

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL AL RECURSO  
HÍDRICO DE LA QUEBRADA CABEZA DE TORO GENERADO  
POR EL EFLUENTE DEL MATADERO FRIGORÍFICO  
MUNICIPAL DE TARIJA**

**POR: DERTHY MARÍA ALEMÁN CUEVAS**

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente.

**GESTIÓN 2021**

**TARIJA - BOLIVIA**

V°B°

-----  
**Ing. Heliana Valeria Gareca Auza**  
**GUÍA**

-----  
**M.Sc Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga**  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

-----  
**M.Sc Ing. Sebastián Ramos Mejía**  
**VICEDECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**APROBADA POR:**  
**TRIBUNAL**

-----  
**PhD. Ing. Marco Antonio Guerrero Hiza**

-----  
**M.Sc Ing. Luis Rolando Lafuente Retamozo**

-----  
**M.Sc Ing. Herlan Baldiviezo Baldiviezo**

### **ADVERTENCIA**

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del (la) autor (a).

## **DEDICATORIA**

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

A mi padre que desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis proyectos.

A mis hermanos que a su manera me brindaron el apoyo que necesite, y a todos que formaron parte de todo este recorrido.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida con Dios primeramente porque no me soltó en ningún momento, me guio y me dio la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

## **PENSAMIENTO**

En toda discusión no es una tesis la que se defiende sino a uno mismo.

## INDICE

ADVERTENCIA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
PENSAMIENTO	
RESUMEN	
1.- INTRODUCCIÓN .....	1
2.- JUSTIFICACIÓN .....	2
3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
5.- HIPÓTESIS .....	5
6.- OBJETIVOS .....	5
6.1.- Objetivo General .....	5
6.2.- Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO I	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1 MARCO HISTÓRICO .....	6
1.1.1 Antecedentes .....	6
1.1.2 Matadero Municipal .....	8
1.1.3 Funcionamiento del Matadero Municipal .....	9
1.2 MARCO TEÓRICO .....	9
1.2.1 Aguas Residuales (AR) .....	9
1.2.2 Gestión de Aguas Residuales .....	10
1.2.3 Composición de Aguas Residuales .....	10
1.2.4 Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) .....	10
1.2.5 El Impacto Ambiental (IA) .....	11
1.2.6 Importancia del Oxígeno Disuelto .....	12
1.2.7 Oxígeno Disuelto (OD) .....	13

1.2.8 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	14
1.2.9 DBO <sub>5</sub> y DQO .....	14
1.2.10 Potencial de Hidrogeno (pH) .....	15
1.2.11 Temperatura (T) .....	16
1.2.12 Problemas de contaminación en Mataderos .....	16
1.2.13 Residuos Sólidos (RS).....	16
1.2.14 Residuos líquidos .....	17
1.2.15 Residuos gaseosos (emisiones) .....	17
1.2.16 Clasificación de mataderos .....	18
1.2.17 Productores de olores .....	19
1.2.18 Generación de olores de los biosólidos .....	20
1.2.19 Evaluación fisico-química de la calidad del agua .....	20
1.2.20 Clasificación de agua de acuerdo a su grado de contaminación .....	21
1.2.21 Índice de Prati .....	21
1.2.22 Matriz propuesta por Vicente Conesa Fernández – Vitora (1997) .....	24
1.3 MARCO CONCEPTUAL .....	26
1.3.1 El medio ambiente (MA) .....	26
1.3.2 Agua .....	26
1.3.3 Autodepuración .....	26
1.3.4 Capacidad de autodepuración .....	27
1.3.5 Velocidad de Autodepuración.....	27
1.3.6 Zonas de la autodepuración.....	27
1.3.7 Aguas Residuales Municipales (ARM).....	28
1.3.8 Aguas Residuales Industriales (ARI).....	28
1.3.9 Análisis Físico-Químico.....	29
1.3.10 Aguas Residuales Crudas (ARC).....	29
1.3.11 Caudal .....	29
1.3.12 Efluente Industrial .....	29
1.3.13 Efluente Contaminado.....	29
1.3.14 Color del Agua .....	29
1.3.15 Descarga.....	30

1.3.16 Carcasa o Camal del animal.....	30
1.3.17 Frigorífico .....	30
1.3.18 Contaminación de la Carne .....	30
1.3.19 Daño ambiental .....	30
1.3.20 Daños a la Salud Pública.....	30
1.3.21 Limite Permisible (LP).....	31
1.3.22 Muestra.....	31
1.3.23 Muestreo.....	31
1.3.24 Punto de Muestreo.....	31
1.3.25 Emisiones Atmosféricas.....	31
1.3.26 Evaluación de impacto ambiental (EIA).....	31
1.4 MARCO LEGAL .....	32
1.4.1 Constitución Política del Estado (CPE) .....	32
1.4.2 Ley de Medio Ambiente 1333 del 27 de abril de 1992.....	32
1.4.3 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).....	33
1.4.4 Decreto Supremo 24716.....	38
Reglamento General de Gestión Ambiental y Prevención y Control Ambiental y Auditorías Ambientales del 8 de diciembre de 1995 .....	38
1.4.5 Ley de Aguas del 28 de noviembre de 1.906 .....	39
1.4.6 Reglamento Ambiental Del Sector Industrial Manufacturero-RASIM .....	39
1.4.7 Reglamento Sobre Lanzamiento de Desechos Industriales en los Cuerpos de Agua, Aprobado por Rm 010/85 De 24/01/1985 .....	40
1.4.8 Resolución Administrativa N° 087/2001 .....	41
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1. LOCALIZACIÓN.....	43
2.1.1. LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	43
2.1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	46
>El matadero municipal.....	46
>Determinación del área de influencia de la investigación.....	48

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
2.2.1 MATERIALES.....	50
➤ MUESTREO.....	50
➤ MATERIALES DE GABINETE.....	50
2.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	51
2.3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
➤ Enfoque cualitativo. -.....	51
➤ Enfoque cuantitativo. –.....	51
2.3.2.- METODO O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	52
➤ Método Descriptivo.....	52
➤ Método Explicativo. –.....	52
➤ Método Lógico.....	52
2.3.4.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	53
➤ Técnica de la Observación científica.....	53
➤ Técnica documentada.....	53
2.3.5 ESTRUCTURA METODOLÓGICA.....	53
2.6.1 Fase de Gabinete.....	53
➤ Delimitación del Área de Estudio:.....	53
➤ Ubicación de los Puntos de Muestreo:.....	54
• Identificación.....	54
• Accesibilidad.....	54
• Representatividad.....	54
• Seguridad.....	54
➤ Técnica para la selección del punto de muestreo.....	54
➤ Planillas de muestreo.....	55
➤ Método de muestreo:.....	55
2.3.6 Fase de Campo.....	56
➤ Identificación del lugar de muestreo:.....	56
➤ Técnica De Asignación De Coordenadas Geográficas.....	56

➤Método para la recolección de muestras .....	56
➤Etiquetado de muestras .....	57
➤Conservación.....	58
➤Trasporte .....	58
➤Análisis de Laboratorio.....	58
➤Identificación de los componentes del entorno susceptibles de ser impactadas.....	58
➤Identificación de las acciones del proyecto susceptibles de producir impactos .....	59
➤Identificación y valoración de impactos ambientales .....	59
2.3.7. Fase de Post Campo .....	59
➤Cálculo del método de índice Prati .....	59
➤Identificación de impactos críticos (banderas anaranjadas).....	60
➤Cálculo de las matrices ambientales-Método Conesa.....	60

### CAPÍTULO III

#### RESULTADO Y DISCUSION

3.1 Resultados de la Evaluación de los Parámetros de la Quebrada Cabeza De Toro de Cercado-Tarija, con el Análisis Físicoquímico Mediante el “Método Índice De Prati”.....	63
3.1.1 Cálculo con el Índice de Prati, Efluente del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija – Inicio del Área de Estudio. ....	69
Muestreo N° 1-P1.....	69
3.1.2 Cálculo con el Índice de Prati, Punto Intermedio barrio San Salvador (sembrados de maíz). ....	71
Muestreo N° 1-P2.....	71
3.1.3 Cálculo con el Índice de Prati, punto intermedio, terrenos baldíos zona el Temporal. ....	73
Muestreo N° 1-P3 .....	73
3.1.4 Cálculo con el Índice de Prati, zona el Temporal, intersección con el río Guadalquivir .....	74
Muestreo N° 1-P4 .....	74
3.1.5 Cálculo con el Índice de Prati, Efluente del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija – Inicio del Área de Estudio. ....	76
Muestreo N° 2-P1.....	76

3.1.6 Cálculo con el Índice de Prati, Punto Intermedio Barrio San Salvador (sembradíos de maíz).....	77
Muestreo N°2-P2.....	77
3.1.7 Cálculo del Índice de Prati, punto intermedio zona el Temporal.....	79
Muestreo N°2-P3.....	79
3.1.8 Cálculo con el Índice de Prati, zona el Temporal, intersección con el río Guadalquivir.....	81
Muestreo N°2-P4.....	81
3.1.9 Resultados obtenidos de muestras de la Quebrada Cabeza de Toro por el método índice de Prati.....	83
3.2 Resultados de la Autodepuración de la Quebrada Cabeza De Toro Hasta Su Intersección con el Río Guadalquivir.....	87
3.2.1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	87
3.2.2 Demanda Química de Oxígeno.....	91
3.2.3 Oxígeno Disuelto.....	94
3.2.4 Conclusiones del análisis de la Autodepuración.....	100
3.3 Determinación del grado de impacto del Río Guadalquivir causado por la Quebrada Cabeza de Toro mediante el análisis de laboratorio del DBO <sub>5</sub> aguas arriba.....	100
3.4.- Resultado objetivo N°4 proponer las medidas de mitigación correspondientes, resultado de las tres evaluaciones de impactos ambientales en el cuerpo receptor, Quebrada Cabeza de Toro y la intersección con el río Guadalquivir causado por el efluente del matadero frigorífico municipal de Tarija.....	108
4.1.- PROPUESTAS DE MITIGACION PARA LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS.....	116
4.1.1.- Propuestas de mitigación para los impactos que se observan en la matriz de evaluación de impacto ambiental 1 (impactos en la descarga y piscinas) del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija.....	116
4.1.2.- Propuestas de mitigación para los impactos que se observan en la matriz de evaluación de impacto ambiental 2 (transporte del fluido) del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija.....	120

4.1.3.- Propuestas de mitigación para los impactos que se observan en la matriz de evaluación de impacto ambiental N° 3 (descarga y mezcla al Río Guadalquivir) del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija .....	122
--	-----

#### CAPÍTULO IV

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	125
4.2 RECOMENDACIONES.....	128
BIBLIOGRAFÍA .....	129
ANEXO .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de depuración de un río .....	28
Figura 2. Zona del efluente del matadero frigorífico municipal de Tarija.....	47
Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo 1 y 2 .....	64
Figura 4. Ubicación del punto de muestreo 3 .....	65
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo 4 y 5 .....	66

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación Del Matadero- Tarija-Bolivia.....	44
Mapa 2. Mapa Ubicación de la Quebrada Cabeza De Toro.....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de mataderos de carne según SENASAG.....	18
Cuadro 2. Ecuación del Índice de Prati.....	22
Cuadro 3. Ecuaciones de transformación para obtener unidades de concentración.....	22
Cuadro 4. Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso.....	34
Cuadro 5. Valores máximos admisibles en cuerpos receptores.....	35
Cuadro 6. Coordenadas geograficas del area de estudio.....	48
Cuadro 7. Modelo de importancia de impacto.....	61
Cuadro 8. Escala de importancia de impactos-metodo Conesa.....	62

## ÍNDICE GRÁFICAS

Gráfico 1. Resultados obtenidos por el Método Índice de Prati (Promedios).....	86
Gráfico 2. Demanda biológica de oxígeno (mg/ℓ) según Muestreo N° 1.....	88
Gráfico 3. Demanda biológica de oxígeno (mg/ℓ) según Muestreo N° 2.....	90
Gráfico 4. Demanda química de oxígeno (mg/ℓ), según el muestreo N° 1.....	92
Gráfico 5. Demanda química de oxígeno (mg/ℓ), según el muestreo N° 2.....	93
Gráfico 6. Oxígeno Disuelto (mg/l) según muestreo N° 1.....	96
Gráfico 7. Oxígeno Disuelto (mg/l) según muestreo N° 2.....	98
Gráfico 8. pH según muestreo 1.....	109
Gráfico 9. pH según muestreo 2.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Saturacion de oxigeno disuelto con relacion a la temperatura .....	13
Tabla 2. Clasificacion del grado de contaminacion del agua de acuerdo al indice de Prati ....	23
Tabla 3. Resultados del analisis de laboratorio, necesario para aplicar el metodo Indice de Prati .....	67
Tabla 4. Transformacion de unidades del parametro Oxigeno Disuelto M1 .....	68
Tabla 5. Transformacion de unidades del parametro Oxigeno Disuelto M2.....	69
Tabla 6. Resultados de los indices de Prati, según puntos de muestreo .....	83
Tabla 7. Resultado de la Quebrada Cabeza de Toro, según promedio del Indice de Prati .....	84
Tabla 8. Promedios del porcentaje de incidencia de cada parametro y promedios del IP .....	85
Tabla 9. Demanda biologica de oxígeno (mg/ℓ), según el muestreo N° 1 .....	88
Tabla 10. Demanda biologica de oxigeno (mg/ℓ) según muestreo N° 2 .....	89
Tabla 11. Demanda quimica de oxigeno (mg/ℓ), según el muestreo N°1 .....	91
Tabla 12. Demanda Quimica de oxigeno (mg/ℓ) según muestreo N° 2 .....	93
Tabla 13. Oxigeno Disuelto (mg/ℓ) según muestreo N°1 .....	94
Tabla 14. Saturacion de Oxigeno (mg/ℓ) según muestreo N°1 .....	95
Tabla 15. Oxigeno Disuelto (mg/ℓ) según muestreo N°2 .....	97
Tabla 16. Saturacion de Oxigeno (mg/ℓ) según muestreo N°2.....	97
Tabla 17. pH según muestreo N° 1.....	99
Tabla 18. pH según muestreo 2.....	100
Tabla 19. Atributos de cada factor a se tomado o no en cuenta .....	102
Tabla 20. Matriz de evaluacion de impacto ambiental N°3 .....	103
Tabla 21. Ejemplo de la asignacion de valores de la matriz 3 .....	104
Tabla 22. Limites maximos permisibles de DBO <sub>5</sub> .....	106
Tabla 23. Comparacion de los resultados obtenidos en laboratorio según el RMCH .....	106
Tabla 24. Matriz de evaluacion de impacto ambiental N°1 .....	109
Tabla 25. Ejemplo de la asignacion de valores de la matriz 1 .....	110
Tabla 26. Matriz de evaluacion de impacto ambiental N°2.....	112
Tabla 27. Ejemplo de la asignacion de valores de la matriz 2 .....	113
Tabla 28. Resumen de la Matriz de evaluacion de impacto ambiental N°3 .....	115
Tabla 29. Mitigaciones Para los Impactos en la Descarga y Piscinas .....	117
Tabla 30. Mitigaciones Para los Impactos en el Transporte del Fluido .....	120
Tabla 31. Mitigaciones Para los Impactos en Descarga y Mezcla al Rio Guadalquivir .....	122

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Punto de muestreo 1. Descarga del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija.....	133
Anexo 2. Punto de muestreo 2. Terreno de cultivo de maíz Barrio San Salvador.....	133
Anexo 3. Punto de muestreo 3. Terrenos baldíos Zona El Temporal.....	134
Anexo 4. Punto de muestreo 4. Intersección de la quebrada Cabeza de Toro y el río Guadalquivir.....	134
Anexo 5. Punto de muestreo N° 5. Aguas arriba río Guadalquivir.....	135
Anexo 6. Vegetación de la Quebrada Cabeza de Toro.....	135
Anexo 7. Sembradíos de maíz en el Punto N° 2.....	137
Anexo 8. Animales en el área de estudio.....	138
Anexo 9. Muestras.....	139
Anexo 10. Planta procesadora de áridos.....	140
Anexo 11. Afluente a la quebrada Cabeza de Toro.....	141
Anexo 12. Evaluación de impacto ambiental en el punto N° 1: Descarga del Matadero Frigorífico Municipal de Tarija.....	141
Anexo 13. Evaluación del impacto ambiental en el punto N° 4: Intersección de la quebrada Cabeza de Toro con el río Guadalquivir.....	142
Anexo 14. Evaluación del impacto ambiental en el punto N° 5: Río Guadalquivir.....	142
Anexo 15. Resultados de la toma de muestras de laboratorio.....	143
Anexo 16. Matrices de importancia de impacto ambiental.....	155