

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LOS
RÍOS CAMACHO Y GUADALQUIVIR, DENTRO DE LOS
MUNICIPIOS DE URIONDO Y PADCAYA”**

Por:

Vaca Vidaurre Carolina

**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

A mis padres por su amor y
apoyo incondicional...

Agradecimiento

A Dios por permitirme
cumplir este objetivo...

A mis padres y mi hermano
por ser mi fuente de
motivación...

Al Ing. Jorge Tejerina por su
guía y apoyo...

Al equipo interinstitucional
del “Proyecto de Monitoreo y
Clasificación de Aguas
Superficiales de la Cuenca del
Río Guadalquivir” por
permitir formar parte de esta
gran experiencia...

ÍNDICE

| | Página |
|---------------------|---------------|
| Advertencia..... | i |
| Dedicatoria..... | .ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Resumen..... | .iv |

INTRODUCCIÓN

| | |
|-------------------------------------|----|
| Antecedentes..... | 1 |
| Cuenca del río Guadalquivir..... | 1 |
| Municipio de Uriondo..... | 2 |
| Municipio de Padcaya..... | 5 |
| Contraloría General del Estado..... | 6 |
| Objetivo general..... | 9 |
| Objetivos específicos..... | 10 |
| Justificación..... | 10 |

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 1.1. Identificación del problema..... | 12 |
| 1.1.1. Auditoría sobre los Resultados de la Gestión Ambiental en la Cuenca del Río Guadalquivir..... | 12 |

| | |
|---|----|
| 1.1.2. Problema..... | 23 |
| 1.2. Localización | 23 |
| 1.3. Monitoreo de la calidad hídrica..... | 24 |
| 1.4. Procedimiento | 24 |
| 1.4.1. Primera etapa – Planificación..... | 25 |
| 1.4.2. Segunda etapa – Trabajo de campo..... | 38 |
| 1.4.3. Tercera etapa – Trabajo de laboratorio..... | 39 |
| 1.4.4. Cuarta etapa – Sistematización de la información..... | 41 |
| 1.4.5. Quinta etapa - Planteamiento de la propuesta de clasificación..... | 43 |
| 1.5. Normativa ambiental vigente en Bolivia..... | 43 |

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA

| | |
|---|----|
| 2.1. Municipio de Uriondo..... | 48 |
| 2.1.1. Descripción del municipio..... | 48 |
| 2.1.2. Componente biofísico..... | 49 |
| 2.1.3. Componente socio-cultural..... | 53 |
| 2.1.4. Componente socioeconómico | 54 |
| 2.1.5. Componente económico-productivo..... | 56 |
| 2.2. Municipio de Padcaya..... | 57 |
| 2.2.1. Descripción del Municipio..... | 57 |
| 2.2.2. Componente biofísico..... | 58 |

| | |
|---|----|
| 2.2.3. Componente socio-cultural..... | 60 |
| 2.2.4. Componente socioeconómico..... | 61 |
| 2.2.5. Componente económico-productivo..... | 62 |

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DEL IMPACTO

| | |
|---|-----|
| 3.1. Identificación del impacto..... | 64 |
| 3.1.1. Análisis de la calidad hídrica..... | 64 |
| 3.1.2. Uso actual del agua..... | 74 |
| 3.1.3. Condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas..... | 77 |
| 3.1.4. Evaluación de las condiciones biológicas..... | 86 |
| 3.2. Cuantificación del impacto ambiental..... | 89 |
| 3.2.1. Análisis de la calidad del agua en el Río Guadalquivir..... | 90 |
| 3.2.2. Análisis de la calidad del agua en el Río Camacho..... | 95 |
| 3.3. Análisis de la situación ambiental..... | 100 |

CAPÍTULO IV

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

| | |
|---|-----|
| 4.1. Análisis de la variación de caudal..... | 107 |
| 4.2. Análisis de los resultados obtenidos sobre calidad hídrica por puntos... | 108 |
| 4.2.1. CAM01..... | 110 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.2.2. | CAM02..... | 111 |
| 4.2.3. | CAM03..... | 112 |
| 4.2.4. | CAM04..... | 113 |
| 4.2.5. | CAM05..... | 114 |
| 4.2.6. | GUA07..... | 115 |
| 4.2.7. | GUA08..... | 116 |
| 4.3. | Clasificación actual de los cuerpos de agua..... | 117 |
| 4.3.1. | Clasificación de los puntos en el Río Camacho..... | 117 |
| 4.3.2. | Clasificación de los puntos en el Río Guadalquivir..... | 118 |
| 4.4. | Relación de la clasificación por puntos y el caudal..... | 119 |

CAPÍTULO V

ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL

| | | |
|----|-------------------------------------|-----|
| V. | ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL..... | 121 |
|----|-------------------------------------|-----|

CAPÍTULO VI

SISTEMA DE SEGUIMIENTO, VIGILANCIA Y CONTROL

| | | |
|-----|---|-----|
| VI. | SISTEMA DE SEGUIMIENTO, VIGILANCIA Y CONTROL..... | 129 |
|-----|---|-----|

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | | |
|------|-------------------------------------|------------|
| VII. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 143 |
| 7.1. | Conclusiones..... | 143 |
| 7.2. | Recomendaciones..... | 144 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 145 |
| | ANEXOS..... | 148 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla I.1. Escala de clasificación del ICA..... | 14 |
| Tabla I.2. Escala de clasificación de Índice de Contaminación Orgánica ICO.. | 15 |
| Tabla I.3. Rango de calidad biológica del agua..... | 16 |
| Tabla I.4. Preservación de muestras para análisis en laboratorio..... | 37 |
| Tabla I.5. Aptitudes de uso según la clasificación de aguas superficiales, RMCH..... | 46 |
| Tabla II.1. Distritos y comunidades del Municipio de Uriondo..... | 50 |
| Tabla II.2. Cobertura de Servicios Básicos en el Municipio de Uriondo..... | 55 |
| Tabla III.1. Primera identificación de puntos de muestreo..... | 65 |
| Tabla III.2. Selección final y codificación de los puntos de monitoreo..... | 66 |
| Tabla III.3. Uso del agua en el Río Guadalquivir, Municipio de Uriondo..... | 75 |
| Tabla III.4. Uso del agua en el Río Camacho, Municipio de Uriondo..... | 76 |
| Tabla III.5. Resultados del primer monitoreo de condiciones biológicas en el Río Camacho..... | 87 |
| Tabla III.6. Resultados del segundo monitoreo de condiciones biológicas en el Río Camacho..... | 87 |
| Tabla III.7. Resultados del primer monitoreo de condiciones biológicas en el Río Guadalquivir..... | 88 |
| Tabla III.8. Resultados del segundo monitoreo de condiciones biológicas en el Río Guadalquivir..... | 89 |
| Tabla III.9. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Guadalquivir. Parte I..... | 91 |
| Tabla III.10. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Guadalquivir. Parte II..... | 92 |
| Tabla III.11. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río | |

| | |
|--|-----|
| Guadalquivir. Parte III..... | 93 |
| Tabla III.12. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Guadalquivir. Parte IV..... | 94 |
| Tabla III.13. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Camacho. Parte I..... | 96 |
| Tabla III.14. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Camacho. Parte II..... | 97 |
| Tabla III.15. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Camacho. Parte III..... | 98 |
| Tabla III.16. Resultados de análisis de calidad de las aguas superficiales en el Río Camacho. Parte IV..... | 99 |
| Tabla III.17 Impactos ambientales en el punto La Huerta, CAM01..... | 100 |
| Tabla III.18. Impactos ambientales en el punto Chaguaya, CAM02..... | 101 |
| Tabla III.19. Impactos ambientales en el punto Unión Alisos y Camacho, CAM03..... | 102 |
| Tabla III.20. Impactos ambientales en el punto Cruce Saladillo/Almendros, CAM04..... | 103 |
| Tabla III.21. Impactos ambientales en el punto Desembocadura en el Río Guadalquivir, CAM05..... | 104 |
| Tabla III.22. Impactos ambientales en el punto Ancón Chico, GUA07..... | 105 |
| Tabla III.23. Impactos ambientales en el punto El Angosto, GUA08..... | 106 |
| Tabla IV.1. Clasificación de parámetros en CAM01..... | 110 |
| Tabla IV.2. Clasificación de parámetros en CAM02..... | 111 |
| Tabla IV.3. Clasificación de parámetros en CAM03..... | 112 |
| Tabla IV.4. Clasificación de parámetros en CAM04..... | 113 |

| | |
|--|-----|
| Tabla IV.5. Clasificación de parámetros en CAM05..... | 114 |
| Tabla IV.6. Clasificación de parámetros en GUA07..... | 115 |
| Tabla IV.7. Clasificación de parámetros en GUA08..... | 116 |
| Tabla IV.8. Clasificación por puntos en el primer monitoreo, Río Camacho... | 117 |
| Tabla IV.9. Clasificación por puntos en el segundo monitoreo, Río Camacho.. | 117 |
| Tabla IV.10. Clasificación por puntos en el primer monitoreo, Río Guadalquivir..... | 118 |
| Tabla IV.11. Clasificación por puntos en el segundo monitoreo, Río Guadalquivir..... | 118 |
| Tabla V.1. Medidas de mitigación y prevención del punto CAM01..... | 93 |
| Tabla V.2. Medidas de mitigación y prevención del punto CAM02..... | 94 |
| Tabla V.3. Medidas de mitigación y prevención del punto CAM03..... | 95 |
| Tabla V.4. Medidas de mitigación y prevención del punto CAM04..... | 96 |
| Tabla V.5. Medidas de mitigación y prevención del punto CAM05..... | 97 |
| Tabla V.6. Medidas de mitigación y prevención del punto GUA07..... | 98 |
| Tabla V.7. Medidas de mitigación y prevención del punto GUA08..... | 99 |
| Tabla VI.1. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM01. Parte I.... | 93 |
| Tabla VI.2. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM01. Parte II.... | 94 |
| Tabla VI.3. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM02..... | 95 |
| Tabla VI.4. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM03. Parte I.... | 96 |
| Tabla VI.5. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM03. Parte II.... | 97 |
| Tabla VI.6. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM04. Parte I..... | 98 |
| Tabla VI.7. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM04. Parte II..... | 99 |
| Tabla VI.8. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM05. Parte I.... | 100 |

| | |
|---|-----|
| Tabla VI.9. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, CAM05. Parte II... | 101 |
| Tabla VI.10. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA07. Parte I... | 102 |
| Tabla VI.11. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA07. Parte II... | 103 |
| Tabla VI.12. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA08. Parte I... | 104 |
| Tabla VI.13. Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental, GUA08. Parte II... | 105 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico III 1. Comparación de condiciones biológicas en el Río Camacho | 88 |
| Gráfico III 2. Comparación de condiciones biológicas en el Río Guadalquivir... | 89 |
| Gráfico IV 1. Variación del caudal en el Río Camacho..... | 107 |
| Gráfico IV 2. Variación del caudal en el Río Guadalquivir | 108 |
| Gráfico IV 3. Relación de la clasificación por puntos y el caudal, en el Río Camacho..... | 119 |
| Gráfico IV 4. Relación de la clasificación por puntos y el caudal, en el Río Guadalquivir..... | 120 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro III.1. GUA07..... | 67 |
| Cuadro III.2. GUA08..... | 68 |
| Cuadro III.3. CAM01..... | 69 |
| Cuadro III.4. CAMO..... | 70 |
| Cuadro III.5. CAM03..... | 71 |
| Cuadro III.6. CAM04..... | 72 |
| Cuadro III.7. CAM05..... | 73 |
| Cuadro III.8. PTAR de "Calamuchita"..... | 78 |
| Cuadro III.9. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Caña..... | 80 |
| Cuadro III.10. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chaguaya..... | 81 |
| Cuadro III.11. PTAR de "Chocloca"..... | 82 |
| Cuadro III.12. PTAR de "San Antonio de Chocloca"..... | 83 |
| Cuadro III.13. Procesadora de Lácteos "San Nicolás"..... | 84 |
| Cuadro III.14. PTAR de "El Valle de Concepción"..... | 85 |

ÍNDICE DE MAPAS

| | |
|---|----|
| Mapa 1. Cuenca del Río Guadalquivir..... | 3 |
| Mapa 2.Municipio de Uriondo..... | 49 |
| Mapa 3. Distritos del Municipio de Uriondo..... | 51 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.....148

ANEXO B.....154

ANEXO C.....156

ANEXO D.....158

ANEXO E.....161

ANEXO F.....164

ANEXO G.....174