

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**CLASIFICACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL RÍO
GUADALQUIVIR Y SU PRINCIPAL AFLUENTE EN EL
MUNICIPIO DE CERCADO**

Por:

PATRICIA MARCELA OVANDO APARICIO

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.

Agosto 2024

TARIJA-BOLIVIA

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES.....	2
2. OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
3 JUSTIFICACION	7
MARCO TEORICO.....	10
1.1 EL AGUA.....	10
1.1.1 Parámetros de calidad del agua.....	10
1.1.2 Clasificación de aguas.....	10
1.1.3 Fuentes de contaminación.....	14
1.2 NORMATIVA AMBIENTAL	15
1.2.1 Ley de Medio Ambiente N° 1333	15
1.2.2 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).....	16
1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.4 ZONA DE ESTUDIO	20
ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	21
2.1 DESCRIPCION DEL MUNICIPIO	21
2.2 COMPONENTE SOCIO CULTURAL.....	23
2.2.1 Población.....	23
2.2.2 Servicios Básicos	25
2.2.2.1 Agua para consumo humano.....	25
2.2.2.2 Alcantarillado Sanitario	27
2.2.2.3 Residuos Solidos	28
2.3 COMPONENTE BIOFISICO	28
2.3.1 Topografía.....	28

2.3.2 Clima.....	29
2.3.3 Precipitación.....	29
2.3.4 Flora	29
2.3.5 Fauna	30
2.3.6 Hidrografía	30
2.4 COMPONENTE SOCIOECONOMICO.....	31
METODOLOGÍA APLICADA	32
3.1 GENERALIDADES DEL MONITOREO	32
3.2 PROCEDIMIENTO	32
3.2.1 Primera etapa — Planificación.....	33
3.2.1.1 Metodología para la identificación de puntos de muestreo.....	34
3.2.1.1.1 Tipo de muestra.....	34
3.2.1.2 Metodología para muestreo de agua	35
3.2.1.2.1 Plan de muestreo	35
3.2.1.2.2 Materiales, equipos y reactivos	35
3.2.1.2.3 Mantenimiento de equipos	36
3.2.1.2.4 Calibración del equipo de campo	37
3.2.1.2.5 Ubicación y descripción de las estaciones de muestreo.....	37
3.2.1.2.6 Recipientes de muestreo.....	37
3.2.1.2.7 Conservación de muestras.....	37
3.2.1.2.8 Identificación de las muestras	38
3.2.1.2.9 Transporte de muestras	38
3.2.1.3 Metodología recomendada para el muestreo en el rio	38
3.2.1.3.1 Metodología para análisis Biológico.....	40
3.2.1.4 Metodología para identificar el uso del agua	41
3.2.1.5 Metodología para el estudio de las fuentes contaminantes	42
3.2.2 Segunda etapa— Trabajo de campo.....	42
3.2.3 Segunda etapa— Trabajo de laboratorio	43
3.2.3.1 Laboratorios externos.....	43

3.2.3.2 Laboratorios internos	44
3.2.4 Cuarta etapa— Sistematización de la información	45
3.2.5 Quinta etapa – Planteamiento de la propuesta de clasificación	45
ANALISIS Y VALORACION EN LOS CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO GUADALQUIVIR Y SU PRINCIPAL AFLUENTE EN EL MUNICIPIO DE CERCADO	46
4.1 ANALISIS DE LA SITUACION AMBIENTAL EN LA ZONA DE ESTUDIO..	46
4.1.1 Selección y ubicación de los puntos de monitoreo	46
4.1.2 Desarrollo del monitoreo.....	48
4.1.2.1 Descripción de los puntos de monitoreo	48
4.1.2.2 Muestreo para análisis fisicoquímicos y microbiológicos	54
4.1.2.3 Muestreo para condiciones biológicas	54
4.1.3 Uso actual del río Guadalquivir y sus afluentes.....	55
4.1.4 Condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas no tratadas	58
4.1.5 Fuentes contaminantes actuales y su evolución en el futuro.....	71
4.1.6 Identificación de impactos	71
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS MONITOREOS DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS PRINCIPAL AFLUENTE EN EL MUNICIPIO DE CERCADOS.	78
4.2.1 Resultados de Condiciones Biológicas	78
4.2.1.1 Condiciones Biológicas en el río Guadalquivir	79
4.2.1.2 Condiciones Biológicas en el río Santa Ana.....	80
4.2.2 Resultados de parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos	80
4.2.2.1 Resultados obtenidos en el Río Guadalquivir	81
4.2.2.2 Resultados obtenidos en el Río Santa Ana.....	86
4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	89
4.3.1 Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.....	90
4.3.1.1 Análisis de Conductividad	90

4.3.1.2 Análisis de Turbidez	91
4.3.1.3 Análisis de Hierro	92
4.3.1.4 Análisis de Fosfato.....	93
4.3.1.5 Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno	94
4.3.1.6 Análisis de Demanda Química de Oxígeno	96
4.3.1.7 Análisis de Coliformes.....	97
4.4 ESTADO ACTUAL DEL RÍO GUADALQUIVIR Y SUS AFLUENTES	99
4.4.1 Estado actual en los puntos de monitoreo del río Guadalquivir.....	99
4.4.2 Estado actual en los puntos de monitoreo del río Santa Ana	104
4.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL MUNICIPIO DE CERCADO	108
4.5.1 CRITERIO PARA LA CLASIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUAS.....	108
4.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DESEADA DEL CURSO DEL AGUA DEL RÍO GUADALQUIVIR.....	109
ESTRATEGÍA DE MANEJO AMBIENTAL	110
5.1 PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS (PPM)	110
PLAN DE APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....	113
6.1 PLAN DE APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL (PASA)	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
CONCLUSIONES	116
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MUNICIPIO DE CERCADO, DISTRITOS URBANOS Y DISTRITOS RURALES.....	21
TABLA 2. POBLACIÓN POR DISTRITOS, NÚMERO DE VIVIENDAS, TAMAÑO DE HOGAR Y NÚMERO DE FAMILIA	23
TABLA 3. COBERTURA DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CERCADO.....	26
TABLA 4. COBERTURA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, MUNICIPIO DE CERCADO...	27
TABLA 5. FAUNA PREDOMINANTE	30
TABLA 6. TIPO DE MUESTREO.....	39
TABLA 7. CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS, METÁLICOS, ORGÁNICOS AGREGADOS Y MICROBIOLÓGICOS. PARTE 1	43
TABLA 8. CONSTITUYENTES PLAGUICIDAS. PARTE 2	44
TABLA 9. PUNTOS DE MONITOREO SELECCIONADOS EN EL MUNICIPIO DE CERCADO	47
TABLA 10. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES MUNICIPIO DE CERCADO.....	73
TABLA 11. RANGOS ASIGNADOS AL ÍNDICE BMWP/BOL POR CLASE Y CALIDAD DE AGUA.....	78
TABLA 12. RESULTADOS DEL PRIMER Y SEGUNDO MONITOREO DE LAS CONDICIONES BIOLÓGICAS EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO.....	79
TABLA 13. RESULTADOS DEL SEGUNDO MONITOREO DE LAS CONDICIONES BIOLÓGICAS EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO.....	80
TABLA 14. RESULTADOS DE PARÁMETROS BÁSICOS EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO.....	81
TABLA 15. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO	82
TABLA 16. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS Y ORGÁNICOS AGREGADOS, EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO..	83
TABLA 17. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES PLAGUICIDAS EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO	84

TABLA 18. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO	85
TABLA 19. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES EN EL RÍO GUADALQUIVIR, MUNICIPIO DE CERCADO.....	85
TABLA 20. RESULTADOS DE PARÁMETROS BÁSICOS EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO	86
TABLA 21. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS METÁLICOS EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO.....	87
TABLA 22. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES INORGÁNICOS NO METÁLICOS Y ORGÁNICOS AGREGADOS, EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO.....	87
TABLA 23. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES PLAGUICIDAS EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO.....	88
TABLA 24. RESULTADOS DE CONSTITUYENTES MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO.....	89
TABLA 25. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES EN EL RÍO SANTA ANA, MUNICIPIO DE CERCADO	89
TABLA 26. VARIACIÓN DE VALORES DE CONDUCTIVIDAD	90
TABLA 27. VARIACIÓN DE VALORES DE TURBIDEZ	91
TABLA 28. VARIACIÓN DE VALORES DE HIERRO	92
TABLA 29. VARIACIÓN DE VALORES DE FOSFATO	93
TABLA 30. VARIACIÓN DE VALORES DE DBO ₅	95
TABLA 31. VARIACIÓN DE VALORES DE DQO	96
TABLA 32. VARIACIÓN DE VALORES DE COLIFORMES.....	98
TABLA 33. ESTADO ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA EN EL PUNTO GUA-04	99
TABLA 34. ESTADO ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA EN EL PUNTO GUA-05	101
TABLA 35. ESTADO ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA EN EL PUNTO GUA-06	103
TABLA 36. ESTADO ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA EN EL PUNTO SAN 01.....	104
TABLA 37. ESTADO ACTUAL DEL CUERPO DE AGUA EN EL PUNTO SAN 02.....	105
TABLA 38. ESTADO DE LOS CUERPOS DE AGUA EN EL PRIMER MONITOREO, MUNICIPIO DE CERCADO	107

TABLA 39. PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS EN CERCADO.....	110
TABLA 40. PLAN DE APLICACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL CERCADO	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD.....	90
GRÁFICO 2. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE TURBIDEZ	91
GRÁFICO 3. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE HIERRO	92
GRÁFICO 4. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE FOSFATOS	94
GRÁFICO 5. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DBO5	95
GRÁFICO 6. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DQO.....	97
GRÁFICO 7. VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE COLIFORMES.....	98

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS EN EL RIO SANTA ANA (CARRETERA AL CHACO), RIO SANTA ANA	57
IMAGEN 2. CONSUMO DE AGUA DE AVES SILVESTRES EN EL RIO TEMPORAL, RIO GUADALQUIVIR.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PROYECCION DE LA POBLACION URBANA PROVINCIA CERCADO.....	24
CUADRO 2. PROYECCION DE LA POBLACION RURAL PROVINCIA CERCADO	25
CUADRO 3. PUNTO DE MONITOREO GUA-04.....	49
CUADRO 4. PUNTO DE MONITOREO GUA-05.....	50
CUADRO 5. PUNTO DE MONITOREO GUA-06.....	51
CUADRO 6. PUNTO DE MONITOREO SAN-01	52
CUADRO 7. PUNTO DE MONITOREO SAN-02	53
CUADRO 8. TOMA DE AGUA EN EL RÍO TIPAS ALTURA DEL HOTEL LOS PARRALES, RÍO GUADALQUIVIR.....	56

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