

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO CAMPANARIO, TARIJA-BOLIVIA.**

Por:

KARELA ROCIO ROJAS HURTADO

Tesis presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Noviembre de 2023

TARIJA - BOLIVIA

VºBº

.....
Ph.D. Ing. Deimar Fernández
DOCENTE GUÍA

.....
M. Sc. Ing. Milton Javier Caba Olguín
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
M. Sc. Ing. Victor Enrique Zenteno López
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:
TRIBUNAL:

.....
M. Sc. Ing. Fidel Ibarra Martínez
TRIBUNAL

.....
Ing. Omar Gutiérrez Catari
TRIBUNAL

.....
M. Sc. Ing. Juan Oscar Hiza Zuñiga
TRIBUNAL

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 amada madre Rocio del Alba y mi padre Jorge Rojas, por su amor incondicional y apoyo incansable.

A mis hermanos María, Hans y Jorge, por estar siempre a mi lado. Y en memoria de mi querido hermano Alejandro, cuyo recuerdo vive en mi corazón y me inspira a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por ser mi guía permanente de mi vida y ofrecerme su infinita bondad.

Un agradecimiento especial al Ph.D. Ing. Deimar Fernández y M.Sc. Ing. Erazo Campos Orlando, por su orientación, paciencia y colaboración desinteresada en la transmisión de sus conocimientos.

Al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales – UAJMS, por la prestación de equipos invaluable.

A la carrera de Ingeniería Forestal de la “UAJMS”, a docentes por sus conocimientos impartidos que han hecho posible este trabajo y a mis amigos por pasar momentos gratos que nunca he de olvidar.

Finalmente agradecer a la Lic. María Del Pilar Orozco Orosco por el cariño y amor brindado que son una luz brillante en mi vida.

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
	Página

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRÁFICA	5
2.2. MANEJO DE CUENCA.....	5
2.3. CALIDAD DE AGUA	5
2.3.1. Evaluación biológica de la calidad de las aguas.....	6
2.3.2. Macroinvertebrados bentónicos.....	7
2.3.2.1. Hábitat y locomoción de los macroinvertebrados.....	8
2.3.3. Macroinvertebrados como indicadores de calidad en los ríos.....	9

2.3.4. Evaluación biológica de la calidad de las aguas, con el índice BMWP/Bol	9
--	---

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. ZONA DE ESTUDIO	12
3.2.1. Características geológicas y geomorfológicas	14
3.2.1.1. Geología	14
3.2.1.2. Geomorfología	15
3.2.2. Características edáficas	17
3.2.3. Características climáticas	17
3.2.4. Características de flora y fauna	18
3.2.4.1. Flora	18
3.2.4.1. Fauna	20
3.3. MATERIALES	21
3.3.1. Materiales de campo	21
3.3.2. Materiales de laboratorio	21
3.4. METODOLOGÍA	22
3.4.1. Fase de campo	24
3.4.1.1. Técnica de colecta de macroinvertebrados bentónicos	24
3.4.1.2. Tratamiento de los organismos acuáticos	24
3.4.2. Fase de laboratorio	24
3.4.2.1. Método de índice biótico: Biological Monitoring Working Party/ Bolivia (BMWP/Bol)	25

3.4.2.2. Determinación de los índices de biodiversidad	26
--	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CAMPANARIO.....	28
4.2. ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS POR PUNTO DE MUESTREO	32
4.2.1. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por punto de muestreo ...	32
4.2.2. Diversidad de macroinvertebrados bentónicos por puntos de muestro	35
4.2.2.1. Diversidad y abundancia de la estación de muestreo “P4”	35
4.2.2.2. Diversidad y abundancia de la estación de muestreo “P3”	36
4.2.2.3. Diversidad y abundancia de la estación de muestreo “P2”	38
4.2.2.4. Diversidad y abundancia de la estación de muestreo “P1”	39
4.3. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA MEDIANTE EL ÍNDICE BMWP/BOL (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/ BOLIVIA)	41
4.4. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO	47
4.4.1. PUNTOS DE MUESTREO.....	47
4.4.1.1. Parámetros de Monitoreo	49
4.4.1.2. Normas de calidad de agua	49
4.4.2. RESULTADOS.....	50
4.4.3. Análisis de los resultados.....	50
4.5. REGISTRO DE PRESIONES ANTROPOGÉNICAS SOBRE LA DIVERSIDAD Y CALIDAD DE AGUA DE MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO CAMPANARIO	53

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. CONCLUSIONES	59
5.2. RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macroinvertebrados Bentónicos “Orden Ephemeroptera”	8
Figura 2. Perfil altitudinal del río Campanario	12
Figura 3. Número de individuos por taxa identificados en el río Campanario	28
Figura 4. Abundancia de la entomofauna por órdenes de la microcuenca del río Campanario	31
Figura 5. Número de especies capturados por punto de muestreo	33
Figura 6. Calidad de agua según las familias identificada por punto de muestreo según la puntuación BMWP/Bol	42
Figura 7. Fotografía de la toma de muestra de agua	47
Figura 8. Fotografía de la remoción de sedimentos en la naciente del río Campanario.	54
Figura 9. Fotografía de la presencia de residuos sólidos orgánicos de ganado en la parte media de la microcuenca Campanario.	56
Figura 10. Punto de muestreo “puente Campanario”	57

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación de la microcuenca Campanario	13
Mapa 2. Mapa de pendientes de la microcuenca Campanario	16
Mapa 3. Mapa de cobertura y uso de la vegetación	19
Mapa 4. Mapa de puntos de muestreo por área de influencia	23
Mapa 5. Número de familias por punto de muestreo	34
Mapa 6. Mapa de la calidad del agua en la microcuenca Campanario	46
Mapa 7. Mapa de los puntos de monitoreo, del análisis físico-químico	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comunidades útiles que pueden utilizarse para la detección y seguimiento de presiones de contaminación	7
Tabla 2. Tramo del río Campanario.....	12
Tabla 3. Principales especies de flora.....	18
Tabla 4. Principales especies de fauna.....	20
Tabla 5. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo.....	22
Tabla 6. Evaluación de la calidad biológica del agua mediante macroinvertebrados bentónicos: Cálculo del índice BMWP/Bol.....	25
Tabla 7. Clases de calidad del agua en función del valor del índice BMWP.....	26
Tabla 8. Periodo de evaluación de la investigación.....	27
Tabla 9. Número (Ind*m2) de especies de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo en la microcuenca Campanario.....	29
Tabla 10. Diversidad de macroinvertebrado "P4" representados con el índice de Simpson (S), índice de Shannon (H') e índice de Berger - Parker (B).....	35
Tabla 11. Diversidad de macroinvertebrado "P3" representados con el índice de Simpson (S), índice de Shannon (H') e índice de Berger - Parker (B).....	37
Tabla 12. Diversidad de macroinvertebrado "P2" representados con el índice de Simpson (S), índice de Shannon (H') e índice de Berger - Parker (B).....	38
Tabla 13. Diversidad de macroinvertebrado "P1" representados con el índice de Simpson (S), índice de Shannon (H') e índice de Berger - Parker (B).....	39
Tabla 14. Índices de diversidad en el río Campanario.....	41
Tabla 15. Valores de indicadores de contaminación de las familias de macroinvertebrados bentónicos empleados en la metodología BMWP/Bol, por punto de muestreo del río Campanario	42

Tabla 16. Calidad de agua por punto de muestreo aplicando la metodología BMWP/Bol.	45
Tabla 17. Puntos de monitoreo	47
Tabla 18. Límites de los parámetros permisibles según RCH Ley 1333.....	49
Tabla 19. Resultados de los parámetros de los puntos de muestreo	50
Tabla 20. Análisis de los límites de calidad de agua de los parámetros de los puntos de muestreo.....	51
Tabla 21. Presiones antropogénicas por punto de muestreo.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Riqueza de taxones presentes en el río Campanario.....	63
Anexos 2. Lista de valores indicadores de contaminación de las familias de macroinvertebrados empleados por el método de índice biótico BMWP.	64
Anexos 3. Características morfológicas y ecológicas de familias de macroinvertebrados bentónicos de la microcuenca del río Campanario.	65
Anexos 4. Captura de macroinvertebrados en la microcuenca Campanario "punto 4".	76
Anexos 5. Fotografía del punto de muestreo "P4".....	76
Anexos 6. Captura de macroinvertebrados y toma de datos en la microcuenca Campanario "Punto 3".	77
Anexos 7. Fotografía del punto de muestreo "Punto 3".....	77
Anexos 8. Captura de macroinvertebrados con la malla Surber y toma de datos en el punto de muestro "Punto 2".	78
Anexos 9. Captura de macroinvertebrados y toma de datos en la microcuenca Campanario "Punto 1".	79

Anexos 10. Identificación de familias de macroinvertebrados bentónicos en el laboratorio de suelos de la FCAyF.....	80
Anexos 11. Hoja de campo para la toma de muestras "P1"	81
Anexos 12. Hoja de cálculo para la determinación del Índice BMWP/Bol, punto de muestreo "P1".....	82
Anexos 13. Hoja de campo para la toma de muestras "P2"	83
Anexos 14. Hoja de cálculo para la determinación del Índice BMWP/Bol, punto de muestreo "P2"	84
Anexos 15. Hoja de campo para la toma de muestras "P3".....	85
Anexos 16. Hoja de cálculo para la determinación del Índice BMWP/Bol, punto de muestreo "P3".....	86
Anexos 17. Hoja de campo para la toma de muestras "P4"	87
Anexos 18. Hoja de cálculo para la determinación del Índice BMWP/Bol, punto de muestreo "P4"	88
Anexos 19. Certificado de veracidad de la identificación taxonómica de macroinvertebrados bentónicos presentes en la microcuenca Campanario.....	89
Anexos 20. Certificado de veracidad del análisis físico - químicos "P1" en la microcuenca Campanario.....	90
Anexos 21. Certificado de veracidad del análisis físico - químicos "P2" en la microcuenca Campanario.....	91
Anexos 22. Certificado de veracidad del análisis físico - químicos "P3" en la microcuenca Campanario.....	92
Anexos 23. Certificado de veracidad del análisis físico - químicos "P4" en la microcuenca Campanario.....	93