



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



### TESIS

#### EFFECTOS DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DEL CAMAL MUNICIPAL EN EL RÍO ILAVE Y PROPUESTA TECNOLÓGICA AMBIENTAL PARA SU TRATAMIENTO – 2018

PRESENTADA POR:

JAVIER ESTRELLA PACCA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRO EN ECOLOGÍA  
MENCIÓN EN EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2021



## DEDICATORIA

- A Dios por cuidarme durante todo el proceso de formación que empecé y terminé mi Post Grado.
- A mis queridos padres Enrique y Elena, que siempre me han apoyado y ayudado para que pueda superarme y finalmente cristalizar mis metas propuestas para lograr mis objetivos.
- A los amigos y familiares que constantemente me impulsaron en busca de nuevos retos y desafíos, afirmando su confianza en las aptitudes que con el transcurso de la amistad se fortalecen.



## AGRADECIMIENTOS

- A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano al Programa de Maestría en Ecología, a los docentes que me impartieron sus conocimientos.
- Al Dr. Juan José Pauro Roque, por su esfuerzo y experiencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mi investigación con éxito.
- A los miembros del jurado, por sus importantes sugerencias en la ejecución y elaboración del presente trabajo de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
1.1 Marco teórico	2
1.1.1 Efluentes del matadero municipal	2
1.1.2 Origen y composición de los efluentes residuales de un matadero	6
1.1.3 Manejo de residuos de un matadero	7
1.1.4 Estabilización de residuos de un matadero	8
1.1.5 Etapas del proceso de faenado de animales	9
1.1.6 Normas ambientales relacionadas a efluentes de un matadero	11
1.2 Antecedentes	28
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
2.1 Identificación del problema	35
2.2 Enunciados del problema	36
2.3 Justificación	36
2.4 Objetivos	37
2.5 Hipótesis	37
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1 Lugar de estudio	39
3.2 Población	40
3.3 Muestra	40
3.4 Método de investigación	41
	iii



3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	38
-----	--	----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Valores de DBO <sub>5</sub> , SDT, pH y coliformes termotolerantes en efluentes del camal municipal de Ilave.	46
4.2	Valores fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave a 100 y 200 m de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave.	51
4.3	Propuesta de tecnología ambiental apropiada para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del camal municipal de Ilave.	62
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	74
	BIBLIOGRAFÍA	75
	ANEXOS	87

Puno, 30 de julio del 2021

**ÁREA:** Ecología – Evaluación de Impacto Ambiental.

**TEMA:** Efectos de los efluentes líquidos del Camal Municipal en el río Ilave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento.

**LÍNEA:** Recursos Naturales y Medio Ambiente.



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Principales contaminantes que poseen los efluentes de los mataderos.	2
2. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero.	4
3. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero.	4
4. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero, según los animales faenados.	5
5. Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticos en el sistema de alcantarillado sanitario.	11
6. Indicadores de concentraciones en los efluentes de un matadero industrial.	12
7. ECAs de agua para la conservación del ambiente acuático. (categoría 4)	12
8. Cifras promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	47
9. Cifras comparativas de la DBO <sub>5</sub> (mg/l) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	51
10. Cifras comparativas de SDT (mg/l) a 100 m. y 200 m. de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	54
11. Cifras comparativas del pH (unidades) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	57
12. Cifras comparativas de recuentos de coliformes termotolerantes (NMP/100ml.) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Principales contaminantes que poseen los efluentes de los mataderos.	2
2. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero.	4
3. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero.	4
4. Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero, según los animales faenados.	5
5. Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticos en el sistema de alcantarillado sanitario.	11
6. Indicadores de concentraciones en los efluentes de un matadero industrial.	12
7. ECAs de agua para la conservación del ambiente acuático. (categoría 4)	12
8. Cifras promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	47
9. Cifras comparativas de la DBO <sub>5</sub> (mg/l) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	51
10. Cifras comparativas de SDT (mg/l) a 100 m. y 200 m. de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	54
11. Cifras comparativas del pH (unidades) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	57
12. Cifras comparativas de recuentos de coliformes termotolerantes (NMP/100ml.) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018.	60



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Análisis de la varianza de los valores de DBO <sub>5</sub> en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.	88
2. Análisis de la varianza de los valores de SDT en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.	88
3. Análisis de la varianza de los valores de pH en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.	88
4. Análisis de la varianza de los valores de coliformes termotolerantes transformados a logaritmo natural (LN) en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.	89
5. Georreferenciación de puntos de muestreo con GPS del vertimiento del camal municipal Ilave.	90



## RESUMEN

El problema es el vertimiento directo del efluente del Camal Municipal de Ilave (CMI) al río Ilave, la cual está alterando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los objetivos fueron: a) determinar los valores de  $DBO_5$ , SDT, pH y coliformes termotolerantes en los efluentes del camal municipal de Ilave, b) evaluar los valores de  $DBO_5$ , SDT, pH y coliformes termotolerantes del río Ilave a 100 y 200 m. de distancia de la desembocadura de los efluentes del CMI y c) proponer una tecnología ambiental para el tratamiento de los efluentes del CMI. La metodología inició con la toma de muestras del efluente del CMI, se colectaron muestras de agua del río Ilave a 100 y 200 m. del punto de emisión de los efluentes del CMI, se determinaron la  $DBO_5$ , SDT, pH y coliformes termotolerantes y se realizó la revisión de investigaciones sobre tratamientos de efluentes del CMI aplicables en Ilave. Los resultados fueron, los efluentes del CMI, presentaron valores de  $DBO_5$ , SDT, pH y coliformes totales, superiores a las normas vigentes, a continuación, estuvieron a los 100 m. de distancia y a 200 m. de la desembocadura, existen tecnologías anaeróbicas, biodiscos, lodos activados y fitorremediación, estas últimas fueron las que presentaron mejores resultados y son las más adecuadas para la región. Se concluye que las aguas del río Ilave sufre efectos de contaminación por los efluentes del CMI, los lodos activados y la fitorremediación son las alternativas más adecuadas para su tratamiento.

**Palabras clave:** camal, coliformes, efluente, fisicoquímico, Ilave.



## ABSTRACT

The problem is the direct discharge of effluent from the municipal Meat Processing Center (CMI) of Ilave to the Ilave River, which would be altering the physicochemical and microbiological parameters. The objectives were: a) to determine the values of DBO<sub>5</sub>, SDT, pH and thermotolerant coliforms in the effluents of the municipal CMI of Ilave, b) to evaluate the values of DBO<sub>5</sub>, SDT, pH and thermotolerant coliforms of the Ilave river at 100 and 200 m. from distance from the mouth of the municipal CMI effluents and c) propose environmental technologies applied nationally and internationally for the treatment of CMI effluents. The methodology began with the sampling of the CMI effluent, water samples were collected from the Ilave river 100 and 200 m. from the point of emission of the CMI effluents, the DBO, SDT, pH and thermotolerant coliforms were determined and the review of research on CMI effluent treatments applicable in Ilave. The results were, the effluents of the CMI, presented values of DBO, SDT, pH and total coliforms, higher than the current standards, then, they were 100 m. away and 200 m. from the mouth, there are anaerobic technologies, biodisks, activated sludge and phytoremediation, the latter were the ones that presented the best results and are the most suitable for the region. It is concluded that the waters of the Ilave River suffer contamination effects by the effluents of the CMI, the activated sludge and the phytoremediation are the most suitable alternatives for its treatment.

**Keywords:** coliforms, effluent, Ilave, physicochemical, slaughterhouse.

## INTRODUCCIÓN

El río Ilave, es uno de los principales ríos de la cuenca del Titicaca y los habitantes ribereños lo utilizan como fuente de forraje y agua para su ganado vacuno, ovino, entre otros, es fuente de alimentos proteicos como peces como la trucha arco iris silvestre para la población, por otro lado, es uno de los más importantes tributarios del lago Titicaca, para la conservación de la vida acuática, es la fuente de agua a potabilizar para el consumo humano en la localidad de Ilave y demás actividades antrópicas, como fuente de agua dulce constituye un recurso limitado, muy vulnerable y escaso, por lo que se debería consérvalos mediante un manejo y tratamientos idóneos para el consumo de la población.

Es por ello la investigación, se analizaron los parámetros fisicoquímicos tales como la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), los sólidos disueltos totales (SDT), el pH y el recuento de coliformes termotolerantes, también se realiza una revisión de información nacional e internacional a partir de bibliografía actualizada, tesis y artículos científicos de revistas indizadas, como propuestas de alternativas de solución ante la contaminación del agua del río Ilave producto del ingreso de efluentes del Camal Municipal Ilave (CMI), conocido como el camal de Ilave.

La Maestría en Ecología mención Evaluación de Impacto Ambiental, con la investigación brinda información valiosa de la composición fisicoquímica y bacteriológica del efluente que produce el Camal Municipal de Ilave y del impacto ambiental directo al cuerpo de agua e indirecto a las poblaciones ribereñas, por lo que también se plantean alternativas de biorremediación ambiental las cuales podrían ser aplicadas al mencionado CMI, mitigando la contaminación y conduciendo a la conservación de los recursos hídricos satisfaciendo necesidades actuales para mejorar sus condiciones de vida y salud.

La estructura del informe de investigación final (tesis) es: el Capítulo I, consta del marco teórico y los antecedentes; el Capítulo II, consta del planteamiento de problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis; el Capítulo III, consta de los materiales y métodos; el Capítulo IV, lo conforman los resultados y la discusión; seguidamente viene las conclusiones, las recomendaciones, la bibliografía utilizada y los anexos, donde se encuentran los análisis estadísticos, las fotografías y los certificados de los análisis.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1 Efluentes del matadero municipal

Los efluentes del matadero, son residuos líquidos producidos que contienen sangre, rumen, pelos, grasas, proteínas. Según el MINAM España (2005), la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) (Tabla 1), reporta que los principales parámetros que definen las características químicas de las aguas residuales del matadero se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 1

*Principales contaminantes que poseen los efluentes de los mataderos*

<b>Parámetros</b>	<b>Principales Fuentes</b>
Materia orgánica (DQO, COT)	Sangre, purín / estiércol, contenidos estomacales, etc.
Sólidos en suspensión	Purín / estiércol, contenidos estomacales, pelos, restos de carnes, etc.
Aceites y grasas	Aguas de lavado de canales, etc.
Amonio y urea	Purín / estiércol, sangre, etc.
Fosfatos, nitrógeno y sales	Purín / estiércol, contenidos estomacales, sangre, producción detergentes y desinfectantes.
Detergentes y desinfectantes	Productos detergentes y desinfectantes.

---

Conductividad eléctrica	En los mataderos con tratamiento y preparación de los intestinos y vísceras, podrían haber elevada conductividad si se perdieran cantidades importantes de la sal que se usa para salar estas o si se salaran pieles del vacuno sacrificado.
-------------------------	--

---

Fuente: MINAM – España (2005).

Según la EOI (2008), en general, estos efluentes contienen: sangre, estiércol, pelos, plumas, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. Los vertidos generados en los mataderos de tipo polivalente (sacrificio de ganado porcino, vacuno, ovino, etc.) presentan las siguientes principales características:

- a) **Presencia de sangre:** en función del tipo de sistema de recuperación de sangre dentro del matadero, se puede tener distintos tipos de vertido. Un exceso en el vertido de sangre puede acarrear graves problemas en la planta de tratamiento, debido fundamentalmente al aumento de materia nitrogenada y orgánica con el consiguiente incremento de la DQO y DBO<sub>5</sub>.
- b) **Presencia de grasas:** al tratarse de residuos animales existe gran presencia de grasas, que deberían eliminarse para aumentar la tratabilidad del vertido.
- c) **Presencia de sólidos decantables:** existe una gran cantidad de sólidos que decantan fácilmente. Se trata de restos de piel y estiércol. Esto hace preciso una agitación en la balsa de homogeneización.
- d) **Presencia de pelos y restos animales:** pelos y restos de vísceras en el vertido.

En la GMTD (2005), se encuentra la tabla siguiente con los rangos de variación y el valor promedio de concentración de los principales parámetros químicos de las aguas residuales de matadero (Tabla 2). Las concentraciones pueden variar ampliamente de una instalación a otra y en presentar valores bastante diferentes a los expuestos.

Tabla 2

*Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero*

Parámetro	Máximo	Mínimo	Promedio
Demanda química de oxígeno (mg/l)	35,000	774	10,259
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	5,350	500	2,550
Sólidos en suspensión SS (mg/l)	5,000	220	2,102
Aceites y grasas A y G (mg/l)	1,200	23	474
Nitrógeno total NT (mg/l)	750	48	252
Fósforo total PT (mg/l)	90	10	40
Cloruros (mg/l)	1,000	649	825
pH	8	6	7

Fuente: MINAM – España (2005).

A título indicativo, los valores contaminantes medios diarios de los vertidos generados por los mataderos (Tabla 3), habitualmente se encuentran dentro del rango que se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 3

*Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero*

Parámetros	Valor (mg/l)
DQO	3,000 – 6,000
DBO <sub>5</sub>	500 – 3,000
Sólidos suspendidos	1,000 – 2,500
pH (unidades de pH)	6.8 – 8.0
Aceites y grasas	500 – 1,500
NTK	150 – 300
NH <sub>4</sub>	65 – 80
PO <sub>4</sub>	20 – 25

Fuente: (EOI, 2008).

Otros autores (Tabla 4), indican lo siguiente:

Tabla 4

*Valores de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de un matadero, según los animales faenados*

<b>Parámetro</b>	<b>Matadero aves</b>	<b>Matadero vacunos, ovinos, porcinos</b>	<b>Industria cárnica integral</b>	<b>Salas despiece</b>
Consumo de agua (m <sup>3</sup> /t)	7.5	8.2	5	1.8
DBO <sub>5</sub> (mg/l.)	916	1,750	2,000	418
DQO (mg/l.)	1,799	2,938	4,700	1,170
SS (mg/l.)	390	647	834	375
NT (mg/l.)	-	73	-	-
PT (mg/l.)	-	29	-	-
Aceites y grasas (mg/l.)	-	28	-	-
Contaminación generada	-	-	-	-
Kg. DBO <sub>5</sub> /t	6.2	12.2	12.5	0.7
DQO / DBO <sub>5</sub>	2	1.9	1.9	2.8

Fuente: Salas y Condorhuamán (2008).

En el Decreto Supremo N° 015-2012-AG, se aprueban el Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto, con respecto a los efluentes – líneas de drenaje manifiesta: “Todas las áreas donde se trabaje con agua, deben disponer de un sistema de canaletas de desagüe provistos de rejillas y trampas. La pendiente de las canaletas y tuberías de agua residuales deber ser de uno (01) por ciento para los canales abiertos y de agua de lavado; de dos (02) por ciento para las tuberías de aguas negras; y, de tres (03) a cinco (05) por ciento para las tuberías de aguas grasas y sanguinolentas.

Los drenajes deben ser independientes y tener diámetro suficiente para evitar estancamientos; estos drenajes no se conectarán con líneas regulares del establecimiento ni de servicios higiénicos. Cada drenaje del piso, incluyendo los utilizados para la sangre debe tener una trampa. Las líneas de drenaje deben estar ventiladas apropiadamente, comunicadas con el exterior y equipadas con malla metálica para el control de los roedores. Conforme vayan desembocando las líneas de drenaje en otras troncales, el diámetro se irá ampliando proporcionalmente para evitar obstrucciones.

Dentro del establecimiento, las líneas de drenaje de los servicios higiénicos no deben conectarse con otras líneas de canaletas de desagüe. Es obligatorio que el matadero cuente con un sistema de tratamiento de efluentes apropiado y suficiente para tratar todo el volumen que genera la máxima capacidad de carga; el efluente resultante sólo será evacuado al colector público previo tratamiento según la normativa vigente al respecto.

### **1.1.2 Origen y composición de los efluentes residuales de un matadero**

Para realizar los procesos de trabajo de un matadero, así como para mantener las condiciones higiénicas, es necesario un consumo elevado de agua, que podría establecerse en aproximadamente unos cinco litros de agua por kilo de peso vivo del animal. Para las aves, se estima entre 5 y 10 litros de agua por animal. Otros autores indican los siguientes intervalos de consumos de agua, para vacunos de 500 a 1000 litros por pieza y para porcinos de 250 a 550 litros por pieza (EOI, 2008).

En la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) en España del Sector Cárnico (2005) editada por el Ministerio de Medio Ambiente, se indica que el consumo de agua de un matadero en España está comprendido en el rango de 1- 6.4 m<sup>3</sup>/t de canal (valor promedio de 3.4 m<sup>3</sup>/t canal). Este valor incluye el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, es decir, tanto la que se emplea en la zona de matadero propiamente dicha como la utilizada en operaciones auxiliares. Estos valores de consumo de agua están por debajo de los citados en estudios de otros países 2.6 – 20 m<sup>3</sup>/t. de canal. El consumo de agua se incrementa notablemente cuando en el mismo establecimiento industrial se realizan operaciones de acondicionamiento de subproductos (vísceras, intestinos, etc.) (EOI, 2008).

La producción de carne de vacunos, con un peso promedio de 340 kg. producen una cantidad de producción de heces y orina de 20.3 kg/día y una DBO<sub>5</sub> de 544 g/día. Por otro lado, la producción de carne de porcinos, con un peso promedio de 91 kg, producen una cantidad de producción de heces y orina de 5.90 kg/día y una DBO<sub>5</sub> de 177 g/día; mientras que la producción de carne de ovinos, con un peso promedio de 45 kg, producen una cantidad de producción de heces y orina de 1.8 kg/día y una DBO<sub>5</sub> de 41 g/día (MINAM España, 2005).

### 1.1.3 Manejo de residuos de un matadero

Salas y Condorhuamán (2008), mencionan los siguientes residuos producidos en un matadero:

#### a. La sangre

Es necesario recolectar la mayor parte de la sangre directamente en el área de degüello y sangrado. Con este fin, se debe adecuar un tanque de recolección lo suficientemente fuerte para soportar el peso de operarios y animales (debe encontrarse ubicado bajo el nivel del suelo para que no interfiera con las actividades productivas), que permita conducir la sangre separada del agua de lavado, por tuberías instaladas especialmente para este propósito, hasta un tanque de almacenamiento. Para dimensionar ambos tanques (de recolección y de almacenamiento) se tiene en cuenta que de una res adulta se obtienen alrededor de 9.2 litros de sangre fresca, en promedio, y que para maniobrar las reses en el área de sangrado se requieren alrededor de 6 m<sup>2</sup> (por observación directa en el área y las jornadas laborales).

#### b. Rumen y estiércol

Para asegurar la recolección de la mayor cantidad posible de este tipo de residuos, deben realizarse adecuaciones en la infraestructura de las áreas de trabajo que principalmente consisten de la instalación de rejas y tamices finos removibles, de acero inoxidable, en los cuales el diámetro de los orificios no debe superar los 3 mm para que permitan el funcionamiento normal de las instalaciones y la recolección constante de la mayor parte de los residuos más pequeños. Estos tamices deben ubicarse en las áreas donde se realicen actividades o procedimientos que generen residuos de menor tamaño, es decir, en los desagües de las áreas de lavado de contenidos estomacales, intestinales y de otros órganos internos, así como en los desagües de las áreas comunes de trabajo hasta donde los remanentes de los mismos puedan ser arrastrados. Pero no basta con adecuar las infraestructuras. También deben optimizarse los procesos desde la perspectiva de la producción más limpia, por lo que el lavado de los contenidos estomacales de las reses debe hacerse en seco o utilizando tan poca agua como sea posible. De forma similar debe realizarse la limpieza de los corrales y las áreas de pesaje. Para el posterior diseño de los métodos de estabilización de este tipo de residuos debe tenerse en cuenta que una res

genera en promedio 40 kg. de rumen y 10 kg. de estiércol, equivalentes a 0.05 m<sup>3</sup> en volumen aproximadamente.

### **c. Residuos sólidos finos y gruesos**

Los demás residuos sólidos finos como pelos, pequeñas fracciones de hueso y carne, entre otros, pueden ser adicionados al rumen y al estiércol durante el proceso de recolección. Los desechos más grandes deben ser recogidos aparte ya que requieren más tiempo y recursos para su descomposición y de esto depende el éxito de su manejo. Existen diversos métodos para disponer adecuadamente de este tipo de residuos, como el reciclaje (en la producción de harinas, alimentos para animales, cepillos, entre otros), el enterramiento, la disposición final en relleno sanitario, la incineración y la descomposición natural controlada. Excepto la descomposición natural controlada, todas las opciones demandan terrenos, inversiones, equipos y personal que un municipio pequeño no está en la capacidad de costear por sí solo, razón por la cual utilizan la opción más económica. Lo que sí puede hacerse con los limitados recursos de los que se dispone es minimizar los impactos ambientales asociados a este tipo de disposición de residuos (principalmente generación de olores ofensivos y generación de vectores infecciosos), mediante consideraciones como la ubicación aislada o lejana de los sitios de disposición con respecto a pobladores y áreas productivas, la protección contra el agua y la impermeabilización de los sitios escogidos, además de la adición periódica de cal para estabilizar en cierta medida los procesos de descomposición.

#### **1.1.4 Estabilización de residuos de un matadero**

Con el fin de estabilizar los residuos pueden ser utilizados diferentes métodos, cada uno con requerimientos, procedimientos y productos resultantes diferentes. Especialmente por su baja complejidad en implementación y operación, se optó por el compostaje. El compostaje de residuos orgánicos como el rumen, el estiércol y la sangre, es un proceso aerobio en que los microorganismos, en medio oxigenado, descomponen los residuos orgánicos alimenticios. El producto final, compost, consta de minerales y humus (material orgánico complejo) (Uicab y Sandoval, 2003).

El compostaje es un proceso simple, que requiere relativamente poco espacio, infraestructura, mano de obra y herramienta menor para su realización. Además, genera valor agregado al material orgánico tratado, al convertirlo en abono orgánico

ambientalmente amigable y de alta calidad. Un uso adecuado de estos desechos, no solamente redundará en beneficio de la producción agropecuaria, sino que también contribuirá a mejorar la protección al ambiente, ya que se evitarían que desechos como la sangre y el contenido ruminal, sean vertidos a los arroyos y ríos sin ninguna consideración sanitaria previa (UTP, 2004).

### **1.1.5 Etapas del proceso de faenado de animales**

Según Salas y Condorhuamán (2008), en su publicación de “Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o matadero de ganado”, mencionan que las etapas del proceso de faenado de animales poseen las siguientes etapas:

#### **a. Estabulación**

Una vez que los animales son transportados al matadero, estos permanecen en los establos, bajo ayuno y dieta hídrica al menos 24 horas antes de ser sacrificados. Este es un punto crítico en cuanto a la emisión de olores y es una de las causas de que los mataderos sean considerados como actividades molestas. Durante la estabulación de los animales se producen cantidades importantes de estiércol y eyecciones (orina) que son factores de impacto relevantes.

#### **b. Desangrado**

En la línea de sacrificio y antes del desangrado, los animales son lavados y luego aturdidos. Se emplea en el caso del ganado vacuno pistolas de punzo penetrante, mientras que para el ganado porcino se emplean descargas eléctricas. Una vez que es aturdido y colgado el ganado vacuno, se procede al degollado y desangrado de los animales.

#### **c. Escaldado**

En los mataderos polivalentes, la operación de escaldado depilado se realiza con el ganado porcino, debido a que la carne de cerdo se comercializa con piel incluida. Con la operación de escaldado se elimina el pelo que cubre la superficie de los cerdos y para ello se utiliza agua lo suficientemente caliente que asegure su caída. Posteriormente, se realiza un depilado por medio de rodillos que permiten retirar prácticamente la totalidad de las cerdas presentes en la piel de los cerdos.

Una vez que los cerdos son depilados por escaldado y rascado, son sometidos a un proceso de chamuscado con un soplete para quemar aquellas cerdas que no han sido eliminadas en el proceso anterior, tanto por su dureza como por su accesibilidad. En el caso del ganado vacuno, tras el desangrado, se procede a la eliminación de la piel. Esta operación se realiza a mano, o bien por tracción con la ayuda de máquinas automáticas. Las pieles son retiradas de la línea de producción para ser empleadas; posteriormente, como subproducto en la producción de cuero.

#### **d. Evisceración**

La evisceración es una operación delicada desde el punto de vista de la higiene. Durante esta etapa se liga el esófago y el recto para evitar cualquier contaminación procedente del tracto intestinal. Simultáneamente a esta operación, se realiza una inspección sanitaria prestando especial interés a los pulmones, el hígado, los ganglios linfáticos, el bazo y el corazón. Una vez eviscerados los animales, se dividen por medio de sierras obteniéndose las medias carcasas.

#### **e. Limpieza de carcasas**

Obtenidas las carcasas, se realiza su limpieza con agua clorada, para eliminar la contaminación superficial compuesta principalmente por microorganismos y restos de sangre.

#### **f. Refrigeración**

Esta operación de preservación de las carcasas se realiza en dos fases. En la primera fase se introducen en cámaras de oreo a una temperatura de entre  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con el objetivo de reducir rápidamente el calor corporal de las carcasas que en ese momento ronda los  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tras unas dos horas, los canales son almacenados en cámaras a una temperatura de entre  $0$  y  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (segunda etapa) donde permanecen hasta su posterior traslado a las salas de despiece.

#### **g. Despiece y categorización**

En estas instalaciones las carcasas y medias carcasas procedentes del matadero son deshuesadas y divididas en partes más pequeñas. La operación de despiece se realiza en una sala refrigerada para reducir al máximo la contaminación de la carne, que es especialmente delicada en esta fase.

## h. Refrigeración

El producto final se refrigera como sistema de conservación antes de su despacho o destino final.

## i. Limpieza e higiene

Tanto la limpieza como la desinfección son consideradas como operaciones de máxima importancia y se incluye como un paso más en el proceso productivo.

### 1.1.6 Normas ambientales relacionadas a efluentes de un matadero

#### a. Límites máximos permisibles

Los efluentes líquidos del camal municipal Ilave deberán cumplir con alguna normatividad, pero el Perú no cuenta dichas normas, por ello los valores obtenidos en la investigación serán contrastados con las emanadas en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, que Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (Tabla 5), a continuación, se presentan los valores emanados en el Perú como en Nicaragua (Tabla 6).

Tabla 5

*Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticos en el sistema de alcantarillado sanitario*

Parámetro	Unidad	VMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	500
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	1,000
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/l	500
Aceites y grasas (A y G)	mg/l	100
pH	unidad	6 – 9
Sólidos sedimentables	MI/l/h	8.5
Temperatura	°C	< 35

**Fuente:** D. S. N° 021-2009-VIVIENDA.

Tabla 6

*Indicadores de concentraciones en los efluentes de un matadero industrial*

Parámetro	Matanza de cerdos	Matanza de reses
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1,250	2,000
DQO (mg/l)	2,500	4,000
Sólidos suspendidos (mg/l)	700	1,600
Nitrógeno total (mg/l)	150	180
Fósforo total (mg/l)	25	27
Grasas y aceites (mg/l)	150	270
pH	7.2	7.2

**Fuente:** Centro de producción más limpia de Nicaragua (2007).

#### **b. Estándares de calidad ambiental (ECAs) de agua**

Los ECAs (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, categoría 4), son las medidas que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos (Tabla 7), presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (OEFA, 2014).

Tabla 7

*ECAs de agua para la conservación del ambiente acuático (categoría 4)*

Parámetros	Unidad de medida	E2: Ríos – Costa y Sierra
<b>Físicos – Químicos</b>		
Aceites y grasas	mg/l	5.0
Cianuro	mg/l	0.0052
Color	Color verdadero Escala PT/Co	20 (a)
Clorofila A	mg/l	0.008
Conductividad	μS/cm	1,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	10

Fenoles	mg/l	2.56
Fósforo total	mg/l	0.05
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/l	13
Amoniaco total (NH <sub>3</sub> )	mg/l	(1)
Nitrógeno total	mg/l	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	≥ 5
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 – 9.0
Sólidos suspendidos totales	mg/l	≤ 100
Sulfuros	mg/l	0.002
Temperatura	°C	Δ 3
<b>Microbiológico</b>		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	2,000

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

(b) Después de la filtración simple.

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

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

#### 4.1.1 Tecnologías ambientales

##### a. Sistema de reactores anaerobios granulares de lecho expandido (EGSB)

La empresa TAERSA (2016), plantea el uso de reactores anaerobios granulares de lecho expandido (EGSB) que fueron aplicados en altas velocidades de carga (15 kg DQO/m<sup>3</sup>/día), donde los sólidos suspendidos provocan problemas de estabilidad y lavado de biomasa, se integra a ello la metanogénesis y la desnitrificación en el reactor EGSB lográndose la eliminación del 60% de la materia orgánica y de desnitrificación aproximadamente el 100%, la metanogénesis no es afectada por los nitritos cuando la carga de microorganismos desnitrificantes en el lodo es elevada. La tecnología EGSB (Figura 1) resultó ser adecuada para tratar estos efluentes, como pretratamiento o integrada con un reactor aerobio para eliminar carbono y nitrógeno. En el post –

tratamiento de efluentes de matadero, los reactores de fangos activos, serán utilizados para la incrementar la nitrificación, trabajando a pH neutros para que no sean inhibidos las bacterias *Nitrobacter*. Agregando a ello, un tratamiento combinado de EGSB y de fangos activos lograrían disminuir hasta el 90% en carbono y nitrógeno, disminuyendo la nitrificación al aumentar la velocidad de carga hidráulica, acentuando los procesos de inhibición (CEPIS, 2003).

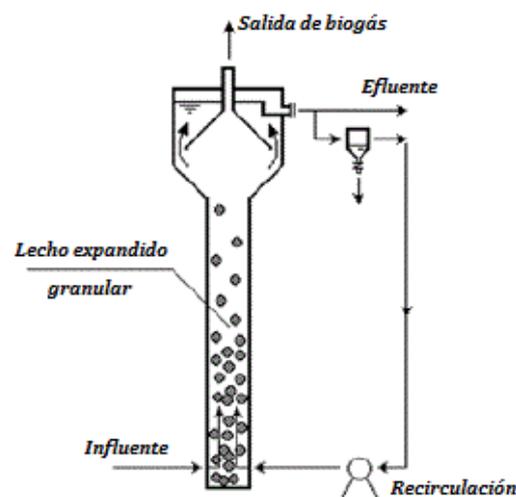


Figura 1. Esquema de un reactor anaerobio granular de lecho expandido (EGSB).

Fuente: TAERSA (2016).

Asimismo, TAERSA (2016) también otorga las ventajas y desventajas del uso de los reactores anaerobios granulares de lecho expandido (EGSB), entre sus ventajas mencionan: baja producción de lodos (de 3 a 5 veces menor que un sistema aeróbico), baja energía requerida en comparación de un sistema aeróbico, bajo rendimiento de espacio, generación de metano (combustible de alto poder calorífico), posibilidad de preservación de la biomasa sin alimentación por largo períodos, tolerancia de altas cargas orgánicas y bajo consumo de nutrientes; mientras tanto entre las desventajas se mencionan: biomasa anaeróbica susceptible de inhibición por numerosos compuestos, puesta en régimen del reactor puede ser lenta si no se cuenta con ayuda de un inóculo aclimatado, requiere de un post tratamiento para poder cumplir con los límites de vuelco actuales, posibilidad de generación de malos olores, baja tasa de remoción de nutrientes y patógenos y cinética altamente dependiente de temperaturas de efluente (más marcada que en un sistema anaeróbico).

## b. Tratamiento mediante reactor anaeróbico (UASB) de manto de lodos de flujo ascendente

El uso de reactores anaeróbicos UASB para el tratamiento de efluentes del CMI. es recomendado por Romero (2000), y consiste en el ingreso del agua residual al fondo del reactor, fluyendo por un manto de lodos biológicos o microorganismos anaerobios adherido al medio y como las bacterias son fijadas sobre el medio y no son retiradas en el efluente, se obtiene tiempos de retención celular de cien días con tiempos de retención hidráulica cortos, lográndose el tratamiento de aguas residuales a temperatura ambiente, luego del cual sedimentan y son mezcladas por el gas en circulación (Figura 2), se espera la remoción de 25% de materia orgánica, a partir de aguas residuales con DQO de 6767.7 mg/l y DBO<sub>5</sub> de 1371.6 mg/l pero para la elevación de la remoción de materia orgánica recomienda dos reactores que funcionen simultáneamente, cada uno con la mitad del caudal, donde cada reactor poseerá un volumen de 18.28 m<sup>3</sup>, el reactor deberá poseer las siguientes características: altura 4 m ancho 1.51 m largo 3.02 m (Chaux *et al.*, 2009).

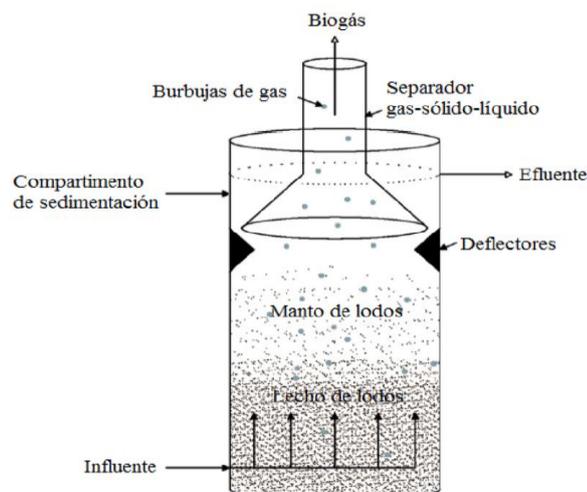


Figura 2. Esquema de un reactor anaeróbico (UASB) de manto de lodos de flujo ascendente.

Fuente: Puebla (2012).

Para que funcione el tratamiento biológico anaeróbico, el cual es un efluente de difícil biodegradabilidad, será viable previa separación de grasas y rumen, y destinándolo a un tratamiento preliminar, luego del reactor, las aguas residuales se riegan sobre el lecho filtrante y percolador altamente permeable, donde se adhieren los microorganismos donde el residuo líquido se infiltra. En la experiencia un agua residual con una DBO<sub>5</sub> de 1,371.6

mg/l. puede lograrse remover el 65% de la DBO<sub>5</sub> inicial, entrando al filtro percolador una DBO<sub>5</sub> de 480 mg/l lo cual debería incrementarse hasta llegar a 137.2 mg/l con lo que se lograría una eficiencia del 71.42% en este sistema (Chaux *et al.*, 2009).

### c. Sistema biológico de lodos activados

Caldera y Gutiérrez (2012), recomiendan el uso de un sistema biológico de lodos activados (Figura 3), dicha experiencia se realizó en aguas residuales del matadero de aves de Zulia (Venezuela), cumplieran con los valores o rangos fisicoquímicos de las normas venezolanas para descargas a red de cloacas (Gaceta Oficial – República de Venezuela, 1995), con un caudal de 12 litros/s. con un promedio de 5,000 pollos/hora, 12 horas de trabajo por día (8 de matanza y 4 de limpieza) y un DBO<sub>5</sub> de 726 kg/día.

El tratamiento de aguas residuales del matadero de aves (Figura 8) está conformado por un tamiz rotatorio, un tanque de separación de aceites y grasas, sistema biológico de lodos activados (reactor biológico y sedimentador secundario) y una cámara de cloración. El sistema de lodos activados deber estar conformado por un digestor aerobio, espesador y lechos de secado, previamente se debe separar las plumas, sangre y vísceras de las aguas residuales de mataderos. Lograron remociones de los parámetros DQO, DBO<sub>5</sub>, A y G, NTK, SST, SSV y P de 89.67%; 98.53%; 92.55%; 97.78%, 94.92%, 96.23% y 8.02%, respectivamente, obteniéndose una remoción eficiente de los parámetros, cumpliéndose con normativa ambiental vigente, pero el tratamiento no fue efectivo en la remoción de fósforo, pero estuvieron debajo de la normativa (Caldera y Gutiérrez, 2012).

Varias investigaciones resultaron eficientes para remover los parámetros fisicoquímicos, entre ellos Rusten *et al.* (1998) determinaron la remoción de DQO del 92%, por otro lado, Márquez y Guevara (2004) lograron la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, A y G, N y P de 94%, 99%, 99%, 98%, 97% y 80%, siendo eficiente para aguas residuales de mataderos de aves, asimismo, Gutiérrez *et al.* (2004) reportan remociones de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST de 91%, 89% y 85%, respectivamente.

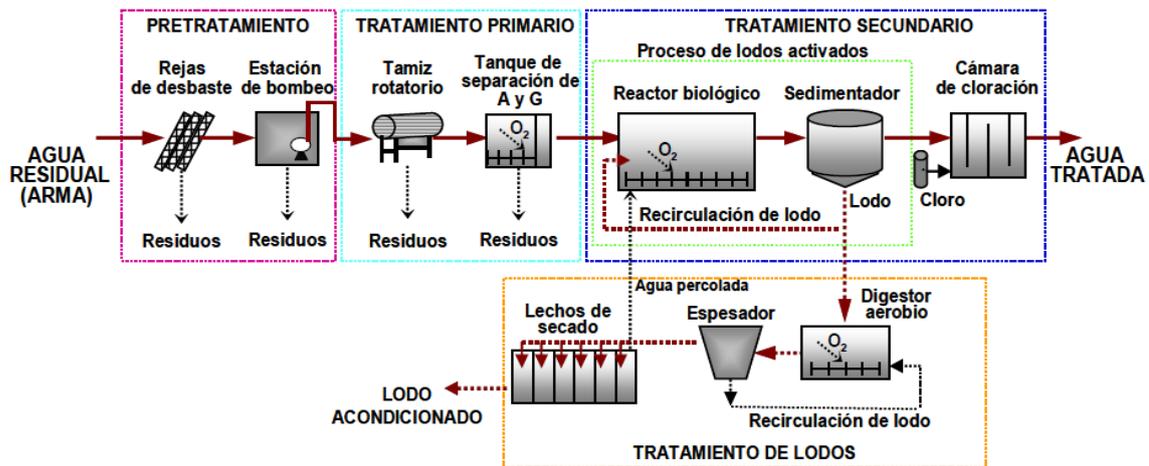


Figura 3. Esquema de las unidades que integran el sistema de tratamiento de las aguas residuales del matadero de aves del Zulia.

Fuente: Caldera y Gutiérrez (2012).

#### d. Sistema de tratamiento de aguas residuales con biodiscos

Núñez y Bustamante (2012), presentan en su investigación la siguiente propuesta con los siguientes pasos y tratamientos: el cribado a través de rejillas de tambor, tiene la función de inmovilizar material grueso (huesos, cueros, cuernos, pelos, entre otros), tiene dimensiones de 3 m de largo, 80 cm de ancho y 1.20 m de profundidad de concreto armado, barandas de 80 cm de alto de tubo de fierro y piso liso; el desarenador es un tanque con las mismas dimensiones del tanque de sedimentación con una velocidad a 30 cm/s. donde se inyecta aire a un centímetro de alto del fondo del tanque y así ocasionar la decantación de la arena; la coagulación y la sedimentación, se debe aplicar coagulantes como sulfato ferroso, cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato de aluminio o polielectrolitos orgánicos, que al disolverse se forman cargas iónicas, repeliendo a las partículas coloidales que originan la turbidez, formando los flóculos, a continuación la decantación se llevará en un tanque con una pendiente de 2% con dirección al ingreso. La deshidratación de lodos se realiza a través de un lecho de secado de lodos debe tener una altura de 1 m. por 4 m de ancho x 4 m de largo de concreto armado, a partir de ellos se obtiene la producción de fertilizante. El tratamiento con biodiscos, se realiza con biodiscos que giran a una velocidad de 5 rpm alrededor de un eje perpendicular a todos ellos, dentro de un tanque impulsado por un motor que le hará girar. Finalmente se realizará la cloración según el caudal que salga del tanque de biodiscos, al final se obtendrá un efluente para riego de áreas verdes.

La calidad del efluente residual del camal municipal de la ciudad de Moyobamba, donde se realizó la aplicación de biodiscos, tuvo las siguientes características: un pH promedio es 8.3 indicando no existir formación de sustancias tóxicas, la  $DBO_5$  promedio fue 438.3 mg/l, que indica escasez de oxígeno en el efluente, generándose la putrefacción de los sólidos originando malos olores en el área de influencia, sobrepasando del límite máximo permisible, de 250 mg/l; la DQO con promedio es 628 mg/l lo que exterioriza que parte de la materia orgánica no fue totalmente degradado, este parámetro sobrepasa el valor permisible de 500 mg/l; los sólidos totales suspendidos promedio fue de 1558 mg/l indicando formación de fangos y condiciones anaeróbicas al interior, éste parámetro sobrepasa el valor máximo permisible de 300 mg/l; el contenido de grasas fue de 93.7 mg/l el cual no posee límite; el nitrógeno promedio fue de 4.6 mg/l se encuentra debajo del límite permisible de 50 mg/l y el fosfato promedio es 35.9 mg/l el que se encuentra dentro del límite permisible de 40 mg/l (Núñez y Bustamante, 2012).

#### **e. Tratamiento biológico utilizando microorganismos nativos**

Becerra *et al.* (2015), experimentaron el tratamiento biológico que se constituye en una alternativa eficiente e inocua, el cual utiliza bacterias que se alimentan de la materia orgánica, donde los efluentes residuales de cinco camales de la ciudad de Trujillo, en un primer grupo donde el efluente fue estático (testigo) y el segundo presentó un aireador razón de 0.5 vvm, y luego de tres días de tratamiento, se obtuvo una eficiencia del 83% y 44% en la disminución de la DQO y  $DBO_5$  respectivamente, pero la disminución de aceites y grasas fue mínima, por tanto concluye que el tratamiento de efluentes residuales de camales mediante lodos activados se constituye en una alternativa eficiente para disminuir la contaminación de éstos efluentes.

Carrasquero *et al.* (2015), en su investigación de remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usaron un reactor biológico secuencial (Figura 4) para remover materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo con resultados exitosos mediante la aplicación de lodos activados. Estos reactores, son económicos y generan menor cantidad de subproductos que los sistemas biológicos convencionales (Farabegoli *et al.*, 2004). Experimentalmente, para tratar un efluente de un matadero de reses se utilizó un reactor cilíndrico de 14.5 cm de diámetro y 26 cm de alto, con un volumen de 4 litros, con un volumen de operación de 2 litros, el 30% correspondió a lodo activado y el resto del

volumen correspondió al efluente industrial, alcanzándose valores de remoción de DQO superiores a al 95%, 69% para el NT y 29 % para el PT (Carrasquero *et al.*, 2015).

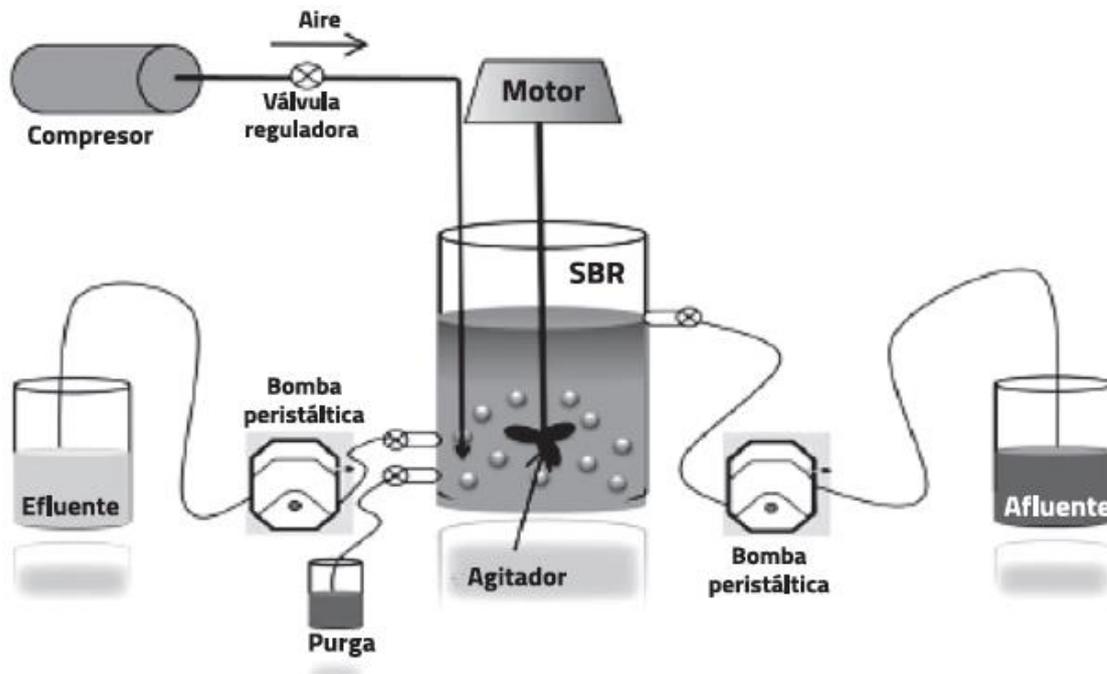


Figura 4. Esquema del reactor por carga secuencial (SBR).

Fuente: Carrasquero *et al.* (2015).

López (2015), determinaron la eficiencia de la laguna de oxidación de aguas residuales del camal municipal del cantón Lago Agrio, tuvieron una eficiencia de remoción de sólidos totales 35.83%, DBO<sub>5</sub> 28.88%, DQO 24.64%, coliformes totales 43.88% y coliformes fecales 89.49%. Las lagunas anaerobias se manejan como primera fase en el tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales, para reducir el contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual, por eso las lagunas funcionan en una serie con lagunas facultativas.

El tratamiento mediante lagunas de oxidación (Figura 5), está constituido por tres tratamientos: El tratamiento preliminar está conformado por rejilla para retirar la carne, huesos, las descarnaduras de pieles y cueros y otros sólidos gruesos de los efluentes, evitándose el bloqueo de bombas o de las tuberías (Veall, 2009), según Manahan, (2006), las rejas deben ser de acero soldadas a un marco que se coloca transversalmente al canal con una inclinación de 30 a 80° respecto a la horizontal, las cuales se pueden limpiarse a mano o mecánicamente. El tratamiento primario, consiste en la sedimentación mediante el asentamiento gravitacional de partículas disueltas más pesadas que el agua (CEPIS,

2005). Los tanques de sedimentación deben ser rectangulares, circulares o cuadrados, donde los primeros pueden tener varias tolvas y los circulares o cuadrados una sola tolva central, con una inclinación de por lo menos  $60^\circ$  con respecto a la horizontal (Nelson, 2006). El tratamiento secundario, consiste en un sistema lagunar (anaeróbica y estabilización), según Menéndez y Díaz (2006), cuando los efluentes poseen elevadas concentraciones de materia orgánica, frecuentemente emplean lagunas anaeróbicas, según Galvín (2006), por regla general, deben ser evitadas en zonas urbanas, el dimensionamiento de ésta unidad será según el control del tiempo de retención en la laguna de oxidación y tenga un grado de depuración eficiente, previo a la descarga al cuerpo de agua (Aguilar, 2012).



Figura 5. Esquema de la planta de tratamiento mediante lagunas de oxidación.

Fuente: Carrasquero *et al.* (2015).

Según Ramalho (2013), un sistema de lagunas presenta las siguientes ventajas: bajo costo de inversión con facilidad constructiva, consumo energético nulo, donde el agua a tratar llega por gravedad a la depuradora, ausencia de averías mecánicas al carecer de equipos, escaso y simple mantenimiento, para evitar la proliferación de mosquitos.

Sin embargo, según Veall (2009), las desventajas de un sistema con lagunas son: se requiere de grandes extensiones de terreno, las lagunas pueden causar impactos negativos sobre las aguas subterráneas y un diseño inapropiado puede generar malos olores.

## f. Fitorremediación de efluentes del matadero

Chacha (2016), diseña un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante humedales con plantas acuáticas para el camal municipal (Ecuador), manifiesta que debe de poseer un sistema de rejas, un canal, una malla porosa, una trampa de grasas, un humedal artificial con lechuguines (*Eichhornia crassipes*) y un filtro a base de carbón activado. Su validación se demostró mediante la caracterización del agua residual obtenida después del tratamiento, lográndose remociones de DQO en 99.5%, DBO<sub>5</sub> 98.7%, aceites y grasa 67.9%, fosfatos 99.5%, nitrógeno total 95.8%, sólidos suspendidos 99.2%, sólidos sedimentables 100%, sólidos totales 99.6% y coliformes fecales 99.99%, por lo tanto, el camal cumplió con los requerimientos fundados en la legislación ambiental.

El tratamiento de las aguas residuales tiene la finalidad de disminuir las alteraciones física, química, bioquímica, biológica, microbiológica y radioactiva de los cuerpos de agua receptores, que está conformado por una cadena de operaciones unitarias que son métodos físicos, que llegan a la eliminación de los contaminantes en base a procesos químicos o biológicos. La propuesta posee procesos unitarios tales como el tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado. Los procesos más importantes a tener en cuenta son la trampa de grasas y los humedales artificiales. La trampa de grasas, son tanques de flotación natural, donde las grasas (sólidos o pastas) y aceites (líquidos) que posee una densidad inferior al agua, se ubican en la superficie líquida y así ser fácilmente retenidos y retirados, asimismo se retiran espumas y otras materias flotantes ligeros que el agua, en caso de no retirarlas originarían distorsiones en los tratamientos posteriores. La trampa de grasas tiene dos compartimentos separados (Figura 6) por una rejilla que impide el paso de sólidos. Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de efluentes residuales y consiste en el cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado, que realiza complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el afluente es depurada progresiva y lentamente.

El proceso de fitorremediación de efluentes de un camal mediante humedales artificiales presentó los siguientes promedios de remoción: sólidos totales 99.66%, sólidos suspendidos 99.21%, fosfatos 99.53%, nitrógeno total 96.32%, hierro 91.28%, sólidos sedimentables 100%, DQO 99.58%, DBO<sub>5</sub> 98.76%, aceites y grasas 67.97% y coliformes fecales 99.99%.

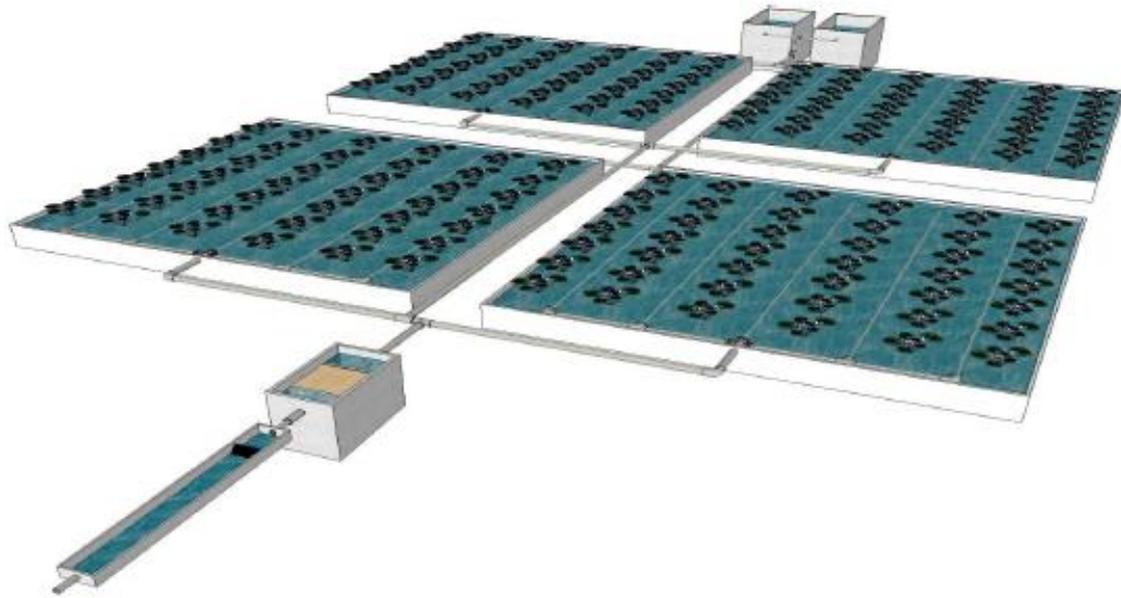


Figura 6. Esquema de la planta de tratamiento mediante humedales artificiales.

Fuente: Chacha (2016).

Otra alternativa lo presenta Ramírez (2014), en su investigación, titulada “Evaluación *in vitro* de la capacidad de biorremediación del consorcio microalgal *Chlorella* sp – *Scenedesmus* sp., en la biorremoción de materia orgánica de aguas residuales del camal Ambato” (Ecuador), que a pesar de haberla ejecutado en condiciones *in vitro*, se constituye en una alternativa viable. Evaluó la reducción de los niveles de carga orgánica y el consorcio microalga, fue eficiente en la biorremoción de DBO<sub>5</sub> y DQO del efluente en 67% y 66% respectivamente (Figura 7). Las microalgas *Chlorella* y *Scenedesmus* son parte del tratamiento terciario de aguas residuales, donde su biomasa puede servir como alimento para peces (Ferrara y Cerrato, 2006), transforma nutrientes a biomasa, con producción de oxígeno para mejorar la calidad, y su disponibilidad para que las bacterias degraden la materia orgánica en sistemas integrales por medios de la oxigenación fotosintética (Oswald, 1988).

La metodología realizada por Ramírez (2014), consistió en transferir 20 ml de muestra a matraces Erlenmeyer de 250 ml de medio de cultivo, llegando a frascos de volúmenes de 10 litros, se administró aeración difusa constante agregando 0.63 litros O<sub>2</sub>/min con y sin fotoperiodos (luz por 24 horas), los líquidos tuvieron pH 7.5 en promedio, iluminación de 20 w un medio de cultivo al 4% y temperatura ambiental de 22 °C, se colocó un tapón de algodón estéril a los matraces, la cuantificación del crecimiento algal fue a los 10 días, debiendo llegar el consorcio a la forma exponencial. En 500 ml se agregó agua destilada

con medio de cultivo al 4%, dichos tratamientos llegaron a alcanzar 10 litros del consorcio.

Al final de la investigación, Ramírez (2014), concluye en que la biorremoción de materia orgánica con microalgas *Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp, luego de 60 días la concentración inicial de algas fue de  $1.101 \times 10^5$  cél/ml. hasta una obtener una concentración de  $5.06 \times 10^6$  cél/ml. a temperatura de 22 °C, un pH 7.5, con aeración difusa constante de 0.63 litros/min. sin fotoperiodos y la iluminación de 20 w, el efluente de camal se constituyó en un medio adecuado que favoreció el crecimiento de algas, presentando tolerancia a elevadas concentraciones de materia orgánica, lográndose la biorremoción del consorcio microalgal en un efluente al 25%, de 50% de DBO<sub>5</sub>, 45.77% de DQO; en un efluente al 50%, la DBO<sub>5</sub> fue de 67.08% y la DQO de 66.54%; con el efluente al 75%, la DBO<sub>5</sub> se removió al 59.81% y la DQO al 60.24%, todo ello en 18 días.



Figura 7. Esquema del tratamiento in vitro de la capacidad de biorremediación de materia orgánica con el consorcio microalgal *Scenedesmus* sp y *Chlorella* sp.

Fuente: Ramírez (2014).

Por todo lo interpretado, aceptamos la hipótesis planteada (Ha), debido que a nivel nacional e internacional se cuenta con tecnologías ambientales apropiadas para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes de un camal, los cuales podrían ser

aplicados para el tratamiento de los efluentes que actualmente viene produciendo el camal municipal de Ilave, realizando y adecuando dichas tecnologías a la realidad del altiplano.

#### **4.1.2 El agua y la calidad**

Es un elemento primordial para la vida. El agua realiza un modelo dinámico conocido como el “El ciclo Hidrológico”, impulsado principalmente por las energías térmicas del Sol o del interior de la tierra y la fuerza de la gravedad. Al examinar este ciclo hidrológico se establece el balance hídrico mediante la aplicación del principio de conservación de masas con respecto al flujo del agua (Barba, 2002).

El agua disponible para usarse, se reduce de forma drástica. Aproximadamente el 97.2% de la provisión mundial de agua se encuentra en océanos. El 2.8% restante es agua dulce, pero más del 75% de esta cantidad está encerrada en los bancos de hielo polares, en el suelo y en formaciones rocosas, y en la atmósfera, lo cual deja menos del 25% disponible como agua superficial y subterránea, desafortunadamente acceder a más del 99% de esta agua de superficie y subterránea no es fácil, y dependemos del 0.6% que está disponible (alrededor del 0.004% de la cantidad original) para abastecernos (Barba, 2002).

La calidad del agua se refiere a las condiciones en la que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por la acción humana. La calidad del agua ha sido asociada al uso del agua para el consumo humano, debido a que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño a la salud. Sin embargo, dependiendo a los usos que se requieran para el agua, se puede determinar la calidad del agua para dichos usos (Custodio y Díaz, 2001).

#### **4.1.3 Contaminación de ríos**

Desde la década de los 90, la contaminación de las aguas ha empeorado en casi todos los ríos de América Latina, África y Asia. Entre sus principales causas se encuentra el aumento de los vertidos de aguas residuales no tratadas en las corrientes de agua dulce (ríos y lagos) y las prácticas no sostenibles de uso del suelo que aumentan la erosión y conducen a un aumento de las cargas de abonos y sedimentos, indica que el agua que transporta el río es resultado de lo que acontece en una cuenca (el clima, la vegetación, las actividades humanas) y así, es el resultado de su viaje a través de los suelos, vegetación y áreas urbanas. Además de agua, transportan sales, sedimentos y organismos, y las complejas reacciones químicas y biológicas que se producen en los cauces fluviales son

responsables en parte de las características químicas del agua retenida en los grandes reservorios, como lagos y océanos (UNESCO, 2016).

En cuanto a la contaminación por residuos sólidos, se afirma que el agua de los mares y de los ríos ha sido utilizada tradicionalmente como un medio de eliminación de los residuos del consumo humano, y los ciclos biológicos del agua aseguran la reabsorción de dichos residuos orgánicos reciclables. Pero actualmente, ya no se encuentran solamente estos residuos orgánicos los que son arrojados a los ríos y a los mares sino; cantidades enormes de desperdicios que derivan de la sociedad de consumo en que nos hemos convertido. Comida, artículos personales, empaques desechables, plásticos, papel, vidrio, metales, llantas, artículos desechables. Según el informe presentado por las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, aproximadamente dos millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente sobre aguas receptoras (Doménech, 2001).

En cuanto a la contaminación de materia orgánica, se manifiesta que las causas de la contaminación son; las sales, eutrofización, vertidos industriales, la contaminación por materia orgánica, actividades ganaderas, procedente de vertidos urbanos, agrícolas o industriales con manipulación de compuestos orgánicos. Por ejemplo, en agua residual con una concentración media, cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Los compuestos orgánicos están formados por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno, azufre, calcio, magnesio, fósforo, hierro, etc. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, que son de 40 – 60%, hidratos de carbono, 25 – 50%, y grasas y aceites, 10% (Yana, 2014).

#### **4.1.4 Características físicas del agua.**

Son llamadas así debido a que pueden impresionar a los sentidos de los seres humanos (vista y olfato), tienen una directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran las siguientes:

La determinación de sólidos disueltos totales en el agua mide específicamente el total de residuos sólidos no filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  (pequeños). Los sólidos disueltos suelen afectar la calidad de un cuerpo

de agua o un efluente de varias formas. El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm. En el caso de los lagos, los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación (Martínez, 2006).

#### **4.1.5 Características químicas del agua.**

##### **a. Potencial de hidrogeniones (pH)**

Los carbonatos y bicarbonatos presentes en cuerpos naturales de agua dulce se originan generalmente del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza. A pesar de que la piedra caliza no es muy soluble en agua pura, su disolución es promovida por la presencia de  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua ( $\text{CO}_2$  atmosférico o  $\text{CO}_2$  generado en sedimentos ricos en materia orgánica). El  $\text{CO}_2$  reacciona con el agua para generar pequeñas cantidades de ácido carbónico, el cual disuelve entonces las rocas de carbonato en la cuenca, lo que a su vez contribuye a la alcalinidad del agua (Barreto, 2011).

##### **b. Demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ).**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria que necesitan los microorganismos aerobios para poder descomponer la materia orgánica presentes en el agua. Normalmente se emplea la  $\text{DBO}_5$ , que mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días. La determinación está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. La  $\text{DBO}_5$  de una muestra de agua que expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. En cambio, la demanda bioquímica de oxígeno se expresa en partes por millón (ppm) de oxígeno y se determina midiendo el proceso de reducción del oxígeno disuelto en la muestra de agua manteniendo la temperatura a  $20^\circ\text{C}$  en un periodo de 5 días. Una  $\text{DBO}_5$  grande indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua (Domenech, 1998).

#### 4.1.6 Características bacteriológicas - Coliformes

Toda agua natural contiene microorganismos. Estos provienen del suelo, aire, de las heces de las personas y animales. Su mayor o menor concentración es una de las características de cada fuente de abastecimiento. Los microorganismos en el agua pueden:

- Producir enfermedades específicas (cólera, disentería, tifoidea);
- Ser responsables de la muerte del ganado y
- Destruir la vida acuática (cuando muere el plancton y se descompone, agota el oxígeno libre).

Hay ocasiones en que la actividad bacteriana sirve para inducir el proceso de auto purificación de la vida bacteriana y estabilización de la materia orgánica, lo que representa un considerable beneficio sanitario.

Por lo tanto, es indispensable distinguir entre organismos causantes de enfermedades o patógenos y los otros (Guerra, 2010).

Los coliformes también denominados termotolerantes, llamados así porque llegan a soportan temperaturas hasta de 45 °C, conforman un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad de agua, ya que son de origen fecal. En su mayoría están representados por microorganismo de *E. coli* pero se pueden encontrar, entre otros menos Frecuentes, *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* estos últimos forman parte de los coliformes termotolerantes pero su origen se asocia normalmente con la vegetación y los ocasionalmente aparecen en el intestino (Hayes, 1993).

Los Coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se distinguen de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, en que son indol positivo, su rango de temperatura optima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 °C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen dichos microorganismo, que se encuentran en la flora intestinal y de ellos entre un 90% y un 100% son E. Coli mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59% (Gómez *et al.*, 1999).

## 1.2 Antecedentes

Bartolomé (1993), indica que las fuentes generadoras de residuos líquidos en los mataderos son las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado y evisceración. Estas aportan gran cantidad carga orgánica, estimándose conveniente la segregación de dichas corrientes y el consiguiente tratamiento individualizado. Estos efluentes contienen: sangre, contenido ruminal, proteínas y otros contaminantes solubles. En general, los efluentes tienen altas temperaturas y contienen elementos patógenos, además de altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno. La relación promedio de DQO: DBO<sub>5</sub>: N en un matadero es de 12:4:1. La carga contaminante de una res de 250 Kg. es de 1.5 – 4.0 Kg. de DBO<sub>5</sub>. La sangre es el principal contaminante, aportando una DQO total de 375.000 mg/l. y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4.

Seoáñez (1998), afirma que los vertidos procedentes de las salas de sacrificio, triperías, vaciado de panzas y las aguas de lavado de los establos e instalaciones diversas, el volumen varía y depende de la importancia de la instalación, del modo de explotación y del tamaño de las reses sacrificadas; así los vertidos tienen en su composición materias sólidas en suspensión, grasas, nitrógeno, pentóxido de fósforo, óxido de potasio y de calcio, permanganato y cloruros, así las aguas residuales de matadero sufren una rápida putrefacción, lo que provoca la aparición de olores nauseabundos. Por otro lado, se pueden recuperar derivados de las materias primas siendo los más importantes: grasas, sangre, residuos sólidos (trozos gruesos de residuos tales como carne, piel, etc.), pelo, hueso y cuernos.

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas - UNEP (2000), reporta que un matadero produce residuos líquidos que son generados a partir del agua consumida en mataderos siendo este de 2 a 15 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de peso vivo de carcasa del cual se convierte en efluente el 80 – 95% el agua utilizada; el efluente de mataderos contiene altos niveles de materia orgánica, por la presencia de estiércol, sangre, grasa, sal, fosfatos, nitratos y alta temperatura; la contribución más significativa a la carga orgánica es la sangre seguido por la grasa, la sangre es también el mayor contribuidor al contenido de nitrógeno en el efluente del matadero; sal y fósforos se originan por la presencia de estiércol y contenido estomacal en el efluente; las fluctuaciones en el pH se dan debido a la presencia de agentes limpiadores cáusticos o ácidos. Por lo tanto, la calidad del efluente depende en la

magnitud en la cual la sangre, grasa, estiércol y contenidos estomacales son excluidos del efluente.

CARDER (2001), realizó la caracterización previa de los vertimientos líquidos en Pereira - Colombia, reportando en el segundo semestre del año 2001, valores de sólidos suspendidos totales de 8272 mg/l DBO<sub>5</sub> con 32000 mg/l y la DQO con 25200 mg/l. Luego de instalar infraestructuras adecuadas para el tratamiento de residuos de sangre y realizar su compostaje, el MINAM y SAC (2002), reportaron valores de sólidos suspendidos totales de 1242.9 mg/l DBO<sub>5</sub> con 2927.5 mg/l y la DQO con 8766 mg/l y grasas con 141.9 mg/l.

Guerrero y Ramírez (2004), mencionan que las descargas orgánicas provenientes de la actividad de los mataderos generan altos niveles de contaminación en importantes fuentes de agua. Esta situación es especialmente difícil en los municipios pequeños, donde las limitaciones técnicas y económicas no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva. Sin embargo, la implementación de medidas preventivas simples y poco costosas -como el manejo ambientalmente sano de los residuos orgánicos hace viable abordar el problema de forma eficiente en cuanto a requerimientos y resultados, al exigir pocos recursos y generar valor agregado a los residuos manejados.

Guerrero y Monsalve (2006), manifiestan que los residuos sólidos generados por un matadero son aquellos subproductos no aprovechados (cuernos, pezuñas, pelos, cascos, otros), grasas y sebos, estiércol, contenido ruminal y decomisos del matadero, detallándose los siguientes subproductos y las cantidades aportadas por vacuno sacrificado: rumen 15 kg estiércol 2 kg sangre 15 litros (o 15.45 kg), decomisos 2 kg y tendido (viruta) 50 kg.

Fechner y Vásquez (2006), reportan las modificaciones que resultan como consecuencia de la descarga del efluente con matriz líquida producido por un matadero sobre un cuerpo de agua superficial, un arroyo. Se pone en evidencia la composición química del efluente de la industria en diferentes ocasiones y circunstancias de su actividad productiva. Son muchos los parámetros que pueden tomarse como indicadores de contaminación, pero particularmente en este caso el estudio de solo unos pocos pone en evidencia la influencia del efluente sobre el cambio producido en el arroyo que recibe esta descarga.

Signorini *et al.* (2006), reportan que las aguas residuales sin ningún tratamiento previo generan, anualmente, poseen 5.8 miles de toneladas de DBO<sub>5</sub>, es decir el 6.8% de lo producido por toda la industria alimenticia en México. Diariamente eliminan 1294 litros de sangre procedente del faenado de animales de abasto, la cual no es aprovechada y equivale a la contaminación generada por 80 782,037 litros de residuos cloacales. El 44% de los rastros y el 35% de los mataderos, incineran las vísceras decomisadas. Aproximadamente el 65% de los decomisos son eliminados en basureros. Estas cifras parecen ser optimistas, ya que menos del 30% de los rastros y el 10% de los mataderos poseen incineradores en funcionamiento para poder realizar estas labores, estimándose que el vertido diario de decomisos sin incinerar asciende a 16.25 toneladas.

Salas y Condorhuamán (2008), indican que los residuos líquidos producidos en un centro de beneficio o matadero son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas y proteínas. La generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica, DBO<sub>5</sub> y de nutrientes media – alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión (rumen), grasas y aceites, así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavado de carcazas, limpieza de equipos e instalaciones. El efluente del matadero presentó características de pH 7.2, la DBO<sub>5</sub> 9300 mg/l la DQO 4,700 mg/l grasas y aceites 28 mg/l. La máxima eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub> es para una recirculación de 100%, por tanto, la flotación con aire disuelto (DAF) permite reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo el DBO<sub>5</sub> en 80%, DQO en 75% y grasas y aceites en 95%.

La EOI (2008), advierte que, en la fase de desangrado, los vertidos de sangre contienen una elevada carga orgánica y nitrogenada. La sangre aporta una DQO total de 375,000 mg/l y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que entre un 15% - 20% de la sangre va a parar a los vertidos finales representando una carga de 1 a 2 kg. de DBO<sub>5</sub> por cada 1,000 kg de peso vivo y este valor aumentaría hasta 5.8 kg. de DBO<sub>5</sub>/t peso vivo si el vertido de la sangre es total. En la fase de escaldado, el vertido de aguas residuales con alta carga orgánica y un alto volumen (18 a 36 litros por cerdo). En esta fase se produce el pelado de la res, por lo que el vertido contendrá gran cantidad de pelo y sólidos en suspensión. En el escaldado al ser una operación posterior al desangrado, el agua arrastrará residuos orgánicos como son pelos, sangre y grasa superficial, proporcionando una carga de 0.25 kg de DBO<sub>5</sub>/t peso vivo y el pelado una carga estimada de 0.4 Kg. de DBO<sub>5</sub>/t. peso vivo.

El Ministerio del Ambiente - MINAM (2009), reportan que el efluente producido por un matadero corresponde al 1,700 litros de agua por res procesada aumentando está en un 25% si se lleva a cabo el tratamiento de los productos no comestibles mezclada en diferentes grados con sangre, grasas, contenidos de estómagos y vísceras, y aguas de lavado; presentando las siguientes características: pH 6.5, DQO 9600 mg/l, DBO<sub>5</sub> 7.450 mg/l, TDS 1650 mg/l, SST 2280 mg/l, y turbidez 1489 NTU, no cumpliendo con los requisitos de la norma local de descarga de efluente de Nepai – Pakistán (Alí *et al.*, 2010).

Lara (2011), reporta los siguientes resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua residual del camal municipal Cantón Baños (Ambato – Ecuador): coliformes fecales  $> 1 \times 10^6$  UFC/100 ml, pH 6.31, nitrógeno total 47 mg/l, DBO<sub>5</sub> 265 mg/l, DQO 557 mg/l, sólidos totales 412 mg/l, sólidos suspendidos totales 110 mg/l, sólidos sedimentables 0.8 mg/l y temperatura 18 °C.

Álvarez (2010), afirma que el faenamiento en el Camal Municipal de Salcedo (Ambato – Ecuador) no es el adecuado ya que limita sus operaciones, en la matanza del ganado vacuno y porcino debido a sus instalaciones bastante simples, este sistema es semitecnificado no cumple las medidas sanitarias. El Camal Municipal Salcedo producen desechos como sangre, estiércol y otros materiales, los mismos que a través de las aguas residuales son depositados directamente al caudal del río Cutuchi causando la contaminación de esta microcuenca, lo cual determina consecuencias negativas en el medio ambiente y por ende en el eco-sistema. El estiércol, cuernos, pezuñas, huesos, decomisos, son depositados en un botadero improvisado al aire libre.

Ruiz (2011), propuso un Plan de Gestión de Residuos del camal de Antonio Ante (Ecuador), para lo cual inicialmente se realizó un Diagnóstico Ambiental, que permitió conocer la cantidad y naturaleza de los residuos generados, obteniéndose aproximadamente 30,026 kg/mes de residuos sólidos y 373 m<sup>3</sup>/mes de líquidos, éstos últimos fueron sometidos a una campaña de muestreo y análisis de laboratorio, presentando una alta concentración de materia orgánica, sobrepasando los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público, establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA).

Barraza y Palpa (2011), en Lima (Perú), indican que el agua residual cruda de la planta de beneficio, tuvo que ser diluida al 25% con agua fresca pues la concentración de DQO era aproximadamente de 5,000 mg/l La DQO de la muestra cruda, tuvo un valor mínimo

de 3,260 mg/l y la máxima fue de 6560 mg/l. siendo en promedio 4,515.42 mg/l. Para el reactor N° 1 la mínima remoción de DQO se dio en el día 1 con un valor de 24-51% para una dilución del 25%, y la máxima se dio en el día 93 con un valor de 89.23% al 50% de dilución, siendo el valor promedio 65.67% de remoción. Para el reactor N° 2 la mínima remoción de DQO se dio en el día 65 con un valor de 20 al 25% de dilución, y la máxima se dio en el día 93 con un valor de 85.38% para una dilución del 50%, siendo el valor promedio de 59.17% de remoción.

Castillo y Rangel (2012), afirman que la calidad del agua procedente de un matadero es el resultado del balance entre los atributos observables, fisicoquímicos y microbiológicos mediante un conjunto de criterios técnicos científicamente certificados. Es decir, se refiere al conjunto de condiciones mínimas que la hacen apta en el ambiente para los distintos usos humanos, específicamente los concernientes a irrigación de la tierra, actividades de ocio, entre otras. No obstante, dado el volumen de los desechos que frecuentemente se vierten sobre los cuerpos de agua se llevó a cabo una investigación con el propósito de determinar los efectos de los desechos de mataderos sobre la calidad del agua de la Microcuenca La Charaveca e interpretar la percepción de la comunidad con relación a la calidad del agua en el sector.

Los valores de DQO 609.3 mg/l. DBO<sub>5</sub> 80.9 mg/l. SST 189.66 mg/l. conductividad 2,520 µS/cm DQO 2.3 mg/l fueron registrados en el matadero de Dagoretti - Kenia, no cumpliendo con la Norma Nacional de Gestión Ambiental para descargas de efluentes en el medio ambiente de ese país (Koech *et al.*, 2012). Coliformes fecales de  $4.8 \times 10^6$  a  $5.8 \times 10^5$  NMP/100ml, coliformes fecales de  $8.2 \times 10^4$  a  $3.2 \times 10^4$  NMP/100ml, *Streptococcus faecales* de  $5.2 \times 10^4$  a  $2.0 \times 10^4$  NMP/100ml y *Escherichia coli* de  $1.2 \times 10^4$  a  $2.0 \times 10^3$  NMP/100ml, en mataderos de Abuja-Nigeria; de los cuales los coliformes totales excedieron el límite recomendado para la descarga en aguas superficiales (Nafarnda *et al.*, 2012), pH 7.4, conductividad 1.7 mS/cm, fósforo 7.1 mg/l, nitrógeno 332.2 mg/l en Yucatán - México (Castillo *et al.*, 2012).

Apaza (2013), en el camal de Ilave – Puno, registró un caudal 0.45 litros/s temperatura 16 °C, pH 7.62, Conductividad 3,387.5 µS/cm. Coliformes totales >1,100 NMP/100ml y coliformes fecales 118.5 NMP/100ml. Con respecto a los límites máximos permisibles (LMP) de efluentes líquidos tratados de actividades agroindustriales hacia los cuerpos de

agua natural se refiere que no excederán los valores de pH 6 – 9, SST 300 mg/l, DBO<sub>5</sub> 250 mg/l, DQO 500 mg/l, fósforo total 40 mg/l y nitrógeno total 50 mg/l.

Niño (2015), muestran la caracterización del agua residual que presentó valores de los parámetros de 3,366 mg/l. DBO<sub>5</sub>, 4,544 mg/l DQO, 49 mg/l de fósforo total y 82 de nitrógeno total superan los límites máximos permisibles de los efluentes de plantas y beneficios incumpliendo con el Decreto Supremo N° 001 - 2009 – MINAM. Se concluyó que el costo total de la propuesta de implementación del Sistema de Gestión Ambiental basada en la Norma ISO 14001:2004 es el monto de S/. 508,856.54 nuevos soles; con un beneficio de S/. 1.92.

Pari (2015), reporta que la cuenca Ilave, posee valores más altos se registran en el entorno del lago Titicaca y en la parte norte de la cuenca. Las fuentes de oferta hídrica en la cuenca del río Ilave está representada por el escurrimiento del área de drenaje de las subcuencas Alto Ilave (río Chichillapi), Llusta (río Llusta Baja), Ayupalca, Conduriri y Aguas Calientes, que aportan sus aguas en forma directa al cauce principal del río Ilave, el resto de las unidades hidrográficas son intercuencas. Según el inventario de fuentes hídricas hay 3,244 fuentes hídricas en la cuenca del río Ilave, de los cuales 1,836 son manantiales, 1,300 quebradas, 67 ríos, 27 bofedales y 14 lagunas.

Cun y Álvarez (2017), con el objetivo de valorar el impacto ambiental y social de un camal municipal urbano, realizaron un trabajo, no experimental, de tipo exploratorio y descriptivo basado en un programa de campo, desarrollado en el camal de Huaquillas, valoraron el impacto ambiental del proceso de faenamiento y manejo de residuos, sólidos y líquidos y el impacto social, de tipo cualitativo mediante entrevistas y encuestas realizadas a trabajadores y vecinos en un radio de 500 m. divididos en 3 sectores. Los resultados mostraron una incorrecta disposición de desechos del proceso de faenamiento impactaba negativamente al área del camal; la población más afectada fueron los vecinos en un radio de 100 m. debido a malos olores, presencia de aves carroñeras, insectos y roedores y problemas de salud.

Ruíz (2018), reporta en el análisis de aguas residual del camal municipal de la ciudad de Moyobamba en los puntos reservorio colector y efluente terminal principal el camal, presentaron los siguientes resultados: oxígeno disuelto entre 0.2 y 4.2 mg/l. concentración de saturación de oxígeno entre 0 y 73%, pH de 7.7 y 8.7, DBO<sub>5</sub> de 356 y 521 mg/l. DQO



de 298 y 973 mg/l. alcalinidad de 104 y 124 mg/l. dureza total de 32 y 66 mg/l. sólidos totales de 1,423 y 1,728 y fosfatos de 21.7 y 63 mg/l.

Medina *et al.* (2018), reportaron la siguiente composición fisicoquímica inicial en las aguas residuales del camal de Chota: DBO<sub>5</sub> 1,874 mg/l, DQO 4,654.4 mg/l, dureza total 1,536 mg/l, alcalinidad total 7,200 mg/l, pH 7.6, conductividad 1,560  $\mu$ S/cm, sólidos totales 3,361 mg/l, oxígeno disuelto 1.22 mg/l, turbidez 327 NTU, potencial óxido reducción (ORP) -273.1 mV, temperatura de 18.3 °C, Enterobacterias positivo en agar McConkey, *Vibrio cholerae* positivo en agar TBCS y *Salmonella – Shigella* positivo en agar SS.



## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

El camal municipal de Ilave, conocido también como matadero o camal por diversos autores, tienen un gran impacto ambiental negativo en la mayoría de las localidades donde se asientan, debido a que producen residuos sólidos y líquidos, producto de la actividad del faenamiento de animales, tales como vacunos, ovinos, porcinos, etc, los cuales son dispuestos de forma errónea e insalubre en el drenaje y los cuerpos de agua. Actualmente, la disposición final de los residuos en estos establecimientos tiene un impacto adverso en la biodiversidad local y en el agua con consecuencias directas e indirectas en la salud pública.

Los residuos sólidos y líquidos son vertidos, del matadero, en el drenaje o cuerpos de agua aledaños a sus instalaciones. Esta situación representa, además del evidente daño ambiental, un gran desperdicio de recursos que pueden ser empleados en diversas actividades y bien pueden ser considerados como un subproducto del faenamiento de animales. Esto significa que se requiere un cambio de paradigma hacia uno con visión ambiental en el que se entienda que los residuos no son algo de lo que nos tenemos que deshacer inmediatamente, sino que son recursos que podemos y debemos aprovechar. Al mismo tiempo, disminuimos la contaminación de la naturaleza y prevenimos riesgos a la salud humana directa o indirectamente.

## 2.2 Enunciados del problema

### 2.2.1 Interrogante general

- ¿Cuál será el efecto de los efluentes líquidos del camal municipal de Ilave sobre los parámetros físico – químicos y microbiológicos del río Ilave y qué alternativas tecnológicas se proponen para el tratamiento de efluentes líquidos del camal municipal Ilave?

### 2.2.2 Interrogantes específicas

- ¿Cuáles serán los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en efluentes del camal municipal de Ilave?
- ¿Cuáles serán los valores fisicoquímicos y de coliformes termotolerantes de las aguas del río Ilave a 100 y 200 m. de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave?
- ¿Proponer qué tecnologías ambientales se aplican para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del camal municipal de Ilave?

## 2.3 Justificación

El camal municipal de Ilave, es un establecimiento en los que se sacrifican los animales, constituyendo la primera etapa en el proceso de industrialización de la carne, considerando la obtención de la carne como producto final del proceso. Para realizar los procesos de trabajo de un matadero, así como para mantener las condiciones higiénicas, es necesario un consumo elevado de agua, que podría establecerse en aproximadamente unos cinco litros de agua por kilo de peso vivo del animal. Para las aves, se estima entre 5 y 10 litros de agua por animal.

En la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) de España, Sector Cárnico (2005) editada por el Ministerio de Medio Ambiente, se indica que el consumo de agua de un matadero en España está comprendido en el rango 1- 6.4 m<sup>3</sup>/t de canal (valor promedio de 3.4 m<sup>3</sup>/t canal). Este valor incluye el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, es decir, tanto la que se emplea en la zona de matadero propiamente dicha como la utilizada en operaciones auxiliares.

El camal municipal de Ilave, origina diversos residuos, como los son contenido de rumen, pelos, sangre, entre otros contaminantes, y utilizan bastante agua para el lavado y enjuague en las diversas etapas del faenamiento de los animales. Estos residuos son vertidos a la intemperie y al río Ilave, sin tratamiento algunos, por lo que se desea evaluar que alteraciones originaría en las aguas de este río (Ilave), así como también la carga microbiana que eliminaría en sus alrededores, de esta manera se buscarían alternativas de solución a mediano plazo, para la mitigación de estos impactos ambientales en el ecosistema acuático, el aire y la salud pública.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo general:

Determinar los efectos de los efluentes líquidos del camal municipal en el río Ilave y propuesta tecnológica ambiental para su tratamiento – 2018.

### 2.4.2 Objetivos específicos:

- Determinar los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en los efluentes del camal municipal de Ilave.
- Evaluar los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes de las aguas del río Ilave a 100 y 200 m. de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave.
- Proponer una tecnología ambiental para el tratamiento de los efluentes del camal municipal Ilave CMI.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Los efluentes líquidos del camal municipal de Ilave alteran los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Ilave y a nivel nacional e internacional se cuentan con tecnologías ambientales para el tratamiento de dichos efluentes.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- Los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en los efluentes del camal municipal de Ilave superan los límites máximos permisibles.



- Los valores fisicoquímicos y de coliformes termotolerantes del río Ilave varían a 100 y 200 m de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave superando los valores de Estándares de Calidad de Agua para ríos.
- A nivel nacional e internacional se cuenta con tecnologías ambientales apropiadas para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del camal municipal.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Ilave, provincia de El Collao, ubicado en la región Puno, se localiza en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao, en las coordenadas UTM -16.0869610 y -69.6385714 (SENAMHI, 2000).

Las muestras de agua procedieron específicamente de cuatro zonas de estudio. En la Figura 1, se muestran los cinco puntos de muestreo (PM), antes de la desembocadura del efluente del centro de beneficio cárnico (ILA-M1 y ILA-M2), a la salida del efluente (CAM-1), a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente. Los dos últimos puntos de muestreo fueron elegidos para evaluar el efecto del vertido de los efluentes del camal municipal de Ilave en las aguas del río Ilave.

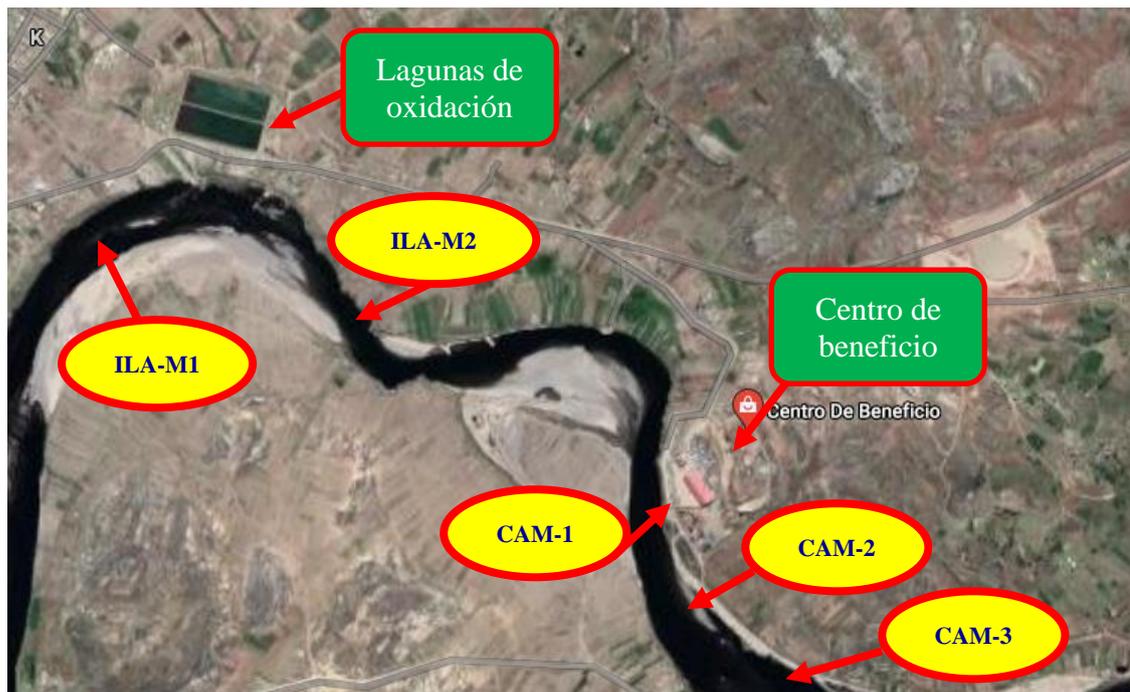


Figura 8. Puntos de muestreo de agua en el río Ilave: antes de las desembocaduras de los efluentes (ILA-M1 y ILA-M2), a la salida del efluente (CAM-1), a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente.

Fuente: Googlemap.

### 3.2 Población

La población estuvo conformada por el efluente y el agua del río Ilave a 100 y 200 m de la desembocadura del efluente del camal municipal de Ilave.

### 3.3 Muestra

En razón de que la muestra es una población infinita de litros de agua, el tamaño de muestra se calculó mediante la siguiente ecuación matemática (Murray y Larry, 2005):

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

Donde: Z = valor correspondiente a la distribución de Gauss (1.96); p = prevalencia esperada (0.9); q = diferencia de la prevalencia esperada (0.1); i = error que se provee cometer (0.05).

Reemplazando en la ecuación matemática se obtuvo:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2}$$

$$n = \frac{0.3457}{0.0025}$$

$$n = 138$$

La muestra estuvo representada por 138 litros de agua, las cuales fueron distribuidas en cuatro puntos de muestreo (ILA-M1-2, CAM-1, CAM-2 y CAM3), obteniéndose 35 litros en cada zona, las cuales fueron repartidas en tres repeticiones, obteniéndose 12 litros por repetición, asimismo se obtuvo una muestra de agua control negativo, el cual se colectó aguas arriba del río Ilave, los muestreos se realizaron en forma mensual por un lapso de tres meses.

### **3.4 Método de investigación**

En la investigación se aplicó el método descriptivo y explicativo. Fue descriptivo ya que se tuvo el objetivo de evaluar las características de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en las muestras de agua de los efluentes y el río Ilave; mientras tanto que fue explicativo porque consistió en interpretar y observar las causas, la naturaleza y los efectos de la contaminación del agua a partir de los efluentes del camal municipal de Ilave.

### **3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1 Determinación de los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en efluentes del camal municipal de Ilave**

##### **a. Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos**

- **Variable independiente:** Punto de muestreo de efluente del CMI (CAM-1).
- **Variables dependientes:** Parámetros fisicoquímicos y coliformes.

##### **b. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos, etc.**

##### **b.1 Toma de muestras de efluentes del camal municipal de Ilave**

Una vez establecidos en el punto de muestreo (efluente del camal municipal de Ilave), según el D. S. No. 031-2010-SA del MINSA, las muestras de agua fueron colectadas en frascos de vidrio, de boca ancha, tapa hermética y estéril. El frasco para la toma de muestra se enjuagó 3 veces previamente con el efluente de estudio, con una cantidad de 500 ml de muestra de agua.

### **b.2 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La metodología de determinación de la DBO<sub>5</sub> fue el método de diluciones. Los materiales utilizados fueron: botellas de DBO<sub>5</sub> con boca esmerilada, pipetas graduadas, matraces Erlenmeyer de 500 ml y buretas de 25 ml Asimismo, los equipos utilizados fueron: una incubadora a 20 °C y un espectrofotómetro. Los procedimientos fueron: la botella Winkler se enjuagó por triplicado con agua destilada, luego de llenó la botella con el agua residual sin presencia de burbujas, después se añadió 5 gotas del reactivo O<sub>2</sub> – 1, seguidamente se sacudió por 1 minuto, a continuación, se añadió 10 gotas del reactivo O<sub>2</sub> – 3, para luego sellarlo con el tapón y se sacudió.

Luego a un tubo de ensayo se transfirió 5 ml de la muestra, al cual se añadió una gota del reactivo O<sub>2</sub> – 4 y la solución cambió de violeta a azul, posteriormente se cargó la pipeta de titulación enrasando con el reactivo O<sub>2</sub> – 5 a escala cero, lentamente con la solución de la titulación se procedió a la valoración del tubo de ensayo experimental hasta cambiar de color azul a violeta.

Una vez virado el color, se procedió a la lectura del contenido de oxígeno en mg/l o ppm (resultado A). Posteriormente se incubó la botella Winkler a 20 °C por 5 días, después se realizó el mismo procedimiento anterior y se procedió a la lectura del contenido de oxígeno (resultado B). Finalmente, para determinar la DBO<sub>5</sub>, se restó el resultado A menos el resultado B, el valor obtenido fue la DBO<sub>5</sub> (APHA, 2005).

### **b.3 Determinación de sólidos disueltos totales (SDT)**

Se pesó una cápsula, a continuación, se transfirió 50 ml de la muestra a la cápsula. La cápsula se colocó en una estufa mantenida a 103 – 105 °C y se realizó la evaporación de la muestra a sequedad. Posteriormente, se enfrió la cápsula en el desecador aproximadamente por 15 minutos y haciendo uso de la balanza se pesó el residuo. Los resultados se reemplazaron en la siguiente ecuación matemática:

Sólidos totales = (cápsula + residuo) – cápsula vacía (Jimeno, 1998).

#### **b.4 Determinación del potencial de hidrogeniones (pH)**

Se midió con un potenciómetro, en un vaso precipitado de 250 ml, se colocó un volumen de 50 ml de agua a analizar, para esto se enjuagó tres veces antes del análisis. Para empezar primero se calibró el equipo para la medición (potenciómetro), se procedió al análisis de la muestra y se anotó los resultados obtenidos (Miranda, 2012).

#### **b.5 Determinación de coliformes termotolerantes**

- **Prueba presuntiva.** Se procedió a inocular volúmenes de 10 ml, 1 ml, y 0.1 ml de muestra de agua en una serie de 9 tubos que contenía 9 ml de caldo lactosa, en los cuales los primeros 3 tubos presentaron el doble de la concentración de dicho caldo. Luego se incubaron los tubos debidamente rotulados a 37 °C durante 24 – 48 horas. En esta prueba, las actividades metabólicas de las bacterias fueron estimuladas vigorosamente y ocurrió una selección inicial de bacterias que fermentaron la lactosa con producción de gas.
- **Interpretación.** Si el total de tubos fueron negativos: el examen se dio por terminado, reportando la ausencia de coliformes termotolerantes en la muestra analizada. Todos aquellos tubos que resultaron positivos para prueba presuntiva se anotaron convenientemente y se procedió a realizar la prueba confirmatoria para coliformes termotolerantes.
- **Prueba confirmativa.** Se transfirió un inóculo de cada tubo positivo de la prueba presuntiva a tubos que contengan caldo verde brillante bilis y fueron incubados posteriormente a 37 °C durante 24 – 48 horas. Esta prueba redujo la posibilidad de resultados falsos positivos que pudieron ocurrir por la actividad metabólica de bacterias formadoras de esporas. La formación de gas, la presencia de turbidez y la fermentación dentro del lapso de 24 a 48 horas constituyeron una prueba confirmativa de la presencia de coliformes. Los resultados se expresaron en términos de número más probable (NMP) de microorganismos.
- **Interpretación.** Si se observa turbidez y producción de gas, la prueba se consideró positiva, debiendo anotar el número de tubos positivos, posteriormente se realizó el cálculo del NMP. Si ninguno de los tubos presentó producción de gas, aun se

observó turbidez, se consideró negativo, estableciéndose el código 0, 0, 0 para efecto del cálculo del NMP (tabla del número más probable al 95% de confiabilidad) (Pascual y Calderón, 2000).

### **c. Aplicación de prueba estadística inferencial.**

En razón de que el punto de muestreo fue único y se compararon con las normas vigentes, sí se realizaron tres repeticiones, en ellos sólo se realizaron pruebas estadísticas descriptivas (promedio) y de dispersión (coeficiente de variación).

## **3.5.2 Evaluación de los valores fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave a 100 y 200 m de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave**

### **a. Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos**

- **Variable independiente:** Punto de muestreo a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) del efluente del CMI.
- **Variables dependientes:** Parámetros fisicoquímicos y coliformes.

### **b. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos, etc.**

Las tomas de muestras y los procedimientos de laboratorio de los parámetros físicos químicos y de coliformes termotolerantes fueron las mismas que del anterior objetivo, con la diferencia de que se realizaron en diferentes puntos de muestreo (CAM-2, CAM-3 e ILA-M1-2).

### **c. Aplicación de prueba estadística inferencial.**

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), los cuales fueron constituidos por tres tratamientos (zonas de estudio) y una zona control (ILA-M1-2) y tres repeticiones. Los resultados obtenidos fueron previamente analizados mediante pruebas de normalidad, estadísticas descriptivas (promedio) y de dispersión (coeficiente de variación), seguidamente para determinar si existieron o no diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo, se aplicaron pruebas de análisis de varianza y de Tukey para contrastar los valores de las diferentes zonas de estudios, todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%.



### **3.5.3 Propuesta de tecnologías ambientales apropiadas para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del camal municipal de Ilave.**

#### **a. Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos**

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó la revisión bibliográfica, motivo por el cual no se contaron con variables.

#### **b. Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos, insumos, etc.**

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó una búsqueda de información científica, se analizaron, se interpretaron, se evaluaron las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías ambientales citadas en bibliografía especializada (libros, artículos científicos, estudios de impacto ambiental, entre otros documentos), que al final fueron insumos de vital importancia para plantear una o varias tecnologías ambientales al tratamiento de los efluentes procedentes del centro de beneficio cárnico.

#### **c. Aplicación de prueba estadística inferencial.**

En razón de que este objetivo fue netamente de revisión bibliográfica, no se aplicó ninguna prueba estadística.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **4.1. Valores de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH y coliformes termotolerantes en efluentes del camal municipal de Ilave.**

Los efluentes producidos por el camal municipal e Ilave (CMI), presentaron los siguientes resultados en sus parámetros fisicoquímicos: la DBO<sub>5</sub> osciló entre 338 y 352 mg/l con un promedio de 344 mg/l el contenido de sólidos disueltos totales varió entre 2,286 y 3,715 mg/l con un promedio de 3,205.33 mg/l, por otro lado, el pH fluctuó entre 7.06 y 7.95 unidades con un promedio de 7.61 unidades, asimismo. Entre los parámetros microbiológicos todos los resultados de coliformes termotolerantes en los efluentes resultaron con recuentos superiores a 2,400 NMP/100 ml (Tabla 8).

Comparando con los resultados obtenidos en la investigación con lo emanado en el Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA, en que presenta los valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, los valores en los tres muestreos (M1, M2 y M3), las cifras de DBO<sub>5</sub> no superaron los VMA que indican como tope 500 mg/l. las cifras de los sólidos disueltos totales si fueron superiores ampliamente a los VMA que consignan 500 mg/l. con respecto a las cifras del pH todos estuvieron entre los VMA que emite la norma que indica que debería oscilar entre 6 y 9 unidades.

Con respecto al contenido de coliformes termotolerantes que presentan los efluentes, éstas no se consignan en el D. S. N° 021-2009-VIVIENDA, por lo que se contrastaron con las

normas ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4 para conservación de ambiente acuático, donde los resultados obtenidos en los tres muestreos realizados superan los 2,000 NMP/100ml.

Tabla 8

*Cifras promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018*

Parámetros	Unidad	CAM – 1			$\bar{X}$	C.V. (%)	VMA*
		M1	M2	M3			
DBO <sub>5</sub>	mg/l	338	352	342	344.00	2.10	500
SDT	mg/l	2,286	3,715	3,615	3,205.33	24.89	500
pH	Unidad	7.06	7.83	7.95	7.61	6.34	6 – 9
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	2,400	2,400	2,400	2,400.00	0.00	2,000**

\* Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. \*\* Normas ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4.

Lara (2011), reporta en el agua residual del camal municipal Cantón Baños (Ambato – Ecuador) valores de DBO<sub>5</sub> de 265 mg/l; Koech *et al.* (2012), reporta valores de DBO<sub>5</sub> de 80.9 mg/l en efluentes del matadero de Dagoretti (Kenia), en dicho país no cumple con la Norma Nacional de Gestión Ambiental para efluentes, ambos resultados fueron inferiores a los reportados en la investigación, e inferiores a los mencionados por Niño (2015), quien muestra en la caracterización del agua residual que presentó valores de los parámetros de 3,366 mg/l. de DBO<sub>5</sub>; a los reportados por Ruíz (2018), ya que en el camal de Moyobamba encontraron valores de DBO<sub>5</sub> fue entre 356 y 521 mg/l. y a los reportados por Medina *et al.* (2018) quienes indicaron valores de DBO<sub>5</sub> de 1874 mg/l.

Con respecto a los SDT, en la investigación se reporta un valor promedio de 3,205.33 mg/l, estos fueron superiores a los registrados por Koech *et al.* (2012), quienes obtuvieron valores de 189.66 mg/l de sólidos suspendidos totales en el matadero de Dagoretti (Kenia), incumpliendo sus normas ambientales.

Entre los valores de pH de 7.61 unidades, estos fueron ligeramente superiores a los reportados por Castillo *et al.* (2012), quienes en Yucatán (México) obtuvieron valores de pH de 7.4 unidades promedio y las aguas residuales del camal de Chota con un pH de 7.6

unidades (Medina *et al.*, 2018); mientras tanto fueron similares a los obtenidos por Apaza (2013), quien obtuvo valores de 7.62 unidades en el ex – camal de Ilave; e inferiores a los reportados por Ruíz (2018) quien reportó valores de pH de 7.7 y 8.7 unidades.

En cuanto a los recuentos bacterianos de coliformes termotolerantes, los resultados de > 2,400 NMP/100ml. fueron similares a los obtenidos por Nafarnda *et al.* (2012) quienes reportaron valores bacterianos de  $4.8 \times 10^6$  a  $5.8 \times 10^5$  NMP/100ml; en contraste, fueron superiores a los reportados por Apaza (2013), quien obtuvo recuentos de 118.5 NMP/100ml. de coliformes fecales y corroborados por Medina *et al.* (2018) quienes obtuvieron resultados positivos a la presencia de Enterobacterias entre ellas a las coliformes termotolerantes cultivadas en agar McConkey.

Los resultados obtenidos en la investigación, mostraron que los efluentes del camal municipal de Ilave presentaron un promedio de 344 mg/l. estas cifras fueron inferiores a los obtenidos por la entidad CARDER (2001), quien en vertimientos líquidos de un matadero resultaron DBO<sub>5</sub> con 32,000 mg/l y a los citados por el MINAM y SAC (2002), quienes reportaron valores de DBO<sub>5</sub> con 2,927.5 mg/l. los altos valores de DBO<sub>5</sub> en otros mataderos, se debería al contenido de materias sólidas en suspensión, grasas, nitrógeno, pentóxido de fósforo, óxido de potasio y de calcio, permanganato y cloruros, así las aguas residuales de matadero sufren una rápida putrefacción, lo que origina la aparición de olores nauseabundos (Seoáñez, 1998), por otro lado, poseen estiércol, sangre, grasa, sal, fosfatos, nitratos y alta temperatura, donde la sangre provee de nitrógeno y las sales y los fosfatos proceden del estiércol y el contenido estomacal, cabe recalcar que también se hace el gasto de agua de entre 2 a 15 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de peso vivo de carcasa (El Programa Ambiental de las Naciones Unidas – UNEP, 2000).

La contaminación proviene también del lavado de desangrado y la evisceración, aportando sangre, contenido ruminal, proteínas y otros contaminantes orgánicos y nitrógeno, la temperatura del agua se eleva y posee patógenos, además de altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno (Bartolomé, 1993), la presencia de dichos efluentes contaminados se deben a que poseen limitaciones técnicas y económicas no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva (Guerrero y Ramírez, 2004), en tal sentido, ante el ingreso de efluentes de un matadero como el camal municipal de Ilave, podría alterar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del efluente receptor que vendría

a ser el río Ilave, tal como lo reafirma Fechner y Vásquez (2006), quienes manifiestan que muchos parámetros que pueden tomarse como indicadores de contaminación, pero unos pocos pone en evidencia la influencia del efluente sobre el cambio producido en el arroyo que recibe esta descarga.

*In situ* se observó que el camal municipal de Ilave produce efluentes o aguas residuales del matadero, que sin ningún tratamiento de los contaminantes se vierten directamente al río Ilave, lo cual es un descuido por parte de las autoridades ambientales de la jurisdicción tales como el Autoridad Nacional del Agua (ANA), la Municipalidad Provincial de El Collao, la Fiscalía de la Nación en Materia Ambiental, entre otras entidades, lo cual coincide en otras latitudes, tal como lo manifiesta Signorini *et al.* (2006), quienes reportan que las aguas residuales sin tratamiento previo procedentes de un matadero en la ciudad de México, generan elevados niveles de DBO<sub>5</sub>, con 121,294 litros de sangre procedente del faenado de animales, generando 80,782,037 litros de residuos cloacales, donde se incineran las vísceras decomisadas.

Asimismo, fueron inferiores a los 9,300 mg/l. de DBO<sub>5</sub> reportada por Salas y Condorhuamán (2008), quienes determinaron que los residuos líquidos de centro de beneficio o matadero contenían sangre, rumen, pelos, grasas y proteínas, por tanto, originan alta carga orgánica, DBO<sub>5</sub> y de nutrientes, sólidos en suspensión (rumen), grasas y aceites, así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavado de carcazas, limpieza de equipos e instalaciones. Por otro lado, la entidad EOI (2008), advierte que, en la fase de desangrado, los vertidos de sangre en un 15 y 20% elevan la carga orgánica y nitrogenada; en la fase de escaldado también se producen aguas residuales con alta carga orgánica y un alto volumen, debido a que se realiza el pelado de la res y el vertido posee gran cantidad de pelo, sólidos en suspensión, sangre y grasa superficial; de igual forma fueron inferiores a los reportados por Alí *et al.* (2010), quienes en descargas de efluentes en Pakistán registraron valores de DBO<sub>5</sub> 7,450 mg/l.

En la localidad de Ilave, *in situ* se observó que el camal municipal, posee deficiente en su funcionamiento, tales como una mala disposición de residuos sólidos y falta de tratamiento de efluentes residuales, los cuales origina la presencia de malos olores productor de la descomposición de materia orgánica, la visible contaminación de los productos cárnicos y la producción de residuos líquidos producto de los lavados en las diferentes etapas de faenamamiento, lo cual concuerda con Álvarez (2010), quien al realizar

un estudios en el Camal Municipal de Salcedo – Ambato (Ecuador) no encontró adecuadas operaciones, instalaciones bastante simples y un sistema semitecnificado que incumple las medidas sanitarias, produciendo desechos como sangre, estiércol y otros materiales, y sus aguas residuales son vertidas directamente al caudal del río Cutuchi produciendo la contaminación de la microcuenca y los residuos sólidos son depositados en un botadero improvisado al aire libre, situaciones muy parecidas a las observadas en la localidad de Ilave.

Cun y Álvarez (2017), con el objetivo de valorar el impacto ambiental del camal de Huaquillas, determinaron una incorrecta disposición de desechos del proceso de faenamiento impactaba negativamente al área del camal, su vecindad y al canal internacional, al tiempo que el sistema de manejo del proceso productivo no garantizaba inocuidad de las carnes; la población en un radio de 100 m. percibía malos olores, presencia de aves carroñeras, insectos y roedores y problemas de salud, aunque en general los habitantes no relacionaron estos problemas con el camal. Por otro lado, los análisis realizados en la investigación contribuyen para generar un Plan de Gestión, tal como menciona Ruiz (2011), quien para formular el Plan de Gestión de Residuos del camal de Antonio Ante (Ecuador), realizó un diagnóstico ambiental, donde estableció la cantidad y naturaleza de los residuos, realizó los muestreos y análisis de laboratorio y llegar a generar una norma legal acorde al impacto que origina un matadero. Adicionalmente determinar los efectos de los desechos de mataderos sobre la calidad del agua de las cuencas donde desembocan, respetando la percepción de la comunidad con relación a la calidad del agua en el sector (Castillo y Rangel, 2012).

Por todo lo analizado, aceptamos la hipótesis planteada ( $H_a$ ), debido a que los valores de SDT y coliformes termotolerantes en los efluentes del camal municipal de Ilave (matadero) superan los límites máximos permisibles, tales como en el D. S. N° 021-2009-VIVIENDA y las normas ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, excepto los parámetros de  $DBO_5$  y el pH, quienes se encuentran dentro de las normas antes mencionadas.

## 4.2 Valores fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Ilave a 100 y 200 m. de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave.

### 4.2.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Los valores determinados de DBO<sub>5</sub>, en muestras de agua previo al punto de desembocadura de efluentes del CMI fueron de 5 mg/l en el punto de muestreo CAM-1 osciló entre 338 y 352 mg/l de DBO<sub>5</sub>, con un promedio de 344 mg/l en el punto de muestreo CAM-2 (a 100 m. de distancia de la desembocadura del efluente) varió entre 37 y 60 mg/l con un promedio de 50.67 mg/l y en el punto de muestreo CAM-3 fluctuó entre 10 y 15 mg/l con un promedio de 11.67 mg/l. Los cuatro puntos de muestreo estuvieron por debajo del VMA que fue de 500 mg/l (Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA), donde el valor mayor fue del punto de desembocadura del efluente (CAM-1) y disminuyó a 100 m de distancia (CAM-2) y mucho más a 200 m (CAM-3). En la investigación se consideró el punto de muestreo ILA-1, el cual está ubicado antes del punto de desembocadura del efluente del CMI, que fue utilizado como punto control, y fue menor a los valores de DBO<sub>5</sub> de los puntos de muestreo donde son vertidos los efluentes del CMI (CAM-1, CAM-2 y CAM-3).

Tabla 9

*Cifras comparativas de la DBO<sub>5</sub> (mg/l) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018*

Parámetros	DBO <sub>5</sub> (mg/l.)			$\bar{X}$	C.V. (%)	VMA*
	M1	M2	M3			
ILA-M1-2	5	5	--	5	0	
CAM-1	338	352	342	344.00	2.10	500
CAM-2	37	60	55	50.67	23.88	
CAM-3	15	10	10	11.67	24.74	

\* Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Al realizar las pruebas de estadística inferencial, el análisis de varianza mostró que los valores de DBO<sub>5</sub> entre los puntos de muestreo (ILA-1, CAM-1, CAM-2 y CAM-3) presentaron diferencia estadística significativa ( $F=1524.49$ ;  $gl=3$ ;  $P<0.0001$ ) (Anexo 1),

y que luego de realizar la prueba de contraste de Tukey, los valores de DBO<sub>5</sub> en el punto de muestreo CAM-1 fue estadísticamente mayor a los demás puntos de muestreo, a continuación se ubicaron los valores de DBO<sub>5</sub> del punto de muestreo CAM-2; mientras tanto que los valores de DBO<sub>5</sub> de los puntos de muestreo CAM-3 y ILA-M1, no presentaron diferencia estadística significativa (Figura 2).

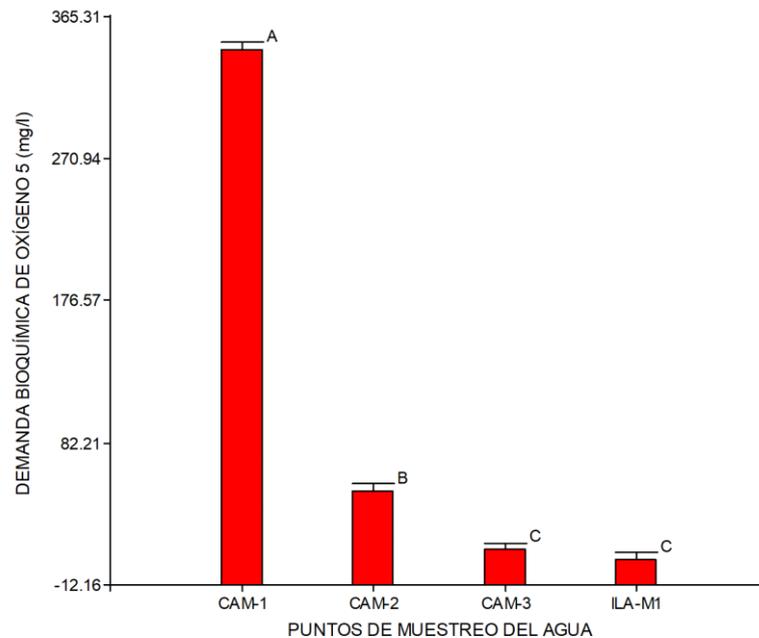


Figura 9. Prueba de Tukey de los valores de DBO<sub>5</sub> en puntos de muestreo del efluente del camal municipal de Ilave (CAM-1), el río Ilave a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente y antes de la desembocadura (ILA-M1-2), mayo – julio 2018.

En la investigación se determinó que en el punto de muestreo del efluente del CMI (CAM-1), la DBO<sub>5</sub> fue mayor a los puntos de muestreo CAM2 y CAM3 ubicados a 100 y 200 m de la desembocadura de los efluentes del CMI, respectivamente, asimismo fue superior a la DBO<sub>5</sub> del punto de muestreo CAM-1 aguas arriba o antes de la desembocadura de los efluentes CMI (ILA-M1) a manera de punto control sin la fusión con efluentes del CMI. Los valores promedios de DBO<sub>5</sub> en los dos puntos de muestreo CAM-2 (a 100 m) de 50.67 mg/l y CAM-3 (a 200 m) de 11.67 mg/l superan los valores ECAs para ríos de la costa y sierra (D. S. N° 007-MINAM, categoría 4) que establece un valor de DBO<sub>5</sub> de 10 mg/l. lo que es equivalente a que dichos puntos de muestreo poseen alta presencia de materia orgánica, las cuales requieren oxígeno para ser degradada en un trayecto del río, que favorece el crecimiento de bacterias y hongos, incrementándose a las poseían los

efluentes del camal municipal de Ilave, dicho oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, es utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática, por lo tanto, origina efectos al ecosistema, alterando la calidad del agua, eleva el pH, provocando la desaparición de peces y plantas (Raffo y Ruíz, 2014).

Asimismo, las aguas del río Ilave evaluadas a 100 m y 200 m del punto de vertimiento de los efluentes de camal municipal o matadero, a excepción de los efluentes contaminados, no serían considerados como fuertemente contaminadas, ya que no superan los 120 mg/l de DBO<sub>5</sub>, tal como lo menciona Mejía (2006) y por tanto las aguas superficiales no poseerían un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. Por otro lado, en el punto de desembocadura de los efluentes vendría acumulándose la materia orgánica y su elevada de DBO<sub>5</sub> producto de las excesivas proporciones de materiales orgánicos biodegradables, son perjudiciales debido a que consumen el oxígeno necesario para sustentar la vida animal normal (Brown, 2009).

Los efluentes del camal municipal de Ilave vierten altos contenidos de sangre y heces, las cuales son fuentes de nitrógeno y fósforo, ellos al vertirse directamente al río Ilave, vendrían originando la eutrofización de aguas superficiales, con el consecuente crecimiento acelerado de microalgas y interior producción de la muerte de los peces debido al despojo del oxígeno que necesitan para sobre vivir (Leyton y Parra, 2007), debido a la presencia de materia orgánica en el fondo del agua, terminando en el crecimiento rápido de algas y otras macrófitas que recubrirían la superficie del agua, impidiendo el ingreso de luz solar a las capas inferiores (Bolaños *et al.*, 2015), afectando adversamente la biodiversidad y la supervivencia de la comunidad biótica (Pérez y Rodríguez, 2009).

Los componentes como el oxígeno, el carbono, nitrógeno, azufre y fósforo que posee la materia biodegradable, se transforman a CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y fosfatos que terminan en el medio ambiente, productor de ello se reduce la cantidad de oxígeno disuelto y las bacterias aerobias no sobrevivan, mientras que las bacterias anaerobias realizan la descomposición, formando compuestos como el metano (CH<sub>4</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), fosfina (PH<sub>3</sub>), que en combinación originan los desagradables olores en los focos de contaminación (Brown *et al.*, 2009), las cuales se visualizan en forma de burbujas y mal olor sobre la superficie del agua (Bolaños *et al.*, 2015).

#### 4.2.2 Sólidos disueltos totales (SDT)

Los valores determinados de SDT, en muestras de agua previo al punto de desembocadura del efluente del CMI presentó un promedio de 0.021 mg/l en el punto de muestreo CAM-1 osciló entre 2,286 y 3,715 mg/l de SDT, con un promedio de 3205.33 mg/l en el punto de muestreo CAM-2 varió entre 0.004 y 0.024 mg/l con un promedio de 0.01 mg/l y en el punto de muestreo CAM-3 fluctuó entre 0.002 y 0.012 mg/l con un promedio de 0.01 mg/l. Los cuatro puntos de muestreo estuvieron por debajo del VMA que fue de 500 mg/l (Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA), excepto en el punto de muestreo CAM-1 el cual lo supera, disminuyó a 100 m de distancia (CAM-2) y a 200 m (CAM-3). En el punto de muestreo ILA-1 (punto control), los valores de SDT fueron ligeramente superiores a los de los puntos de muestreo CAM-2 y CAM-3 (Tabla 10).

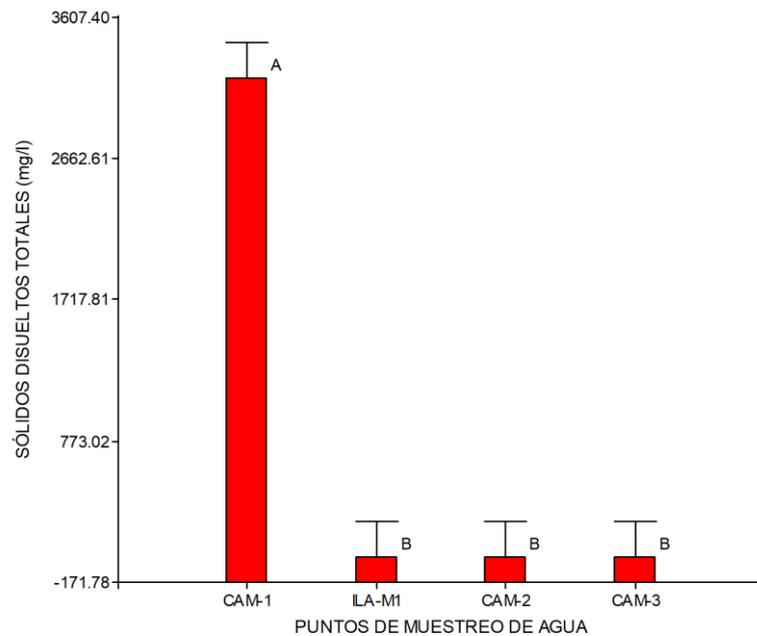
Tabla 10

*Cifras comparativas de SDT (mg/l) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018*

Parámetros	SDT (mg/l)			$\bar{X}$	C.V. (%)	VMA*
	M1	M2	M3			
ILA-M1-2	0.017	0.025	--	0.021	26.94	
CAM-1	2,286	3,715	3,615	3,205.33	24.89	500
CAM-2	0.004	0.004	0.024	0.01	108.25	
CAM-3	0.002	0.002	0.012	0.01	108.25	

\* Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA.

Al realizar las pruebas de estadística inferencial, el análisis de varianza mostró que los valores de SDT entre los puntos de muestreo (ILA-1, CAM-1, CAM-2 y CAM-3) presentaron diferencia estadística significativa ( $F=48.43$ ;  $gl=3$ ;  $P<0.0001$ ) (Anexo 2), y que luego de realizar la prueba de contraste de Tukey, los valores de SDT en el punto de muestreo CAM-1 fue estadísticamente mayor a los demás puntos de muestreo y entre éstos últimos (ILA-M1, CAM-2 y CAM-3) no presentaron diferencia estadística significativa (Figura 3).



**Figura 10.** Prueba de Tukey de los valores de SDT en puntos de muestreo del efluente del camal municipal de Ilave (CAM-1), el río Ilave a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente y antes de la desembocadura (ILA-M1-2), mayo – julio 2018.

El mayor resultado de SDT, se determinó en el efluente del camal municipal de Ilave con 3,205.33 mg/l. siendo este estadísticamente diferente y superior a la vez a las muestras procedentes en los restantes tres puntos de muestreo (ILA-M1, CAM-2 y CAM-3). En contraste, Sotil y Flores (2016), en el agua del río Mazán (Loreto – Perú), determinaron valores de SDT de 9.36 mg/l; asimismo, Palomino (2018), en muestras de agua del río Mashcón (Cajamarca - Perú), cita valores de SDT que oscilaron entre 300 y 520 mg/l paralelamente en ríos de Colombia los valores promedio de SDT fueron de 189.8 mg/l superando los límites permisibles de agua referente a hábitat para peces de 100 mg/l afectando la directa disponibilidad de oxígeno en los cuerpos de agua (Gualdrón, 2016), todas estas investigaciones resultaron con valores inferiores a los determinados en la investigación. Por lo tanto, se afirma que los efluentes del CMI vienen generando impactos negativos, alterando la calidad del agua debido a la incorporación de diversos contaminantes, como son organismos patógenos, materia orgánica, sólidos, nutrientes, sustancias tóxicas, elementos traza, detergentes, sustancias radiactivas, entre otros (Manahan, 2007).

Los SDT de una muestra de agua manifiesta la presencia de sales (bicarbonatos, cloruros y sulfatos), minerales (calcio, magnesio, potasio y sodio), metales y compuestos orgánicos o inorgánicos menores a  $1.5 \mu$  o que se disuelve en el agua, que es equivalente al número de mg. de residuos que queda después de evaporar una muestra de agua, previamente filtrada, dichos sólidos disueltos como sales y los fosfatos tendrían su origen en el estiércol y el contenido estomacal (El Programa Ambiental de las Naciones Unidas – UNEP, 2000). El contenido de SDT también es un indicador de otras utilidades del agua a evaluar, es así que se evaluaron en muestras de agua de la presa Boquilla (Chihuahua – México), con valores con rango de 152.9 y 187.08 mg/l y una media general de 169.5 mg/l (Rubio *et al.*, 2014) y dichas cifras se encuentran dentro de los límites permitidos de agua para uso en actividades agrícolas (NMX, 1994) y los estándares de calidad para uso agrícola en diversos países (ELAW, 2002).

Los SDT exterioriza la presencia de sales disueltas y partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico, dicha característica está relacionada con la capacidad de mantener elementos y sustancias en solución, transcendentales para el desarrollo de la microbiota (Gil, 2014), es decir, intervienen de manera directa en la diversidad y abundancia de las comunidades de los macroinvertebrados, en razón de que requieren directamente de plantas para su alimentación y los SDT reducen la entrada de los rayos solares exterminando la producción primaria (Gualdrón, 2016).

La diferencia encontrada entre los valores de SDT entre los puntos de muestreo CAM-1, CAM-2, CAM-3 e ILA-M1, se debería a la distancia que posee los puntos CAM-2, CAM-3 e ILA-M1 con respecto a la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, lo cual concuerda con lo manifestados por Rubio *et al.* (2012) quienes muestrearon el agua de la presa León con valores de 770.58 mg/l y variaron según la posición geográfica que ocupan en la cuenca, y se debería a que arrastra predominantemente compuestos químicos de los suelos circundantes y otros contenidos de desechos industriales agrícolas de la zona; mientras que Hill *et al.* (2005) reportan valores inferiores a 200 mg/l siendo menores en cuerpos de agua situados en la parte alta de la cuenca y la mayor la localizaron en la parte final de la cuenca, por lo tanto es explicado por el arrastre de diversas sustancias contaminantes a lo largo del río, pero las cifras generales de SDT se encuentran por debajo de lo recomendado por la Organización mundial de la Salud con un límite de 1,000 ppm y la Comunidad Europea con un límite de 500 ppm (Tamani, 2014).

### 4.2.3 Potencial de hidrogeniones (pH)

Los valores determinados de pH, en muestras de agua previo al punto de desembocadura de efluentes del CMI (ILA-M1) presentó un promedio de 7.80 unidades, en el punto de muestreo CAM-1 osciló entre 7.06 y 7.83 unidades de pH, con un promedio de 7.61 unidades, en el punto de muestreo CAM-2 (a 100 m. de distancia de la desembocadura del efluente) varió entre 7.57 y 8.21 unidades con un promedio de 7.95 unidades y en el punto de muestreo CAM-3 fluctuó entre 7.49 y 7.90 unidades con un promedio de 7.72 unidades. Los cuatro puntos de muestreo estuvieron dentro de los rangos de pH de los VMA que fue de 6 a 9 unidades (Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA), donde el valor mayor fue del punto de muestreo CAM-2, seguido del CAM-3. En la investigación se consideró el punto de muestreo ILA-M1-2, el cual está ubicado antes del punto de desembocadura del efluente del CMI, fue superior a los puntos CAM-1 y CAM-3 (Tabla 11).

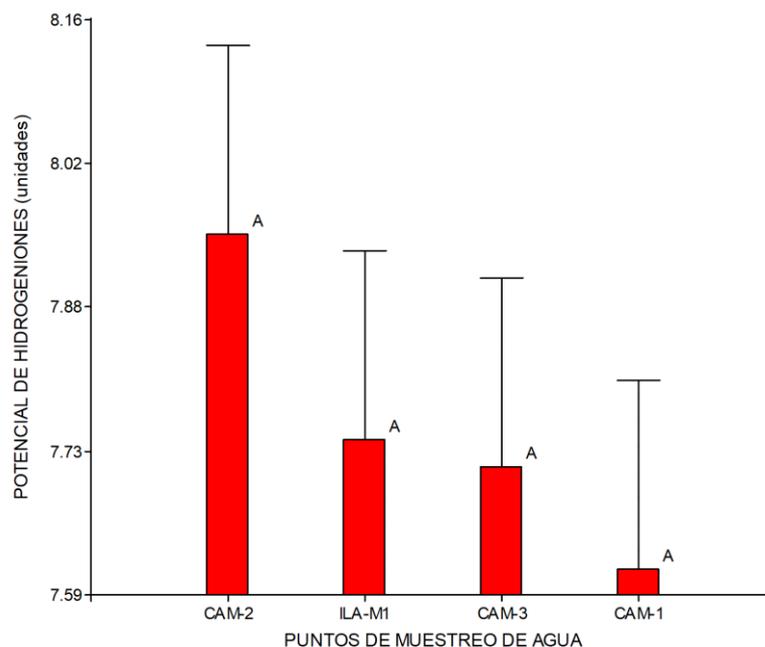
Tabla 11

*Cifras comparativas del pH (unidades) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018*

Parámetros	pH (unidades)			$\bar{X}$	C.V. (%)	VMA* ECAs**
	M1	M2	M3			
ILA-M1-2	7.97	7.63	--	7.80	3.08	
CAM-1	7.06	7.83	7.95	7.61	6.34	6-9
CAM-2	7.57	8.07	8.21	7.95	4.23	
CAM-3	7.76	7.90	7.49	7.72	2.70	

\* Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. \*\* Normas ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4.

Al realizar las pruebas de estadística inferencial, el análisis de varianza mostró que los valores de pH entre los puntos de muestreo (ILA-1, CAM-1, CAM-2 y CAM-3) no presentaron diferencia estadística significativa ( $F=0.56$ ;  $gl=3$ ;  $P=0.6577$ ) (Anexo 3), pero el mayor promedio se determinó en el punto de muestreo CAM-2, seguido de ILA-M1-2, CAM-3 y CAM-1 (Figura 4).



*Figura 11.* Prueba de Tukey de los valores de pH en puntos de muestreo del efluente del camal municipal de Ilave (CAM-1), el río Ilave a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente y antes de la desembocadura (ILA-M1-2), mayo – julio 2018.

Los valores de pH determinados en los cuatro puntos de muestreo, estuvieron dentro de los VMA de D. S. N° 021-2009-VIVIENDA y ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4, quienes consignan un rango de valor entre 6 y 9 unidades, siendo diferentes y superiores a los obtenidos por Sotil y Flores (2016), quienes en muestras de agua del río Mazán (Loreto – Perú), determinaron valores de pH de 7.05 unidades; asimismo, Palomino (2018), en muestras de agua del río Mashcón (Cajamarca - Perú), cita valores de pH que oscilaron entre 7.08 y 7.40 unidades. Asimismo, fueron diferentes a los encontrados en el río Negro, quienes presentaron valores de pH que varían desde ligeramente ácidos a ligeramente básicos, a causa de los ácidos orgánicos débiles procedentes de la descomposición de hojas, raíces, entre otros, que disminuyen ligeramente el pH del agua (GWW, 2005), siendo impedimento para que las especies de peces habiten en dicho ecosistema (Siqueira y Freitas, 2004).

Mientras tanto, fueron diferentes a los resultados obtenidos en evaluar ríos Amazónicos, tal como lo que reporta Sotil y Flores (2016), que a pesar de poseer un color negro característico y un pH ácido, lo cual es corroborado por Sáenz (2008), quien encontró un pH de 6.78 y 7.02 en el río Morona; valores de pH entre 6.58 y 6.75 unidades en ríos del

lote 8 – Trompeteros (zona Petrolera) (Ruíz, 2001) y pH en el río Itaya entre 5.32 y 6.01 (Burga, 2005), estos bajos valores de pH se debería a la descomposición orgánica (taninos, descomposición de especies de flora y fauna silvestre), con una aparente cierta alcalinidad en ocasiones, a causa de la presencia de poblaciones ribereñas, debido a las excretas humanas, animales de crianza, de áreas ganaderas y por el flujo de aguas con jabones y detergentes utilizados para el lavado y aseo personales (Sotil y Flores, 2016).

Los valores de pH del agua de las muestras evaluadas oscilaron entre 7.61 y 7.95 unidades y que favorece las presencia de fito y zooplancton, peces, anfibios entre otros organismos, por lo que se puede afirmar que las aguas del río Ilave, mezclados con efluentes contaminados del camal municipal de Ilave no originan grandes impactos en dicho río, lo cual sucedería si en caso se mezclarían con efluentes industriales, acidificando las aguas. La acidificación afecta a los organismos mediante tensión fisiológica o indirecta por cambios en el abastecimiento de comida, provisión del hábitat y predación, donde las especies pulga de agua y copéodos no habitan en aguas ácidas y los peces son afectados en la fisiología de las branquias y la sangre (control de iones alterados y estatus ácido – base), en la fisiología del aparato reproductor, el desarrollo y desmineralización, acumulación de metales y cambios de conducta (Kiely, 1999).

#### **4.2.4 Coliformes termotolerantes**

Los valores determinados de coliformes termotolerantes, en muestras de agua previo al punto de desembocadura de efluentes del CMI (ILA-M1-2) oscilaron entre 28 y 2,400 NMP/100ml con un promedio de 1,214 NMP/100ml, en el punto de muestreo CAM-1 todos los resultados fueron >2,400 NMP/100ml, en el punto de muestreo CAM-2 (a 100 m de distancia de la desembocadura del efluente) varió entre 1,100 y 2,400 NMP/100ml con un promedio de 1,966.67 NMP/100ml y en el punto de muestreo CAM-3 fluctuó entre 42 y 2,400 NMP/100ml con un promedio de 1,181 NMP/100ml. Los cuatro puntos de muestreo estuvieron, tres se encontraron por debajo de los valores de los ECAs que fue de 2,000 NMP/100ml (D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4), ellos son los puntos de muestreo ILA-M1-2, CAM-2 y CAM-3; mientras que el punto de muestreo CAM-1 superaron los valores de la norma vigente (Tabla 12).

Tabla 12

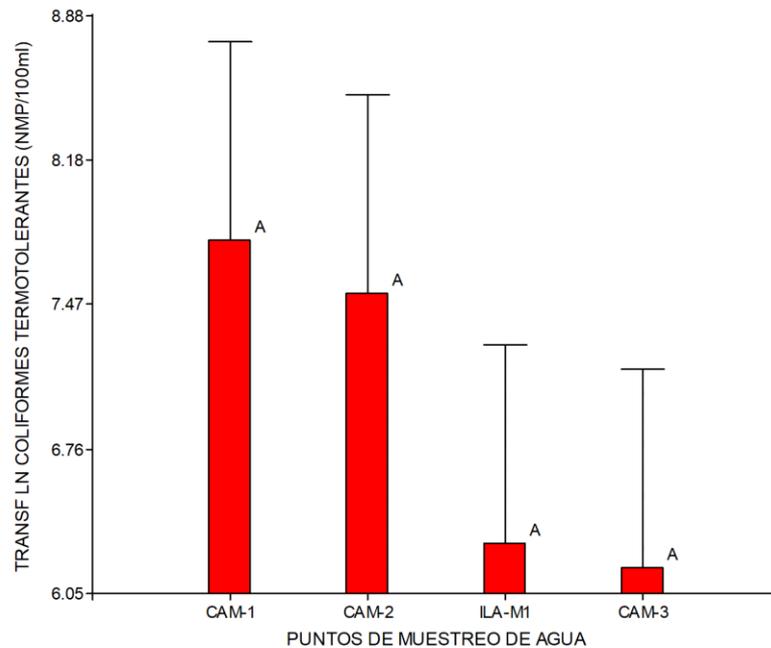
*Cifras comparativas de recuentos de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) a 100 m y 200 m de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, mayo – julio 2018*

Parámetros	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml.)			$\bar{X}$	C.V. (%)	ECAs*
	M1	M2	M3			
	ILA-M1-2	28	2,400			
CAM-1	2,400	2,400	2,400	2,400.00	0.00	2,000
CAM-2	2,400	2,400	1,100	1,966.67	38.16	
CAM-3	2,400	1,100	43	1,181.00	99.96	

\* Normas ECAs de agua D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4.

Al realizar las pruebas de estadística inferencial, el análisis de varianza mostró que los valores de coliformes termotolerantes entre los puntos de muestreo (ILA-1, CAM-1, CAM-2 y CAM-3) no presentaron diferencia estadística significativa ( $F=0.72$ ;  $gl=3$ ;  $P=0.5692$ ) (Anexo 5), pero fue mayor los recuentos bacterianos en el punto de muestreo CAM-1, seguidos de CAM-2, ILA-M1-2 y CAM-3 (Figura 5).

De los tres puntos de muestreo realizados en la investigación, se observa que aguas arriba antes del punto de desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave, los valores fueron inferiores al punto de desembocadura (1,214 NMP/100ml), representando que dichas aguas poseen alguna contaminación la cual se referiría a la presencia de las lagunas de oxidación de aguas residuales de la localidad de Ilave, con respecto a los efluentes con  $> 2,400$  NMP/100ml disminuyendo a los 100 m a 1,966.67 NMP/100ml y mucho más a los 200 m llegando a 1,181 NMP/100ml la contaminación observada en el punto de muestreo CAM-1, tiende a diluirse mientras discurre por río hacia el lago Titicaca, de todos ellos los puntos que se aproximan y superan los valores recomendados por los ECAs de agua son los puntos CAM-1 y CAM-2, los otros dos se encuentran por debajo de los valores recomendados por la norma citada.



*Figura 12.* Prueba de Tukey de los valores de coliformes termotolerantes (datos transformados a LN) en puntos de muestreo del efluente del camal municipal de Ilave (CAM-1), el río Ilave a 100 m (CAM-2) y 200 m (CAM-3) de la desembocadura del efluente y antes de la desembocadura (ILA-M1-2), mayo – julio 2018.

Los valores de recuentos de coliformes termotolerantes de la investigación fueron inferiores a los reportados por Saavedra (2019), quien reporta cifras de 35,000 NMP/100 ml en temporada seca, representando un grado alarmante de contaminación; asimismo inferiores a los reportados por Tamani (2014), quien registra valores entre 320 y 2,575 NMP/100ml. en muestras de agua del río Negro en Aguaytía (Tingo María – Perú); también fueron superiores a los reportados por Apaza (2013), quien en el ex – camal de Ilave – Puno, los efluentes poseían, coliformes fecales en un valor de 118.5 NMP/100ml. Las altas cargas de coliformes termotolerantes se deberían a dichas muestras de agua del río posee la contaminación por efluentes líquidos de proceso de CMI, tales como estiércol, pezuñas, entre otros residuos (Álvarez, 2010), relacionados al tracto gastrointestinal de los animales faenados ya que al igual que el ser humano poseen sangre caliente, ya que los excrementos humanos contienen gran número de coliformes, su presencia en cuerpos de agua indica la existencia de contaminación fecal, por lo tanto, una contaminación de agua por estos patógenos puede tener un origen animal, humano o provenir del suelo (Saavedra, 2019).

Los recuentos altos de coliformes termotolerantes en los puntos de muestreo de la investigación es a la presencia de descargas directas de los residuos domésticos del camal municipal de Ilave, las cuales no cuentan con un sistema de saneamiento básico apropiado para la eliminación de sus desechos (Marín *et al.*, 2004), donde el volumen de producción de efluentes es un factor determinante en la cantidad de residuos líquidos y sólidos generados y en caso del CMI es variable debido a que según las consultas a los trabajadores manifiestan que las labores se realizan de martes a domingo, (martes vacunos, miércoles ovinos y porcinos, jueves vacunos y ovinos, viernes vacunos, ovinos y porcinos, sábado vacunos y ovinos y el domingo vacunos, ovinos y porcinos), por lo que su disposición afecta significativamente la calidad sanitaria del cuerpo de agua (Espinosa *et al.*, 2006).

Los valores de DBO<sub>5</sub>, SDT y coliformes termotolerantes se encuentran elevados en el punto de muestreo CAM – 1, esto sería a causa de que aquí sedimentan los residuos sólidos y contaminantes disueltos de los efluentes del camal municipal de Ilave, en razón de que las poblaciones microbianas no sufren procesos de dilución o dispersión por las descargas continentales y los microorganismos se depositan y acumulan en los sedimentos y pueden fácilmente ser removidos, resuspendidos y generar altas densidades bacterianas en la columna de agua (Chigbu *et al.*, 2005). Esta problemática no solo se observa en el camal municipal de Ilave, también sucede en Colombia y otros países de América Latina, quienes no poseen un sistema de manejo eficiente de excretas y residuos domésticos conllevando a la contaminación de los cuerpos de agua (González *et al.*, 2003). Se debe enfatizar también de que dichas aguas contaminadas se constituyen en una potencial fuente de contaminación y que expone a los habitantes a la adquisición de enfermedades gastrointestinales (Marín *et al.*, 2004).

Por todo lo analizado hasta este ítem, aceptamos la hipótesis planteada (Ha), debido a que los valores fisicoquímicos y coliformes termotolerantes del río Ilave varían a 100 y 200 m de distancia de la desembocadura de los efluentes del camal municipal de Ilave superando los valores de las normas vigentes.

#### **4.3 Propuesta de tecnología ambiental apropiada para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del camal municipal de Ilave.**

El tratamiento de los efluentes residuales provenientes del camal municipal de Ilave, se constituye en una necesidad económica y de higiene pública, como se analizó en objetivos

anteriores, a causa de las heces y orina, sangre, pelusa, grasas, entre otros residuos (Muñoz, 2005), por tanto se realizó la revisión de diversas investigaciones publicadas en tesis y artículos científicos, los cuales consignamos a continuación de tecnologías que podrían aplicarse a mediano plazo, primera en las universidades y posteriormente aplicadas por las autoridades gubernamentales, las cuales fueron clasificadas como: sistemas de reactores anaerobios granulares de lecho expandido (EGSB), tratamiento mediante reactor anaeróbico (UASB) de mano de lodos de flujo ascendente, sistema biológico de lodos activados, sistema de tratamiento de aguas residuales con biodiscos, tratamientos biológicos utilizando microorganismos nativos y fitorremediación de efluentes del matadero, los cuales los detallamos a continuación.

#### **4.3.1 Tratamiento mediante reactor anaeróbico (UASB) de manto de lodos de flujo ascendente.**

Para el tratamiento del camal municipal de Ilave se propone, donde se muestra como pretratamiento, que consiste en desarenador y vertedero y en seguida pasa a tratamiento primario que consiste en reactores UASB asimismo complementando con el tratamiento secundario que consta de un filtro percolador y finalmente un tanque de almacenamiento para su reutilización de las aguas tratadas del camal.

El efluente de camal municipal de Ilave CMI se tiene que evacuar mediante cunetas y canaletas de tipo trapezoidal a basa de concreto donde produzca fluidos, se conectarán a un punto para ser evacuados en un canal de concreto diseñado según el caudal máximo, donde ingresara al primer tratamiento con rejillas donde se retendrá los sólidos gruesos pasara por tres tipos de rejillas los efluentes se realizara la limpieza de los residuos gruesos de forma manual y estos desechos irán a un secado de lodos donde posteriormente se utilizaran como fertilizante del suelo el fluido ingresara a un tanque de sedimentación y posteriormente se le añadirá un coagulante para precipitar su decantación de los sólidos sedimentados. El mantenimiento se realizará de forma manual dos veces por semana y los desechos pasaran al lecho de lodos posteriormente el efluente ingresara a una trampa grasas donde se atrapará las grasas que quedan en el efluente, los desechos también irán al lecho de secado; los efluentes se evacuaran por un tubo de 6" hacía los filtros percoladores de donde pasaran a una desinfección con cloro para luego ser descargados al ambiente.

Tabla 13

*Ventajas y desventajas del reactor UASB y filtros percoladores*

Proceso de tratamiento	Ventajas	Desventajas
Reactor Anaeróbico de flujo Ascendente (UASB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta altas cargas orgánicas.</li> <li>- Bajo requerimiento de energía.</li> <li>- No requiere medio de soporte.</li> <li>- Construcción relativamente simple.</li> <li>- Aplicable a pequeña y gran escala.</li> <li>- Operación comparativamente simple respecto a filtros o lodos activados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requerimiento de inóculo de determinadas características.</li> <li>- Sensible a sólidos suspendidos, grasas y aceites en el efluente.</li> <li>- Sensibles a bajas temperaturas (&lt;15 °C).</li> <li>- Riesgos de flotación de sólidos durante arranques.</li> <li>- Arranque lento sino se cuenta con el inóculo adecuado.</li> </ul>
Filtros percoladores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No necesita de equipos para suministro de oxígeno.</li> <li>- Baja producción de lodos.</li> <li>- Menor área superficial de construcción, considerando la alta producción de biomasa generada en la gran área superficial de contacto del medio filtrante.</li> <li>- No se requiere personal altamente calificado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructuras altas (más de 3 m) que generalmente obligan a bombear las aguas residuales desde el sedimentado.</li> <li>- Área superficial relativamente grande pueden existir problemas de olor, específicamente en las temporadas más cálidas.</li> <li>- Presencia de larvas de moscas, que desarrolladas en exceso pueden obstaculizar el proceso de clarificación y crear molestias en las viviendas vecinas.</li> </ul>

Fuente: Centro de producción más limpia de Nicaragua (2007).

#### 4.3.2 Consumo de agua para el camal municipal de Ilave CMI

##### - Consumo de Agua

El camal se abastece de agua potable de la red pública. El consumo de agua es de 820 m<sup>3</sup>/mes aproximadamente siendo la dotación 24 horas/día.

### - Servicios higiénicos

Se implementarán los servicios higiénicos para la eliminación de los desechos fisiológicos del personal que trabajan en oficinas, estos desechos se van por una tubería de alcantarillado a la red pública.

### - Mantenimiento del Camal

Con el propósito de acondicionar el local para un buen manejo, se ejecutarán limpieza diaria y desinfección una vez por semana con insumos: detergente, lejía y chorros de agua con fuerte presión.

Tabla 14

*Cantidad de animales beneficiados durante el año 2018*

<b>Animales beneficiados año 2018</b>						
<b>Mes</b>	<b>Ovinos</b>		<b>Bovinos (Vacunos)</b>		<b>Porcinos</b>	
	<b>N°</b>	<b>Kg</b>	<b>N°</b>	<b>Kg</b>	<b>N°</b>	<b>Kg</b>
Enero	580	17,400	210	45,150	58	2,436
Febrero	480	14,400	180	38,700	48	2,016
Marzo	540	16,200	240	51,600	45	1,890
Abril	345	10,350	205	44,075	39	1,638
Mayo	595	17,850	216	46,440	28	1,176
Junio	485	14,550	295	63,425	25	1,050
Julio	542	16,260	212	45,580	34	1,428
Agosto	352	10,560	234	50,310	36	1,512
Septiembre	520	15,600	230	49,450	38	1,596
Octubre	455	13,650	224	48,160	45	1,890
Noviembre	398	11,940	231	49,665	48	2,016
Diciembre	524	15,720	180	38,700	46	1,932
Total	5,816	174,480	3,064	571,255	490	20,580

Fuente: Camal municipal Ilave CMI.

Según el Reglamento Tecnológico de Carnes DECRETO SUPREMO N° 22-95 AG, los requerimientos mínimos de consumo de agua según el animal a ser beneficiado son:

- 500 litros por bovino.
- 300 litros por porcino.
- 250 litros por ovino o caprino.

Tabla 15

*Efluentes de líquidos generados en el camal municipal*

Cantidad máxima de animales beneficiados por mes	Ovinos	Bovinos (vacunos)	Porcinos
		595	295
Animales beneficiados por día.	19.83	9.83	1.93
Consumo de agua por día.	4,958.3	4,916.6	580
Total		10455	
Volumen de agua residual diario (m <sup>3</sup> )		10.45	

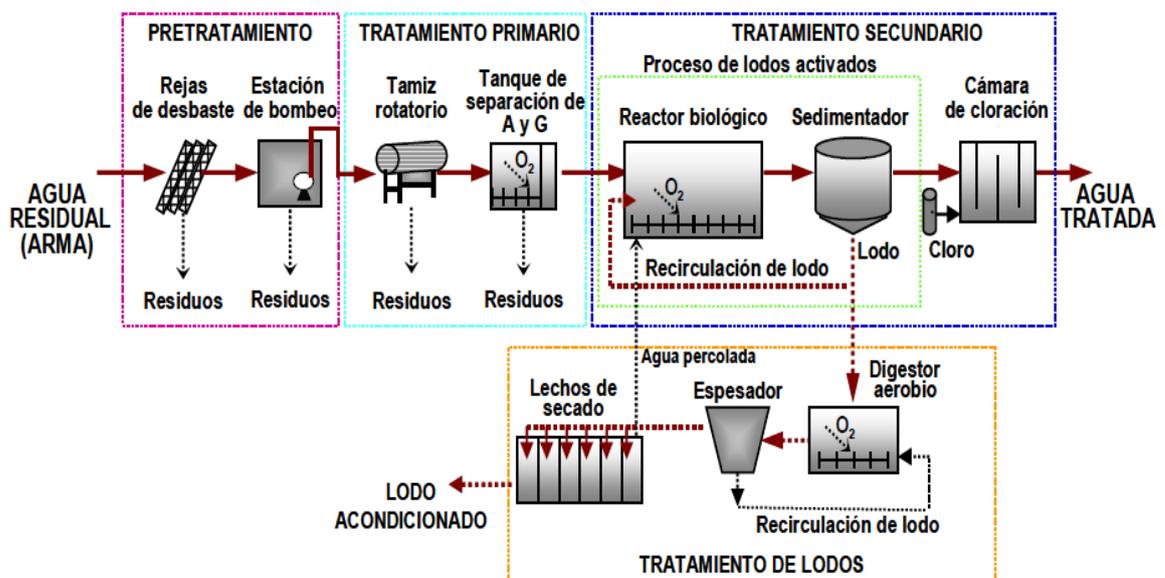


Figura 13. Esquema de las unidades que integran el sistema de tratamiento de las aguas residuales del matadero de aves del Zulia.

Fuente: Caldera y Gutiérrez (2012).

### 4.3.3 Descripción técnica de las etapas de tratamiento

- **Rejilla.** Se usará una rejilla fija, de barras la cual estará construida de varillas de fierro paralelas colocadas en forma vertical. Tendrán la función de retener el material grueso como cascotes, huesos, cueros, partes de cuernos, pelos, etc.

El canal donde se colocarán las rejillas tendrá las siguientes dimensiones 3 metros de largo, 80 cm de ancho y 1.20 m de profundidad será de concreto armado, tendrá barandas de 80 cm de alto de tubo de fierro para seguridad y tendrá el piso liso.

La limpieza como mínimo una vez por semana, será de forma manual donde dos personas ayudados de un rastrillo por persona sacaran los restos que han sido retenidos por las rejillas y le pondrán a una rampa que tendrá una pendiente mínima para escurrir los líquidos hacia el canal mismo; luego los sólidos pasaran a una descomposición juntamente con el secado de los lodos para después darle uso en fertilización de suelos (Aguilar, 2012).

- **Coagulante y sedimentación.** se agregará a través de un tubo con un medidor de cantidad para agregar la correcta cantidad de acuerdo al volumen del sedimentador, Los coagulantes que se usaran son: sulfato ferroso, cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato de aluminio, y poli electrólitos orgánicos, los cuales se disuelven para formar cargas iónicas, éstas neutralizan las cargas repelentes de las partículas coloidales causantes de la turbidez y producen una masa esponjosa llamado floculo (Aguilar, 2012).

Luego se realizará la sedimentación en el tanque de sedimentación, Tendrá una pendiente de 2% orientada hacia el ingreso. En los casos en que se colocará una tubería para drenar los lodos, en la parte más profunda, la cual estará provista de válvulas de limpieza, según los volúmenes diarios más altos se tiene estas dimensiones 2.5 m de ancho, 4 m de largo y 1.5 m de profundidad; con un espacio libre de 30 cm de alto, será tapado y tendrá una tapa movable. El fondo del tanque será en forma de "V" y será liso y tendrá un tubo de 8 pulgadas, al fondo el cual tendrá una llave de control para la evacuación de los sedimentos hacia el lecho de secado de lodos, el tanque será de concreto armado.

El lecho de secado de lodos tendrá una altura de 1 m por 4 m de ancho x 4 m de largo; será de concreto armado, tendrá un techo para evitar que le dé la lluvia, allí se le dará los tratamientos necesarios para la producción de fertilizante (Aguilar, 2012).

- **Trampa de grasas.** Tanque de concreto armado, tendrá dimensiones de 2 m de largo por un metro de ancho por 1.80 m de profundidad. Llamado separador de coalescencia. Es una trampa de grasa, retendrá la grasa que por alguna razón ha llegado hasta este punto, el operario o la persona encargada, deberá revisar diariamente o periódicamente este tanque y limpiar cuando sea necesario (Aguilar, 2012).
- **Filtros percoladores.** Un tanque de concreto armado de dimensiones según el volumen diario es de 2.5 m de ancho por 4 m de largo y 1.80 m de profundidad, donde irán colocados filtros y luego ese líquido pasara a un clorado (Carrasquero *et al.*, 2015).
- **Clorinización.** En la salida al ambiente se agregará cloro según el caudal que salga del tanque de filtros y luego al ambiente sale un efluente tratado que incluso puede ser usado para riego de áreas verdes (Carrasquero *et al.*, 2015).

#### 4.3.4 Biodiscos. La propuesta cuenta con los siguientes pasos y tratamientos

- **Cribado.** se usará un harneado a través de rejillas de tambor es decir una lámina perforada que gira sobre un eje horizontal. Tendrán la función de retener el material grueso como cascos, huesos, cueros, partes de cuernos, pelos.

El canal donde se colocarán el harneado tendrá las siguientes dimensiones 3 m de largo, 80 cm de ancho y 1.20 m de profundidad será de concreto armado, tendrá barandas de 80 cm de alto de tubo de fierro para seguridad y tendrá el piso.

La limpieza se hará cuando sea necesario, será de forma manual donde dos personas ayudados de un rastrillo por persona sacaran los restos que han sido retenidos y le pondrán a una rampa que tendrá una pendiente mínima para escurrir los líquidos hacia el canal mismo; luego los sólidos pasaran a una descomposición juntamente con ellos lodos deshidratados para después darle uso en fertilización de suelos (Carrasquero *et al.*, 2015).

- **Desarenador.** Será un tanque de las mismas dimensiones del tanque de sedimentación donde se disminuye la velocidad a 30 cm/s, y se le inyectará aire a un centímetro de alto del fondo del tanque, para ocasionar la decantación de la arena presente. Se hará la limpieza mecánicamente (Carrasquero *et al.*, 2015).
- **Coagulante y sedimentación.** Se agregará a través de un tubo con un medidor de cantidad para agregar la correcta cantidad de acuerdo al volumen del sedimentador, Los coagulantes que se usaran son: sulfato ferroso, cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato de aluminio, y polielectrolitos orgánicos, los cuales se disuelven para formar cargas iónicas, éstas neutralizan las cargas repelentes de las partículas coloidales causantes de la turbidez y producen una masa esponjosa. llamado floculo.

Luego se realizará la decantación en el tanque de sedimentación, Tendrá una pendiente de 2% orientada hacia el ingreso. En los casos en que se colocará una tubería para drenar los lodos, en la parte más profunda, la cual estará provista de válvulas de limpieza, según los volúmenes diarios más altos se tiene estas dimensiones 2.5 m de ancho, 4 m de largo y 1.5 de profundidad; con un espacio libre de 30 cm de alto, será tapado y tendrá una tapa movable. El fondo del tanque será en forma de "V" y será liso y tendrá un tubo de 8 pulgadas, al fondo el cual tendrá una llave de control para la evacuación de los sedimentos hacia el lecho de secado de lodos, el tanque sea de concreto armado.

La deshidratación de lodos se hará a través de un lecho de secado de lodos tendrá una altura de un metro por 4 m de ancho x 4 m de largo; será de concreto armado, tendrá un techo para evitar que le dé la lluvia, allí se le dará los tratamientos necesarios para la producción de fertilizante (Carrasquero *et al.*, 2015).

- **Flotación con aire.** Tanque de concreto armado, Tendrá dimensiones de 2 m de largo por 1 m de ancho por 1.80 m de profundidad. Donde se insertará aire a presión para separar las partículas que aún no se han podido decantar con los tratamientos anteriores. Se hará la limpieza de forma manual cada vez que lo requiera (Carrasquero *et al.*, 2015).
- **Tratamiento con biodiscos.** Los biodiscos giran a baja velocidad (menor de 5 rpm), alrededor de un eje perpendicular a todos ellos. Estará dentro de un tanque donde será impulsado por un motor el cual le hará girar (Aguilar, 2012).

- **Cloración.** En la salida al ambiente se agregará cloro según el caudal que salga del tanque de biodiscos y luego al ambiente sale un efluente tratado que incluso puede ser usado para riego de áreas verdes (Aguilar, 2012).

#### 4.3.5 Consumo de energía eléctrica para tratamiento mediante reactor anaeróbico (UASB) y filtros percoladores

El consumo de energía para tratamiento de efluentes del camal municipal de Ilave, se calculó a través del caudal de vertimiento es  $10.45 \text{ m}^3$ , se planteó una tecnología ambiental más adecuada y económicamente, así se identificará la mejora continua en los procesos implementados, así economizar la energía como alternativas de solución en todo el proceso de tratamiento de los efluentes residuales provenientes del camal, se constituye en una necesidad económica e higiene pública.

Según Resolución Osinergmin N° 279-2015-OS/CD. Establece tarifa de precio para zona industrial de 48.34 céntimos de sol por kW/h por consumo es 125 kW/h es un pago mensual de S/. 60.4 para el tratamiento de aguas residuales del camal, para conocer la potencia (W) de tus equipos menores debes revisar en la parte posterior o en el manual.

El consumo de energía eléctrica, para el tratamiento de efluentes del camal municipal Ilave para etapas de tratamiento se consideró uno de ellos para demostrar el consumo de energía para equipo menores que es de 320 K que estaba funcionando 8 horas diarias la conversión para calcular la energía de consumo es lo siguiente:

Primero convierte los watts (W) en Kilowatts (kW), de la siguiente forma utilizando la fórmula:  $320\text{K} / 1000 = 0.32 \text{ kW}$

Se tiene que evaluar, el tiempo de funcionamiento de los equipos menores durante 8 horas al día que se encuentran prendidos consumiendo energía, para determinar la cantidad total de horas al mes es de la siguiente forma: Por horas al día  $8 \times 30 \text{ días} = 240 \text{ horas al mes}$

Ahora multiplica los dos resultados anteriores para calcular el consumo mensual del equipo menor para el tratamiento de los efluentes líquidos del camal municipal de Ilave, tal y como se muestra a continuación:  $0.32\text{kW} \times 240 \text{ horas} = 76.8\text{kWh}$

El monto a pagar, por la utilización de energía eléctrica, en todo el proceso de tratamiento en el camal municipal por los equipos utilizados para estimar el costo total es en la siguiente formula:  $76.8 \text{ kWh} \times 48.34 \text{ céntimos} = \text{S/}. 37.13$

Tabla 16

*Consumo de energía eléctrica para tratamiento de los efluentes del camal municipal de Ilave*

<b>Consumo de energía por mes para tratamiento de los efluentes - CMI 2018</b>					
<b>Proceso de tratamiento</b>	<b>Caudal - CMI</b>	<b>Etapas de tratamiento</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Consumo energía total (KWh/mes)</b>	<b>Tarifa (48.34 céntimos)</b>
Pretratamiento	10.45 m <sup>3</sup>	Rejas de desbaste	0	0	0
		Estación de bombeo (Generador)	320	76.8	37.13
Tratamiento primario	10.45 m <sup>3</sup>	Tamiz rotatorio (Generador)	420	100.8	48.73
		Reactor	180	43.2	20.88
Tratamiento secundario	10.45 m <sup>3</sup>	Sedimentador (Generador)	420	100.8	48.73
		Digestor (Generador)	320	76.8	37.13
		Espesador (Generador)	280	67.2	32.48
Tratamiento terciario	10.45 m <sup>3</sup>	Filtros percoladores (Generador)	320	76.8	37.13
		Tratamiento de Lodos	0	0	0.00
		Cloración (Generador)	280	67.2	32.48
		Lecho secado	0	0	0.00
<b>Total</b>				<b>609.6</b>	<b>S/.294.681</b>



#### - **Evaluación técnica económica**

Se evaluaron los aspectos técnicos y económicos para el tratamiento de los efluentes del camal municipal de Ilave, su costo y viabilidad de implementación que consiste en procesos de tratamiento de los efluentes líquidos del camal municipal para establecer cuantitativamente el ahorro económico de energía eléctrica, la minimización de consumo de energía para tener buenas prácticas de consumo y con reemplazo de equipos adecuados está en función a la eficiencia de las unidades involucradas la capacidad de los equipos también las horas de operación y diversas condiciones relacionadas con la naturaleza de los procesos de tratamiento la disminución de energía es acuerdo a un período determinado de tiempo de tratamiento de los efluentes líquidos puede ser mensual y anual. Los ahorros de energía eléctrica son favorables para la implementación de la tecnología ambiental propuesto para el camal municipal Ilave.

## CONCLUSIONES

- Los efluentes del Camal Municipal de Ilave, presentaron valores promedios de demanda bioquímica de oxígeno 344 mg/l. sólidos disueltos totales 3205.33 mg/l. pH 7.61 y coliformes termotolerantes > 2400 NMP/100ml. donde los valores que superaron las normas vigentes contrastadas fueron de los sólidos disueltos totales y coliformes termotolerantes; en ese sentido los valores que superan es sólidos disueltos totales es por la consecuencia del vertimiento directamente de aguas residuales de CMI al río Ilave por el contenido de sangre y heces las cuales son fuentes de nitrógeno y fosforo originan la eutrofización de aguas con el crecimiento acelerado de microalgas en el interior producen la muerte de los peces debido al despojo del oxígeno que necesitan para sobrevivir; asimismo la presencia de los coliformes termotolerantes superan los valores en la normativa están siendo afectados las aguas del río Ilave por microorganismos patógenos que pueden producir enfermedades (cólera, disentería, tifoidea), destruir la vida acuática (cuando muere el plancton en los ríos y lagos y se descompone a la vez disminuyendo el oxígeno en el agua).
- A 100 m. de distancia de la desembocadura de los efluentes del Camal Municipal de Ilave, los valores de demanda bioquímica de oxígeno fue de 50.67 mg/l. los sólidos disueltos totales de 0.01 m/l. pH de 7.95 y el recuento de coliformes termotolerantes de 1966.67 NMP/100ml. mientras que a 200 m. de distancia los valores de demanda bioquímica de oxígeno fue de 11.67 mg/l. los sólidos disueltos totales de 0.01 m/l. pH de 7.72 y el recuento de coliformes termotolerantes de 1181.00 NMP/100ml. ambos fueron inferiores a los determinados en los efluentes en el Camal Municipal de Ilave.
- Se propone a los parámetros evaluados, una de las mejores tecnologías ambientales para el tratamiento de efluentes líquidos procedentes del Camal Municipal de Ilave es mediante reactor anaeróbico – UASB, de manto de lodos de flujo ascendente y filtros percoladores siendo la mejor alternativa, las tecnologías de lodos activados y la fitorremediación logrando remociones mayores al 80% en promedio de los parámetros evaluados en el río Ilave.



## RECOMENDACIONES

- La municipalidad provincial de El Collao se le recomienda formular proyectos de inversión para el tratamiento de efluentes y residuos sólidos producidos por el camal municipal de Ilave.
- A las instituciones y entidades de salud relacionadas a la calidad de agua (DIGESA, ALA ILAVE, entre otros), realizar el control de calidad periódica de la cuenca del río Ilave hasta su desembocadura al lago Titicaca.
- Realizar evaluaciones de acuerdo a la normativa ambiental, en los efluentes la magnitud del contenido de sangre, grasa, estiércol y contenidos estomacales por ser los que aportan el mayor contenido de nitrógeno y fósforo.
- Realizar estudios para determinar las cantidades de residuos sólidos y volúmenes de efluentes líquidos para implementar un Plan Integral de Gestión Ambiental, acorde a la normatividad ambiental vigente.
- Realizar estudio fisicoquímico, microbiológico y macroinvertebrados adaptados a la contaminación en todo el trayecto del río Ilave hasta llegar al punto de desembocadura al lago Titicaca, para determinar el impacto que conlleva los efluentes del camal municipal de Ilave.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I. (2012). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Murcia, España.
- Alí, A., Nisar H., y Akber H. (2010). *The Slaughter House Waste Management*. Hydro Nepal, Issue N° 7, Pakistán.
- Almeida, F., Salles A., Farias B. y Curvelo C. (2012). Aprovechamiento de Patas de Pollos como Alternativa para disminuir Residuos Generados en los Mataderos. *Información Tecnológica*, 23(4):45–52. Doi: 10.4067/S0718-07642012000400006. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n4/art06.pdf>
- Alvarez, F. (2010). *Las aguas residuales provenientes del faenamiento en el camal municipal Salcedo y su incidencia en la contaminación del río Cutuchi*. Tesis de Maestría en Producción Más Limpia. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato – Ecuador. 225 p. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1774/1/MSc.%206.pdf>
- Apaza, D. (2013). *Efecto de los Efluentes Residuales del Camal en la Calidad de Agua del Rio llave-Puno y su Efecto Socioeconómico*. Tesis de la Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/242/EPG696-00696-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- APHA, American Public Health Association. (2005). *Standars Methods for Examination of Water and Waste Water*. 21th edition. Washington D. C.
- Barba, E. (2002). *Conceptos Básicos de la Contaminación del Agua y Parámetros de Medición*. Colombia: Universidad Del Valle.
- Barreto, E. (2011). *Análisis Químico I- Un Enfoque Ambiental*. Perú: Universidad Nacional Del Callao.
- Barraza, A. y Palpa G. (2011). *Comparación de eficiencias en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal utilizando en forma independiente reactores UASB y filgros contenedores a escala piloto*. Tesis de Ingeniero Sanitario. Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. 254 p. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3350>
- Bartolomé, K. (1993). *Planta de faenamiento de ganado vacuno*. Relatorio de impacto Ambiental – RIMA. Fecha de revisión: 15 abril del 2018.

- [http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/bartolome\\_virginia.f.pdf](http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/bartolome_virginia.f.pdf)
- Becerra, L., Horno M., Barrionuevo K. (2015). *Influencia de microorganismos nativos en el tratamiento de efluentes residuales de camales*. Rev. Cuerpo Méd. HNAAA. 8(1):15–18. [http://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/03/1051764/rcm-v8-n1-2015\\_pag15-18.pdf](http://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/03/1051764/rcm-v8-n1-2015_pag15-18.pdf)
- Belizario, S. (2002). *Informe de prácticas pre – profesionales*. Estación experimental Illpa – Puno, Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas, UNA Puno. 110 p.
- Bolaños, J., Montero N., Rodríguez N. y Sánchez A. (2015). Calidad de aguas superficiales: estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*. 15(25):61–76. <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-CalidadDeAguasSuperciales-5821477.pdf>
- Brown, T.; LeMay. E.; Burten, B. y Murphy, P. (2009). *Química la ciencia central*. 11ª ed. México: Pearson Educación. p. 786.
- Burga, L. (2005). *Evaluación de la contaminación por hidrocarburos y metales pesados en los cuerpos de agua circundantes a la ciudad de Iquitos*. Informe de investigación. Loreto – Perú.
- CARDER, Corporación Autónoma Regional del Risaralda. (2001). *Informe de Caracterización de Aguas Residuales – Matadero Municipal de Marsella*, Risaralda. Pereira. p. 1.
- Custodio, E. Díaz, E. (2001). *Calidad del agua subterránea*. En: *hidrología subterránea*. Editorial custodio; mr. Llamas. 2 ed. tomo II. Barcelona, España, omega. P. 18.28-18.31.
- Carrasquero, S., Marquina D., Soto J., Rincón S., Pire M. y Díaz A. (2015). Remoción de nutrientes en aguas residuales de un matadero de reses usando un reactor biológico secuencial. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 25(2):43–60. <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v25n2/v25n2a03.pdf>
- Castillo, E. y Rangel R. (2012). *Calidad del agua asociada a desechos de mataderos*. Caso: microcuenca La Chareveca, Mcpio. Cárdenas, estado Táchira. *Revista Geoenseñanza*. 17(2):49–65.
- Castillo, E., Bollo A., Méndez R., Osorio J. y Pat R. (2012). *Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactar Biológico Rotacional*. *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad*

- Autónoma de Yucatán, México.  
<https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen16/remocion.pdf>
- CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima. Fecha de revisión: noviembre de 2019.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Gu%C3%ADa%20desarenadores%20y%20sedimentadores.pdf)
- CEPIS-OPS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria – Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Proyecto de tratamiento de aguas residuales*. Fecha de revisión: enero 2019.  
<http://www.cepis.ops/oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/inpri54f.html>.
- Chacha, I. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el camal municipal de la ciudad de Macas Cantón Morona provincia de Morona Santiago*. Tesis de Ing. Químico. Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 172 p.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6512/1/96T00368.PDF>
- Chaux, G., Rojas G. y Bolaños L. (2009). *Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades*. Caso: Municipio de El Tambo (Colombia). Rev. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 7(1):102–114.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a12.pdf>
- Chigbu, P., Gordon S. y Strange T. (2005). *Fecal coliform bacteria disappearance rates in a north-central - Gulf of Mexico estuary*. Estuar Coast Shelf Sci. 65:309–318.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771405002064>
- Cun, M. y Álvarez C. (2017). *Estudio de impacto ambiental de un camal municipal urbano en la provincia de El Oro*. Ecuador. Universidad Técnica de Machala. Conference Proceedings. 1 (1).  
<http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/135/114>
- Decreto Supremo N° 015-2012-AG. Aprueban el Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. *Normas Legales El Peruano*. Lima sábado 10 de noviembre 2012.
- Domenech, X. (1998). Química del Agua. *El impacto de los contaminantes*. Mc Graw Hill International. Madrid.

- Doménech, X. (2001). *Química ambiental de los sistemas terrestres*, editorial reverté, Barcelona, España.
- ELAW. (2002). Environmental Law Alliance Worldwide. Ecuador, *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua*. Consulta 18 de octubre de 2012. <http://www.elaw.org/node/3736>.
- EOI, Escuela Organización Industrial. (2008). *Los vertidos de los mataderos e industrias cárnicas*. Máster Profesional en Ingeniería y Gestión Medio Ambiental. 20 p.
- Espinosa, F., Gómez M., Báez A., Cadavid B., Acosta J, Vega D., et al. (2006). Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los grandes recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta: INVEMAR, *Informe técnico final*. <https://www.corpamag.gov.co/archivos/Publicaciones/MonitoreoCondicionesAmbientalesCambiosINVEMAR.pdf>
- Farabegoli, G., Carucci A., Majone M. y Rolle E. (2004). *Biological Treatment of tannery wastewater in the presence of chromium*. Journal of Environmental Management. 71:345–349.
- Fechner, D. y Vasquez F. (2006). *Impacto ambiental desde el punto de vista fisicoquímicos del efluente de un matadero sobre un cuerpo de agua superficial*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Ferrara, R. y Cerrato. (2006). Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*: 179-187. <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062s.pdf>
- Figuroa, V. y Sánchez M. (1997). *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Producción y sanidad animal. <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5021. (1995). *Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos*. Extraordinaria. Lunes 18 de diciembre de 1995. Decreto 883. Venezuela.

- Gomez, M.; peña, P. Vásquez, M. (1999). Determinación y diferenciación *Escherichia coli* y Coliformes totales usando un sustrato cromógeno. *Laboratorio central*. Aquagest. Galicia. España.
- Galvín, M. (2006). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas*. España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. Consulta 3 diciembre 2019. <https://books.google.com.ec/books?idonepage&q&f>.
- Gil, G. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa*. Documento de investigación. Universidad de Manizales, Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, M., Torres M. y Chiroles S. (2003). Calidad microbiológica de aguas costeras en climas tropicales. *Revista Cuba, Medio ambiente y Desarrollo*. 4:1–5. <http://www.repositorioreciencia.cu:8080/jspui/bitstream/123456789/241/1/4.02.pdf>
- Guerra, C. (2010). *Conceptos Básicos de Sistemas de Potabilización de Agua*. Puno-Perú.
- Gualdrón, L. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Rev. Dinámica Ambiental. Compendio de trabajos de investigación*. No. 1, año 1:83–102. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>
- Guerrero, J. y Ramírez I. (2004). *Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios*. *Scientia et Technica*. Año X. 26:129–204. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911640034.pdf>
- Guerrero, J. y Monsalve J. (2006). *El Compostaje como una Estrategia de Producción Más Limpia en los Centros de Beneficio Animal del Departamento de Risaralda*. *Scientia et Technica* Año XII, No 32. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-ElCompostajeComoUnaEstrategiaDeProduccionMasLimpia-4824728.pdf>
- Gutiérrez, A., Fernández G., Martínez G., Rinderknecht N. y Poggi, H. (2004). Slaughterhouse wastewater treatment in a full-scale system with constructed wetlands. *Water Environmental Research*. 76(4):334–343.

- Caldera, Y. y Gutiérrez E. (2012). Aguas residuales de un matadero de aves: Características y tratamientos. *Revista Intellectus*. 2(3):24. <file:///C:/Users/hp/Downloads/Aguasresidualesdeunmataderodeaves.Caracteristicasytratamiento.pdf>
- GWW. (2005). *Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria*. Auburn, AL. 39 p.
- Hayes. (1993). *Microbiología e higiene de los alimentos*. ACRIBIA, Zaragoza España.
- Hill, H., Owens W. y Tchounwou P. (2005). *Comparative assessment of the physico-chemical and bacteriological qualities of selected streams in Louisiana*. *International Journal of Environmental Resources Public Health*. 2(1):94–100. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3814702/pdf/ijerph-02-00094.pdf>
- Jaramillo, G., Liliana H. y Zapata M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia. p. 1–116.
- Jimeno, E. (1998). *Análisis de aguas y desagües*. Segunda edición. Ediciones banco de libros, Oficina Central del Bienestar Universitario, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. 248 p.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Editorial McGraw – Hill Interamericana de España. Madrid – España. 1331 p.
- Koech, H., Ogedi G. y Kipkemboi J. (2012). *Status of Treated SlaughterHouse Effluent and its Effects on the Physico-Chemical Characteristics of Surface Water in Kavuthi Stream*. Dagoretti-Kenya. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, Kenia.
- Lara, E. (2011). *Las aguas residuales del Camal Municipal del Cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pataza en la provincia de Tungurahua*. Tesis de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 193 p. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1611/1/Tesis%20587%20-%20Lara%20Villac%20ads%20Ligia%20Elena.pdf>
- Leyton, H. y Parra, A. (2007). *Proposición de un plan de gestión ambiental para minimizar el proceso de eutrofización en la cuenca de la laguna de Aculeo, región metropolitana Chile*. Chile: B - Universidad de Santiago de Chile.

- López, J. (2015). Determinación de la eficiencia de la laguna de oxidación de las aguas residuales del camal municipal del cantón lago Agrio provincia Sucumbios mediante el rediseño de la infraestructura física. *Tesis de Ing. en manejo y conservación del medio ambiente*. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Loja. Nueva Loja – Ecuador. 194 p.
- López, M. (2007). *Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola*. EASA Consultores. 2007. Fecha de revisión: 10 junio 2019. <http://www.engormix.com/MAavicultura/manejo/articulos/tratamiento-biologicoaguas-residuales-t1481/124-p0.htm>.
- Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. México D.F.
- Martínez O. (2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva de Usos Múltiples*, Monterrico. (Tesis presentada para optar el título de Químico). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. Editorial Reverté. México D.F.
- Marín, B., Garay J., Ramírez G., Troncoso W., Gómez M. y Cadavid B. (2004). *La calidad química y sanitaria de las aguas de la CGSM y su relación con los bosques de manglar*. En: Los manglares de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: Pasado, presente y futuro. Santa Marta: INVEMAR-Serie de publicaciones generales. p. 115-133.
- Márquez, A. y Guevara E. (2004). Descripción y evaluación del funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria avícola. *Revista Ingeniería UC*. 11(2):92 –101. Página web:
- Menéndez, C. y Díaz M. (2006). *Lagunas Diseño, Operación y Control*. Fecha de revisión: 20 enero 2020. <file:///C:/Users/hp/Downloads/LAGUNAS.DISEOOPERACINYCONTROL.pdf>
- MINAM – España. (2005). GMTD, *Guía de Mejores Técnicas Disponibles*. España. Sector Cárnico.
- MIN - Ambiente y Sociedad de Agricultores de Colombia. (2002). *Guía ambiental para las plantas de beneficio del ganado*. Bogotá.
- MINAM, Ministerio del Ambiente – Perú. (2009). *Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluentes de Actividades Agroindustriales Tales como Planta de Carnales y Plantas de Beneficio*. Ministerio del Ambiente. Perú.
- MINSA, Ministerio de Salud - Perú. (2011). *Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D. S. No. 031-2010-SA Lima - Perú: MINSA*.

- Miranda, N. (2012). *Tecnología de aguas y control de calidad*. Puno: Facultad de Ingeniería Química. Universidad nacional del Altiplano.
- Muñoz, D. (2005). *Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes*. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. 3(1):87–98. <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-SistemaDeTratamientoDeAguasResidualesDeMatadero-6117975.pdf>
- Muñoz, H., Lehmann H. y Martínez G. (2006). *Manual de Depuración Uralita*. Paraninfo S.A.
- Nafarnda, W., Ajayi L., Shawulu J., Kawe M., Omeiza G., Sani N. et al. (2012). *Bacteriological Quality of Abattoir Effluents Discharged into Water Bodies in Abuja, Nigeria*. International Scholarly Research Network, ISRN Veterinary Science. Article ID 515689, Nigeria.
- Narváez, S., Gómez M. y Acosta J. (2008). *Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de la ciénaga grande de Santa Marta, Colombia*. Acta. Biol. Colomb. 13(3):113–122. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a9.pdf>
- Nelson, L. (2006). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid, España: Felipe Méndez, S.A.
- Niño, C. (2015). *Propuesta de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14001:2004 para el matadero municipal de la ciudad de Lambayeque*. Tesis de Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo – Perú. 211 p. <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/496>
- NMX. (1994). Norma Mexicana NMX-127-SSAI-1994. *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Diario Oficial de la Federación del 18 de enero de 1996 México, D.F.
- Núñez, A. y Bustamante V. (2012). *Evaluación y propuesta de tratamiento de efluentes residuales del camal municipal de la ciudad de Moyobamba*. Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ecología, Universidad Nacional del San Martín. Moyobamba – Perú. 82 p. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/129>
- OEFA, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Lima, Lima, Perú.

- Oswald, W. (1988). *Microalgal Biotechnology* (Borowitzka), Cambridge University. p. 305 – 330.
- Palomino, P. (2018). *Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón*, Cajamarca, 2016. Anales Científicos. UNALM. 79(2):298–307. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6794813>
- Pari, F. (2015). *Evaluación de los recursos hídricos superficiales con fines de planeamiento de la cuenca de río Ilave*. Tesis de Ingeniero Agrícola. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 148 p. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4583>
- Pascual, M. y Calderón V. (2000). Microbiología Alimentaria. *Metodología para alimentos y bebidas*. Segunda edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España.
- Penagos, J., Adarraga J., Aguas D. y Molina E. (2011). *Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje líquido*. Ingeniare. (11):37–44. <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-ReduccionDeLosResiduosSolidosOrganicosEnColombiaPo-6579711.pdf>
- Pérez, A. y Rodríguez, A. (2009). *Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación*. Costa Rica: B - Universidad de Costa Rica.
- Puebla, Y. (2012). *Estudio de la digestión anaerobia en dos fases para el tratamiento de las aguas residuales de despulpe del beneficiado húmedo del café*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid. España. 162 p.
- Raffo, E. y Ruíz E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Diseño y Tecnología. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. UNMSM. 17(1):71–80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramalho, S. (2013). *Tratamiento de agua residuales*. Editorial Reverté S. A. Sevilla – España.
- Ramírez, L. (2014). *Evaluación in vitro de la capacidad de biorremediación del consorcio microalgal Chlorella sp – Scenedesmus sp., en la biorremediación de materia orgánica orgánica de aguas residuales del camal de Ambato*. Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Universidad Central del Ecuador. Quito – Ecuador. 101 p. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7701/1/T-UCE-0012-361.pdf>

- Romero, J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. *Teoría y principios de diseño*. Santa Fé de Bogotá. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá - Colombia. 1248 p.
- Rubio, H., Contreras M., Quintana R., Saucedo R. y Pinales A. (2012). *An overall Water (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico*. International Journal of Environmental Resources and Public Health. 9(5):1687–1698. <https://core.ac.uk/download/pdf/8745475.pdf>
- Rubio, H., Ortiz R., Quintana R., Saucedo R., Ochoa J. y Rey N. (2014). *Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México*. Rev. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1(2):139–150. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Ruiz, S. (2011). *Plan de gestión de residuos del camal del Cantón Antonio Ante*. Tesis de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. 157 p.
- Ruíz, M. (2004). Cuantificación de parámetros físico químicos y bacteriológicos del río Corrientes, tramo Trompeteros – Capirona, para determinar su contaminación. *Informe de investigación*. Loreto – Perú.
- Rusten, B., Siljudalen J., Wien A. y Eidem D. (1998). *Biological pretreatment of poultry processing wastewater*. Water Science & Technology. 38(4-5):19–28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122398004934>
- Saavedra, L. (2019). *Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad del agua en el río Llaucano de la ciudad de Bambamarca*. Tesis de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca – Perú. 101 p. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2951>
- Sáenz, A. (2008). Propuesta de manejo ambiental para recuperar la cuenca de Morona, debido a la contaminación por actividades de Hidrocarburos. *Informe de investigación*. Loreto – Perú.
- Salas, G. y Condorhuamán C. (2008). *Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o matadero de ganado*. Rev. Per. Quím. Ing. Quím. 11(1):29–35. <file:///C:/Users/hp/Downloads/4885-Texto%20del%20art%C3%ADculo-16554-1-10-20140312.pdf>
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2000). *Boletines agro – hidrometeorológico*. Dirección Regional de Puno. Puno – Perú.

- Seoánez, C. (1998). *Ecología Industrial: Ingeniería Medioambiental Aplicada a la industria y a la empresa*. Colección Ingeniería Medioambiental, 2da edición, Ediciones Mundi Prensa, Madrid – España.
- Signorini, M., Civit S., Bonilla M., Cervantes M., Calderón M., Pérez A. et al. (2006). *Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales*. México. Fecha de revisión: 21 abril del 2018. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion\\_de\\_riesgos\\_de\\_los\\_rastros\\_y\\_mataderos\\_municipales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion_de_riesgos_de_los_rastros_y_mataderos_municipales.pdf).
- Siqueira, F. y Freitas C. (2004). *Fish diversity of floodplain lakes on the lower stretch of the solimões river*. Braz. J. Biol. 64(3):501–510. <https://www.scielo.br/pdf/bjb/v64n3a/a13v643a.pdf>
- Sotil, L. y Flores H. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto, 2016*. Tesis de Ing. Químico. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos – Perú. 77 p. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4156>
- TAERSA, *Tratamiento de agua, efluentes y reúso S. A. (2016). Anaeróbico – EGSB (Expanded Granular Sludge Bed)*. Consulta: enero 2020. <https://www.taersa.com/tecnologias-procesos/tratamiento-de-efluentes/tratamiento-secundario-o-biologico/anaerobico-egsb-expanded-granular-sludge-bed/>.
- Tamani, Y. (2014). Evaluación de la calidad de agua del río Negro en la provincia de Padre Abad, Aguaytía. *Informe de Práctica Pre profesional de Ingeniería Ambiental*. Facultad de Ciencias Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 120 p.
- Uicab, A. y Sandoval A. (2003). *Uso del contenido Ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2(2):45–63. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93912118001.pdf>
- UNEP, United Nations Environment Programme. (2000). *Cleaner production Assessment in Meat Processing*. COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark, UNEP, Division of Technology, Industry and Economics.
- UTP, Universidad Tecnológica de Pereira. (2004). *Documento Técnico de Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Matadero Municipal de Marsella*. Risaralda. Pereira.



- UNESCO. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. Francia: Ediciones UNESCO, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP Francia.
- Yana, E. (2014). *Contaminación por Materia Orgánica en el Río Torococha de la Ciudad e Juliaca*. (Tesis para obtener el título de licenciado en Biología). Universidad Nacional del Altiplano.
- Veall, F. (2009). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*. Roma.



## ANEXOS

**Anexo 1.** Análisis de la varianza de los valores de DBO<sub>5</sub> en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DBO <sub>5</sub>	12	1.00	1.00	6.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	236296.33	3	78765.44	1524.49	<0.0001
PUNTOS	236296.33	3	78765.44	1524.49	<0.0001
Error	413.33	8	51.67		
Total	236709.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=18.79441

Error: 51.6667 gl: 8

PUNTOS	Mediasn	E.E.	
CAM-1	344.00 3	4.15	A
CAM-2	50.67 3	4.15	B
CAM-3	11.67 3	4.15	C
ILA-M1	5.00 3	4.15	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 2.** Análisis de la varianza de los valores de SDT en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
SDT	12	0.95	0.93	49.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23116679.69	3	7705559.90	48.43	<0.0001
PUNTOS	23116679.69	3	7705559.90	48.43	<0.0001
Error	1272760.67	8	159095.08		
Total	24389440.36	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1042.92197

Error: 159095.0834 gl: 8

PUNTOS	Medias	n	E.E.	
CAM-1	3205.33	3	230.29	A
ILA-M1	0.02	3	230.29	B
CAM-2	0.01	3	230.29	B
CAM-3	0.01	3	230.29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 3.** Análisis de la varianza de los valores de pH en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

pH                    12      0.17    0.00   4.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.18	3	0.06	0.56	0.6577
PUNTOS	0.18	3	0.06	0.56	0.6577
Error	0.86	8	0.11		
Total	1.04	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.85569

Error: 0.1071 gl: 8

PUNTOS	Mediasn	E.E.	
CAM-2	7.95	3	0.19 A
ILA-M1	7.74	3	0.19 A
CAM-3	7.72	3	0.19 A
CAM-1	7.61	3	0.19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 4.** Análisis de la varianza de los valores de coliformes termotolerantes transformados a logaritmo natural (LN) en los puntos de muestreo del río Ilave y efluente del camal municipal de Ilave.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
LN COLIFORMES	12	0.21	0.00	24.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.10	3	2.03	0.72	0.5692
PUNTOS	6.10	3	2.03	0.72	0.5692
Error	22.71	8	2.84		
Total	28.82	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.40559

Error: 2.8390 gl: 8

PUNTOS	Mediasn	E.E.	
CAM-1	7.78	3	0.97 A
CAM-2	7.52	3	0.97 A
ILA-M1	6.30	3	0.97 A
CAM-3	6.18	3	0.97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Anexo 5. Georreferenciación de puntos de muestreo con GPS del vertimiento del camal municipal Ilave.

CODIGO	DESCRIPCIÓN PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS UTM <sup>(1)</sup>		ALTITUD Msnm
		NORTE	ESTE	
ILA 1	Río Ilave	8222560	0432929	3821
ILA 2	Río Ilave (vertimiento de agua residual)	8222473	0433320	3828
CAM 1	Punto de Vertimiento del Camal Municipal Ilave	8221870	0434026	3839
CAM 2	Punto de Vertimiento del Camal Municipal Ilave a 100m.	8221733	0434113	3831
CAM 3	Punto de Vertimiento del Camal Municipal Ilave a 200m.	8221562	0434588	3828

<sup>(1)</sup> Sistema Universal Transversal Mercator (UTM) WGS 84 – Zona 19

### Anexo 7. Galería de fotografías de la investigación realizada.



Foto 1. Colecta de muestras en los puntos CAM-1 (a), CAM-2 (b), CAM-3 (c) y ILA-M1 (d).



Foto 2. Punto de muestreo CAM-1 de vertimiento de efluentes del camal municipal – Ilave.



Foto 3. Georeferenciación de los puntos de muestreo o colecta de muestras.



Foto 4. Rotulación de los frascos que contenían las muestras en los puntos de muestreo o colecta de muestras.



Foto 5. Conexión de tubo para evacuación del agua del camal municipal - Ilave contaminado.



Foto 6. Vertimiento de aguas del camal contaminado al exterior del camal municipal - Ilave.



Foto 7. Muestreo de aguas de vertimiento del camal municipal – Ilave.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

---

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**

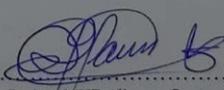
MUESTRA : Agua residual de camal  
PROCEDENCIA : Camal municipal de Ilave  
INTERESADO : Javier Estrella Pacca  
MOTIVO : Evaluación de calidad "Efectos y tecnologías ambientales el tratamiento de los efluentes líquidos del camal municipal sobre el río Ilave-2018"  
MUESTREOS : 27/05/2018; 06/06/2018 y 15/06/2018  
ANÁLISIS : 27/05/2018, 06/06/2018 y 15/06/2018

Muestras	NMP de coliformes termotolerantes
Primera fecha	
ILA 2	> 2400 NMP/100 ml
CAM 1	> 2400 x 10 <sup>2</sup> NMP/100 ml
CAM 2	> 2400 NMP/100 ml
CAM 3	> 2400 NMP/100 ml
Segunda fecha	
ILA 1	28 NMP/ 100 ml
CAM 1	> 2400 NMP/100 ml
CAM 2	> 2400 NMP/100 ml
CAM 3	1100 NMP/100 ml
Tercera fecha	
CAM 1	>2400NMP/ 100 ml
CAM 2	1100NMP/100 ml
CAM 3	43NMP/100 ml

**MÉTODO:** NMP en caldo lactosado  
**Observaciones:** Las muestras fueron recepcionadas en el laboratorio

Puno, 28 de junio del 2018





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

---

Av. Floral 1153. Ciudad Universitaria - Telefono (051) 366194 <http://web.unap.edu.pe/web/veterinaria>

Foto 8. Certificado del análisis de coliformes termotolerantes en las muestras de agua, Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNA Puno.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
Vicerrectorado de Investigación  
Megalaboratorio de Investigación Ambiental-Suelos y Aguas, Minerales  
Espectroscopia ICP - Microscopia Electrónica de Rayos X



---

**INFORME DE ANÁLISIS N° 014-JUL-18**

---

**ASUNTO ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO: AGUA RESIDUAL –CAMAL ILAVE**

---

PROCEDENCIA : Provincia de Collao - Ilave  
 LUGAR : Camal municipal de Ilave  
 INTERESADO : Ing. Javier Estrella Pacca  
 MOTIVO : Análisis físico químico agua residual  
 MUESTREO : 27/05/18  
 ANÁLISIS : 27/05/18 -06/06/2018– 15/06/18  
 MUESTRA TOMADA : Por el interesado y ha sido aceptada en laboratorio en un Frasco de vidrio de 1.000 L. (hr. 7:05)

---

**RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

27/05/2018	MUESTRAS				Unidades
Parámetros	CAM1	CAM2	CAM3	ILA2	
pH	7.06	7.57	7.76	7.63	pH
Eh	-4.8	-54	-45	-34.4	mV
DBO <sub>5</sub>	338	37	15	5	mg/L
Solidos totales (ST)	2.286	0.004	0.002	0.025	mg/L

06/06/2018	MUESTRAS				Unidades
Parámetros	CAM1	CAM2	CAM3	ILA1	
pH	7.83	8.07	7.9	7.97	pH
Eh	-42.1	-54	-45	-50.5	mV
DBO <sub>5</sub>	352	60	10	5	mg/L
Solidos totales (ST)		3.715	0.004	0.002	0.017 mg/L

15/06/2018	MUESTRAS			Unidades
Parámetros	CAM1	CAM2	CAM3	
pH	7.95	8.21	7.49	Ph
Eh	-52.1	-48	-45	mV
DBO <sub>5</sub>	342	55	10	mg/L
Solidos totales (ST)	3.615	0.024	0.012	mg/L

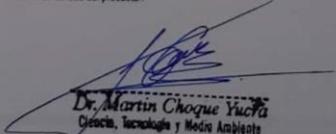
**MÉTODOS DE ENSAYO:**

- Los resultados obtenidos de la muestra son validados con las NTP, ECA y Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th edition -1975 -20th edition -2005 APHA-AWWA-WPCF.

**NOTA:**

- El presente Informe de Ensayos, sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, el laboratorio, no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- Este Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Puno, 07 agosto 2018



**Dr. Martin Choque Yucá**  
Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente  
CIP. 06183

---

Ciudad Universitaria – Teléfono (051) 599430 Anexo 31102

Foto 9. Certificado del análisis físicoquímico de DBO<sub>5</sub>, SDT, pH en las muestras de agua, Mega Laboratorio – UNA Puno.