

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**CLASIFICACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL RÍO
GUADALQUIVIR Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES EN
EL MUNICIPIO DE SAN LORENZO**

Por:

LENNY RUTH GUTIERREZ CARDOZO

Modalidad de graduación Proyecto de Impacto Ambiental presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Abril de 2019

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres Weimar y Matilda porque gracias a su apoyo incondicional, hoy este logro es una realidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES.....	2
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo General.....	7
2.2 Objetivos Específicos.....	7
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
MARCO TEÓRICO.....	9
1.1 EL AGUA.....	9
1.1.1 Clasificación de las aguas naturales.....	9
1.1.2 Parámetros de calidad del agua	10
1.2 CONTAMINACIÓN EN LOS RÍOS.....	13
1.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LOS RÍOS.....	14
1.4 LEY DE MEDIO AMBIENTE N° 1333	17
1.4.1 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).....	18
1.5 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.6 ZONA DE ESTUDIO.....	21
ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	23
2.1 DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO.....	23
2.2 COMPONENTE SOCIO CULTURAL.....	26
2.2.1 Población.....	26
2.2.2 Servicios.....	27
2.2.2.1 Agua para consumo humano.....	28

2.2.2.2 Alcantarillado sanitario y eliminación de excretas.....	28
2.2.2.3 Residuos sólidos.....	29
2.3 COMPONENTE BIOFÍSICO.....	30
2.3.1 Topografía.....	30
2.3.2 Clima.....	30
2.3.3 Precipitación.....	30
2.3.4 Flora.....	31
2.3.5 Fauna.....	32
2.3.6 Hidrografía.....	32
2.4 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO.....	34
METODOLOGÍA APLICADA.....	36
3.1 GENERALIDADES DEL MONITOREO.....	36
3.2 PROCEDIMIENTO.....	36
3.2.1 Primera etapa - Planificación.....	37
3.2.1.1 Metodología para la identificación de puntos de muestreo.....	38
3.2.1.1.1 Tipos de muestra.....	39
3.2.1.2 Metodología para muestreo de agua.....	39
3.2.1.2.1 Plan de muestreo.....	39
3.2.1.2.2 Materiales, equipos y reactivos.....	40
3.2.1.2.3 Mantenimiento de equipos.....	41
3.2.1.2.4 Calibración del equipo de campo.....	41
3.2.1.2.5 Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo.....	41
3.2.1.2.6 Recipientes de muestreo.....	42

3.2.1.2.7 Conservación de muestras.....	42
3.2.1.2.8 Identificación de las muestras.....	42
3.2.1.2.9 Transporte de muestras.....	42
3.2.1.3 Metodología recomendada para el muestreo en el Río.....	43
3.2.1.3.1 Metodología para análisis Biológico.....	45
3.2.1.4 Metodología para identificación del uso de agua.....	46
3.2.1.5 Metodología para el estudio de las fuentes contaminantes.....	47
3.2.2 Segunda etapa – Trabajo de campo.....	47
3.2.3 Tercera etapa – Trabajo de laboratorio.....	48
3.2.3.1 Laboratorios externos.....	48
3.2.3.2 Laboratorios internos.....	49
3.2.4 Cuarta etapa – Sistematización de la información.....	50
3.2.5 Quinta etapa – Planteamiento de la propuesta de clasificación.....	51
ANÁLISIS Y VALORACION EN LOS CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS AFLUENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN LORENZO.....	51
4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	51
4.1.1 Selección y ubicación de puntos de monitoreo.....	51
4.1.2 Desarrollo del monitoreo.....	55
4.1.2.1 Descripción de los puntos de monitoreo.....	56
4.1.2.2 Muestreo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.....	63
4.1.2.3 Muestreo para condiciones biológicas.....	64
4.1.3 Uso actual del río Guadalquivir y sus afluentes.....	64

4.1.4 Condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas.....	73
4.1.4.1 Planta de tratamiento de aguas residuales de Canasmoro.....	74
4.1.4.2 Planta de tratamiento de Aguas Residuales de San Lorenzo.....	76
4.1.4.3 Matadero empresa Rico Pollo.....	79
4.1.4.4 LACTEOSBOL.....	81
4.1.5 Fuentes contaminantes actuales y su evolución en el futuro.....	83
4.1.6 Identificación de impactos.....	83
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES EN EL MUNICIPIO DE SAN LORENZO.....	91
4.2.1 Resultados de Condiciones Biológicas.....	91
4.2.1.1 Condiciones Biológicas en el río Guadalquivir.....	92
4.2.1.2 Condiciones Biológicas en el río Erquis.....	93
4.2.1.3 Condiciones Biológicas en el río Sella.....	93
4.2.2 Resultados de parámetros Físicoquímicos y microbiológicos	94
4.2.2.1 Resultados obtenidos en el Río Guadalquivir.....	94
4.2.2.2 Resultados obtenidos en el Río Erquis.....	100
4.2.2.3 Resultados obtenidos en el Río Sella.....	105
4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	109
4.3.1 Análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos.....	109
4.3.1.1 Análisis de pH.....	109
4.3.1.2 Análisis de Turbidez.....	109
4.3.1.3 Análisis de Hierro.....	112

4.3.1.4 Análisis de Fosfatos.....	113
4.3.1.5 Análisis de Demanda Bioquímica del Oxígeno.....	114
4.3.1.6 Análisis de Demanda Química del Oxígeno.....	116
4.3.1.7 Análisis de Coliformes.....	117
4.3.1.8 Análisis de Endrin y Paratión.....	120
4.3.2 Análisis de Condiciones Biológicas.....	123
4.3.3 Variación de Caudal.....	127
4.4. ESTADO ACTUAL DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS AFLUENTES.....	128
4.4.1 Estado actual en los puntos de monitoreo del río Guadalquivir.....	130
4.4.2 Estado actual en los puntos de monitoreo del río Erquis.....	136
4.4.3 Estado actual en los puntos de monitoreo del río Sella.....	138
4.5 CLASIFICACION DE LOS CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL MUNICIPIO DE SAN LORENZO.....	140
4.5.1 Criterios de para la clasificación de cuerpos de agua.....	140
4.5.2 Clasificación de cuerpo de agua de acuerdo a la aptitud de uso deseada establecido en el RMCH.....	141
ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL.....	143
5.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS.....	143
PLAN DE APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO.....	148
6.1 PLAN DE APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	153
CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación por tramos	5
Tabla 2. Contaminación por sector industrial	15
Tabla 3. Municipio de San Lorenzo; Distrito y Comunidades.....	23
Tabla 4. Fuentes de agua para consumo.....	27
Tabla 5. Servicio sanitario, baño o letrina tiene desagüe.....	29
Tabla 6. Pendiente y longitud de los ríos de la Cuenca Alta del Río Guadalquivir.....	34
Tabla 7. Detalle de tipos de muestreo	44
Tabla 8. Constituyentes inorgánicos no metálicos, metálicos, orgánicos agregados y microbiológicos. Parte 1.....	48
Tabla 9. Constituyentes Plaguicidas. Parte 2.....	49
Tabla 10. Identificación de los puntos de monitoreo	52
Tabla 11. Puntos de Monitoreo	53
Tabla 12. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES MUNICIPIO DE SAN LORENZO	85
Tabla 13. Rangos asignados al índice BMWP/Bol por clase y calidad de agua	91
Tabla 14. Resultados del primer monitoreo de las condiciones biológicas en el río Guadalquivir, municipio de San Lorenzo	92
Tabla 15. Resultados del primer monitoreo de las condiciones biológicas en el río Guadalquivir, municipio de San Lorenzo	92
Tabla 16. Resultados del primer monitoreo de las condiciones biológicas en el río Erquis, municipio de San Lorenzo	93

Tabla 17. Resultados del segundo monitoreo de las condiciones biológicas en el río Erquis, municipio de San Lorenzo	93
Tabla 18. Resultados de las condiciones biológicas en el río Sella, municipio de San Lorenzo	93
Tabla 19. Resultados de parámetros básicos en el Río Guadalquivir, Municipio de San Lorenzo..	95
Tabla 20. Resultados de constituyentes inorgánicos metálicos en el Río Guadalquivir, Municipio de San Lorenzo	96
Tabla 21. Resultados de constituyentes inorgánicos no metálicos y orgánicos agregados, en el Río Guadalquivir, Municipio de San Lorenzo	97
Tabla 22. Resultados de constituyentes plaguicidas en el Río Guadalquivir, Municipio de San Lorenzo.....	98
Tabla 23. Resultados de constituyentes microbiológicos en el Río Guadalquivir, Municipio de San Lorenzo	99
Tabla 24. Resultados de medición de caudales en el río Guadalquivir, municipio de San Lorenzo..	99
Tabla 25. Resultados de parámetros básicos en el Río Erquis, Municipio de San Lorenzo	100
Tabla 26. Resultados de constituyentes inorgánicos metálicos y metaloides en el Río Erquis, Municipio de San Lorenzo.....	101
Tabla 27. Resultados de constituyentes inorgánicos no metálicos, orgánicos agregados, microbiológicos y caudal en el Río Erquis, Municipio de San Lorenzo.....	102
Tabla 28. Resultados de constituyentes plaguicidas en el Río Erquis, Municipio de San Lorenzo	103
Tabla 29. Resultados de constituyentes microbiológicos en el Río Erquis, Municipio de San Lorenzo	104

Tabla 30. Resultados de medición de caudales en el río Erquis, municipio de San Lorenzo	104
Tabla 31. Resultados de parámetros básicos en el Río Sella, Municipio de San Lorenzo... ..	105
Tabla 32. Resultados de constituyentes inorgánicos metálicos y metaloides en el Río Sella, Municipio de San Lorenzo	106
Tabla 33. Resultados de constituyentes inorgánicos no metálicos y orgánicos agregados en el Río Sella, Municipio de San Lorenzo	107
Tabla 34. Resultados de constituyentes microbiológicos en el río Sella, municipio de San Lorenzo	107
Tabla 35. Resultados de constituyentes plaguicidas en el Río Sella, Municipio de San Lorenzo.....	108
Tabla 36. Comparación de valores pH	109
Tabla 37. Comparación de valores de Turbidez.....	111
Tabla 38. Variación de valores de Hierro	112
Tabla 39. Variación de valores de Fosfatos	113
Tabla 40. Variación de valores de DBO5	114
Tabla 41. Variación de valores de DQO	116
Tabla 42. Variación de valores de Coliformes	118
Tabla 43. Variación de valores de Endrín.....	120
Tabla 44. Variación de valores de Paratión.....	120
Tabla 45. Comparación de valores de Condiciones Biológicas	123
Tabla. 46. Parámetros analizados	129
Tabla 47. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-01, primer monitoreo.....	130

Tabla 48. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-01, segundo monitoreo.....	131
Tabla 49. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-02, primer monitoreo.....	132
Tabla 50. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-02, segundo monitoreo.....	133
Tabla 51. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-03, primer monitoreo.....	134
Tabla 52. Estado actual del cuerpo de agua en el punto GUA-03, segundo monitoreo.....	135
Tabla 53. Estado actual del cuerpo de agua en el punto ERQ-01, primer monitoreo.....	136
Tabla 54. Estado actual del cuerpo de agua en el punto ERQ-01, segundo monitoreo.....	137
Tabla 55. Estado actual del cuerpo de agua en el punto SEL-01, segundo monitoreo.....	138
Tabla 56. Estado de los cuerpos de agua en el primer monitoreo, municipio de San Lorenzo	139
Tabla 57. Estado de los cuerpos de agua en el segundo monitoreo, municipio de San Lorenzo	140
Tabla 58. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, GUA-01	143
Tabla 59. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, GUA-02	144
Tabla 60. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, GUA-03	145
Tabla 61. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, ERQ-01.....	146
Tabla 62. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos, SEL-01	147
Tabla 63. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA-01	148

Tabla 64. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA-02	149
Tabla 65. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA-03	150
Tabla 66. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, ERQ-01	151
Tabla 67. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, SEL-01	152

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación de los puntos de monitoreo	54
Cuadro 2. Punto de monitoreo GUA-01	56
Cuadro 3. Punto de monitoreo GUA-02	57
Cuadro 4. Punto de monitoreo GUA-03	59
Cuadro 5. Punto de monitoreo ERQ-01	61
Cuadro 6. Punto de monitoreo SEL-01.....	62
Cuadro 7. Toma de agua #1 en la comunidad de Canasmoro, río Guadalquivir	66
Cuadro 8. Toma de agua #2 en la comunidad de Canasmoro, río Guadalquivir.....	67
Cuadro 9. Lavado de ropa en la comunidad de Tomatitas, río Erquis.....	68
Cuadro 10. Lavado de ropa en la comunidad de Tomatitas, río Victoria	69
Cuadro 11. Lavado de autos en la comunidad de Tomatitas, río Victoria	70
Cuadro 12. Extracción de áridos en la comunidad de Tomatitas, río Victoria	71
Cuadro 13. Georreferenciación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Canasmoro	75
Cuadro 14. Georreferenciación de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de San Lorenzo	77
Cuadro 15. Georreferenciación del Matadero empresa Rico Pollo.....	80
Cuadro 16. Georreferenciación de LACTEOSBOL	82

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Planta de tratamiento de aguas residuales de Canasmoro	74
Fotografía 2. Planta de tratamiento de Aguas Residuales de San Lorenzo.....	76
Fotografía 3. Lagunas de oxidación de aguas residuales de San Lorenzo	78
Fotografía 4. Matadero empresa Rico Pollo	79
Fotografía 5. LACTEOSBOL.....	81

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de la Cuenca del Río Guadalquivir en el Departamento de Tarija .	3
Mapa 2. Ubicación del municipio de San Lorenzo.....	22

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Población, según censo 2001 y 2012 San Lorenzo.....	26
Grafico 2. Variación del pH.....	110
Grafico 3. Variación de la Turbidez.....	111
Grafico 4. Variación de Hierro.....	112
Grafico 5. Variación de Fosfatos.....	113
Grafico 6. Variación de Demanda Bioquímica del Oxígeno.....	115
Grafico 7. Variación de Demanda Química del Oxígeno.....	117
Grafico 8. Variación de Coliformes.....	119
Grafico 9. Variación de Endrín.....	121
Grafico 10. Variación Paratión.....	122
Grafico 11. Variación de Condiciones Biológicas.....	123
Grafico 12. Variación de Condiciones Biológicas en los puntos de muestreo del río Guadalquivir.....	124
Grafico 13. Variación de Condiciones Biológicas en el punto de muestreo del río Erquis.....	125
Grafico 14. Condiciones Biológicas en el punto de muestreo del río Sella.....	126
Grafico 15. Variación de caudal en los puntos de muestreo.....	127

ACRÓNIMOS

AOP	Actividades, Obras y Proyecto
CGE	Contraloría General del Estado
CCA	Clasificación de Cuerpos de Agua
COSAALT	Cooperativa de Servicio de Agua y Alcantarillado de Tarija
EMAGUA	Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua
EMAT	Entidad Municipal de Aseo Tarija
GAD	Gobierno Autónomo Departamental
GAM	Gobierno Autónomo Municipal
INE	Instituto Nacional de Estadística
MDSMA	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
OTN PB	Oficina Técnica Nacional de los ríos Pilcomayo y Bermejo
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
VRHR	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
UAJMS	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho