SENAMHI tiene una importante deficiencia hídrica con el promedio histórico en estos meses de 8.6 m³/seg con una deficiencia del -56.9% con respecto al promedio histórico; por otro lado el caudal muestra un valor considerablemente menor a lo referido por Emanuel y Escurra (2000), señalando un promedio de 40.1 m³/seg; diferencia que se atribuye a que el presente estudio se realizó en época seca, no registrándose ninguna precipitación pluvial.

4.2.2 TEMPERATURA DEL AGUA DEL RÍO ILAVE

La temperatura media en los puntos de muestreo fue de 16.0°C para el efluente, 10.8°C en el río 100 m antes de la descarga, 13.0°C en el río luego de la descarga y 11.5°C en el río 100 m después de la descarga (Tabla 19); registrándose una mayor temperatura del efluente en 5.2°C a la del río 100 m antes de la descarga del efluente, esta diferencia se reduce a 4.5 °C en el río 100 m después de la descarga, incrementándose la temperatura del río en 2.2 °C luego de la descarga del efluente y aun en 0.7°C en el río 100 m después. El control de la temperatura fue importante porque las temperaturas elevadas reducen los niveles de oxígeno disuelto y aumentan las actividades biológicas y químicas no siendo este el caso.

La temperatura en el río es ligeramente menor a lo reportado por SENAMHI (2008), (13 a 24°C en los ríos de Perú de la costa y sierra), (13-33 °C para los ríos tributarios del lago Poopó); y se encuentran dentro de lo reportado por Flores et al (2019), (8 a 17°C bahía interior y 13.5 a 15.3 °C bahía exterior) para el lago Titicaca. Este parámetro no es tomado en cuenta por la SUNASS y los ECA para agua en el Perú; sin embargo, la Directiva 75/440/CEE de 1975 establece 22 a 25°C, por lo que los valores del agua del río llave se encuentran dentro de lo establecido en esta directiva.

Tabla 19: Temperatura del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto del 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	15.8	15.8	15.1	17.4	16.0	1.0	15.1	17.4	6%
PM - 1	13.8	7.4	9.6	12.5	10.8	2.9	7.4	13.8	27%
PM - 2	15.5	8.8	12.2	15.4	13.0	3.2	8.8	15.5	24%
PM - 3	14.7	7.08	10.3	13.8	11.5	3.5	7.1	14.7	30%

El análisis estadístico evidencia que existe diferencia altamente significativa entre los meses de estudio y entre los puntos de muestreo; a la prueba Tukey los meses de mayo y agosto no mostraron diferencia estadística entre sí, sin embargo, presentaron diferencia estadística con los meses de junio y julio, atribuyéndose ello a que en estos últimos meses las temperaturas ambientales descienden; a la prueba Tukey el agua del río 100 m después y río 100 m antes mostraron una temperatura similar, la diferencia estadística significativa se dio con la temperatura del efluente y río luego de la descarga que mostraron valores estadísticamente similares; ello muestra que la temperatura del efluente incrementa la temperatura del agua de río en forma localizada, efecto que se diluye a 100 m después, atribuido a la remoción de materia orgánica por el gran caudal del río y su poder de autodepuración.

4.2.3 CONDUCTIVIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE

La conductividad promedio fue 3387.50 $\mu\text{S/cm}$ del efluente, 895 $\mu\text{S/cm}$ en el río 100 m antes, 891.50 $\mu\text{S/cm}$ en el río luego de la descarga y 878.75 $\mu\text{S/cm}$ en el río 100 m después (Tabla 20).

Tabla 20: Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	3470	3250	3490	3340	3387.50	113.25	3250.00	3490.00	3%
PM - 1	806	880	903	991	895.00	76.21	806.00	991.00	9%
PM - 2	838	876	920	932	891.50	43.03	838.00	932.00	5%
PM - 3	806	873	906	930	878.75	53.84	806.00	930.00	6%

Con respecto a los límites máximos permisibles establecidos por SUNASS (2004), (1500 $\mu\text{S/cm}$) y el D.S. N°004-2017-MINAM (1500 $\mu\text{S/cm}$), se puede mencionar que la conductividad en los puntos de muestreo en el río no superaron los límites máximos permisibles (Figura 10). La conductividad en el río llave presentó valores menores a lo referido por Nolasco (2018) de 202.8 a 588 mS/cm para en Cajamarca y valores superiores al río Uruguay referido por Limache (2021), ($\leq 68 \mu\text{S/cm}$) y un arroyo de Argentina al analizar el agua antes y después de un matadero referido por Fechner y Vazquez (2006), ($< 285 \mu\text{S/cm}$) y a lo referido para el lugar de descarga del efluente del en Moyobamba Ruiz (2018).

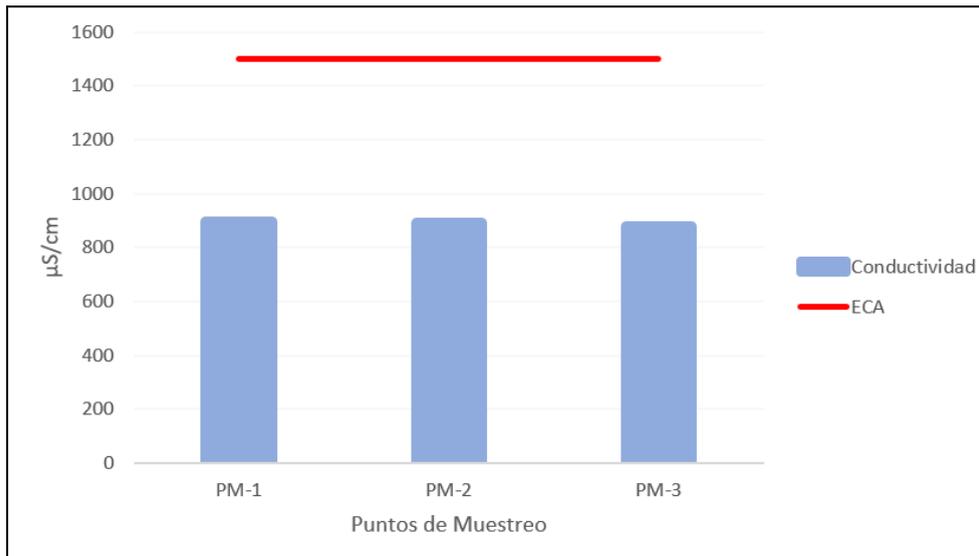


Figura 10: Conductividad media ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del agua en el río llave

Estadísticamente no se observó el efecto de los meses en este parámetro, existiendo diferencia significativa entre los puntos de muestreo; la prueba Tukey muestra que los puntos de muestreo río 100 m antes, río luego de la descarga y río 100 m después mostraron un valor similar de conductividad, la diferencia estadística se dio con el efluente, por lo que el efluente ocasionó una mínima perturbación de los valores de conductividad en el agua del río, lo que se atribuye al gran caudal del río llave con respecto a la del efluente y una moderada concentración de sales.

4.2.4 SALINIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE

La salinidad en los puntos de muestreo, mostraron una mínima variación, permaneciendo constante e igual a 0.2% en el río luego de la descarga y en el río 100 m después; observándose una ligera variación de 0.1% a 0.2% en río 100 m antes de la descarga con un promedio de 0.18%; por otro lado se registró 1.6% a 1.7% de salinidad en el efluente con un promedio de 1.65% siendo este último un valor muy superior a la del río (Tabla 21).

Tabla 21: Salinidad (%) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	1.7	1.6	1.7	1.6	1.65	0.06	1.60	1.70	3%
PM - 1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.18	0.05	0.10	0.20	29%
PM - 2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.20	0.00	0.20	0.20	0%
PM - 3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.20	0.00	0.20	0.20	0%

Este parámetro no es considerado por las normas nacionales; sin embargo, se relaciona con lo referido por Emanuel y Escurra (2000), sobre la calidad de agua superficial, quienes refieren que los ríos de la vertiente del Titicaca tienen una salinidad moderada y poco sódica.

Estadísticamente no se tuvo efecto de los meses, pero si se tuvo una diferencia altamente significativa en la salinidad de los puntos de muestreo; de acuerdo a la prueba Tukey se puede señalar que no existió diferencia significativa en la salinidad del agua del río en los diferentes puntos de muestreo, la diferencia se dio con la salinidad del efluente; es así que el río no sufrió cambio en la salinidad por efecto de efluente del camal en los puntos de muestreo lo que evidencia que el efluente se diluye rápidamente en el río gracias al caudal del mismo.

4.2.5 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

Se determinó que los sólidos totales disueltos fueron de 1565.25 mg/l en el efluente, 418 mg/l en el río 100 m antes, 412.50 mg/l en el río luego de la descarga y 407.5 mg/l en el río 100 m después; mostrando los datos una variabilidad menor igual a 9% entre las repeticiones realizadas (Tabla 22).

Tabla 22: Sólidos totales disueltos (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	1589	1495	1611	1566	1565.25	50.31	1495	1611	3%
PM - 1	375	408	423	466	418.00	37.76	375.00	466.00	9%
PM - 2	385	404	423	438	412.50	23.01	385.00	438.00	6%
PM - 3	374	402	417	437	407.50	26.54	374.00	437.00	7%

Estos valores fueron superiores a los reportado por Amachi (2017), de 101.4 a 294 mg/l y estuvieron entre los valores reportados en los ríos tributarios del lago Poopó en Bolivia por UTO y MINCO (2007), (130-11284 mg/l). Los TDS a nivel del agua del río cumplen con los establecido por el ECA para agua en el Perú (1000 mg/l) según el D.S. 004-2017-MINAM (Figura 11).

Estadísticamente no existió efecto de los meses, pero si se muestra una diferencia altamente significativa entre los puntos de muestreo. A la prueba Tukey mostraron un nivel similar los TDS en el río 100 m antes, río luego de la descarga y río 100 m después, existiendo diferencia con los TDS del efluente; los valores encontrados evidenciaron un efecto mínimo del efluente sobre este parámetro en el agua del río.

4.2.6 MATERIALES EN SUSPENSIÓN O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (S.S.T.) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

Los sólidos suspendidos totales fueron en promedio de 159.95 mg/l en el efluente; 44.80 mg/l en el río 100 m antes, 62.40 mg/l en el río luego de la descarga del efluente y 48.80 mg/l en el río a 100 m después, los datos muestran una gran variabilidad (20 a 84%) en los datos obtenidos (Tabla 23).

Tabla 23: Sólidos suspendidos totales (mg/l) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	72	228	222.8	117	159.95	77.80	72.00	228.00	49%
PM - 1	30	19	85.2	45	44.80	28.96	19.00	85.20	65%
PM - 2	67	54	77.6	51	62.40	12.28	51.00	77.60	20%
PM - 3	17	15	101.2	62	48.80	41.12	15.00	101.20	84%

Con respecto a los sólidos suspendidos totales la norma nacional no lo menciona; sin embargo, los S.S.T. del río llave superan lo establecido por Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo (25 mg/l); y se encuentran dentro de los valores reportados para los ríos tributarios del lago Poopó en Bolivia por UTO y MINCO (2007), (<1-534 mg/l) y son menores a los referido para el lugar de descarga del efluente del matadero Moyobamba (Ruiz, 2018).

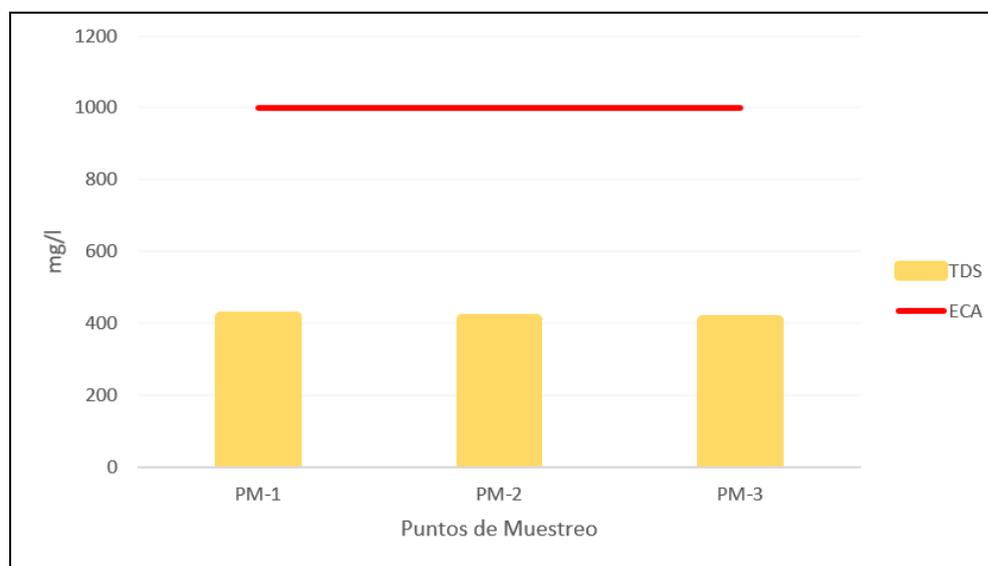


Figura 11: Sólidos Totales Disueltos (mg/l) del agua en el río llave

El análisis estadístico muestra que no hay diferencia significativa entre los meses, existiendo diferencia significativa entre los puntos de muestreo; a la prueba Tukey, los valores fueron similares en los puntos río luego de la descarga, río 100 m después y río 100 m antes, existiendo diferencia con los valores de S.S. del efluente, lo que indica que

existió un efecto mínimo en el río por el efluente del camal de llave, así mismo los valores muestran una recuperación del río post efluente gracias a su poder de autodepuración. Por otro lado se muestra un efecto distinto en los diferentes muestreos por parte del efluente en el río lo que se atribuye al cambio de caudal del efluente en los muestreos realizados.

4.2.7 POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

El pH promedio fue 7.62 en el efluente; 7.84 en el río 100 m antes, 8.43 en el río luego de la descarga y 8.37 en el río 100 m después de la descarga (Tabla 24), lo que indicó que el agua del río tiene un pH ligeramente alcalino, que se atribuye a la composición de los terrenos calizos atravesados referido por SENAMHI (2008).

Tabla 24: Potencial hidrógeno (pH) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	8.1	7.5	7.4	7.5	7.62	0.29	7.44	8.05	4%
PM - 1	9.1	7.8	7.0	7.5	7.84	0.91	6.95	9.10	12%
PM - 2	9.1	8.5	8.0	8.1	8.43	0.50	7.99	9.10	6%
PM - 3	9.2	8.6	7.9	7.8	8.37	0.64	7.80	9.20	8%

El pH del río se encuentra dentro de los valores permitidos del ECA (D.S. 004-2017-MINAM) para agua, SUNASS (2004), y la Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo (6.5-8.5), superando estos valores permisibles las medidas tomadas al iniciar la investigación, cabe señalar que el promedio de pH de las aguas del río después de la descarga de efluente del camal de llave se encuentra muy próximo al límite permisible (Figura 12). Los valores de pH concuerdan con los del SENAMHI (2004), (6.5 A 8.5) en los ríos del Perú, Estrella (2021), (7.89 a 10.8), UTO y MINCO (2007), (7-9.2) para los ríos tributarios del lago Poopó; Nolasco (2018), (5.6-8); superiores a los reportado por Lezcano et al (2006), (7 a 7.3) en el río Uruguay, Fechner y Vázquez (2006), (6.65-7.2) en

un arroyo de Argentina afectado por un matadero y por Kosamu et al (2011), en el río Mchesa (pH 7.6) en Blantyre de Malawi afectado por efluentes de camal; y menor a lo reportado por Flores et al (2019), (8.9 a 9.23 bahía interior y 8.5 bahía exterior) para el lago Titicaca. El pH del río luego de la descarga y 100 m después mostraron un pH adecuado para la precipitación de carbonatos y la eliminación de fósforo de la columna de agua, facilitando la floculación y sedimentación de fitoplancton. De acuerdo a la clasificación de aguas según su pH, el agua del río llave se clasifica como duras, neutras o alcalinas según la clasificación referida por UTO y MINCO (2007).

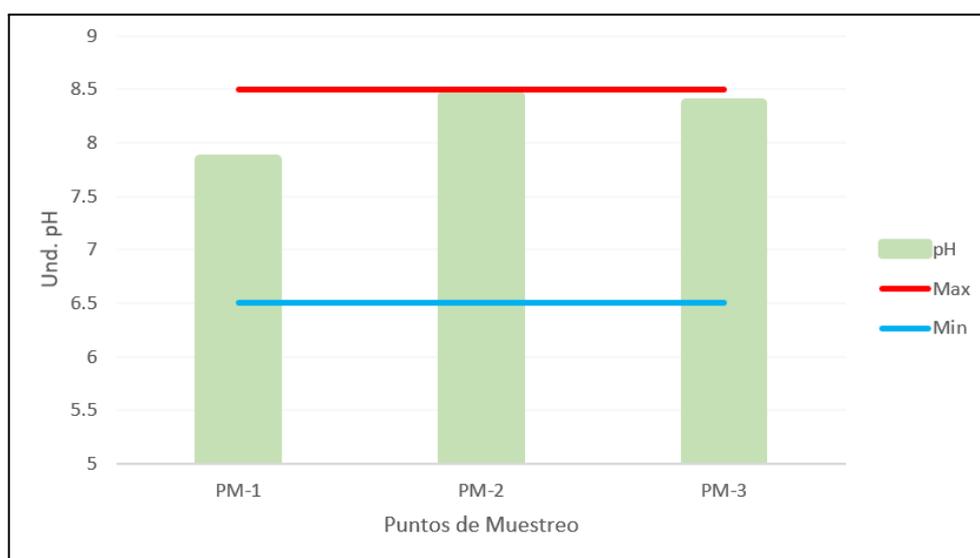


Figura 12: pH en el agua del río llave

Estadísticamente los meses mostraron diferencia significativa, en la prueba Tukey solo el mes de mayo fue diferente de los meses junio, julio y agosto. Los tratamientos o puntos de muestreo también fueron significativamente diferentes, a la prueba Tukey los puntos en el río luego de la descarga, en el río 100 m después y en el río 100 m antes presentaron un nivel similar, difiriendo con el pH del efluente. Lo que indica que no existió un efecto del pH del efluente en el pH del agua del río.

4.2.8 OXÍGENO DISUELTO (OD) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

El valor promedio de OD fue 3.13 mg/l en el efluente del camal, 8.83 mg/l en el río 100 m antes, 7.13 mg/l en el río luego de la descarga y 10.98 mg/l en el río 100 m después.

Estos valores presentaron una variación de 5% a 37%. Reduciéndose el OD luego de la descarga y registrándose una recuperación en la disponibilidad de oxígeno a 100 m después de la descarga (Tabla 25); es así que el agua del río 100 m antes y río 100 m después se encontraron saturadas de oxígeno.

Tabla 25: Oxígeno disuelto (mg/l) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	4.1	3.4	1.9		3.13	1.16	1.86	4.12	37%
PM - 1	8.4	9.3	6.5		8.83	0.43	8.40	9.26	5%
PM - 2	7.7	6.5	7.1		7.13	0.61	6.52	7.73	8%
PM - 3	8.2	13.8	11.0		10.98	2.78	8.20	13.76	25%

Estos valores son similares con lo referido por SENAMHI (2008), sobre los ríos del Perú (OD>4), Flores y Ocola (2007), para la bahía interior (6 a 12.5 mg/l) y exterior (6.29 A 8.47 mg/l) del lago Titicaca, UTO y MINCO (2007), para los ríos tributarios del lago Poopó (1.6-8.6) y superiores a los referido por Fechner y Vazquez (2006), para un arroyo afectado por un matadero en Argentina (1.45-4.2) y a lo referido para el lugar de descarga del efluente del matadero Shire Valley en el río Mchesa en Malawi (3.6mg/l), Kosamu et al (2011). Esta concentración de oxígeno es atribuida principalmente al movimiento constante del agua, pendiente y al caudal del río que fue considerable coincidiendo con lo descrito por Amachi (2017), en el río Urumea de España; de acuerdo a la calificación de calidad de agua según concentración de oxígeno el agua del río luego de la descarga del efluente tiene una calificación de agua buena (4.1 a 7.9 mg/l) menor a los demás puntos atribuido al efecto del efluente del camal y el agua de río 100 m después y 100 m antes de la descarga tiene calificación de calidad de agua muy buena (8 a 12 mg/l) y el efluente del camal tiene una calificación de calidad de agua mala (0 a 4

mg/l). Los valores hallados de OD en el agua del río llave estuvieron por sobre el valor mínimo establecido por el ECA para agua según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Figura 13).

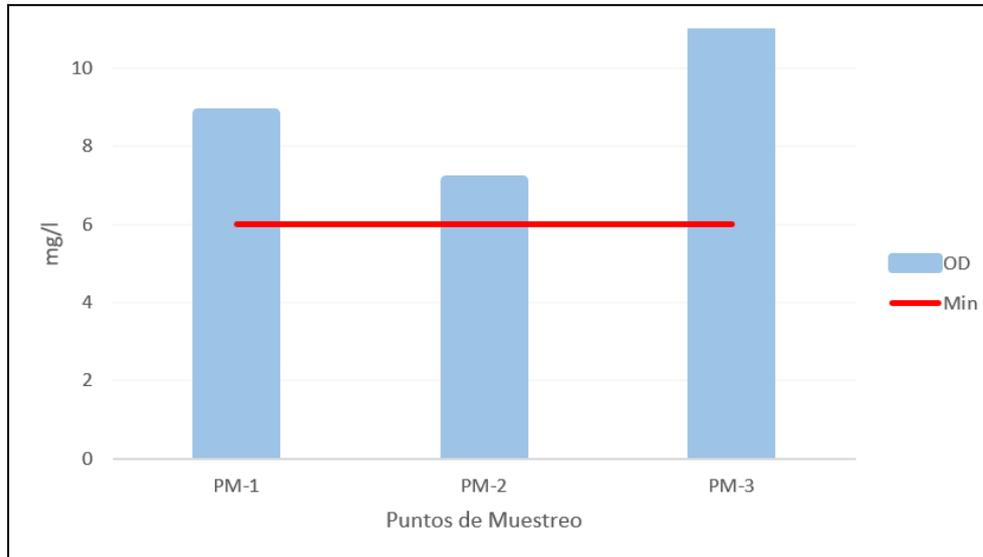


Figura 13: Oxígeno Disuelto (mg/l) en el agua del río llave

Al análisis estadístico no existió efecto de los meses en este parámetro; pero si existió diferencia altamente significativa entre tratamientos o puntos de muestreo, a la prueba Tukey se puede señalar que el OD en el río 100 m antes y en el río 100 m después son similares; el OD del efluente y río luego de la descarga son similares presentando diferencia estadística con los puntos anteriores, por lo tanto muestra que el efluente altera la calidad del río llave reduciendo los niveles de oxígeno disuelto en el agua atribuido a la alta carga orgánica del efluente. Por otro lado se muestra una rápida recuperación del río a 100 m después de la descarga.

4.2.9 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

La DBO₅ promedio fue de 167.25 mg/l para efluente, 21.30 mg/l en el río 100 m antes, 20.60 mg/l en el río luego de la descarga y 13.90 mg/l en el río 100 m después, los valores para DBO₅ presentaron una gran variabilidad de 31% a 92% (Tabla 26); lo que evidencia la presencia de contaminantes biodegradables, residuos orgánicos que pueden reducir el oxígeno disuelto como lo refiere Limache (2021), y en el largo plazo cambios en la flora y la fauna acuáticas.

Tabla 26: DBO₅ (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	168	167	182.4	151.6	167.25	12.58	151.60	182.40	75%
PM - 1	8	11.20	32	34	21.30	13.60	8	34	64%
PM - 2	24	11.20	22.40	24.80	20.60	6.35	11.20	24.80	31%
PM - 3	4.80	8	10	32.80	13.90	12.78	4.80	32.80	92%

Todos los puntos de muestreo en el río superaron lo establecido por el ECA para agua D.S. 004-2017-MINAM (3 mg/l) y la Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo (<3 mg/l a <7 mg/l); lo que hace que las aguas del río llave no sean aptas para ser destinadas para la producción de agua potable, recreación, riego de vegetales, bebida de animales y conservación del ambiente acuático (Figura 14).

Los valores encontrados en el río 100 m antes del camal y después de la descarga del efluente son superiores a los referidos por A.T.A. (2005), de 2.17 mg/l y 2.92 ppm en su EIA, evidenciándose una mayor contaminación al estimado. Así mismo los valores encontrados en el agua del río son superiores a lo referido por Flores y Ocola (2007), para la bahía interior (13.41 a 20.07 mg/l) y exterior (1.7 mg/l) del lago Titicaca, Sánchez y Quispe (2019), (258.2 mg/l) en Chachapoyas, Fechner y Vazquez (2006), (8.8 – 15 mg/l) en el arroyo antes de un matadero en Argentina e inferiores a lo referido por el mismo autor para el arroyo después del matadero (78-113 mg/l) y menor a lo referido para el lugar de descarga del efluente en Moyobamba (Ruiz, 2018)

De acuerdo a la calificación de calidad de agua según concentración de DBO₅ el agua del río llave 100 m antes de la descarga del efluente tiene una calidad de agua entre contaminada y muy contaminada (30 - 100 mg/l), para el punto después de la descarga en el río tiene una calidad de agua contaminada estando su valor en el límite superior y

para 100 m después de la descarga también tiene una calificación de agua contaminada (6 a 30 mg/l).

Así mismo de acuerdo a la clasificación de ríos de acuerdo a su contaminación referido por Hernández (2001), el río llave 100 m antes de la descarga del efluente presentaría una contaminación fuerte (40-70 mg/l), para el punto después de la descarga presentaría una contaminación media (20-40 mg/l), y para 100 m después de la descarga el río presentaría una contaminación moderada (10-20 mg/l) clasificándose al río en todos los puntos de muestreo como un río Mesosaprobio.

Al análisis estadístico no existió efecto de los meses más si diferencia entre los puntos de muestreo; lo que indica que el efluente del camal tiene un bajo valor de este parámetro, así mismo muestra que el río viene con una alta carga de materia orgánica biodegradable atribuida a las descargas de la planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de llave y los residuos sólidos presentes en el lecho del río antes del camal de llave. Por otro lado, tiene tendencia a un valor menor de DBO_5 en el punto más alejado del muestreo lo que se atribuye al poder de autodepuración del río a pesar de la gran carga de DBO_5 que ingresa mediante el efluente del camal hacia el río.

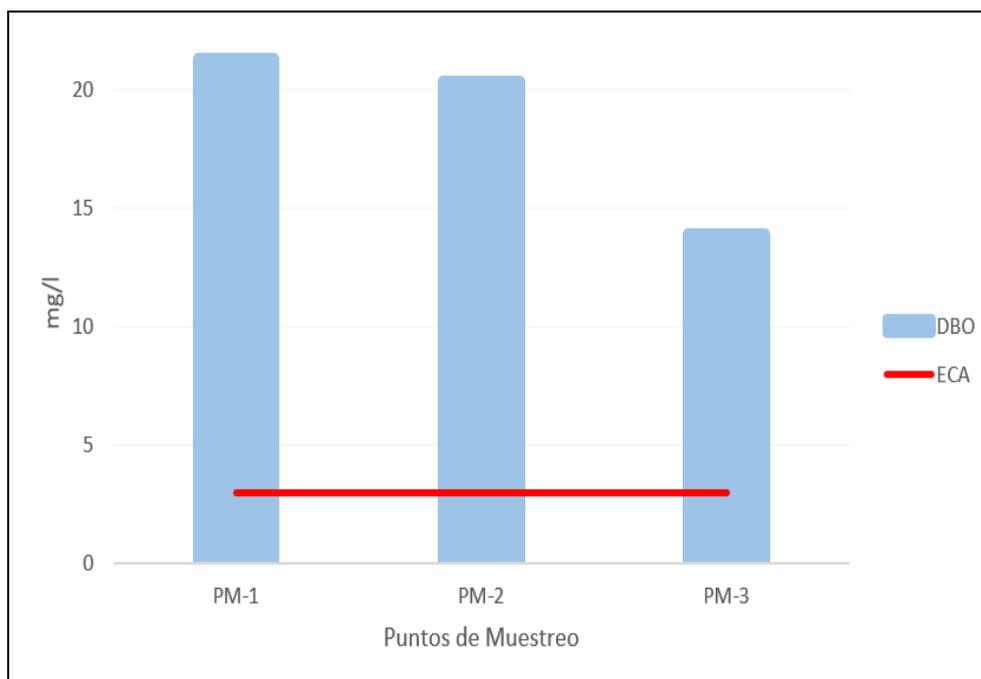


Figura 14: Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l) del agua en el río llave

4.2.10 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) DE AGUA DEL RÍO ILAVE

La DQO fue 418.25 mg/l para el efluente, 53.25 mg/l en el río 100 m antes, 51.50 mg/l en el río luego de la descarga y 34.75 mg/l en el río 100 m después (Tabla 27); la DQO del efluente presenta una menor variabilidad (8%) y una gran variabilidad la DQO del agua del río llave (31% a 92%).

Tabla 27: DQO (mg/l) del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	420	418	456	379	418.25	31.46	379.00	456.00	8%
PM - 1	20	28	80	85	53.25	33.99	20.00	85.00	64%
PM - 2	60	28	56	62	51.50	15.86	28.00	62.00	31%
PM - 3	12	20	25	82	34.75	31.95	12.00	82.00	92%

Los niveles de DQO del río llave en todos los puntos de muestreo superaron el máximo permisible establecido por el ECA para agua D.S. 004-2017-MINAM (≤ 30 mg/l) y

Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo (≤ 30 mg/l) para que pueda ser destinada a la producción de agua potable incluso con tratamiento avanzado para ambas legislaciones; sin embargo, en el río 100 m después de la descarga, según la legislación nacional, esta agua puede ser utilizada para recreación con contacto secundario (≤ 50 mg/l), riego y bebida de animales (< 40 mg/l) según D.S. 004-2017-MINAM (Figura 15).

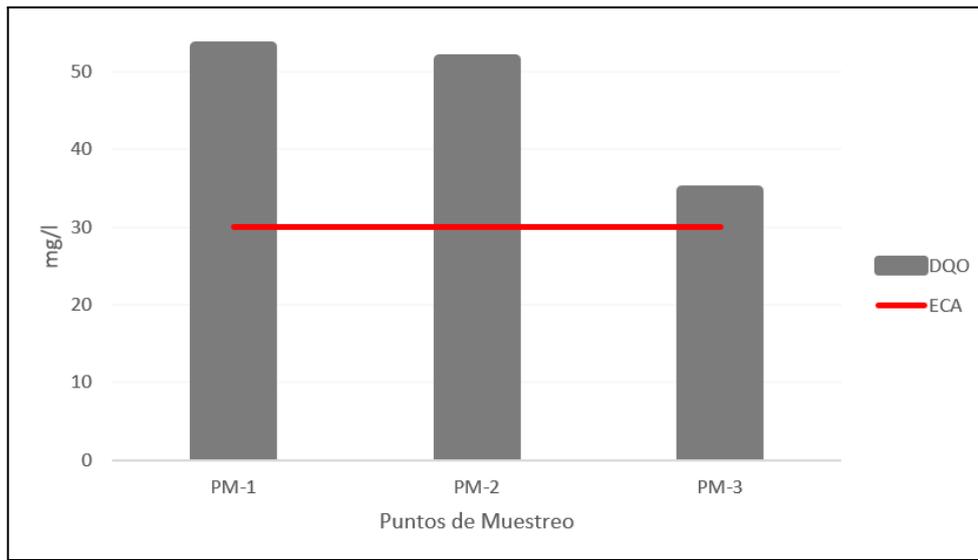


Figura 15: DQO del agua en el río llave

Estos valores de DQO en el río llave son superiores a los reportado por Nolasco (2018), en Cajamarca 74 mg/l y Fechner y Vázquez (2006), en un arroyo antes de un matadero en argentina (9.3 a 14.4 mg/l) y menores a lo reportado por este último autor en el arroyo después del matadero (60-102 mg/l).

Estadísticamente no existió efecto de los meses, pero si se muestra diferencia altamente significativa entre tratamientos, a la prueba Tukey, los puntos de muestreo en el río 100 m antes, luego de la descarga y 100 m después tienen un nivel similar de DQO, la diferencia se dio con la DQO del efluente. Ello muestra que la carga contaminante del efluente se diluye rápidamente en el agua de río no teniendo un efecto evidente en este parámetro evaluado, esto es atribuido al gran caudal del río y la alta carga de DQO del mismo río.

Tabla 28: Relación entre DQO/DBO₅ del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Parámetro	PM - E	PM - 1	PM - 2	PM - 3
DBO ₅	167.25	21.30	20.60	13.90
DQO	418.25	53.25	51.50	34.75
DQO/DBO ₅	2.5	2.5	2.5	2.5

4.2.11 COLIFORMES TOTALES DE AGUA DEL RÍO ILAVE

Los Coliformes Totales hallados en el agua del río llave fueron en promedio 567.75 NMP/100 ml en efluente, 877.5 NMP/100 ml en el río 100 m antes, 647.5 NMP/100 ml en el río luego de la descarga y 250.75 NMP/100 ml en el río 100 m después de la descarga, evidenciando que el río llave en el punto más alejado río abajo aún se encuentra contaminado; los valores variaron de 210 a >1100 NMP/100 ml en el río 100 m antes de la descarga del efluente, de 150 a >1100 NMP/100 ml luego de la descarga del efluente del camal al río llave y de 93 a 460 NMP/100 ml a 100 m después de la descarga, de coliformes totales (Tabla 29).

Los coliformes totales del río llave superan los límites máximos permisibles establecidos por el ECA del agua D.S. 004-2017-MINAM (50 NMP/100 ml) y la Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo (50 coliformes totales/100 ml) para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento simple y la norma de SUNASS (2004), (ausencia) para consumo humano (Figura 16), que hacen a las aguas del río llave, no aptas para el consumo humano directo en todos los puntos de muestreo del río llave

.Tabla 29: Coliformes totales (NMP/100ml) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	>1100	43	28	>1100	567.8	614.62	28	1100	108%
PM - 1	>1100	210	>1100	>1100	877.5	445	210	1100	51%
PM - 2	>1100	240	1100	150	647.5	523.79	150	1100	81%
PM - 3	460	240	93	210	250.8	153.24	93	460	61%

Algunos valores son menores a lo referido por Taipe y Cabrera (2006) en el río Vilcanota sector Calca-Urubamba (13200 a 9467 NMP/100ml), Flores (2019), para la bahía exterior del lago Titicaca (300 a 800 NMP/100ml) y Lescano et al (2006), para el río Uruguay (240-4500 UFC/100 ml); por otro lado estos valores hallados son superiores a lo reportado por Sánchez y Quispe (2019) <160 000 NMP/100ml.

Estadísticamente según el ANDEVA se encontró efecto de meses y los puntos de muestreo que incluyó el efluente del camal, por lo que el efluente del camal afectó este parámetro, pero se evidencia que el río se encuentra muy contaminado, la contaminación por coliformes del río se atribuye a la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales y los residuos sólidos vertido a lo largo del lecho del río, en especial en la ciudad y en el trecho que va desde la ciudad hasta inmediaciones del camal del llave; los valores de coliformes totales muestran una reducción progresiva, lo que se atribuye a la capacidad de autodepuración del río llave pero que es suficiente para encontrar una diferencia clara entre puntos de muestreo. Los datos obtenidos muestran una gran variabilidad en los datos (51-108%) siendo menor esta variabilidad solo en el punto de 100 m antes de la descarga del efluente (51%) que indica una constante contaminación en el tramo del río antes de su llegada a inmediaciones del camal de llave.

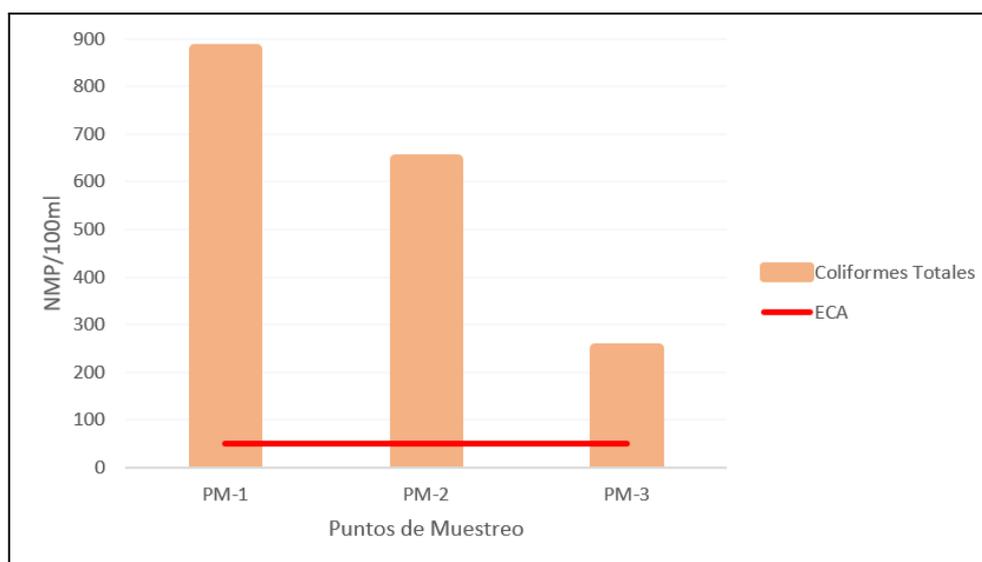


Figura 16: Coliformes Totales (NMP/100 ml) del agua, río llave

4.2.12 COLIFORMES FECALES DEL AGUA DEL RÍO ILAVE

Los coliformes fecales hallados fueron 118.5 NMP/100 ml en el efluente, 64.5 NMP/100 ml en el río 100 m antes, 142 NMP/100 ml en el río luego de la descarga del efluente y 26 NMP/100 ml en el río 100 m después, lo datos muestran una gran variabilidad (130 a 192%).

Tabla 30: Coliformes fecales (NMP/100ml) en el agua del río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre mayo y agosto de 2021

Puntos de Muestreo	Mes				Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Mayo	Junio	Julio	Agosto					
PM - E	460	10	13	11	118.5	227.71	0.00	460.00	192%
PM - 1	28	9	11	210	64.50	97.37	9.00	210.00	151%
PM - 2	11	4	460	93	142	215.82	4.00	460.00	152%
PM - 3	20	9	0	75	26.00	33.67	0.00	75.00	130%

Todos los valores hallados superan los ECA para agua superficial destinada a la producción de agua potable con desinfección D.S. 004-2017-MINAM, y la Directiva 75/440/CEE de 1975 del Consejo de la Unión Europea (20 coliformes fecales/100 ml), pudiendo ser usada potabilizada con tratamiento convencional, así mismo puede ser destinada a recreación con contacto primario según el D.S. 004-2017-MINAM; por lo que

este parámetro muestra que las aguas del río en todos los puntos de muestreo no pueden ser consumidas directamente o no son aptos para su consumo humano, debiendo ser necesariamente potabilizadas (Figura 17).

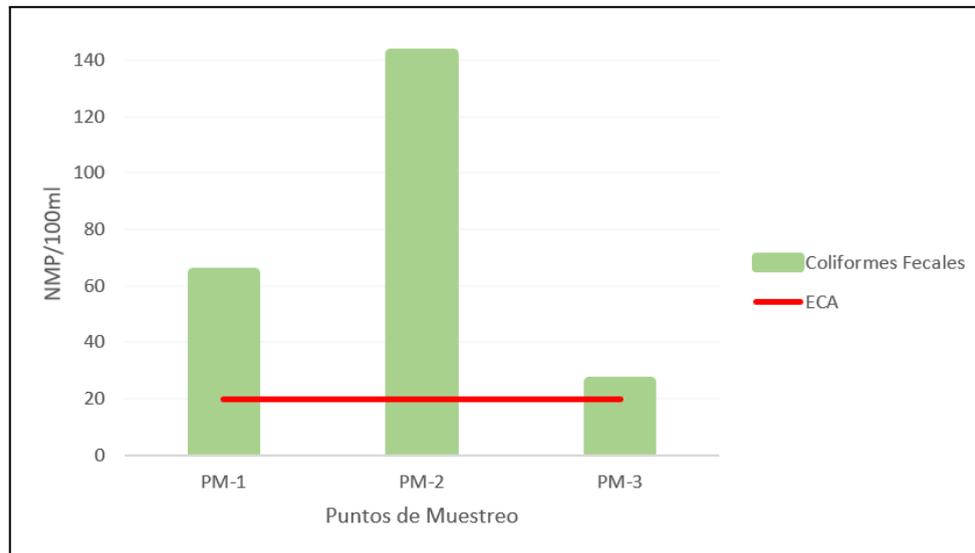


Figura 17: Coliformes Fecales en el agua del río llave

Al análisis estadístico (ANDEVA) si existió efecto de los meses al igual que entre los puntos de muestreo, evidenciándose el efecto del efluente en la calidad del agua del río. Los datos obtenidos indican la existencia de contaminación fecal de las aguas del río llave en todos los puntos de muestreo, reduciéndose los valores de coliformes fecales a 100 m después de la descarga hallándose hasta un valor de cero atribuible al poder de autodepuración del río llave. Los valores hallados son similares a lo referido por Lezcano et al (2006), quien refiere valores de <23 a 240 UFC/100 ml de coliformes fecales en el monitoreo del río Uruguay y Nolasco (2018), 77 250 NMP/100ml; siendo menores a la del río Vilcanota sector Calca-Urubamba de 7000 a 8900 NMP/100 ml reportado por Taipe y Cabrera (2006). Superando esta lo reportado también en el río llave por Limache (2021), 2400 NMP/100ml .

4.2.13 CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ILAVE

Integrando los parámetros medidos en el cauce del río llave (Tabla 32) y de acuerdo al criterio de clasificación de cause de ríos por índice de calidad de aguas (ISQA) referido

por Hernández (2001), para distintos tramos de río, se halló un valor ISQA de 44.4 para el agua en el río 100 m antes, 38.4 en el río luego de la descarga y 51.5 en el río 100 m después; el agua en el río 100 m antes fue de menor calidad, atribuida a la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Ilaye y el vertimiento de residuos sólidos en el lecho del río; los datos muestran una recuperación de la calidad del agua del río Ilaye luego de un descenso al ingresar el efluente del camal, se nota que la recuperación es mejor que la calidad que viene aguas arriba, atribuido a la dilución y descomposición bacteriana, mostrando el río capacidad de autodepuración física, química y biológica; de acuerdo a lo referido por Hernández (2001), sobre zonas de autodepuración del río con respecto al vertido del efluente de camal de Ilaye, la zona río luego de la descarga de efluente se considera como “zona de degradación”, pues es en este punto donde las aguas son incorporadas al río Ilaye describiéndose en el lugar un descenso de OD, incremento de turbidez; por otro lado la “zona de descomposición activa” y la “zona de recuperación” se ubican entre el punto río luego de la descarga y río 100 m después del vertido del efluente; la “zona de agua limpia” se encontraría río abajo posterior a este punto, ya que se muestra una tendencia hacia la mejora de la calidad del agua del río aguas abajo.

Tabla 31: Parámetros fisicoquímicos del agua en el río llave con respecto al vertimiento del efluente del camal de llave entre junio y agosto de 2021

Mes	Punto de Muestreo	Temperatura (°C)	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Conductividad (µS/cm)
Junio	PM – 1	7.40	28.00	19.00	8.40	880.00
	PM – 2	8.80	28.00	54.00	7.70	876.00
	PM – 3	7.80	20.00	15.00	8.20	873.00
Julio	PM – 1	9.60	80.00	85.20	9.26	903.00
	PM – 2	12.20	56.00	77.60	6.52	920.00
	PM – 3	10.30	25.00	101.20	13.76	906.00
Agosto	PM – 1	12.50	85.00	45.00	8.83	991.00
	PM – 2	15.40	62.00	51.00	7.13	932.00
	PM – 3	13.80	82.00	62.00	10.98	930.00

Estadísticamente (ANDEVA) no existió efecto de meses ni diferencia significativa entre los puntos de muestreo, que indica que no existe efecto del efluente del camal sobre la calidad de agua del río. Sin embargo, todos los valores ISQA en los puntos de muestreo en el río corresponden a un índice de calidad menor al aceptable, señalado por Hernández (2001), de 60 unidades ISQA como valor mínimo para cualquier punto dentro de una situación normal de la calidad de agua de los ríos (Tabla 32).

Es evidente la contaminación del río con presencia de sedimentos de materia orgánica y microorganismos en su lecho, siendo necesario controlar y reducir esta contaminación a fin de evitar desequilibrios en los ciclos naturales, la integración de los contaminantes a las cadenas tróficas, acumulación en organismos y lugares que deterioran el medio ambiente que contribuyen al deterioro de la calidad de vida de las poblaciones; esto se relaciona con lo mencionado por Sánchez y Quispe (2019), sobre las características del colector Santa Lucía en Chachapoyas donde el impacto de los efluentes ocasionó un

impacto negativo en el cuerpo de agua debido a los valores encontrados que superaban los estándares de calidad ambiental (ECA) y los mismos LMP's para la descarga del sistema de alcantarillado, como es el caso con este estudio.

Tabla 32: Índice de calidad de agua (ISQA) para puntos de muestreo en el río llave entre junio y agosto de 2021

Punto de Muestreo	Mes			Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coeficiente de Variabilidad
	Junio	Julio	Agosto					
PM – 1	55.4	36.4	41.3	44.4	9.9	36.4	55.4	22%
PM – 2	48.4	30.7	36.2	38.4	9.1	30.7	48.4	24%
PM – 3	58.3	54.5	41.7	51.5	8.7	41.7	58.3	17%

CONCLUSIONES

Primera: Se determinó que las actividades del camal tienen un impacto negativo significativo en la calidad del agua del río llave, con deterioro físico, alteración química y presencia bacteriológica. Aunque alguno de los parámetros del efluente del camal cumpla con la normativa nacional, el constante vertimiento de efluente muestra niveles alarmantes en los parámetros como DBO₅, DQO, coliformes totales y coliformes fecales que afecta a la calidad del cuerpo de agua y poniendo en riesgo a la población cercana al camal.

Segunda: El efluente del camal de llave presentó valores en temperatura, conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, coliformes totales y coliformes fecales dentro del rango aceptable con respecto a la normativa nacional propuesta por el MINAM; sin embargo, supera los niveles admisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales de la Unión Europea.

Tercera: El río llave presentó un caudal de 4.9 m³/seg con una importante deficiencia hídrica con respecto a su promedio histórico, siendo los parámetros evaluados temperatura, conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, coliformes totales y coliformes fecales en tres puntos de muestreo, llegando a mostrar valores elevados con respecto a la normatividad nacional en los parámetros: DBO₅, DQO, Coliformes Totales y Coliformes Fecales o Termotolerantes. Es así que el agua del río llave en todos los puntos de muestreo no es

apta para el consumo humano directo o con un tratamiento simple de acuerdo a la normatividad existente. El efluente provocó en el río llave una contaminación ligera a media, teniendo un índice de calidad de agua (ISQA) 44.4, 38.4 y 51.5 para los puntos de muestreo en el río 100 m antes, en el río luego de la descarga y en el río 100 m después de la descarga del efluente del camal, valores inferiores al valor normal aceptable (60) para la calidad del agua de los ríos; no evidenciándose efecto del efluente en el índice ISQA.

RECOMENDACIONES

- Con la experiencia de haber desarrollado esta investigación se recomienda al gobierno local que realice y fortalezca la gestión integral del río Llave a fin de controlar el incremento de la contaminación del mismo, además de fiscalizar la disposición adecuada de los residuos sólidos y líquidos del camal Llave procurando su valorización.
- Al camal Llave elaborar e implementar un sistema de gestión ambiental para el funcionamiento adecuado del local con la participación activa de la población que contribuya al cuidado de los recursos naturales de la zona.
- Para futuras investigaciones, repetir el estudio en época de lluvia para contrastar y evaluar el comportamiento de los contaminantes y del flujo del río Llave y se fortalezca el conocimiento de la rama en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Martínez, S y Solano Pardo, G. (2018). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-Meta*. Universidad Santo Tomás.
- Amachi Ortega, A. (2017). Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano].
- Arias Tisnado, J. C., & Urrutia Lerma, J. (2003). *Infraestructura de Beneficio y Transformación Cárnica de San Román Juliaca—MatMet*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo.
- Asesores Técnicos Asociados S.A. llave - El Collao-Perú. (2005). *Estudio De Impacto Ambiental Del Centro De Beneficio Cárnico De llave*. Municipalidad Provincial de El Collao-llave.
- Bolaños, M. T., & Carranza, C. C. (2006). Identificación y evaluación de las principales fuentes de Contaminación del río Vilcanota en el Sector Calca Urubamba. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 9(17), 97–106. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.2871>
- Borja, D., Salazar Llangarí, K., & Brito Moina, H. (2019). Cuantificación de efluentes de aguas residuales del Camal Frigorífico Riobamba. *Ciencia Digital*, 3(2), 783-794. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.497>
- Calvo, M. S. (1998). *Ecología Industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa manual para responsables medioambientales*. Ediciones Mundi-prensa.
- Chavez, J. y Vasquez, R., (2017). Determinación de la composición física, química y bacteriológica de efluentes de residuos sólidos orgánicos del camal municipal de

Moyobamba, con la finalidad de uso sostenible local [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. <http://hdl.handle.net/11458/2380>

CPTS. (2009). *Guía técnica de producción más limpia para mataderos de bovinos*. (1a. ed.). USAID/BOLIVIA.

Comín, F. A., Rodó, X., Romero, J. A., & Menéndez, M. (1999). Aplicaciones de las Teorías Ecológicas a la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos. *Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona*.

Cutiño-Oliva, J. F., Tchipela-Hungulo, E. A., Campdesuñer-Almaguer, I. E., & Cutiño-Oliva, Z. (2019). Gestión ambiental de los residuos del matadero en Namibe Angola. *Ciencias Holguín*, 25(3), 44-53.

Desagues-norma-1960.pdf. (s/f). Recuperado el 5 de junio de 2021, de [http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web\(cambio\)/normas/r elacionadas/desagues-norma-1960.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web(cambio)/normas/r elacionadas/desagues-norma-1960.pdf)

Decreto Supremo N°003-2010-MINAM de 2010. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. 16 de marzo de 2010. Diario Oficial el Peruano.

Decreto Supremo N°015-2012 AG
REGLAMENTO-SANITARIO-DEL-FAENADO-DE-ANIMALES-DE-ABASTO.pdf.
(s/f). Recuperado el 5 de junio de 2021, de https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/11/DS_015_2012_AG- REGLAMENTO-SANITARIO-DEL-FAENADO-DE-ANIMALES-DE-ABASTO.pdf

Decreto Supremo N°002-2017-MINAM de 2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones complementarias. 6 de junio de 2017. Diario Oficial el Peruano.

Decreto Supremo N°22-95-AG de 1995. Reglamento Tecnológico de Carnes. 9 de septiembre de 1995. Diario Oficial el Peruano.

Directiva 75/440/CEE de 1975. Calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Comisión Europea

Directiva 91/271/CEE de 1991. Sistemas de recogida, tratamiento y vertido de aguas residuales urbanas. Comisión Europea.

Duque Sarango, P. J., & Chinchay Rojas, L. V. (2008). *Diagnóstico ambiental en tres mataderos de ganado en la provincia de Loja y diseño del plan de manejo ambiental*. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/5665>

Emanuel, C., & Ecurra, J. (2000). Informe nacional sobre la gestión del agua en el Perú.

Esnal, M. A., & Alzate, J. (1985). Introducción a la ecología de los ríos guipuzcoanos: Parte II: río Urumea. *Lurralde: Investigación y espacio*, 8, 41–52.

Estrella, J., (2021). Efectos de los efluentes líquidos del camal municipal en el río llave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento - 2018 [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18171>

Fechner, D. C., & Vazquez, F. A. (2006). *Impacto ambiental desde el punto de vista físico* [Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas]. https://nanopdf.com/download/impacto-ambiental-desde-el-punto-de-vista-fisico_pdf
#

Flores, R. C., Reyes, L. H., & Guzmán, V. D. H. (2019). *Ecología y medio ambiente*. Cengage Learning.

Fuentes, F. y Massol-Deyá, A. (2002). Manual de Ecología Microbiana. Departamento de Biología. Universidad de Puerto Rico. <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/p1-intro.pdf>

Hernández, A. (2001). Saneamiento y alcantarillado, vertidos de aguas residuales. *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*.

Kosamu, I. B. M., Mawenda, J., & Mapoma, H. W. T. (2011). Water quality changes due to abattoir effluent: A case on Mchesa Stream in Blantyre, Malawi. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5(8), 589–594. <https://doi.org/10.4314/ajest.v5i8.72054>

- Lasheras, A. M., Múzquiz, J. L., Ruiz, I., Ormad, M. P., & Ortega, C. (1999). Estudio de la calidad de las aguas del río Aragón. Caracterización de aguas, sedimentos y peces. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 22, 245–251.
- Lezcano, C. (2006). *Caracterización Físico-Química del Río Uruguay*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE.
- Limache, M., (2021). Evaluación de riesgos sanitario - ambiental en el camal municipal de la provincia de El Collao - llave [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17094>
- Mendoza, S., & Enrique, H. (2005). *Caracterización física y química del efluente líquido de la sala de sacrificio y desposte de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas de Zamorano*. 34.
- Miller, G. T. (2002). *Ciencia ambiental: Preservemos la tierra*. Thomson Learning.
- Muñoz, A. H. (2005). *Depuración y desinfección de aguas residuales*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Nolasco, C., (2018). Influencia del vertido del efluente líquido del Camal Municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona [Tesis, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/607>
- Northcote, T. (1991). Eutrofización y problemas de polución. *El Lago Titicaca: Síntesis Del Conocimiento Limnológico Actual*. Hisbol-ORSTOM, La Paz, 563-572.
- Sánchez Tapia, S. E., y Quispe Sandoval, G. A. (2019). Impacto en la calidad del agua del colector “Santa Lucía” ocasionado por los efluentes del camal municipal de Chachapoyas-2018. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería*, 2(1), 66–72. <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i1.450>
- SENAMHI. (2008). Recuperado el 5 de junio de 2021, de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02603SENA-2465.pdf>
- SUNASS. (2004). La calidad del agua potable en el Perú. Biblioteca Nacional del Perú. ISBN: 9972 2511 01

OPS 2005. *Guía para el diseño de tanques sépticos.pdf*. (s/f). Recuperado el 5 de junio de 2021, de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf

Programme, U. N. E. (2000). *Cleaner production assessment in meat processing*. UNEP. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/9571>

Ruiz, P., (2018). Impacto en la salud pública y el ambiente que producen las actividades de sacrificio de animales para consumo humano en el Camal Municipal de la ciudad de Moyobamba [Universidad Nacional de San Martín. Fondo Editorial]. <http://hdl.handle.net/11458/3134>

Seoanez Calvo, M. (1998). *Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa; manual para responsables medioambientales*. 2a. edición. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Tomé, M. J. A., García-Donas, E. O., & Márquez, A. T. (2002). *Manual de Instalaciones para Explotaciones Lecheras*. Junta de Andalucía.

Tyler, J. R. (2002). *Introducción a la ciencia ambiental: Desarrollo sostenible de la tierra*. Thomson.

UTO & MINCO. (2007). *Evaluación Ambiental del Lago Poopó y sus Ríos Tributarios, Dic. 2005-Feb. 2007*. Universidad Técnica de Oruro.

Zimmerman, J. D. (1981). *El riego*. Compañía Editorial Continental.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Preguntas de investigación		Objetivos		Hipótesis		Metodología		Plan de análisis de datos	
Pregunta general		Objetivo general		Hipótesis general		Zona de estudio			
¿Cuál es el impacto de los efluentes residuales producto de las actividades del camal sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave 2021?	Determinar el impacto de los efluentes líquidos producto de las actividades del camal sobre la calidad físico, químico y bacteriológico del agua del río llave.	El impacto producido por los efluentes líquidos residuales producto de las actividades del camal de llave sobrepasa los límites permisibles sobre la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave.	Localizada en la región Puno, en la provincia El Collao, localidad de llave.	Los análisis que se realizarán son: Caudal, Temperatura, Conductividad, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Materiales en Suspensión (sólidos suspendidos totales), Potencial Hidrógeno (pH), Oxígeno disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Coliformes Termotolerantes)					
Preguntas específicas		Objetivos específicos		Hipótesis específicas		Métodos		Instrumentos y Técnicas	
¿Cuáles son las características de los efluentes residuales, producto de los procesos de matanza en el camal de llave? ¿Cuál es el impacto de los efluentes residuales del camal de llave sobre la calidad del agua del río llave?	Caracterizar los efluentes residuales producto de los procesos de matanza en el camal de llave. Determinar el efecto de los efluentes residuales del camal de llave en la calidad de agua del río llave.	Las características de los efluentes líquidos residuales del camal de llave presentan valores no aceptables por las normas vigentes. El impacto de los efluentes residuales del camal de llave afecta de forma directa y negativa sobre la calidad del agua del río llave	El tipo de investigación será descriptivo y analítico VARIABLES El planteamiento del problema indica determinar las variables de la siguiente manera: X → Y Donde: (X) Variable independiente (causa) Características del efluente de camal (Y) Variable dependiente (efecto) Efecto en la calidad física, química y bacteriológica del agua del río llave (→) Relación existente (causa efecto)	Para el análisis de campo se usará el medidor multiparamétrico marca HANNA HI 9829 y para las muestras en laboratorio se utilizarán los caldos de cultivo lactosados. Los resultados serán tabulados y contrastados con los parámetros estándar en las normas nacionales e internacionales. Estadísticamente los datos obtenidos serán procesados mediante medidas de tendencia central (promedio, desviación estándar, y otros)					

Anexo 02: Resultados de laboratorio



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

MUESTRA : Agua residual de camal
 PROCEDENCIA : Camal Municipal de Ilave
 INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
 MOTIVO : Impacto de los efluentes residuales del camal en la calidad del agua del río Ilave-Puno
 MUESTREO : 30-08-2021

RESULTADOS

<u>Muestras</u>	<u>MNP de coliformes totales</u>
<u>Cuarta fecha (Agosto)</u>	
PM-E	> 1100 MNP/100 mL
PM-1	> 1100 MNP/100 mL
PM-2	150 MNP/100 mL
PM-3	210 MNP/100 mL
<u>Muestras</u>	<u>MNP de coliformes fecales</u>
<u>Cuarta fecha (Agosto)</u>	
PM-E	11 MNP/100 mL
PM-1	210 MNP/100 mL
PM-2	93 MNP/100 mL
PM-3	75 MNP/100 mL

MÉTODO: NMP en caldo lactosado
Observaciones: La muestra fue recepcionada en el laboratorio

Puno, 08 de setiembre del 2021





Dr. Mg. MVZ Alberto Ccama Sulca
Jefe del laboratorio de Microbiología FMVZ

Av. Floral 1153, Ciudad Universitaria - Telefax (051) 366194
<http://www.unap.edu.pe/escuela/veterinaria>



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

MUESTRA : Agua residual de camal
PROCEDENCIA : Camal Municipal de Ilave
INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
MOTIVO : Impacto de los efluentes residuales del camal en la calidad del agua del río Ilave-
Puno
MUESTREO : 30-07-2021

RESULTADOS

Muestras	MNP de coliformes totales
Tercera fecha (Julio)	
PM-E	28 MNP/100 mL
PM-1	> 1100 MNP/100 mL
PM-2	> 1100 MNP/100 mL
PM-3	93 MNP/100 mL
Muestras	MNP de coliformes fecales
Tercera fecha (Julio)	
PM-E	3 MNP/100 mL
PM-1	11 MNP/100 mL
PM-2	460 MNP/100 mL
PM-3	0 MNP/100 mL

MÉTODO. NMP en caldo lactosado

Observaciones: La muestra fue recepcionada en el laboratorio

Puno, 08 de setiembre del 2021




Dr. Mg. MVZ Alberto Ccama Sulca

Jefe del laboratorio de Microbiología FMVZ



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

MUESTRA : Agua residual de camal
 PROCEDENCIA : Camal Municipal de Ilave
 INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
 MOTIVO : Impacto de los efluentes residuales del camal en la calidad del agua del rio Ilave-
 Puno
 MUESTREO : 30-06-2021

RESULTADOS

Muestras MNP de coliformes totales

Segunda fecha (Junio)

PM-E	43 MNP/100 mL
PM-1	210 MNP/100 mL
PM-2	240 MNP/100 mL
PM-3	240 MNP/100 mL

Muestras MNP de coliformes fecales

Segunda fecha (Junio)

PM-E	0 MNP/100 mL
PM-1	9 MNP/100 mL
PM-2	4 MNP/100 mL
PM-3	9 MNP/100 mL

MÉTODO: NMP en caldo lactosado

Observaciones: La muestra fue recepcionada en el laboratorio

Puno, 08 de setiembre del 2021



Alberto Ccama Sulca

Dr. Mg. MVZ Alberto Ccama Sulca

Jefe del laboratorio de Microbiología FMVZ



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

MUESTRA : Agua residual de camal
 PROCEDENCIA : Camal Municipal de Ilave
 INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
 MOTIVO : Impacto de los efluentes residuales del camal en la calidad del agua del río Ilave-Puno
 MUESTREO : 31-05-2021

RESULTADOS

Muestras	MNP de coliformes totales
Primera fecha (Mayo)	
PM-E	> 1100 MNP/100 mL
PM-1	> 1100 MNP/100 mL
PM-2	> 1100 MNP/100 mL
PM-3	460 MNP/100 mL
Muestras	MNP de coliformes fecales
Primera fecha (Mayo)	
PM-E	460 MNP/100 mL
PM-1	28 MNP/100 mL
PM-2	11 MNP/100 mL
PM-3	20 MNP/100 mL

MÉTODO: NMP en caldo lactosado

Observaciones: La muestra fue recepcionada en el laboratorio

Puno, 08 de setiembre del 2021



Alberto Cezama Sulca

Dr. Mg. MVZ Alberto Cezama Sulca

Jefe del laboratorio de Microbiología FMVZ



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL – CAMAL ILAVE

PROCEDENCIA : PROVINCIA EL COLLAO – ILAVE CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE
INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
MOTIVO : Analisis Físico-químico de agua Residual
FECHA DE MUESTREO : 31/05/2021
FECHA DE ANALISIS : 31/05/2021

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO

MAYO	MUESTRAS				UNIDADES
Parámetros	PM - E	PM - 1	PM - 2	PM - 3	mg/l
MATERIALES EN SUSPENSION (SST)	72	30	67	17	mg/l
DBO₅	168	8	24	4.80	mg/l
DQO	420	20	60	12	mg/l



Evaristo Mamaní Mamani
D. Sc. Evaristo Mamaní Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL – CAMAL ILAVE

PROCEDENCIA : PROVINCIA EL COLLAO – ILAVE CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE
INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
MOTIVO : Analisis Físico-químico de agua Residual
FECHA DE MUESTREO : 30/07/2021
FECHA DE ANALISIS : 30/07/2021

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Liquido
Color : Incoloro

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO

JULIO	MUESTRAS				UNIDADES
	PM - E	PM - 1	PM - 2	PM - 3	
Parámetros					mg/l
MATERIALES EN SUSPENSION					
(SST)	222.80	85.20	77.60	101.20	mg/l
DBO5	182.40	32.00	22.40	10.00	mg/l
DQO	456.00	80.00	56.00	25.00	mg/l





D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL – CAMAL ILAVE

PROCEDENCIA : PROVINCIA EL COLLAO – ILAVE CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE
INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
MOTIVO : Análisis Físico-químico de agua Residual
FECHA DE MUESTREO : 30/06/2021
FECHA DE ANÁLISIS : 30/06/2021

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

JUNIO	MUESTRAS				UNIDADES
	PM - E	PM - 1	PM - 2	PM - 3	
Parámetros					mg/l
MATERIALES EN SUSPENSION (SST)	228	19	54	15	mg/l
DBO5	167	11.20	11.20	8.00	mg/l
DQO	418	28	28	20	mg/l





D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS





FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL – CAMAL ILAVE

PROCEDENCIA : PROVINCIA EL COLLAO – ILAVE CAMAL MUNICIPAL DE ILAVE
INTERESADO : Saul Alexheid Mendoza Valero
MOTIVO : Analisis Físico-químico de agua Residual
FECHA DE MUESTREO : 30/08/2021
FECHA DE ANALISIS : 30/08/2021

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro

CARACTERISTICAS QUIMICAS:

RESULTADO DE ANALISIS FISICOQUIMICO

AGOSTO	MUESTRAS				UNIDADES
Parámetros	PM - E	PM - 1	PM - 2	PM - 3	mg/l
MATERIALES EN SUSPENSION (SST)	117.00	45.00	51.00	62.00	mg/l
DBO5	151.60	34.00	24.80	32.80	mg/l
DQO	379.00	85.00	62.00	82.00	mg/l





D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

Anexo 03: Panel Fotográfico



Figura 18: Fotografía Punto de Muestreo - 1 Río llave (31/05/2021)



Figura 19: Toma de muestras PM - 1 (31/05/2021)



Figura 20: Fotografía Punto de Muestreo - 2 Río llave (30/06/2021)



Figura 21: Toma de muestras PM - 2 (30/06/2021)



Figura 22: Fotografía Punto de Muestreo - 3 Río Ilave (30/07/2021)



Figura 23: Toma de muestras PM - 3 (30/07/2021)



Figura 24: Transporte de muestras (30/08/2021)



Figura 25: Punto de acceso hacia el camal de llave (30/08/2021)



Figura 26: Entrevista con poblador de la zona aledaña al camal de llave (31/07/2021)

Anexo 04: Procesamiento con T-Student

PROCEDIMIENTO ANDEVA TEMPERATURA

CV 11.54

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	74.8	24.93	11.38	0.002	**
Tratamiento	3	64.39	21.46	9.8	0.0034	**
Error	9	19.71	2.19			
Total	15	158.91				

Prueba del rango estudentizado de Tukey TEMPERATURA
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Bloque
A	14.950	4	mayo
A			
A	14.775	4	agosto
A			
B A	11.800	4	julio
B			
B	9.770	4	junio

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	16.025	4	Efluente
A			
B A	12.975	4	Río luego de la descarga
B			
B	11.470	4	Río 100 m después
B			
B	10.825	4	Río 100 m antes

PROCEDIMIENTO ANDEVA CONDUCTIVIDAD

CV 4.74

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	23780.19	7926.73	1.54	0.27	NS
Tratamiento	3	18736837.7	6245612.56	1212.2	<.0001	**
Error	9	46370.56	5152.28			
Total	15	18806988.4				

Prueba del rango estudentizado de Tukey CONDUCTIVIDAD
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	3387.50	4	Efluente
B	895.00	4	Río 100 m antes
B			
B	891.50	4	Río luego de la descarga
B			
B	878.75	4	Río 100 m después

PROCEDIMIENTO ANDEVA SALINIDAD

CV 7.49

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	0.001875	0.00062	0.36	0.7834	NS
Tratamiento	3	6.3818	2.1272	1225.32	<.0001	**
Error	9	0.015	0.0017			
Total	15	6.39				

Prueba del rango estudentizado de Tukey SALINIDAD
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	1.65000	4	Efluente
B	0.20000	4	Río luego de la descarga
B			
B	0.20000	4	Río 100 m después
B			
B	0.17500	4	Río 100 m antes

PROCEDIMIENTO ANDEVA TDS

CV 4.20

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	7773.188	2591.06	2.99	0.0883	NS
Tratamiento	3	3985565.68	1328521.89	1533	<.0001	**
Error	9	7799.56	866.618			
Total	15	4001138.43				

Prueba del rango estudentizado de Tukey TDS
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	1565.25	4	Efluente
B	418.00	4	Río 100 m antes
B			
B	412.50	4	Río luego de la descarga
B			
B	407.50	4	Río 100 m después

PROCEDIMIENTO ANDEVA SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

CV 50.40

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	11938.407	3979.46	2.51	0.1245	NS
Tratamiento	3	35640.56	11880.18	7.5	0.0081	**
Error	9	14265.7	1585.07			
Total	15	61844.67				

Fuente: Elaboración propia

Prueba del rango estudentizado de Tukey SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	159.95	4	Efluente
B	62.40	4	Río luego de la descarga
B			
B	48.80	4	Río 100 m después
B			
B	44.80	4	Río 100 m antes

PROCEDIMIENTO ANDEVA pH

CV 3.67

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	3.9518	1.3172	15.02	0.0008	**
Tratamiento	3	1.9046	0.6348	7.24	0.009	**
Error	9	0.7895	0.0877			
Total	15	6.6459				

Prueba del rango estudentizado de Tukey pH
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Bloque
A	8.8625	4	mayo
B	8.0850	4	junio
B	7.7275	4	agosto
B	7.5775	4	julio

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	8.4250	4	Río luego de la descarga
A	8.3725	4	Río 100 m después
A	7.8375	4	Río 100 m antes
B	7.6175	4	efluente

PROCEDIMIENTO ANDEVA OXÍGENO DISUELTO

CV 21.78

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	2	3.1505	1.5752	0.59	0.5847	NS
Tratamiento	3	99.2596	33.0865	12.34	0.0056	**
Error	6	16.0851	2.6808			
Total	11	118.4953				

Prueba del rango estudentizado de Tukey OXÍGENO DISUELTO
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	10.980	3	Río 100 m después
A	8.830	3	Río 100 m antes
A	7.125	3	Río luego de la descarga
B	3.133	3	Efluente

PROCEDIMIENTO ANDEVA DBO₅

CV 97.81

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	16144.25	5381.41	1.79	0.2198	NS
Tratamiento	3	30908.75	10302.91	3.42	0.0662	NS
Error	9	27122.75	3013.63			
Total	15	74175.75				

PROCEDIMIENTO ANDEVA DQO

CV 20.29

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	3048.1875	1016.0625	1.27	0.3423	NS
Tratamiento	3	415428.68	138476.22	172.97	<.0001	**
Error	9	7205.0625	800.56			
Total	15	425681.938				

Prueba del rango estudentizado de Tukey DQO

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	418.25	4	Efluente
B	53.25	4	Río 100 m antes
B			
B	51.50	4	Río luego de la descarga
B			
B	34.75	4	Río 100 m después

PROCEDIMIENTO ANDEVA COLIFORMES TOTALES

CV 44.54

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	611.1682	203.7227	2.18	0.1602	NS
Tratamiento	3	382.0641	127.3547	1.36	0.3153	NS
Error	9	841.4052	93.4894			
Total	15	1834.6376				

PROCEDIMIENTO ANDEVA COLIFORMES FECALES

CV 117.5

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	3	124.7247	41.5749	0.7	0.5771	NS
Tratamiento	3	51.4068	17.1356	0.29	0.8336	NS
Error	9	537.0188	59.6687			
Total	15	713.1504				

PROCEDIMIENTO ANDEVA ISQA

CV 12.36

Fuente	GL	Suma Cuadrados	Cuadrado de la Media	FC	Pr>F	SIG
Bloque	2	387.38	193.69	6.32	0.0578	NS
Tratamiento	2	256.82	128.41	4.19	0.1044	NS
Error	4	122.63	30.65			
Total	8	766.84				