



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO BOQUERÓN
UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS”

AUTOR: GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES

DIRECTORA: Ing. DELIA ELIZABETH VELARDE CRUZ

FEBRERO 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN
UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS”**

Trabajo de titulación revisada por el comité asesor previo a la obtención del título de

INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz MSc

DIRECTORA

Ing. Eleonora Melissa Layana Bajaña. MSc

ASESORA

Ing. Oscar Rosales MSc

ASESOR

Ing. Gonzalo Farinango MSc

ASESOR

(Remplazo)

Ibarra, Ecuador
2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada muestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		1003346945	
APELLIDOS Y NOMBRES		Geovanny Alexander Acurio Ipiales	
DIRECCIÓN		Cayambe, Calle Alianza y Terán	
EMAIL		guseacurio@gmail.com	
TELÉFONO FIJO	062364660	TELÉFONO MÓVIL	0968381506

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS”
AUTOR	Geovanny Alexander Acurio Ipiales
FECHA	2019
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES, con cédula de identidad Nro. 1003346945 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizó a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Febrero del 2019

EL AUTOR



Geovanny Alexander Acurio IpiALES

Ci: 1003346945

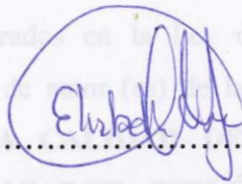
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CERTIFICACIÓN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A

Certifico que el presente trabajo de investigación fue desarrollado por el señor **GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES** con cedula de identidad No. 1003346945, bajo mi supervisión.

Yo, **GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES**, con cédula de identidad N° 1003346945, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 Y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS", que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES de la Universidad Técnica del Norte, otorgando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



ING. DELIA ELIZABETH VELARDE CRUZ MSc.

DIRECTORA




Geovanny Alexander Acurio IpiALES

C.I. 1003346945

REGISTRO BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES

Yo, GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES, con cédula de identidad N° 100323063-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 Y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, Febrero 2019

AUTOR

Geovanny Alexander Acurio IpiALES

Geovanny Alexander Acurio IpiALES
C.I. 1003346945



Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz MSc.

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Febrero 2019

GEOVANNY ALEXANDER ACURIO IPIALES

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

TRABAJO DE GRADO

Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte

DIRECTORA: MsC. Elizabeth Velarde Ing.

En la presente investigación determinó la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos mediante los índices BMWPA y ETP en las laderas del volcán Cayambe, de acuerdo a los resultados se planteó una propuesta de manejo del recurso hídrico.

Ibarra, Febrero 2019

AUTOR

Geovanny Alexander Acurio Ipiales

DIRECTORA

Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz MSc.

AGRADECIMIENTO

Con cariño y afecto a la Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, y a todas las personas aquí conocidas gracias por su sincera amistad.

A los profesores gracias por los conocimientos transmitidos durante desarrollo de mi formación profesional.

A mi Directora y asesores quienes fueron mi guía en el proceso de investigación de la presente tesis.

A mi familia por estar siempre pendiente y apoyándome desde el inicio de mi formación profesional pilar fundamental para la realización de esta tesis.

DEDICATORIA

A Dios, por protegerme y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades presentadas a lo largo del tiempo de la elaboración de la tesis.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre por su comprensión paciencia y apoyo. A mis hermanos por estar conmigo y compartir momentos de felicidad.

A todos y cada uno de los integrantes de mi familia, porque me han brindado su apoyo incondicional y por estar presentes en buenos y malos momentos.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 Objetivo General.....	4
1.2.1 Objetivo Específico.....	4
1.3 Preguntas Directrices.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Indicadores biológicos de la calidad del agua.....	5
2.1.1 Macroinvertebrados.....	5
2.1.2 Índices biológicos.....	7
2.1.3 Estudios utilizando índices biológicos para determinar la calidad de agua de un río.....	10
2.2 Diferencias entre los índices BMWPA y ETP.....	13
2.3 Manejo de cuencas hidrográficas.....	13
2.4 Normativa legal aplicable y marco institucional.....	14
2.4.1 Constitución política del Estado.....	14
2.4.2 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011.....	15
2.4.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida.....	15

2.4.4 Ley Orgánica de Salud.....	16
2.4.5 Ley de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua.....	16
2.4.6 Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria.....	18
2.4.7 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.....	19
2.4.8 Código Orgánico Ambiental.....	19
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Descripción del área de estudio.....	20
3.2 Materiales y Equipos.....	22
3.3 Metodología.....	22
3.3.1 Calidad de agua del río Boquerón.....	22
3.3.2 Diferencia entre los órdenes ETP y BMWPA.....	29
3.3.3 Propuesta de manejo.....	29
CAPÍTULO IV.....	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Calidad de agua de río Boquerón mediante los índices BMWPA y ETP.....	31
4.2 Comparación de los resultados obtenidos entre los índices BMWP-A Y ETP.....	43
4.3 Propuesta de manejo del recurso hídrico del río Boquerón.....	45
4.3.1 Antecedentes de la propuesta.....	46

4.3.2 Objetivo general de la propuesta de manejo.....	46
4.3.3 Representantes de la ejecución de la propuesta de manejo.....	46
4.3.4 Problemas encontrados en el área de estudio.....	46
4.3.5 Programas de la propuesta de manejo.....	48
CAPÍTULO V.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1 Conclusiones.....	55
5.2 Recomendaciones.....	55
5.3 Referencias Bibliográficas.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calificación de las familias de macroinvertebrados método BMWP.....	7
Tabla 2. Índice de calidad del agua BMWP-A.....	9
Tabla 3. Índice ETP.....	9
Tabla 4. Materiales y Equipos.....	22
Tabla 5. Comparación entre los índices ETP y BMWPA.....	29
Tabla 6. Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio A.....	31
Tabla 7. Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio B.....	32
Tabla 8. Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio A.....	33
Tabla 9. Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio B.....	33
Tabla 10. Resumen general de macroinvertebrados encontrados.....	34
Tabla 11. Abundancia de individuos por sitio de muestreo.....	35
Tabla 12. Calidad de agua índice ETP época seca y lluviosa.....	38
Tabla 13. Calidad del agua índice ETP época seca y lluviosa sitio B.....	39
Tabla 14. Calidad del agua análisis general índice ETP.....	40
Tabla 15. Calidad del agua índice BMWPA sitio A.....	41
Tabla 16. Calidad del agua índice BMWPA sitio B.....	42
Tabla 17. Calidad del agua análisis general índice BMWPA.....	43
Tabla 18. Comparación de resultados índices: ETP y BMWPA.....	44
Tabla 19. Estructura de la propuesta de manejo.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del área de estudio.....	18
Figura 2 Sitios de muestreo.....	21
Figura 3 Ubicación de los puntos de muestreo.....	22
Figura 4 Red de Surber.....	23
Figura 5 Captura de macroinvertebrados en la red de Surber.....	24
Figura 6 Etiquetado de las muestras de macroinvertebrados.....	24
Figura 7 Clasificación por taxón de familias de macroinvertebrados.....	25
Figura 8 Identificación taxonómica de macroinvertebrados.....	25
Figura 9 Individuos presentes en cada sitio de muestreo.....	34
Figura 10 Índice ETP sitio A.....	35
Figura 11 Índice ETP sitio B.....	36
Figura 12 Análisis general índice ETP	37
Figura 13 Índice BMWP-A sitio A.....	38
Figura 14 Índice BMWP-A sitio B.....	39
Figura 15 Análisis general BMWP-A.....	40
Figura 16 Contaminación con escombros.....	45
Figura 17 Contaminación con basura.....	45
Figura 18 Contaminación del agua.....	46

RESUMEN

La micro cuenca del río Boquerón se encuentra ubicada en las laderas del volcán Cayambe con una superficie de 6.36 km² entre el rango de altitud de 3200 a 3800 msnm en la zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca. El objetivo de la investigación fue determinar la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos y realizar una propuesta de manejo del recurso hídrico. El estudio se desarrolló en áreas de mayor sensibilidad a la contaminación determinándose los sitios de muestreo denominados: punto A (cuenca media); y el punto B (cuenca baja) lugar que se encuentra intervenido por actividades de construcción del proyecto del canal de riego Cayambe Pedro Moncayo. Los muestreos se ejecutaron en época seca y época lluviosa, utilizando la técnica de la red de Surber para la recolección de las muestras, luego se procedió a la caracterización de los individuos y al análisis de la calidad del agua mediante dos índices biológicos. Se obtuvo como resultado mediante el índice ETP la calidad del agua en los sitios A y B es regular, de acuerdo al índice BMWP-A en el sitio A y B, se determinó que la calidad del agua es buena. La propuesta de manejo del recurso hídrico contiene: programas, objetivos, subprogramas y actividades a realizarse para controlar la contaminación del agua, el estudio se entregó a la oficina técnica del Ministerio del Ambiente en Cayambe como ente rector para la ejecución. Se concluye que las actividades antrópicas en los trabajos de construcción del proyecto de riego Cayambe Pedro Moncayo afectan a la calidad del recurso hídrico del río Boquerón.

Palabras claves: Calidad del Agua, macroinvertebrados, muestreo y contaminación

SUMMARY

The micro basin of the Boquerón River is located on the slopes of the Cayambe volcano with an area of 6.36 km² between the altitude ranges of 3200 to 3800 meters above sea level in the upper area of the Cayambe-Coca National Park. The objective of the research was to determine the water quality of the Boquerón River using aquatic macroinvertebrates as biological indicators and implement a proposal for the management of the water resource. The study was developed in areas of greater sensitivity to contamination, determining the sampling sites denominated: point A (middle basin); and point B (lower basin), which is being intervened for the construction of the Cayambe-Pedro Moncayo irrigation canal project. The samplings were carried out in the dry season and the rainy season, using the Surber network technique for the collection of the samples, then the characterization of the individuals and the water quality analysis were carried out by two biological indexes. The result obtained through the ETP index was the water quality in sites A and B is regular, according to the BMWP-A index in site A and B, it was determined that the water quality is good. The water resource management proposal contains: programs, objectives, subprograms and activities to be carried out to control water pollution, the study was delivered to the technical office of the Ministry of the Environment in Cayambe as the governing body for the execution. It is concluded that the anthropic activities in the construction works of the Cayambe-Pedro Moncayo irrigation project affect the quality of the water resource of the Boquerón River.

Keywords: Water Quality, macroinvertebrates, sampling and contamination

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El río Boquerón se origina de los glaciares del volcán Cayambe, el caudal se divide; una parte va hacia el oriente ecuatoriano y otra desemboca en la laguna de San Marcos de donde el agua es conducida al canal de riego Cayambe - Pedro Moncayo la cual es destinada para actividades agrícolas y pecuarias que beneficia los dos cantones. También aportará de agua para el consumo humano del proyecto Pesillo - Imbabura. En la micro cuenca se están realizando actividades de construcción de túneles trasvase que consiste en trasladar todo el caudal del río hacia la laguna para abastecer la demanda del nuevo canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo. Las actividades que se realizan de construcción del proyecto ocasionan impactos negativos en la cuenca del río Boquerón provocan contaminación y afectan a las comunidades que se abastecen del agua destinada para el consumo humano, al canal de riego y a las actividades productivas de la zona: en el sector agrícola a los cultivos, en el sector pecuario a la ganadería y en consecuencia a la población que consume estos alimentos causando enfermedades y pérdidas económicas.

Se tiene registro de investigaciones realizadas en ríos aledaños y también en la laguna de San Marcos, la empresa responsable de la construcción del proyecto realiza estudios de análisis físico químicos de la calidad de agua. Las actividades antrópicas de construcción del proyecto afectan de forma directa a la calidad del agua, en la micro cuenca no se ha realizado estudios relacionados. Es necesario realizar la investigación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos utilizando macroinvertebrados acuáticos para determinar la contaminación y dar a conocer a los resultados a las autoridades competentes para que realicen las respectivas medidas correctivas. De acuerdo con Alba y Sánchez., (1988) los índices biológicos determinan la situación momentánea y también de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras.

De acuerdo al objetivo 7 del Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 “Toda una Vida” en cuanto al Patrimonio Hídrico. El Estado ecuatoriano reconoce y garantiza el derecho humano al agua, fundamental e irrenunciable. El agua constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, continúa siendo sumamente importante para garantizar el derecho humano a vivir en un ambiente sano, pilar fundamental en la sociedad del Buen Vivir.

Objetivos

1.2 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del río Boquerón utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua del río Boquerón utilizando los índices BMWP-A y ETP.
- Analizar los resultados obtenidos y realizar la comparación entre los índices BMWP-A y ETP.
- Generar una propuesta de manejo del recurso hídrico del río Boquerón.

1.3 Preguntas directrices

¿Cuál es el estado de la calidad del agua del Río Boquerón?

¿De acuerdo a los resultados obtenidos existe diferencias entre los índices: BMWP-A y ETP?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Indicadores biológicos de la calidad del agua

Un indicador es, un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos. Uno de los elementos importantes es la elección del organismo indicador o bioindicador, que en parte está asociado al tipo de contaminación. Frecuentemente se usan macroinvertebrados (insectos, moluscos y crustáceos) por su fácil colecta, manejo e identificación; además de que existe, asociada a ellos, mayor información ecológica (De la Lanza, Hernández y Carbajal, 2000).

A fin de explicar el valor de los indicadores biológicos Gerard (1999) afirma: “Los científicos descubrieron que el control biológico de los sistemas acuáticos puede ser valioso para la calidad del agua y la detección de contaminación. Los organismos acuáticos muestran una respuesta duradera de los episodios de contaminación intermitentes que no siempre se detectan mediante el control químico rutinario, que sólo muestra un volumen de agua relativamente pequeño en un momento dado” (p.309).

2.1.1. Macroinvertebrados

Mafla (2005) señala: Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua porque algunos de ellos requieren buena calidad de agua para sobrevivir; otros, al contrario, resisten crecen y abundan en sitios donde hay contaminación. Los más representativos son los insectos, por eso es el grupo más estudiado. Entre las larvas de insectos que sobresalen en las muestras se encuentran los mosquitos, libélulas y chinches de agua, entre otros, que inician la vida en el agua y luego se convierten en insectos terrestres (p.33).

Las razones por las cuales se considera los macroinvertebrados como los mejores indicadores de la calidad de agua según, Roldan (2003) concluye:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar
- Son sedentarios en su mayoría y, por tanto, reflejan las condiciones locales.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias, virus entre otros.
- Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo.
- Proporcionan información para integrar efectos acumulativos.
- Poseen ciclos de vida largos.
- Son apreciables a simple vista.
- Se pueden cultivar en el laboratorio

Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos existen varias maneras de hacerlo, las cuales son económicas y de mayor facilidad, las técnicas de colecta se deben determinar de acuerdo a las características de río en estudio (Carrera y Fierro, 2001).

a) Red de Surber.- En la presente investigación se utilizó la técnica de la red Surber de acuerdo a las características del río Boquerón que son: poca profundidad, corriente torrentosa y fondo pedregoso. Consiste en atrapar macroinvertebrados con una red sujeta a un marco metálico que abierta tiene forma de L, removiendo el fondo del río (Carrera y Fierro, 2001).

b) Red de patada.- Un miembro remueve el fondo lodoso del río y la otra persona coloca la red donde recibe todo el sedimento. Luego el sedimento se traslada a una bandeja donde se colectan los macroinvertebrados de forma manual (Abarca, 2007).

c) Piedras y hojarasca.- En esta técnica se buscan macroinvertebrados en las piedras y hojas que se encuentran en el fondo, en la superficie y en las orillas. Se puede realizar en río de fondo pedregoso y con vegetación flotante, es recomendable hacerlo en ríos correntosos y con piedras grandes (Carrera y Fierro, 2001).

2.1.2. Índices biológicos

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y o región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permite la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para los grupos de macroinvertebrados de una muestra se les asignan un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todo estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema (Miliarium, 2004).

- **Índice Biological Monitoring Party (BMWP)**

Es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben un puntaje de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben un puntaje de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP, como se presenta en Tabla 1 (Roldan, 2003).

Tabla 1. Calificación de las familias de macroinvertebrados según el método BMWP

FAMILIAS	VALOR BMWP
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratiade, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Oligoneuridae, Odontoceridae, Perlidae, Ptilodactylidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9

Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Philopotamidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Dryopidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Dugesiiidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae. Notonectidae.	5
Curculionidae, Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hhydraenidae, Hydrometridae, Pschycodidae, Scarabidae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Oligochaeta, Tubicidae.	1

FUENTE: Roldán, G., 2003; Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

La suma de los puntajes de todas las familias presentes proporciona el valor total BMWPA este valor se interpreta en los rangos establecidos de clasificación de la calidad del agua. La tabla 3 muestra las cinco clases de calidad de agua resultantes al sumar la puntuación obtenida las familias encontradas en un ecosistema determinado. El total de los puntos se designan cómo valores BMWP/CoL De

acuerdo con el puntaje obtenido en cada situación, se califican las distintas clases de agua, asignándoles a cada una de ellas un color determinado, Tabla 2 Roldan (2003)

Tabla 2. Índice de calidad del agua BMWP-A

CLASE	SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CLASIFICACIÓN	COLOR
I	No se aceptan contaminantes	Muy buena	101-145	Azul
II	Aceptan muy poco contaminantes	Buena	61-100	Verde
III	Aceptan pocos contaminantes	Regular	36-60	Amarillo
IV	Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	16-35	Naranja
V	Aceptan muchos contaminantes	Muy Mala	0-15	Rojo

FUENTE: Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

- **Índice Ephemeroptera Trichoptera y Plecoptera (ETP)**

El índice EPT utiliza los grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, para su cálculo. Se usa estos grupos por su sensibilidad a la contaminación de los cuerpos de agua sabiendo que estos son los grupos que primero desaparecen cuando los ríos se contaminan. Para calcular el índice EPT se suma el total de individuos de una muestra y se suma el total de individuos de los grupos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). El valor total EPT se divide para el valor del total de individuos. El resultado se multiplica por 100 para obtener un porcentaje (Roldan, 2003). Tabla 3

Tabla 3. Índice ETP

EPT	CALIDAD
75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49 %	Regular
0 – 24 %	Mala

Fuente (Carrera, y Fierro, 2001)

2.1.3. Estudios utilizando índices biológicos para determinar la calidad de agua de un río

En el estudio realizado por Endara (2012) en el sector de Mera provincia de Pastaza - Ecuador que trató sobre la identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande, los resultados concluyeron que los ríos Pindo Mirador y Pindo Grande son los que tienen mayor diversidad y abundancia de los órdenes Plecóptera, Efemeróptera y Trichóptera; por lo tanto su calidad de agua es muy buena según el índice BMWP/Col, en el monitoreo puntual que realizó el investigador; sin embargo se puede determinar que los datos no son concluyentes ya que el muestreo se realizó en una sola época del año y según Margalef (1983) las comunidades bentónicas varían mucho en las diferentes épocas del año debido a la influencia del clima.

En otro estudio Arroyo (2009) realizado en el oeste de la provincia de pichincha Ecuador sobre la evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano concluye: El índice biológico que explica mejor sobre la calidad de las aguas en este bosque montano, es posiblemente el BMWP/Col, debido principalmente a que más del 97% de familias de invertebrados encontradas están presentes en el índice. A futuro, es necesario el desarrollo de un índice de calidad biológica para el Ecuador, donde se cubra todo el rango altitudinal y ecosistémico del país, así como las familias de macroinvertebrados comunes en los cuerpos de agua.

Jacobsen et al. (1997) sugiere que la temperatura es el factor mayor para la riqueza y composición de especies de invertebrados acuáticos. La altura/temperatura en condiciones normales varía la estructura de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos, donde un río con adecuada depuración puede registrar mejora de calidad en zonas más bajas pese a la influencia de una contaminación rutinaria.

En un estudio que trata sobre la composición y distribución de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera realizado en los ríos de la Sierra nevada de Santa Marta Colombia, Rúa, Tamaris y Zúñiga (2015) sostienen: La

distribución de los taxones se reduce a mayores alturas por la severidad del clima, la temperatura y la disponibilidad de recursos y micro hábitats acuáticos, mientras las zonas intermedias muestran la mayor diversidad

Sornoza (2012) señala: Evaluación ecológica rápida de la fauna en el sector de San Marcos: Se registraron 801 individuos agrupados en 8 órdenes y 15 familias el orden de mayor frecuencia fue el Díptera seguido de Ephemeroptera lo que indica alta biodiversidad y un nivel de contaminación moderado. La familia más representativa fue la Baetidae que según Roldan (1996) son indicadores de aguas oligotróficas.

En el estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca alta del río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo Saransig (2010) concluye: La aplicación del Índice ETP en zonas de altura no es aconsejable puesto que las variables como la temperatura y presión dificultan la proliferación de los tres órdenes de macroinvertebrados utilizados en este índice.

Un estudio sobre la estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes de Colombianos, Vásquez y Reinoso (2012) concluyen: Los resultados encontrados a nivel de composición de la fauna de macroinvertebrados la familia más abundante es la Chironomidae que los autores comparan con el autor Marques (1999) quien manifestó que todos los géneros de Chironomidae son tolerantes a un amplio conjunto de condiciones ambientales.

En la investigación sobre la calidad de las quebradas La Cristalina y La Risaralda en San Luis, Antioquia Colombia, Arango, Álvarez, Arango, Torres y Manosalve (2008) determinaron: Los mayores valores de diversidad de macroinvertebrados fueron hallados en las estaciones que corresponden a las partes más altas de las quebradas y, por lo tanto, menos intervenidas. Las demás estaciones presentaron diversidades medias. Se observa que la abundancia tiende a aumentar hacia las estaciones más bajas, las cuales también muestran los índices de Díptera más altos que indican mayor contenido de materia orgánica. Por el contrario, los valores del índice ETP, que indica aguas limpias, son menores en estas estaciones más bajas. Además, a pesar de que las quebradas se crecen con las lluvias fuertes y arrastran

materiales y macroinvertebrados, el número de taxa y de individuos encontrados en la mayoría de las estaciones durante los dos momentos de muestreo no presentaron variaciones espaciales y temporales importantes, lo cual puede estar relacionado con la homogeneidad del sustrato en la mayoría de las estaciones.

En el estudio realizado en los campos de Cima de la Sierra Brasil se investigó las interacciones entre macroinvertebrados bentónicos y peces en un río. Winker, LT (2008) afirma: El estudio a través de un experimento mediante la exclusión de la trucha arco iris de un río ocasionó la alteración de la comunidad bentónica de macroinvertebrados dando como resultado el aumento en la abundancia de macroinvertebrados de los órdenes Plecoptera y Trichoptera.

En el estudio sobre la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un riachuelo de la sierra en Itatinga, Sao Paulo, Brasil los autores Ribeiro y Uieda (2005) determinaron en sus resultados la dominación de Ephemeroptera-Baetidae en la estación lluviosa atribuyen a las adaptaciones morfológicas de este grupo a la corriente. Algunos efemerópteros poseen el cuerpo aplanado, liso y alargado, con piernas que se proyectan lateralmente al cuerpo, reduciendo el arrastre y aumentando la fricción contra el sustrato. El segundo grupo predominante fue Chironomidae los autores sostienen que las larvas normalmente se producen a alta densidad y diversidad, corto ciclo de vida y la biomasa total alta. De los diversos factores abióticos de importancia en la estructuración de la comunidad bentónica, la pluviosidad fue el factor que, aparentemente, más influenció su composición, causando un aumento en el volumen de agua, y así llevando al arrastre de los organismos.

2.2 Diferencia entre los índices BMWPA y ETP

Las diferencias entre los índices: BMWPA y ETP se basan en las características que poseen cada uno para medir la calidad del agua, el índice ETP en su metodología califica a nivel taxonómico de orden tomando en cuenta la presencia de tres específicos: Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera y su análisis para determinar la calidad de agua es cuantitativo orientado a la cantidad del total del número de individuos de los órdenes antes mencionados, mientras que el índice

BMWPA califica a nivel taxonómico de familia tomando en cuenta la presencia y ausencia de las familias de macroinvertebrados y su análisis para determinar la calidad del agua es cualitativo es decir se basa en las características de sensibilidad a tolerar o no la contaminación de cada familia presente Roldan (2003)

2.2.1 Estudios comparativos entre los índices BMWPA Y ETP

El estudio de calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná Meza, Días y Walteros (2012) afirman que según los resultados obtenidos de los índices: BMWP el agua es muy limpia a poco alterada lo que contrasta con el EPT que la calidad del agua es regular. Los autores manifiestan que los índices BMWP y EPT se pueden utilizar simultáneamente para evaluar la calidad de agua, ya que el EPT mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, y el BMWP se basa en la presencia y ausencia de familias.

El estudio de la calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca Alta del Río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo, en la Provincia de Chimborazo; muestreando 8 puntos de monitoreo entre los 2813 y 3440 msnm. Estimando la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados). En donde según el índice EPT estimo una calidad de agua buena y regular; y mediante el índice BMWP-A presentó una calidad de agua moderadamente contaminadas en toda la microcuenca. Recolectando un total de 1309 individuos pertenecientes a 7 órdenes y 16 familias de macroinvertebrados, La familia más abundante y amplia distribución fue la Baetidae (Saransig Zambrano, 2010).

2.3 Manejo de cuencas hidrográficas.

Vásques et al. (2016) concluyen: El manejo de una cuenca hidrográfica es la administración integral de la misma, mediante la implementación de políticas claramente definidas y normas adecuadas así como, al desarrollo planificado de acciones técnicas, que permitan el aprovechamiento racional y la conservación del

espacio físico y de los recursos naturales existentes en la misma, así como la conservación y protección de su medio ambiente, el mejoramiento del nivel de vida de la población, la participación activa de la población local y sociedad en general y algo fundamental para lograr lo antes mencionado. Es importante resaltar que lo primero que se debe manejar no es la cuenca en sí, sino la intervención del hombre que realiza en ella, pues depende del accionar y grado de responsabilidad con que actúe y por otro lado del control y fiscalización que lleve a cabo el Estado y demás personas o instituciones involucradas (p. 119).

En relación a la gestión de cuencas definen: Es la dirección ejecutiva de todo el proceso de programación de actividades y presupuestos; coordinación con la población y con líderes locales y personas representativas del lugar, aspectos legales, laborales, administrativos y de ejecución del plan de manejo de la cuenca por parte de los diferentes actores sociales e institucionales (población, maestros, productores rurales, comunidades, autoridades religiosas, dirigentes, instituciones gubernamentales y privadas, empresas, entre otros) que operan o viven en la cuenca (p. 136).

2.4. Normativa Legal Aplicable y marco institucional

Se determina las leyes establecidas por las diferentes instituciones del estado, en referencia al presente estudio y su aplicación.

2.4.1 Constitución Política del Estado

La Constitución Política del Estado (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008) promulga los deberes y derechos de los ciudadanos, con respecto al recurso hídrico; y atribuye a las instituciones públicas correspondientes, las competencias que cada una posee con respecto a este recurso, para poder alcanzar el buen vivir. Mediante los siguientes artículos:

En el **Art. 12** del (Capítulo segundo - Derechos del buen vivir Sección primera Agua y alimentación). Declara: El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.

En el **Art. 264** del Capítulo cuarto Régimen de competencias. Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: (2) Prestar los servicios públicos de agua potable.

El **Art. 314** del Capítulo quinto - Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas. Establece que: El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

El **Art. 318** del Capítulo quinto - Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas. Determina que: El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria.

En el **Art. 415** del título VII régimen del buen vivir. Capítulo segundo. Biodiversidad y recursos naturales. Sección sexta - Agua. Expone que: Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua.”

2.4.2 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

En el numeral (1.1) Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. (Pág. 1). Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

2.4.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida

Es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y

la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados.

El eje 1: Derechos para todos durante toda la vida.- Promueve mejorar la calidad de vida de la población, posiciona al ser humano como sujeto de derechos a lo largo de todo el ciclo de vida, y promueve la implementación del Régimen del Buen Vivir, establecido en la Constitución

Dentro de las intervenciones emblemáticas para el eje 1:

5. Agua segura para todos, procura desarrollar en la población una cultura adecuada para el cuidado del agua. Este es el paso más importante, ya que comprende la difusión imperativa de información sobre el manejo y el cuidado del recurso hídrico, además del desarrollo de estrategias para lograr sostenibilidad de las infraestructuras relacionadas con el manejo de agua. Por otro lado, esta intervención aporta a la consecución de soberanía alimentaria en el país y al crecimiento adecuado de la productividad de la agroindustria en todos sus niveles.

2.4.4 Ley Orgánica de Salud

Establece los siguientes artículos para garantizar la calidad del agua para consumo humano: El **Art. 6.** Establece que: Es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública. Numeral (15) Regular, planificar, ejecutar, vigilar e informar a la población sobre actividades de salud concernientes a la calidad del agua, aire y suelo. (Pág., 3).

En el título único capítulo I Del agua para consumo humano, **Art. 96.-** Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano. (Pág., 21).

2.4.5 Ley de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

En el **Artículo 1** del título I disposiciones preliminares. Capítulo I de los principios, menciona que los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional

estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza.

Artículo 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Artículo 4.- Principios de la Ley. Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;
- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria.

Artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de

las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

Del título II recursos hídricos Capítulo I: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos. Para el estudio se hace mención a la Sección Tercera Gestión y Administración de los Recursos Hídricos, específicamente al **Artículo 32.-** Gestión pública o comunitaria del agua. La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. La gestión pública del agua comprende, de conformidad con lo previsto en esta Ley, la rectoría, formulación y ejecución de políticas, planificación, gestión integrada en cuencas hidrográficas, organización y regulación del régimen institucional del agua y control, conocimiento y sanción de las infracciones así como la administración, operación, construcción y mantenimiento de la infraestructura hídrica a cargo del Estado. La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua y en la administración, operación y mantenimiento de infraestructura de la que se beneficien los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado.

Artículo 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental.

2.4.6 Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria

La norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua del LIBRO VI ANEXO 1 establece: en los literales: (b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, (c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. (Pág., 286). El numeral (4.1) Establece las: Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas

superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios. La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua: El literal (a) Establece que el: Consumo humano y uso doméstico.

El numeral (4.1.20). Define los: Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico. Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como: los literales (a) Bebida y preparación de alimentos para consumo, y (b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

2.4.7 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

En el capítulo III del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Sección Primera

Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones.

En el Artículo 55. Determina: Las competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. En el literal (d) Prestar los servicios públicos de agua potable.

2.4.8 Código Orgánico Ambiental

Del artículo 5.- Derecho de la población de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

- El manejo sostenible de los ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros
- La intangibilidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en los términos establecidos en la Constitución y la ley; 4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico

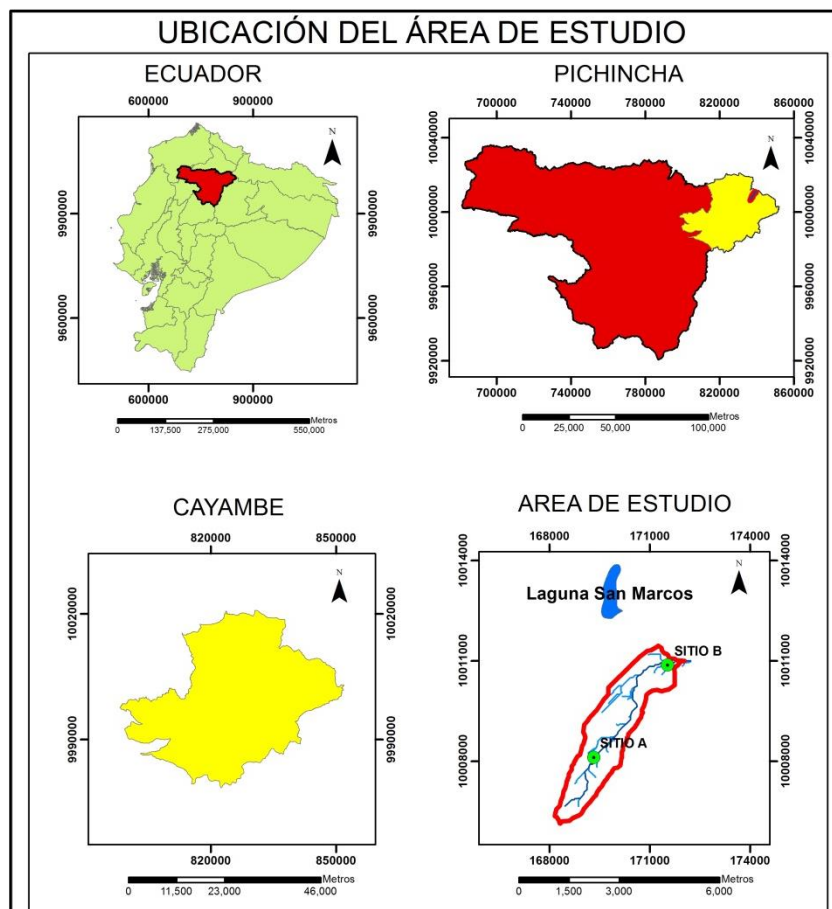
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La micro cuenca del río Boquerón se encuentra zona alta del Parque Nacional Cayambe Coca, en la parroquia de Olmedo, cantón Cayambe, en el nororiente de la provincia de Pichincha. Comprende un área de 6.36 km² con un perímetro de 14.5 km, a una altitud desde 3200 hasta los 3800 msnm y la longitud axial es de 8.4 Km que atraviesa por una gran extensión de páramo y cobertura vegetal alto andina (Hidalgo Hidalgo S.A. 2008) (Figura 1)

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



El Parque Nacional Cayambe-Coca es una área natural protegida ubicada entre las provincias de Napo, Pichincha, Sucumbíos e Imbabura. Es un lugar de recreación, que a la vez genera información científica para la protección de los recursos sostenibles del país. El Parque alberga cerca de 900 especies de aves, 110 de anfibios, 140 de reptiles y más de 200 mamíferos, es el habitat de especies vulnerables como el cóndor, es el área protegida con mayor diversidad vegetal y animal en el Ecuador, en ella se han identificado 10 zonas de vida que de alguna forma explica la diversidad climática, paisajista y biológica (Cachipuendo, 2011).

La micro cuenca del río Boquerón presenta una longitud axial de 8.4 km y un índice de compacidad de 1.78, cruza por material morrenico, con pendientes entre los 30 y 10 %, sus aportes mayores no provienen directamente del volcán Cayambe, sino que son de origen pluvial; los aportes de los deshielos reciben por afloramientos de las filtraciones en la parte superior. En cuanto a la geología el río Boquerón atraviesa por los materiales fluvio glaciales, y por la corriente torrentosa han generado un proceso erosivo más intenso, excavando causes profundos y encañonados y de difícil acceso; sus aguas se originan en los hielos glaciares del volcán Cayambe. Presenta 115,4 hectáreas de bosque natural y vegetación arbustiva, el páramo herbáceo está compuesto por pajonales, que limitan en su parte superior con un bosque pluvial sub alpino y en su parte inferior con un bosque pluvial montano este tipo de vegetación es característica de las zonas alto andinas. La zona alta donde se encuentra el río Boquerón se caracteriza por temperaturas medias que varían entre -2° y 8°C . (Proyecto canal de riego Tabacundo estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental, 1999).

La micro cuenca del río Boquerón cuenta con una cobertura vegetal con bosque natural 56.51 ha y de páramo de 579.37 ha y su uso es conservación y protección. La temperatura varía con una máxima de 12.74°C y mínima de 7.39°C . La precipitación máxima es de 1218.7 y mínima de 1096.36 ml^3

3.2. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados para desarrollar la investigación se clasifican en la fase de campo y de laboratorio los cuales se detallan a continuación en la tabla 4

Tabla 4. Materiales y Equipos

CAMPO:	LABORATORIO
GPS	Estereomicroscopio
Cámara fotográfica	Laptop
Flexómetro de 30 m	Caja Petri
Botas de caucho	Fichas técnicas
Red de Surber	Hojas de Campo
Frascos de plástico 100 ml	Gotero
Formalina	Pinzas
Cinta adhesiva	Transeau
Pinzas	Ependors
Libreta de campo	Fundas ciploc
Sellos y etiquetas	Frascos de plástico 100 ml
Marcador permanente	Papel Higiénico
Fundas ziploc	Vacutainers
Estacas de 1.5m	
Pirola nylon	
Lupa	
Bandeja Blanca	
Vacutainers	

3.3 Metodología

La metodología empleada para desarrollar la siguiente investigación se estableció los métodos para cumplir con los objetivos y se detalla a continuación.

3.3.1 Calidad de agua del río Boquerón

a) Reconocimiento del área de estudio

Se realizó el recorrido en campo de reconocimiento del área de estudio junto con los guardaparques del MAE Cayambe, en el cual se observó las características de

la cuenca y se determinó las coordenadas de los sitios de muestreo, la técnica de muestreo de macroinvertebrados y se identificó las actividades negativas que afectan a la cuenca del río Boquerón. (Figura 2)

Para trabajar con indicadores biológicos se realiza un análisis del lecho mediante revisión del hábitat y sus alrededores, observando que áreas están o no afectadas por presencia de actividades antropogénicas (Carrera y Fierro, 2001; Mafla, 2005).

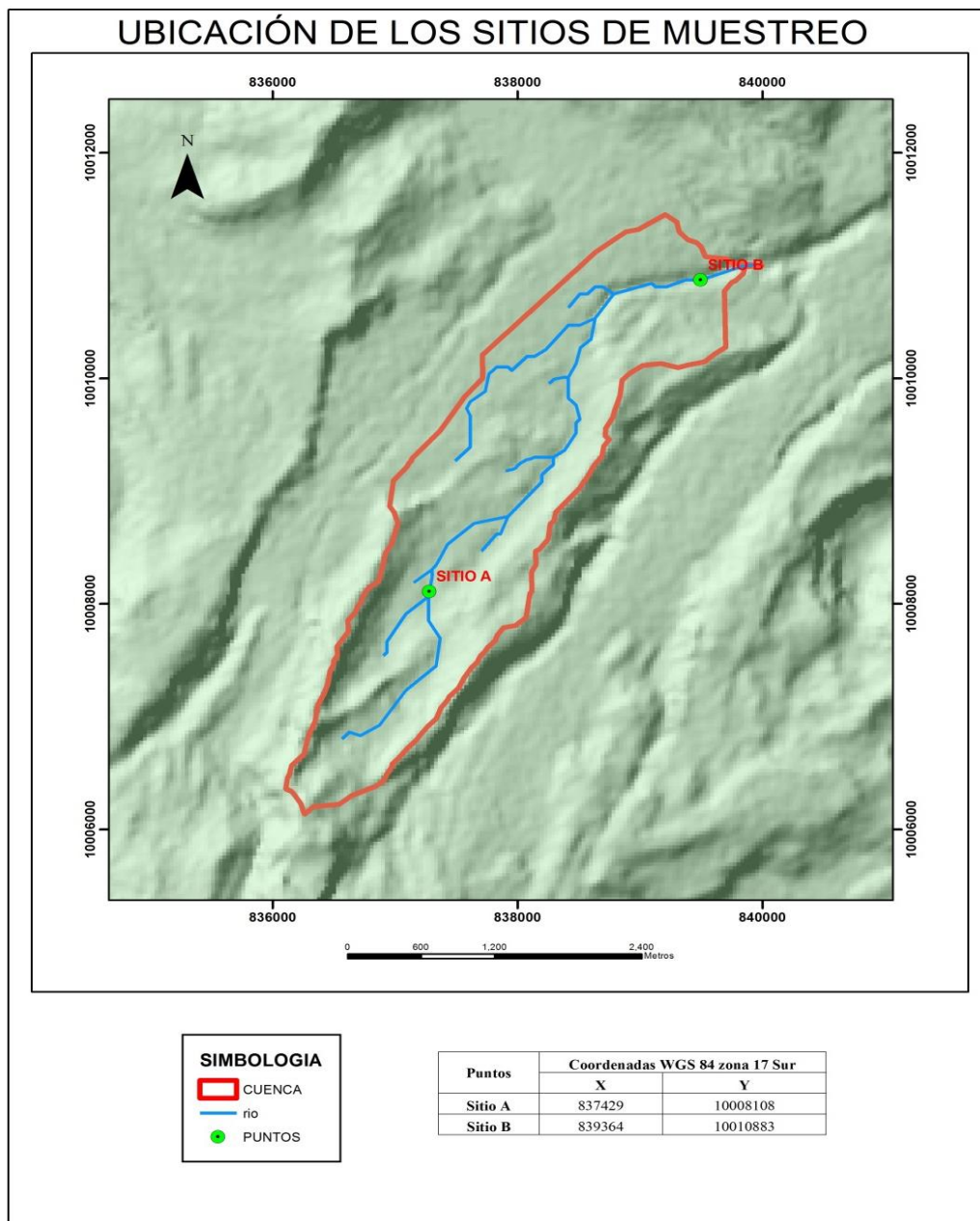


Figura 2. Sitios de Muestreo

b) Descripción de los puntos de muestreo

- **Sitio A.-** Ubicada en la parte media de la cuenca del río Boquerón lugar donde no existe actividad antrópica, se realizó el muestreo determinando un transecto de 100 metros, con un punto cada 10 metros para obtener muestras representativas y los resultados reflejen la condición de toda el área de estudio (Figura 3).
- **Sitio B.-** Este sitio está ubicado estratégicamente en la parte baja, sitio donde el río ha sido intervenido por actividades antrópicas de construcción de los túneles trasvase del proyecto de riego Cayambe - Pedro Moncayo. Se realizó el muestreo determinando un transecto de 100 metros, con un punto cada 10 metros como ubicados de la siguiente manera (Figura 3).

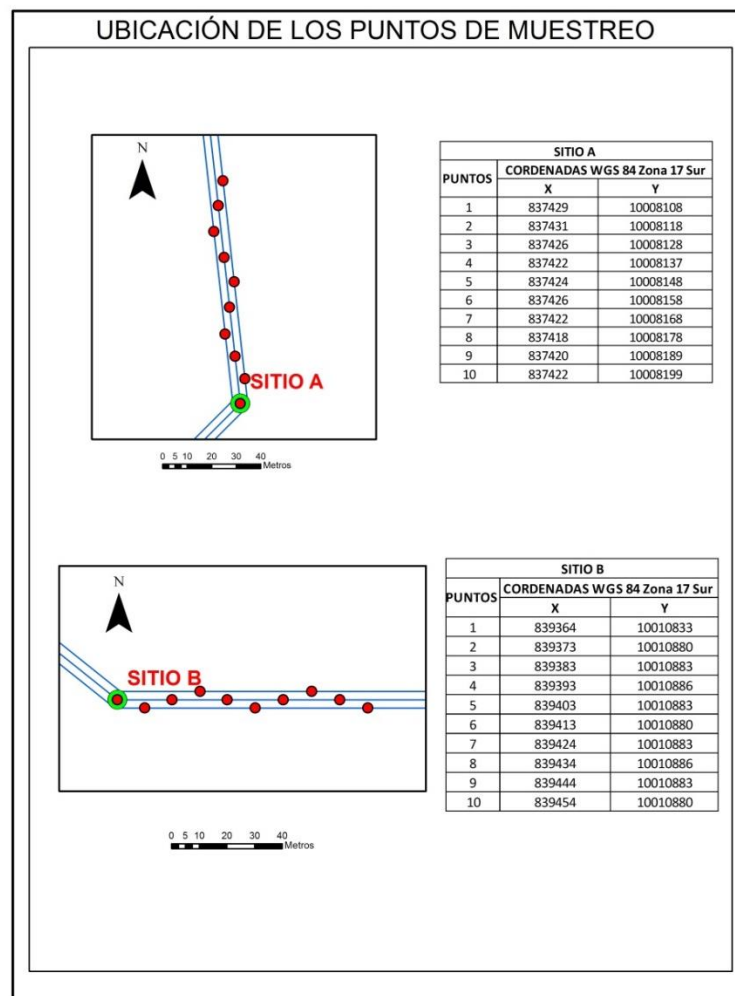


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo.

c) Muestreo

La investigación de calidad de agua mediante macroinvertebrados contiene algunos métodos y herramientas que varían de acuerdo a las características del área en estudio. En este caso se utilizó la red Surber (figura 4) de acuerdo a las características del río Boquerón que son: poca profundidad, corriente torrenciosa y el fondo de pequeñas rocas (Carrera y Fierro, 2001).



Figura 4. Red de Surber

El muestreo se realizó en dos épocas del año, época seca y época lluviosa. La toma de muestras debe ser representativa en todos los micro hábitats existentes en la zona: orillas y centro. La colecta de muestras se realizó entre dos personas, en cada punto de muestreo de macroinvertebrados y se procedió de la siguiente manera:

- Mientras una persona sostiene el marco de la red Surber en contra de la corriente el otro procedió a remover con las manos el fondo del río durante un minuto de tal manera que se levante los sedimentos y los macroinvertebrados ingresaren a la red llevados por la corriente (figura 5)



Figura 5. Captura de macroinvertebrados en la red de Surber

- De la muestra atrapada en la red se retiró los sustratos como rocas y hojas, luego se colocó en fundas de ziploc con agua y 10 ml de formalina para preservar la muestra, se etiqueto de acuerdo al sitio y punto de muestreo para posteriormente clasificar en vacutainers (Figura 6).



Figura 6. Etiquetado de las muestras de macroinvertebrados

d) Caracterización de las muestras

Las muestras recolectadas se colocaron en una bandeja blanca con agua para poder visualizar y recoger con una pinza los macroinvertebrados. Posteriormente se realizó un reconocimiento rápido con una lupa y se los pre clasificó por familias y colocó en vacutainers con formalina para preservar las muestras (figura 7).



Figura 7. Clasificación por taxón de familia de macroinvertebrados

La identificación taxonómica de las muestras encontradas se lo realizó en el laboratorio de Investigaciones Ambientales (LABINAM) de la Universidad Técnica del Norte con la ayuda de un estereoscopio y claves dicotómicas especializadas en el tema, se identificó a los individuos por orden y familia, se realizó el conteo de individuos posteriormente se colocó en vacutainers con formalina respectivamente etiquetados (figura 8).



Figura 8. Identificación taxonómica de los macroinvertebrados.

e) Evaluación de la calidad del agua

Para determinar la calidad de agua con macroinvertebrados acuáticos se utilizó variables biológicas las cuales son apropiadas para trabajar con este tipo de indicadores mismos que determinan la calidad del agua, cuya metodología se detalla a continuación.

- **Índice EPT Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera**

El índice EPT se calculó sumando un punto por cada familia presente en la muestra perteneciente a los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera. La abundancia de macro-invertebrados presentes en el sitio de muestreo se determinó de acuerdo al número total de individuos encontrados (Carrera, y Fierro, 2001).

Para el cálculo del índice EPT se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad De Agua} = \text{Ept Total} \div \text{Abundancia Total} \times 100$$

Se obtiene el resultado en porcentaje este se interpreta de acuerdo a los rangos establecidos en la tabla 3 de la calidad del agua

- **Índice BMWP-A (Biological Monitoring Working Party modificado)**

De acuerdo a este índice se evaluó la calidad del agua de forma cualitativa (presencia /ausencia) teniendo en cuenta el nivel taxonómico de familias de macroinvertebrados acuáticos donde el máximo puntaje se le asignó a las especies sensibles indicadoras de aguas limpias con un valor de 10 y el mínimo a las tolerantes indicadoras de mayor contaminación con el valor de 1, para el resto de familias fluctúa entre 9 y 2 según el grado de tolerancia o sensibilidad que estos organismos presenten frente a la contaminación como se indicó en la tabla 1 de calificación del índice BMWPA, (Zamora y Alba , 2006 y Mafla, 2005) .

Se calificó según la identificación taxonómica por familias de macroinvertebrados con un valor máximo de diez a las familias más sensibles que son indicadores de aguas de buena calidad y del valor mínimo de uno a las familias con más tolerancia a contaminantes presentes en el agua, obteniendo un resultado al sumar todos estos índices de sensibilidad. Los resultados obtenidos se interpretaran de acuerdo a la tabla 2 de clasificación y se determina la calidad del agua.

3.3.2 Diferencia entre los índices ETP y BMWPA

- Se determinó las diferencias entre los índices biológicos tomando en cuenta las características y la metodología que utiliza cada índice para determinar la calidad de agua.
- Se realizó una tabla comparativa entre los resultados de cada índice y se analizó la diferencia de acuerdo a la calidad de agua y a las familias y ordenes presentes en la investigación (tabla 5).

Tabla 5. Comparación entre los índices ETP y BMWPA

DIFERENCIAS ENTRE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS	
ETP	BMWPA
Califica a nivel taxonómico de orden. Como indicadores de buena calidad de agua se toma en cuenta la presencia de tres órdenes específicos: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.	Califica nivel taxonómico de familia. Se toma en cuenta todas las familias de macroinvertebrados de acuerdo a las características de las especies como su sensibilidad de tolerar contaminación y se determina las especies indicadoras de buena y mala calidad del agua.
El análisis para determinar la calidad del agua es cuantitativo orientado a la cantidad del total de número de individuos de los órdenes ETP.	El análisis para determinar la calidad de agua es cualitativo orientado a las características de cada familia presente tomando en cuenta la sensibilidad de las especies a tolerar la contaminación.

3.3.3 Propuesta de manejo

De acuerdo a la Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (2014) estipula: El plan de trabajo es una herramienta que ayuda a optimizar el proceso de planificación y el seguimiento a la ejecución de los recursos y actividades programadas. Consiste en la definición de los objetivos, alcance, actividades y productos de cada una de las fases del PMAA, así como de las estrategias de recopilación y evaluación de información, de participación y comunicación. Este plan deberá contener los indicadores, medios de verificación y los resultados esperados durante cada fase.

Para realizar la propuesta se tomó en cuenta los resultados obtenidos durante el proceso de investigación y en el análisis de la calidad del agua del río Boquerón, analizando los criterios y problemas más relevantes que tienen cada una de los pobladores que se benefician directamente con el líquido vital, datos que se obtuvo mediante observaciones y conversaciones con los pobladores en las distintas salidas de campo, de esta manera se realizó la propuesta con programas y

subprogramas que aborden principalmente los problemas relevantes encontrados para establecer las medidas correctivas con respecto al recurso hídrico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Calidad de agua de río Boquerón mediante los índices BMWPA y ETP

Para la determinación y análisis de la calidad de agua primero se calculó el número y abundancia de individuos de macroinvertebrados encontrados de cada orden y familia en cada sitio de muestreo realizado en época seca y época lluviosa.

➤ **Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio A (parte media)**

Los macroinvertebrados encontrados en los distintos puntos de muestreo en la parte media del río Boquerón se detallan en la (tabla 6) la familia con más individuos presentes es la familia Chironomidae con 455 individuos, así también el orden Trichoptera presenta el mayor número de familias con cuatro individuos.

Tabla 6. Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio A

ORDEN	FAMILIA	Nº INDIVIDUOS
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	455
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	169
DIPTERA	TIPULIDAE	7
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMANTIDAE	2
PLECOPTERA	PERLIDAE	5
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	198
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE	6
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	4

➤ **Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio B (parte baja)**

Los macroinvertebrados encontrados en los distintos puntos de muestreo en la parte baja del río Boquerón se detallan en la (tabla 7)

Tabla 7. Macroinvertebrados encontrados en época seca en el sitio B

ORDEN	FAMILIA	N° INDIVIDUOS
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	363
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	42
TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	1
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	4
COLEOPTERA	ELMIDAE	2
PLECOPTERA	PERLIDAE	4
SERIATA	PLANARIIDAE	1
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	1
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	162

El mayor número de individuos presentes en el sitio A y B pertenecen al orden díptera seguido de ephemeroptera que se asemeja a los resultados de Sornoza (2012) que manifestó que la mayor frecuencia de estos dos órdenes indican una alta biodiversidad y reflejan un nivel moderado de contaminación. Además la familia con mayor número de individuos fue Chironomidae, Vasquez y Reinoso (2012) en el estudio en los Andes colombianos determinan que los géneros de Chironomidae son tolerantes a un amplio conjunto de condiciones ambientales. Los autores Ribeiro y Uieda (2005) sostienen que las larvas de Chironomidae normalmente se producen a alta densidad y diversidad.

➤ **Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio A (parte media)**

Los macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo en la parte media del río Boquerón se detallan en un listado que se puede observar en la (Tabla 8) en este sitio es bastante claro la ausencia de individuos siendo únicamente la familia Baetidae la de mayor abundancia con cuatro individuos.

Tabla 8. Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio A

ORDEN	FAMILIA	N° INDIVIDUOS
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	1
COLEOPTERA	ELMIDAE	1
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	4
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	2
HEMIPTERA	VELIIDAE	1
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	1

En este muestreo realizado en época lluviosa se registró baja diversidad de órdenes y un número bajo de individuos, los resultados concuerdan con el estudio sobre la composición y distribución de los órdenes ETP, Rua, Tamaris y Zuñiga (2015) sostienen que la distribución de los taxones se reduce a mayores alturas por la severidad del clima y la temperatura.

➤ **Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio B (parte baja)**

Los macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo en la parte baja del río Boquerón se detallan en un listado que se puede observar en la (Tabla 9). A diferencia del sitio A la familia Baetidae presenta el mayor número de individuos con 328.

Tabla 9. Macroinvertebrados encontrados en época lluviosa en el sitio B

ORDEN	FAMILIA	N° INDIVIDUOS
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	2
COLEOPTERA	ELMIDAE	3
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	6
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMANTIDAE	1
TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	1
PLECOPTERA	PERLIDAE	7
SERIATA	PLANARIIDAE	6
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	328

DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	53
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	95
DIPTERA	SIMULIIDAE	4
DIPTERA	TIPULIDAE	24
ASCARIDIDA	ASCARIDIDAE	3

En este muestreo la familia Baetidae fue la más representativa con 328 individuos según Roldan (1996) son indicadores de aguas oligotróficas es decir bajo contenido de materia orgánica, aguas frías y claras con alto nivel de oxígeno. Además Ribero y Uieda (2005) en su investigación determinaron en sus resultados la dominación de Ephemeroptera-Baetidae en la estación lluviosa atribuyen a las adaptaciones morfológicas de este grupo a la corriente. Algunos efemerópteros poseen el cuerpo aplanado, liso y alargado, con piernas que se proyectan lateralmente al cuerpo, reduciendo el arrastre y aumentando la fricción contra el sustrato.

➤ **Macroinvertebrados encontrados en los sitios de muestreo**

En el muestreo realizado en el sitio A y B en época seca y lluviosa se registraron un total de 1979 individuos pertenecientes a 19 familias y 9 órdenes (tabla 10).

Tabla 10. Resumen general de macroinvertebrados encontrados

ORDEN	FAMILIA	TOTAL
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	11
COLEOPTERA	ELMIDAE	6
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	9
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	6
TRICHOPTERA	GLOSSOSOMANTIDAE	3
TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE	1
AMPHIPODA	HYALELLIDAE	1
PLECOPTERA	PERLIDAE	16
SERIATA	PLANARIIDAE	7
EPEMEROPTERA	BAETIDAE	692
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	915
DIPTERA	SIMULIIDAE	4
DIPTERA	TIPULIDAE	31

ASCARIDIDA	ASCARIDIDAE	3
HEMIPTERA	VELIIDAE	1
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE	6
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	264
TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE	1
	Total	1979

De acuerdo a este resumen de macroinvertebrados encontrados la familia Chironomidae es la que mayor número presentó en el estudio un total de 915 seguido por la familia Baetidae con 692 y la familia Ceratopogonidae con 264 individuos. Los órdenes con mayor número de macroinvertebrados registrados en el presente estudio fueron: Díptera y Ephemeroptera

Sornoza (2012) señala en su investigación el orden de mayor frecuencia fue el Díptera seguido de Ephemeroptera lo que indica alta biodiversidad y un nivel de contaminación moderado. La familia más representativa fue la Baetidae que según Roldan (1996) son indicadores de aguas oligotróficas. Los resultados con este estudio tienen similitud, la familia Baetidae con mayor número de individuos indica que la calidad de agua es buena por sus características que aceptan muy pocos contaminantes, relacionado con aguas oligotróficas que quiere decir que el agua es clara y con presencia de oxígeno.

➤ **Abundancia de individuos en cada sitio de muestreo**

Se obtuvo como resultado que el sitio B es el lugar que más individuos presentó con un total de 1117 a diferencia del sitio A que presento 862 individuos (tabla 11)

Tabla 11. Abundancia de individuos por sitio de muestreo

ORDEN	FAMILIA	N° INDIVIDUOS	
		SITIO A	SITIO B
COLEOPTERA	PTILODACTYLIDAE	5	6
COLEOPTERA	ELMIDAE	1	5
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	2	7
TRICHOPTERA	HYDROPSYCHIDAE	3	3

TRICHOPTERA	GLOSSOSOMANTIDAE	2	1
TRICHOPTERA	HELICOPSYCHIDAE		1
AMPHIPODA	HYALELLIDAE		1
PLECOPTERA	PERLIDAE	5	11
SERIATA	PLANARIIDAE		7
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	202	490
DIPTERA	CHIRONOMIDAE	457	458
DIPTERA	SIMULIIDAE		4
DIPTERA	TIPULIDAE	7	24
ASCARIDIDA	ASCARIDIDAE		3
HEMIPTERA	VELIIDAE	1	
TRICHOPTERA	LEPTOCERIDAE	2	
EPHEMEROPTERA	LEPTOPHLEBIIDAE	6	
TRICHOPTERA	PHILOPOTAMIDAE		1
DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	169	95
TOTAL		862	1117

El sitio B es el lugar que más individuos presentó con un total de 1117 a diferencia del sitio A que presento 862. En el sitio A se registró 10 individuos lo que indica muy baja diversidad, el motivo es la presencia de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) la cual su principal alimento son los macroinvertebrados, esto determina la disminución de estas especies como indicadores (figura 9).

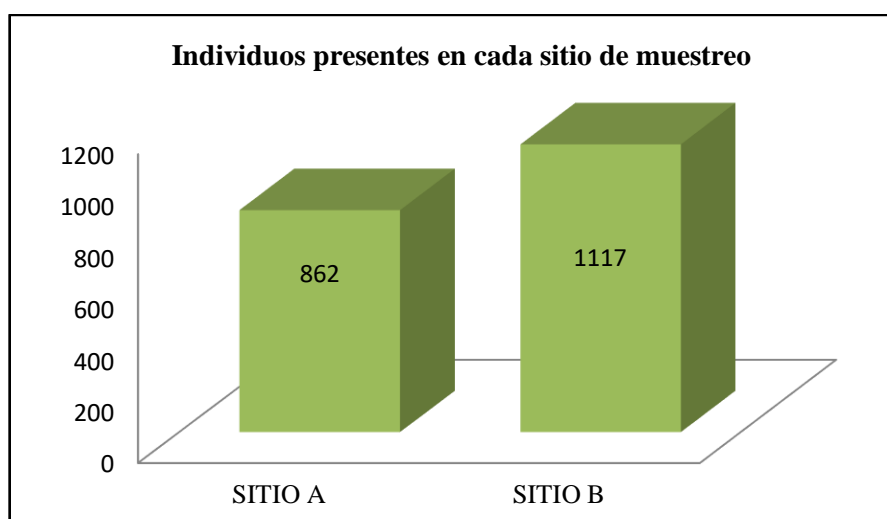


Figura 9. Individuos presentes en cada sitio de muestreo

Jacobsen et al. (1997) sugiere que la temperatura es el factor mayor para la riqueza y composición de especies de invertebrados acuáticos y se puede registrar más individuos en las partes bajas a pesar de la influencia de contaminación. La altura/temperatura en condiciones normales varía la estructura de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos, donde un río puede registrar mejor calidad en zonas más bajas pese a la influencia de una contaminación rutinaria. La parte alta de la cuenca se encuentra a 3800 msnm y las temperaturas varían de -2 a 6 °C estos son los factores que condicionan el bajo número de macroinvertebrados en la parte alta.

➤ **Análisis de la calidad de agua del río boquerón en el sitio A y B**

Para determinar la calidad del agua del río Boquerón en los dos sitios determinados se desarrolló mediante dos variables biológicas como son el índice ETP y el índice BMWP-A. De esta manera se elaboró un análisis comparativo del estado del agua del río en estudio.

➤ **Análisis de la calidad del agua mediante el índice ETP en el sitio A (parte media)**

Como se puede observar en la figura 10 el análisis de la calidad del agua en el sitio A mediante el índice ETP se obtuvo como resultado agua de calidad regular con un 25,40% en época seca, mientras que en época lluviosa el agua es de calidad buena con un porcentaje de 50%.

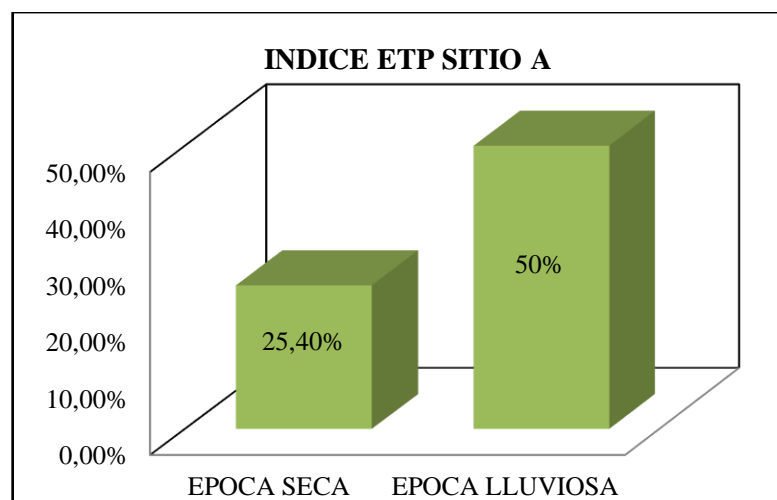


Figura 10 Índice ETP sitio A

Tabla 12. Calidad de agua índice ETP época seca y lluviosa

ETP	CALIDAD	ÉPOCA SECA	ÉPOCA LLUVIOSA
75 – 100%	Muy Buena		
50 – 74%	Buena		50%
25 – 49%	Regular	25.40%	
0 – 24%	Mala		

➤ **Análisis de la calidad del agua mediante el índice ETP en el sitio B (parte baja)**

En la figura 11 en el sitio B de acuerdo al análisis realizado se obtuvo como resultado: calidad de agua REGULAR en época seca con un porcentaje de 28,90% y en época lluviosa la calidad de agua BUENA con un porcentaje de 63%

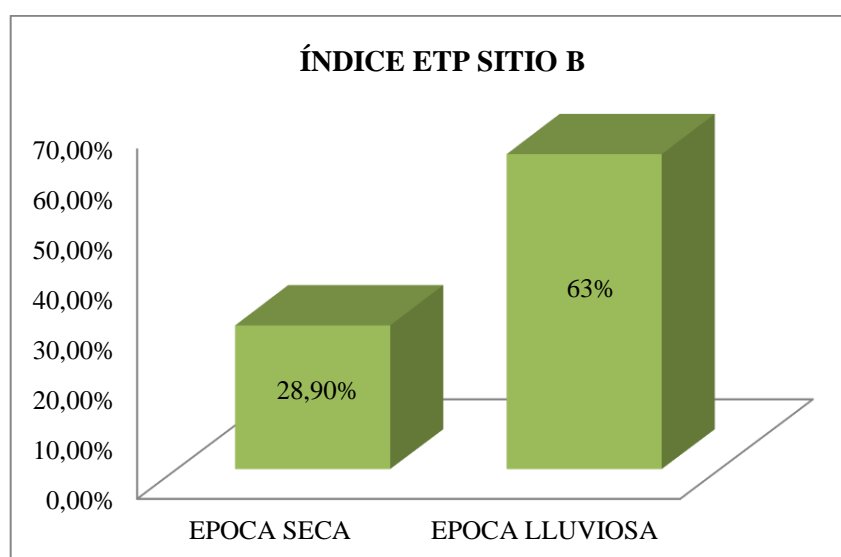


Figura 11. Índice ETP sitio B

Mediante el análisis de calidad del agua del índice ETP se obtuvo como resultado en época seca una calidad de agua regular en los sitios A y B, a diferencia de la época lluviosa que nos indica una calidad de agua buena, esta diferencia de resultados se debe a que en la época seca se encontró únicamente 385 individuos que pertenecen a los órdenes Plecoptera, Trichoptera y Ephemeroptera que son los órdenes con los que se determina la calidad de agua mediante este índice, estas

especies identificadas son aquellas que se adaptan a aguas con presencia de contaminantes (Tabla 13).

Tabla 13. Calidad del agua índice ETP época seca y lluviosa sitio B

ETP	CALIDAD	ÉPOCA SECA	ÉPOCA LLUVIOSA
75 -100%	Muy buena		
50 - 74%	Buena		63%
25 - 49%	Regular	28.90%	
0 - 24%	Mala		

En un análisis general se establece que la calidad del agua en los sitios A y B es regular debido a que la presencia de individuos de otros órdenes es mucho mayor que a la presencia de individuos de los órdenes ETP los cuales determinan la calidad del agua, al no existir la presencia de estas especies indicadoras del estado del agua su calidad siempre estará en este nivel (Figura 12).

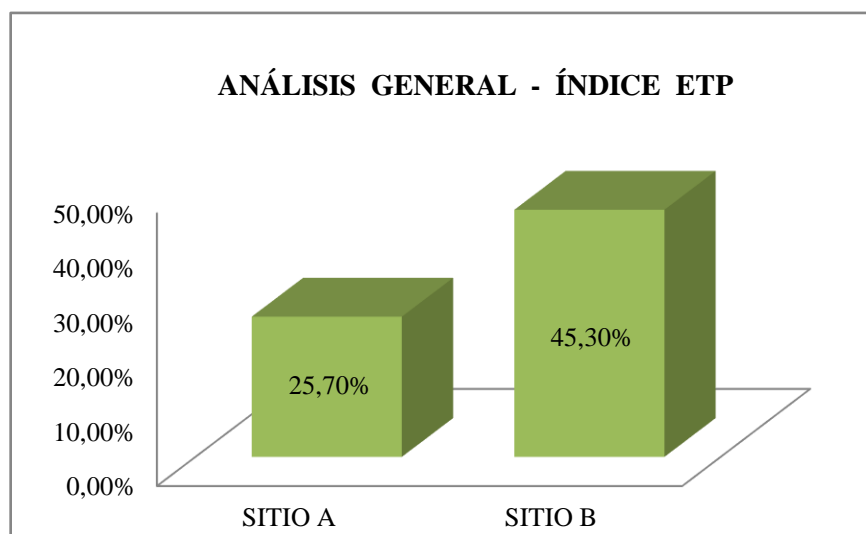


Figura 12 Análisis general índice ETP

El índice ETP nos indica que el resultado obtenido fue agua de calidad regular debido al bajo número de individuos que se registraron dentro de los órdenes Plecoptera y Trichoptera que son los que determinan la buena calidad del agua (tabla 14)

Tabla 14. Calidad del agua análisis general índice ETP

ETP	CALIDAD	ÉPOCA SECA	ÉPOCA LLUVIOSA
75 – 100%	Muy buena		
50 – 74%	Buena		
25 – 49 %	Regular	25.70%	45.30%
0 – 24%	Mala		

Saransig (2009) concluye: La aplicación del Índice ETP en zonas de altura no es aconsejable puesto que las variables como la temperatura y presión dificultan la proliferación de los tres órdenes de macroinvertebrados utilizados en este índice.

➤ **Análisis de la calidad del agua mediante el índice BMWP-A en el sitio A (parte media)**

El resultado obtenido del análisis de calidad de agua mediante el índice BMWP-A: en época seca la calidad del agua es buena con una sensibilidad de 75 las mismas que aceptan la presencia de muy pocos contaminantes, en la época lluviosa arroja un resultado de calidad de agua regular con una sensibilidad de 41 la cual acepta la presencia de pocos contaminantes (figura 13).

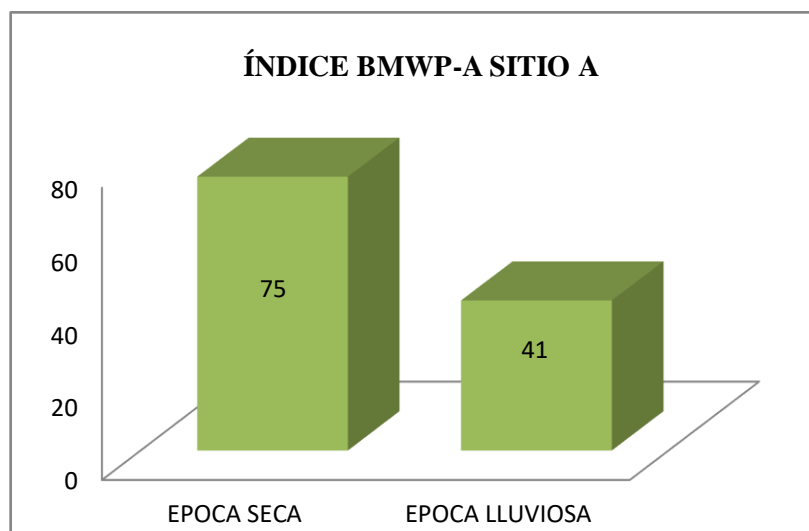


Figura 13. Índice BMWP-A sitio A

El resultado obtenido mediante el índice BMWPA en el sitio A se interpreta en la tabla 15 sobre la capacidad del agua a aceptar contaminantes

Tabla 15. Calidad del agua índice BMWPA sitio A

CLASE	SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CLASIFICACIÓN	COLOR
I	No se aceptan contaminantes	Muy buena	101-145	Azul
II	Aceptan muy poco contaminantes	Buena	61-100	Verde
III	Aceptan pocos contaminantes	Regular	36-60	Amarillo
IV	Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	16-35	Naranja
V	Aceptan muchos contaminantes	Muy Mala	0-15	Rojo

FUENTE: Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

➤ **Análisis de la calidad del agua mediante el índice BMWP-A en el sitio B (parte baja)**

El resultado de calidad del agua: en época seca y lluviosa obteniendo agua de calidad buena con una sensibilidad de 63 y 86 de acuerdo al índice BMWPA los macroinvertebrados aceptan la presencia de muy pocos contaminantes (figura 14).

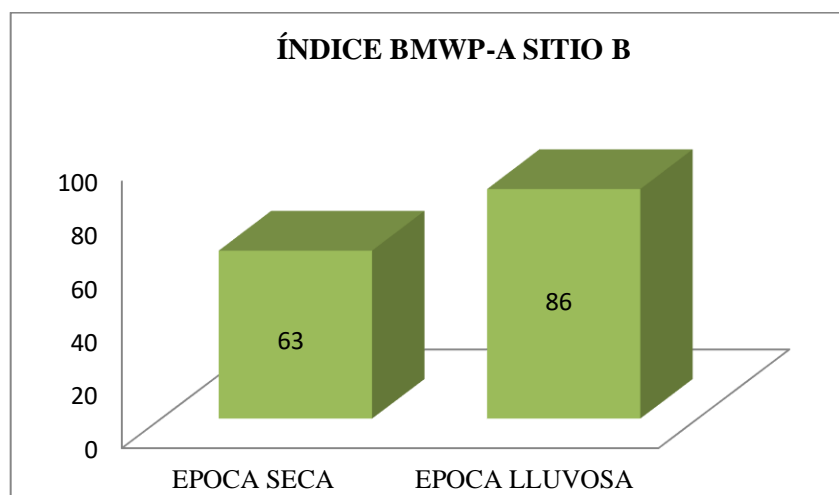


Figura 14. Índice BMWP-A sitio B

El resultado obtenido mediante el índice BMWPA en el sitio A se interpreta en la tabla 16 sobre la capacidad del agua a aceptar contaminantes

Tabla 16. Calidad del agua índice BMWPA sitio B

CLASE	SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CLASIFICACIÓN	COLOR
I	No se aceptan contaminantes	Muy buena	101-145	Azul
II	Aceptan muy poco contaminantes	Buena	61-100	Verde
III	Aceptan pocos contaminantes	Regular	36-60	Amarillo
IV	Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	16-35	Naranja
V	Aceptan muchos contaminantes	Muy Mala	0-15	Rojo

FUENTE: Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

Una vez obtenidos los resultados de la calidad de agua del río Boquerón en los sitios A y B se determina que en época seca y lluviosa el agua es de calidad buena a excepción del sitio A en época lluviosa que se obtuvo calidad de agua regular, esto se debe a que en este sitio se encontró únicamente tres familias indicadoras de buena calidad.

En un análisis general en el sitio A y B se muestra que la calidad del agua es BUENA al determinarse mayor presencia de familias indicadoras de buena calidad obteniendo un resultado de sensibilidad de 89 y 95 que corresponde a agua que acepta la presencia de muy pocos contaminantes (figura 15).

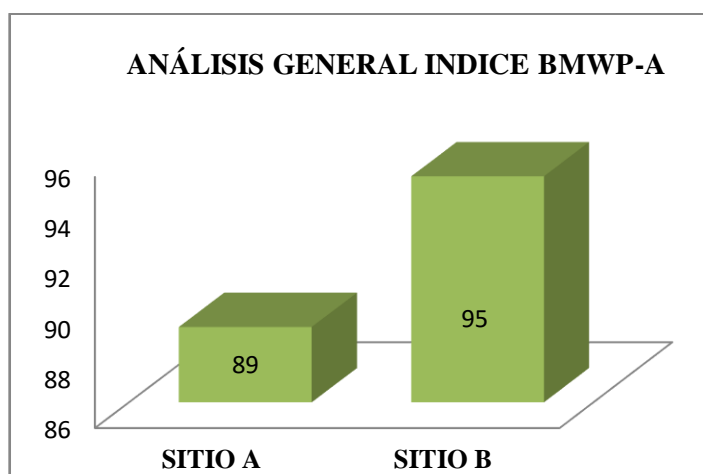


Figura 15. Análisis general BMWP-A

El resultado obtenido mediante el índice BMWPA en el sitio A se interpreta en la tabla 17 sobre la capacidad del agua a aceptar contaminantes

Tabla 17. Calidad del agua análisis general índice BMWPA

CLASE	SENSIBILIDAD	CALIDAD DE AGUA	CLASIFICACIÓN	COLOR
I	No se aceptan contaminantes	Muy buena	101-145	Azul
II	Aceptan muy poco contaminantes	Buena	61-100	Verde
III	Aceptan pocos contaminantes	Regular	36-60	Amarillo
IV	Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	16-35	Naranja
V	Aceptan muchos contaminantes	Muy Mala	0-15	Rojo

FUENTE: Roldán, G. y Ramírez, J., 2008

De acuerdo al índice BMWP-A se determinó mediante el análisis en los sitios denominados A y B parte media y baja respectivamente, se obtuvo como resultado que la calidad del agua es buena, esto se debe a que existe la presencia de mayor número de especies que no resisten a la contaminación.

Arroyo (2009) Concluye: El índice biológico que explica mejor sobre la calidad de las aguas en este bosque montano, es posiblemente el BMWP/Col, debido principalmente a que más del 97% de familias de invertebrados encontradas están presentes en el índice.

4.2 Comparación de los resultados obtenidos entre los índices BMWP-A Y ETP

Se realizó una tabla comparativa de los resultados del índice ETP y BMWP-A con los que se determinó la calidad del agua en los puntos establecidos durante esta investigación como se puede observar un resumen en la tabla 18.

Tabla 18. Comparación de resultados índices: ETP y BMWPA

SITIOS	ETP	BMWP-A
A	25,70%	89
B	45,30%	95
PROMEDIO	35,50%	92
CALIDAD	REGULAR	BUENA

Se determinó mediante el análisis en los sitios A y B en la parte media y baja respectivamente, se obtuvo como resultado que la calidad del agua es buena, esto se debe a que existe la presencia de mayor número de especies que no resisten a la contaminación de acuerdo al índice BMWP-A, lo que ocurre con el índice ETP es que el resultado obtenido fue un agua de calidad regular debido al bajo número de individuos encontrados que se encuentren dentro de los órdenes Plecoptera y Trichoptera que son los indicadores de buena calidad del agua.

La familia Chironomidae es la que mayor número presento en todo el estudio predominando en época seca en los sitios A y B según Roldan (1996), la presencia de esta familia nos indica que las aguas son mesotróficas es decir moderadamente contaminadas, seguidas de la familia Baetidae que predomino en época lluviosa en los sitios A y B, la cual es indicadora de aguas oligotróficas es decir de buena calidad.

Otro factor importante también es caudal que presentó durante las épocas de muestreo, lo que arrojó un resultado de mayor caudal mejor calidad de agua y menor caudal baja calidad del agua es lo que se puede apreciar en los resultados mediante los índices ETP y BMWP-A.

El área de estudio se ubica dentro del Parque Nacional Cayambe Coca donde las actividades son restringidas y controladas por los guardaparques del MAE en consecuencia la calidad del agua debería ser de muy buena. En este contexto los resultados obtenidos en el estudio tiene como consecuencia de las presiones antrópicas que se desarrollan cerca de las riveras específicamente en la parte baja del río boquerón. Los trabajos de construcción de los túneles del proyecto de riego

Cayambe Pedro-Moncayo, generó diferentes tipos de contaminación como la pérdida de la cobertura vegetal influye en el aumento de la sedimentación de los cuerpos de agua y con aquello hay una alteración a los micro hábitats de reproducción de las especies acuáticas que los atraviesan. También se observó que los trabajadores del proyecto antes mencionado realizan actividades de pesca y hacen sus necesidades biológicas en las riberas del río.

Se evaluó la calidad ecológica de la cuenca del río Boquerón, el muestreo fue realizado en dos zonas: en la cuenca media y en la cuenca baja. En los dos sitios se realizaron los muestreos de macroinvertebrados bentónicos. Luego se estimó el índice BMWP-A (Biological Monitoring Working Party modificado) y el ETP (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera). En el muestreo realizado en el sitio A y B en época seca y lluviosa se registraron un total de 1979 individuos pertenecientes a 19 familias y 9 órdenes. El sitio B es el lugar que más individuos presento con un total de 1117 a diferencia del sitio A que presento 862. Mediante el método ETP se establece que la calidad del agua en los sitios A y B se obtiene calidad regular debido a que la presencia de individuos es mucho mayor que a la presencia de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. De acuerdo al método BMWP-A en el sitio A y B se determinó que la calidad del agua es buena al determinarse mayor presencia de familias indicadoras de buena calidad.

4.3 Propuesta de manejo del recurso hídrico del río Boquerón

La propuesta de Manejo es un instrumento clave para la conservación y el manejo de los recursos naturales, constituyen aspectos fundamentales del ecosistema sociocultural, en el cual está integrada la sociedad humana como componente del ambiente natural.

En un enfoque más amplio consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (Ramakrisha, 1997).

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la presente investigación y a lo observado durante las salidas de campo, el desconocimiento y manejo inadecuado del recurso hídrico se tomó en cuenta para realizar la propuesta de manejo participativo con la comunidad.

La propuesta está estructurada por programas, sub programas y actividades alineadas a un manejo sustentable de los recursos naturales que se encuentran dentro y en las partes aledañas del área de estudio con el fin de proteger el recurso hídrico ayudando a los pobladores a mejorar su calidad de vida.

4.3.1 Antecedentes de la propuesta

Al realizar la propuesta de manejo se pretende dar soluciones a los problemas encontrados como son: la falta de conocimiento de los usuarios sobre la calidad de agua, el mal manejo y la contaminación que producen las actividades antrópicas de construcción de los túneles de trasvase del proyecto de riego Cayambe – Pedro Moncayo . Se planteó alternativas para la conservación y protección en las áreas donde existe la presencia de actividades antrópicas y dar a conocer la propuesta de manejo al ente rector que es el MAE Cayambe para su debida ejecución.

4.3.2 Objetivo general de la propuesta de manejo

- Identificar las actividades negativas que afectan a la calidad del agua del río Boquerón

Objetivos específicos de la propuesta de manejo

- Presentar el presente estudio al ente rector para su respectiva ejecución.
- Realizar una socialización sobre los resultados obtenidos de la calidad del agua.

4.3.3 Representantes de la ejecución de la propuesta de manejo

La cuenca del río Boquerón se encuentra dentro del parque nacional Cayambe Coca por lo que la institución encargada de la ejecución de los programas estipulados en la propuesta de manejo es el Ministerio del ambiente con sus representantes de la oficina técnica en Cayambe.

4.3.4 Problemas encontrados en el área de estudio

En el área de estudio no se tiene ningún registro de estudios realizados sobre la calidad del agua mediante indicadores biológicos. En el proceso de la investigación se identificaron algunos problemas en las actividades de construcción del proyecto de riego Cayambe - Pedro Moncayo que afectan a la calidad de agua del río como:

- Contaminación del recurso hídrico por los desechos resultantes de la construcción de los túneles de trasvase del proyecto como: escombros, (figura 16). basura, (figura 17) restos de comida, también se encontró desechos biológicos de los trabajadores encontrados en la ribera del río además que se realizaba actividades de pesca



Figura 16. Contaminación con escombros



Figura 17. Contaminación con basura

- Falta de conocimiento de la población beneficiaria sobre la calidad de agua que usan para las actividades agrícolas y pecuarias (figura 18).



Figura 18. Contaminación del agua

En base a la problemática identificada en el estudio se establecieron: programas subprogramas y se determinó las actividades a realizarse para controlar y mitigar los problemas encontrados durante la investigación.

4.3.5 Programas de la propuesta de manejo

La propuesta para el manejo de la cuenca se considera programas orientados a controlar, mitigar y evitar las actividades negativas que afectan a la calidad de agua.

a) Programa de protección de recursos naturales

Considerando que la cobertura vegetal es un factor importante para mantener un equilibrio adecuado en los ecosistemas, es necesario que se realice programas de conservación tomando en cuenta los resultados obtenidos y la observación directa durante la investigación. La recuperación de la cobertura vegetal en el área de estudio. La micro cuenca del río Boquerón se encuentra dentro de una gran extensión de vegetación arbustiva nativa, se realizó el programa con el propósito de conservar este recurso y proponer las medidas correctivas sobre las actividades negativas que afectan a este recurso natural.

➤ Subprograma de reforestación con plantas nativas.

Este subprograma consiste en la recuperación de los afluentes que han sido degradados y alterados por el desbroce de la vegetación en el área de construcción del túnel que atraviesa el río, de acuerdo a los resultados obtenidos se determinó las actividades de revegetación de las riberas del río con especies nativas, con esto se busca aportar en la protección, y restauración de los remanentes de vegetación natural dentro del área de estudio.

➤ Actividades del Subprograma

1. Realizar un recorrido con los guardabosques del MAE Cayambe en el área de estudio e identificar las áreas degradadas y determinar las especies nativas y la cantidad de plantas para la reforestación.
- 2.- Realizar la reforestación en las áreas degradadas.
- 3.- Monitorear y dar seguimiento en las áreas reforestadas para evitar pérdidas de plantas y si es el caso realizar un trasplante.

➤ **Subprograma de protección de fauna**

En los recorridos de campo durante la investigación se pudo observar que se realizaban actividades que afectaban a la fauna y su entorno como es la pesca. El subprograma Consiste en la protección y el cuidado de la fauna presente en el área de estudio.

➤ **Actividades de subprograma de protección de la fauna**

- 1.- Identificar las áreas en las cuales realizan la pesca
- 2.- Socializar a los trabajadores que no se puede realizar actividades de pesca, casería ni captura de animales de la zona.
- 3.-Colocar letreros de prohibición de pesca, casería y captura de animales silvestres.
- 4.- Realizar recorridos de control mediante los guardaparques del MAE Cayambe para verificar que cumplan con las restricciones.

➤ **Subprograma de control de actividades en la cuenca**

Es necesario controlar las actividades de acceso a la micro cuenca y evitar acciones innecesarias que afecten a los recursos naturales de la zona. Se realizará el control de ingreso a las áreas naturales indicando las actividades que se pueden realizar y las restricciones en la micro cuenca.

➤ **Actividades del subprograma de control de actividades en la cuenca**

1. Los guardaparques del MAE Cayambe deberán controlar el acceso a la cuenca y áreas naturales que no estén dentro del área de trabajo de la consultora.
2. Realizar recorridos de recolección de desechos sólidos en la ribera del río.
3. Colocación de señalética de prohibición de actividades como: no arrojar desechos sólidos y desperdicios de comida en la ribera del río también se prohíbe a los trabajadores realizar sus necesidades biológicas en toda el área.

4. Se recomienda a la compañía consultora instalar baterías sanitarias portables para el uso de los trabajadores del proyecto así evitamos la contaminación del río y sus alrededores por desechos biológicos.
5. Dar a conocer a la población beneficiaria sobre la identificación y control de los impactos negativos planteados en las actividades a realizar en la propuesta de manejo.

b) Programa de manejo y aprovechamiento del agua

En este programa se prioriza la conservación de los recursos hídricos mediante la protección de las fuentes de agua para garantizar a los beneficiarios buena calidad de agua para las actividades productivas agrícolas y pecuarias de la zona.

➤ **Subprograma de control de calidad del agua.**

Se realizara el cuidado de las fuentes de agua, se determinara la calidad del agua mediante monitoreos y se socializara los resultados a la población beneficiaria.

➤ **Actividades del subprograma de control de la calidad del agua**

1. Caracterizar e identificar los puntos de control para el monitoreo
2. Capacitar a los dirigentes comunitarios de las juntas de agua sobre las técnicas de monitoreo y control de calidad de agua con macroinvertebrados acuáticos.
3. Realizar el monitoreo de la calidad de agua del río mediante indicadores biológicos macroinvertebrados en época seca y época lluviosa,
4. Los guardaparques de la oficina técnica del MAE en Cayambe realizaran recorridos mensuales por las fuentes de agua para garantizar su buen estado.

c) Subprograma de difusión de los resultados de la calidad del agua a los dirigentes comunitarios.

1. Elaboración por parte del MAE en Cayambe de material informativo como trípticos, banners, folletos sobre la calidad del agua mediante macroinvertebrados.

2. Reuniones con dirigentes comunitarios de las juntas de agua para entregar el material de difusión.
3. Socializar trimestralmente sobre el estado de la calidad del agua a los dirigentes comunitarios de las juntas de agua que usan este recurso.

En la tabla 19 se observa detalladamente como está estructurada la propuesta de manejo con sus respectivos programas, subprogramas y actividades

PROBLEMA	PROGRAMA	SUBPROGRAMA	ACTIVIDADES	TIEMPO / TRIMESTRE	PRESUPUESTO	RESPONSABLE
La contaminación que producen las actividades antrópicas de construcción de los túneles de trasvase del proyecto de riego Cayambe – Pedro Moncayo	Protección de los Recursos Naturales	Reforestación con plantas nativas	1.- Identificar las áreas y las especies de plantas nativas a reforestar.	2		Oficina Técnica MAE Cayambe
			2.- Realizar la reforestación en las áreas degradadas.	3	500	Oficina Técnica MAE Cayambe
			3.- Monitorear las áreas reforestadas.	4		Oficina Técnica MAE Cayambe
		Protección de la fauna	1.- Identificar las áreas en las cuales realizan la pesca	2		Oficina Técnica MAE Cayambe
			2.-Socializar a los trabajadores las actividades restringidas como: La prohibición de la pesca, casería y captura de animales silvestres.	2	50	Oficina Técnica MAE Cayambe
			3.-Colocar letreros de prohibición de pesca, casería y captura de animales silvestres.	2	700	Oficina Técnica MAE Cayambe
			4.- Realizar recorridos de control para verificar que se cumpla con las restricciones.	4		Oficina Técnica MAE Cayambe
		Control de actividades en la cuenca	1.- Control del acceso a la cuenca y áreas naturales a los trabajadores de la constructora.	2		Oficina Técnica MAE Cayambe
			2.- Realizar recorridos de recolección de desechos sólidos en la ribera del río.	2	100	Oficina Técnica MAE Cayambe

			3.- Colocación de señalética de prohibición de actividades como: no arrojar desechos sólidos y desperdicios de comida en la ribera del río también se prohíbe a los trabajadores realizar sus necesidades biológicas en toda el área	3	700	Oficina Técnica MAE Cayambe
			4.- Se recomienda a la compañía consultora instalar baterías sanitarias portables para el uso de los trabajadores del proyecto.	3		Oficina Técnica MAE Cayambe
			5.- Dar a conocer a la población beneficiaria sobre la identificación y control de los impactos negativos planteados en las actividades a realizar en la propuesta de manejo	5	200	Oficina Técnica MAE Cayambe
			Total programa 1	12 meses	\$ 2,250	
Contaminación del recurso hídrico por los desechos resultantes de la construcción de los túneles de trasvase del proyecto como: escombros, restos de comida, también se encontró desechos biológicos de los trabajadores encontrados en la ribera del río	Manejo y aprovechamiento del agua	Control de la calidad del agua	1. Caracterizar e identificar los puntos de control para el monitoreo	1		Oficina Técnica MAE Cayambe
			2- Realizar el monitoreo de la calidad del agua del río mediante indicadores biológicos macroinvertebrados en época seca y época lluviosa.	1 y 2	500	Oficina Técnica MAE Cayambe
			3. Los guardaparques de la oficina técnica del MAE en Cayambe realizaran recorridos mensuales por las fuentes de agua para garantizar su buen estado.	1, 2 3 y 4		Oficina Técnica MAE Cayambe

		4.- Socialización de los resultados de la calidad del agua a la población beneficiaria	4	200	Oficina Técnica MAE Cayambe
	Difusión de los resultados de la calidad del agua	1. Elaboración por parte del MAE en Cayambe de material informativo como trípticos, banners, folletos sobre la calidad del agua mediante macroinvertebrados.	5	300	Oficina Técnica MAE Cayambe
		2. Reuniones con dirigentes comunitarios de las juntas de agua para entregar el material de difusión.	5		Oficina Técnica MAE Cayambe Juntas de agua
		3. Socializar trimestralmente sobre el estado de la calidad del agua a los dirigentes comunitarios de las juntas de agua que usan este recurso.	5		Oficina Técnica MAE Cayambe Juntas de agua
Total programa 2			15 meses	\$ 3,250	

- **Socialización de la Propuesta de Manejo**

Se realizó una reunión con los beneficiarios, dirigentes de la Junta de regantes Tabacundo en la cual se socializó el estado de la calidad del agua del río Boquerón, se expuso los resultados obtenidos en la investigación y se dio a conocer los diferentes programas y actividades que contiene la propuesta de manejo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el muestreo realizado en el sitio A y B en época seca y lluviosa se registraron un total de 1979 individuos pertenecientes a 19 familias y 9 órdenes. El sitio B es el lugar que más individuos presentó con un total de 1117 a diferencia del sitio A que presentó 862.
- El análisis del método ETP la calidad del agua en los sitios A y B en época seca es regular se registró mayor presencia de individuos del orden díptera que de los órdenes, Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera que son los indicadores de buena calidad mediante este índice. Al contrario en época lluviosa se determinó que la calidad del agua es buena ya que predominó la presencia del orden Ephemeroptera.
- El método BMWP-A en el sitio A y B muestra que la calidad del agua es buena al determinarse mayor presencia de familias indicadoras de buena calidad obteniendo un resultado de sensibilidad de 89 y 95 que corresponde a agua que acepta la presencia de muy pocos contaminantes.
- En un análisis general de los resultados mediante los índices BMWP-A y ETP la calidad de agua comprende de regular a buena al encontrarse dentro del Parque Nacional Cayambe Coca las actividades son restringidas por lo que la calidad del agua debe ser muy buena, las actividades antrópicas que generan los trabajos de construcción del proyecto de riego Cayambe Pedro Moncayo afecta a la calidad del recurso hídrico del río boquerón.
- En la comparación de los índices de sensibilidad biológicos BMWP-A se obtuvo como resultado que la calidad del agua es buena, esto se debe a que

existe la presencia de mayor número de especies que no resisten a la contaminación y esta metodología involucra a todas las familias de macroinvertebrados a diferencia del índice ETP es que el resultado obtenido fue un agua de calidad regular a buena debido al bajo número de individuos encontrados y esta metodología comprende de solo tres órdenes: Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera que son los indicadores de buena calidad del agua.

- La ausencia de macroinvertebrados se relaciona con las condiciones de altura temperatura y tiempo esto explica que se encontró menos individuos en la parte alta de la cuenca en este aspecto el índice BMWP-A es apropiado para determinar la calidad de agua en la cuenca alto andina por que evalúa la calidad del agua tomando en cuenta a todas las familias de macroinvertebrados.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la calidad del agua se generó una propuesta de manejo del recurso hídrico que consta de 2 programas cada uno con dos subprogramas y actividades en beneficio de la conservación el documento se entregó a la oficina técnica del MAE en Cayambe los cuales ejecutaron mediante los guardaparques las actividades estipuladas en esta propuesta.

5.2 Recomendaciones

- Al realizar un muestreo de macroinvertebrados en la zona alto andina se debe tomar en cuenta las características topográficas de la zona y el tiempo en el cual se va a realizar los muestreos, debido a que las condiciones climáticas pueden afectar a la toma de las muestras.
- Al encontrarse el área de estudio dentro del Parque Nacional Cayambe – Coca la autoridad a cargo de la ejecución son los representantes de la oficina técnica del MAE en Cayambe para llevar a cabo el cumplimiento de las actividades establecidas en la Propuesta de Manejo.

- Es necesario realizar recorridos y actividades de limpieza en el área de influencia de construcción de los túneles del proyecto de riego Cayambe Pedro Moncayo para evitar y mitigar actividades negativas que afectan a la calidad de agua del río Boquerón.
- Realizar mayor control mediante los guardaparques de la oficina técnica del MAE Cayambe en el área donde se estén realizando los trabajos de construcción de los túneles de trasvase del proyecto del canal de riego Cayambe - Pedro Moncayo.
- Realizar el monitoreo en un tiempo estimado de cada dos meses para conocer el estado de la calidad del agua de la cuenca del río Boquerón y socializar los resultados con las comunidades beneficiarias

5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, H. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: El monitoreo con macroinvertebrados acuáticos. *Biocenosis* (20), 97.
- Arango, María Cecilia, Álvarez, Luisa Fernanda, Arango, Gloria Alexandra, Torres, Orlando Elí, & Monsalve, Asmed de Jesús. (2008). CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA. *Revista EIA*, (9), 121-141. Recuperado en 05 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372008000100010&lng=es&tlng=es.
- Arroyo, C. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano, 1 (1), 11 – 15
- Cachipundo, C. (2011). Plan Participativo de Gestión del Agua en la Micro-cuenca del Río el Pisque. Cayambe.
- Carrera, C. y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Eco Ciencia. Quito, Ecuador, ISBN: 9978-41-964-0.
- Código orgánico del ambiente (2017) Registro oficial N° 983 (12 de abril del 2017)
- Constitución de la republica de Ecuador (2008). *Registro oficial 449 (20 de octubre del 2008)*
- De la Lanza, G., Hernández, S., & Carbajal, J. (2000). Organismos indicadores de la calidad del agua de la contaminación (Bioindicadores): *Bioindicadores*. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.

- Endara, A (2012) Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande, pp. 33 – 41. Universidad Tecnológica Equinoccial ISSN: 1390-6542
- Gerard, Kiely. (1999). *Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Madrid-España: MCGraw-hill.
- Hellawell, J. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environetal management*. Elsevier Applied Science Publ. 546p. London & New York.
- Consultora Hidalgo & Hidalgo S.A. (2008) Evaluación ecológica rápida en el sector de San Marcos.
- Jacobsen, D. Schultz, R. & Encalada, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate communitites: the influence of temperature with latitude and altitude. Freshwater Biological Laboratory. University of Copenhagen
- Ley orgánica de salud. *Registro oficial suplemento 423 (24 de enero del 2012)*
- Mafla, M. (2005). Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamaca – Costa Rica: ¿Que son los macroinvertebrados?. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, 33.
- MEZA-S, ANA MARÍA, RUBIO-M, JULIANA, G-DIAS, LUCIMAR, & M-WALTEROS, JEYMMY. (2012). CALIDAD DE AGUA Y COMPOSICIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO CHINCHINÁ. *Caldasia*, 34(2), 443-456. Recuperado en 05 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322012000200013&lng=es&tlng=es.







- Miliarium Aureum, S.L. (2004). Índices Globales De Calidad De Las Aguas. consultado el 10 de Junio de 2017, de <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidad Agua.htm>
- Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2014. *Registro oficial 168 de (23 de enero del 2014)*
- Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una vida. Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo – Senplades 2017. Quito – Ecuador.
- Ribeiro L, Uieda V. (2005) Estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un riachuelo de sierra en Itatinga, São Paulo, Brasil. *Journal of Zoology*, 22 (3), 613-618. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000300013>
- Roldán Pérez, G. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: *Aceptación de los diversos taxa como indicadores de calidad de agua* (1ra. Ed.). Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Rúa García, Gustavo, Tamaris Turizo, César, & Zúñiga, María del Carmen. (2015). Composición y distribución de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Insecta) en rios de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Ciencias*, 19(2), 11-29. Recuperado en 05 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352015000200001&lng=es&tlng=
- Saransig, Z (2010). *Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca alta del río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. Riobamba: Escuela Superior







Politécnica de Chimborazo, recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/333>. *FRN-CENID-UD;13T0626*





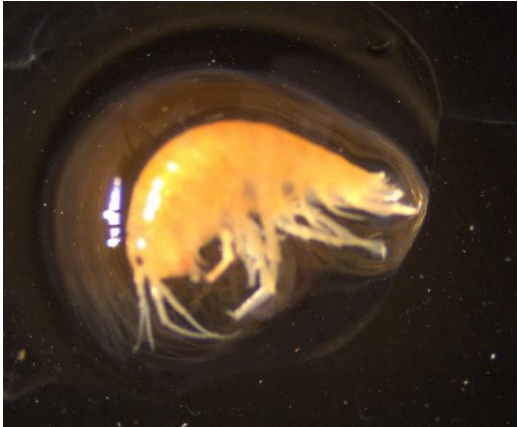

- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (2013) Plan Nacional del Buen vivir 2013-2017. Quito. Autor
- Sornoza (2012) Evaluación ecológica rápida de la fauna en el sector de San Marcos: Macroinvertebrados acuáticos de la laguna de San Marcos y cuerpos hídricos aledaños, Hidalgo e Hidalgo, 60 – 74
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (2003). Acuerdo ministerial N° 126. *Registro oficial suplemento 469 de (21 de Enero del 2016)*
- Vásques, A., Mejia, A., Faustino, J., Terán, R., Vásques, I., Díaz, J., et al. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas: Manejo de cuencas y desarrollo sostenible*. Perú: UNALM
- Vásquez Ramos, Jesús Manuel, & Reinoso Flores, Glays. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 351-358. Recuperado en 05 de noviembre de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882012000200030&lng=es&tlng=es
- Winckler-Sosinski, LT., Silveira, TCL., Schulz, UH., Y Schwarzbald, A.. (2008). Interacciones entre macroinvertebrados bentónicos y peces en una corriente de orden bajo en Campos de Cima da Serra, RS, Brasil. *Revista Brasileña de Biología* , 68 (4), 695-701. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000400003>

ANEXOS

ANEXO 1. MACROINVERTEBRADOS RECONOCIDOS

ORDEN: COLEOPTERA	
FAMILIA: PTILODACTYLIDAE	FAMILIA: ELMIDAE
	
ORDEN: TRICHOPTERA	
FAMILIA: HYDROBIOSIDAE	FAMILIA: HYDROPSYCHIDAE
	
FAMILIA: GLOSSOSOMANTIDAE	FAMILIA: HELICOPSYCHIDAE
	

FAMILIA: LEPTOCERIDAE	FAMILIA: PHILOPOTAMIDAE
	
ORDEN: EPHEMEROPTERA	
FAMILIA: BAETIDAE	FAMILIA: LEPTOPHLEBIIDAE
	
ORDEN: DIPTERA	
FAMILIA: CHIRONOMIDAE	FAMILIA: CERATOPONGIDAE
	

<p>FAMILIA: TIPULIDAE</p>	<p>FAMILIA: SIMULIDAE</p>
	
<p>ORDEN: PLECOPTERA FAMILIA: PERLIDAE</p>	<p>ORDEN: HEMIPTERA FAMILIA: VELIIDAE</p>
	
<p>ORDEN: AMPHIPODA</p>	<p>ORDEN: SERIATA</p>
<p>FAMILIA: HYALELLIDAE</p>	<p>FAMILIA: PLANARIIDAE</p>
	

ANEXO 2. FOTOGRAFIAS

SITIOS DE ESTUDIO



Fotografía 1. Sitio A



Fotografía 2. Sitio B

TOMA DE MUESTRAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS



Fotografía N 3. Registro de puntos GPS en el área de estudio



Fotografía N 4. Toma de datos para los cálculos del caudal del agua



Fotografía N 5. Recolecta de muestras de macroinvertebrados con la red Surber.



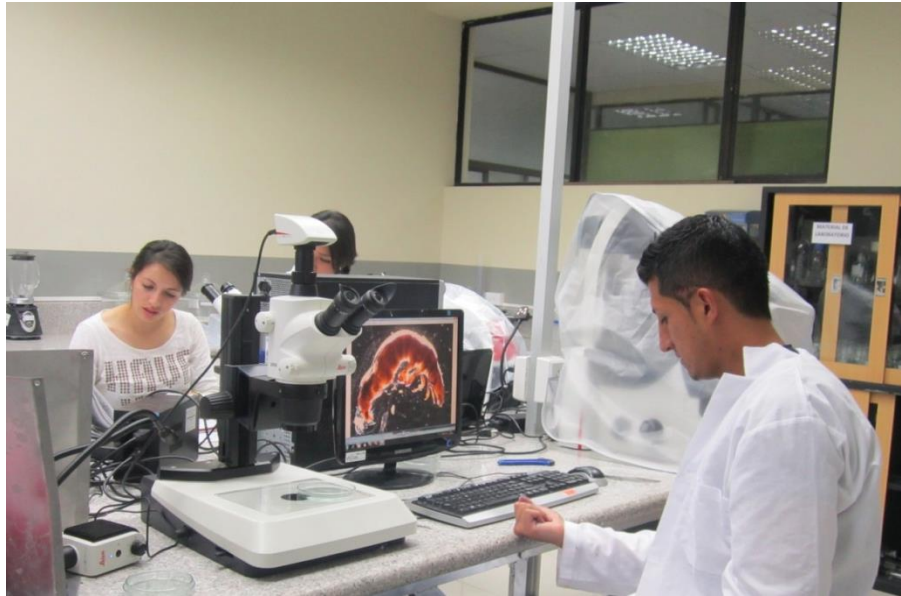
Fotografía N 6. Guardado de la muestra en fundas de ziploc.



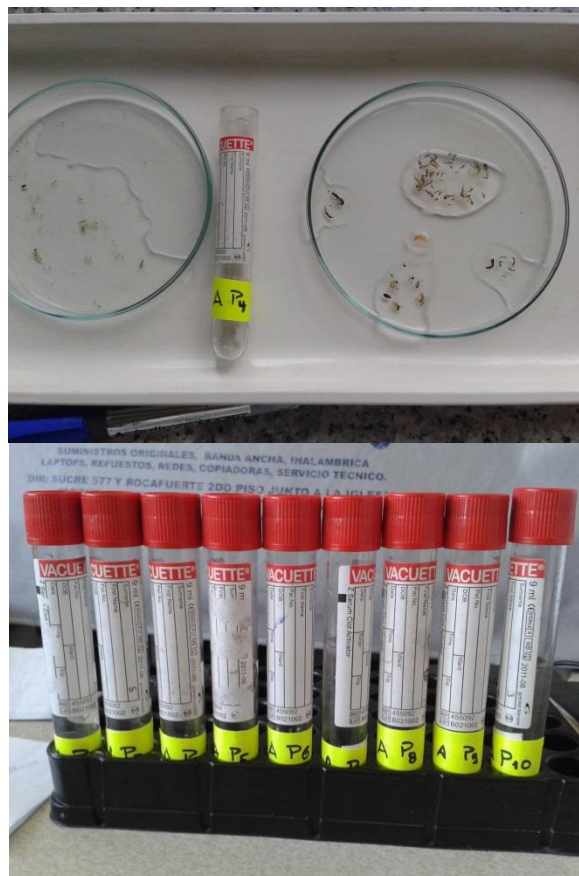
Fotografía N 7. Etiquetado de la muestra.



Fotografía N 8. Preservación de los macroinvertebrados recolectados en vacutainers con formalina.



Fotografía N 9. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio LABINAM de la UTN.



Fotografía N 10. Conteo y preservación de los macroinvertebrados en vacutainers con formalina.

SOCIALIZACIÓN CON LOS USUARIOS DE LA JUNTA DE REGANTES TABACUNDO SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y EL PLAN DE MANEJO.



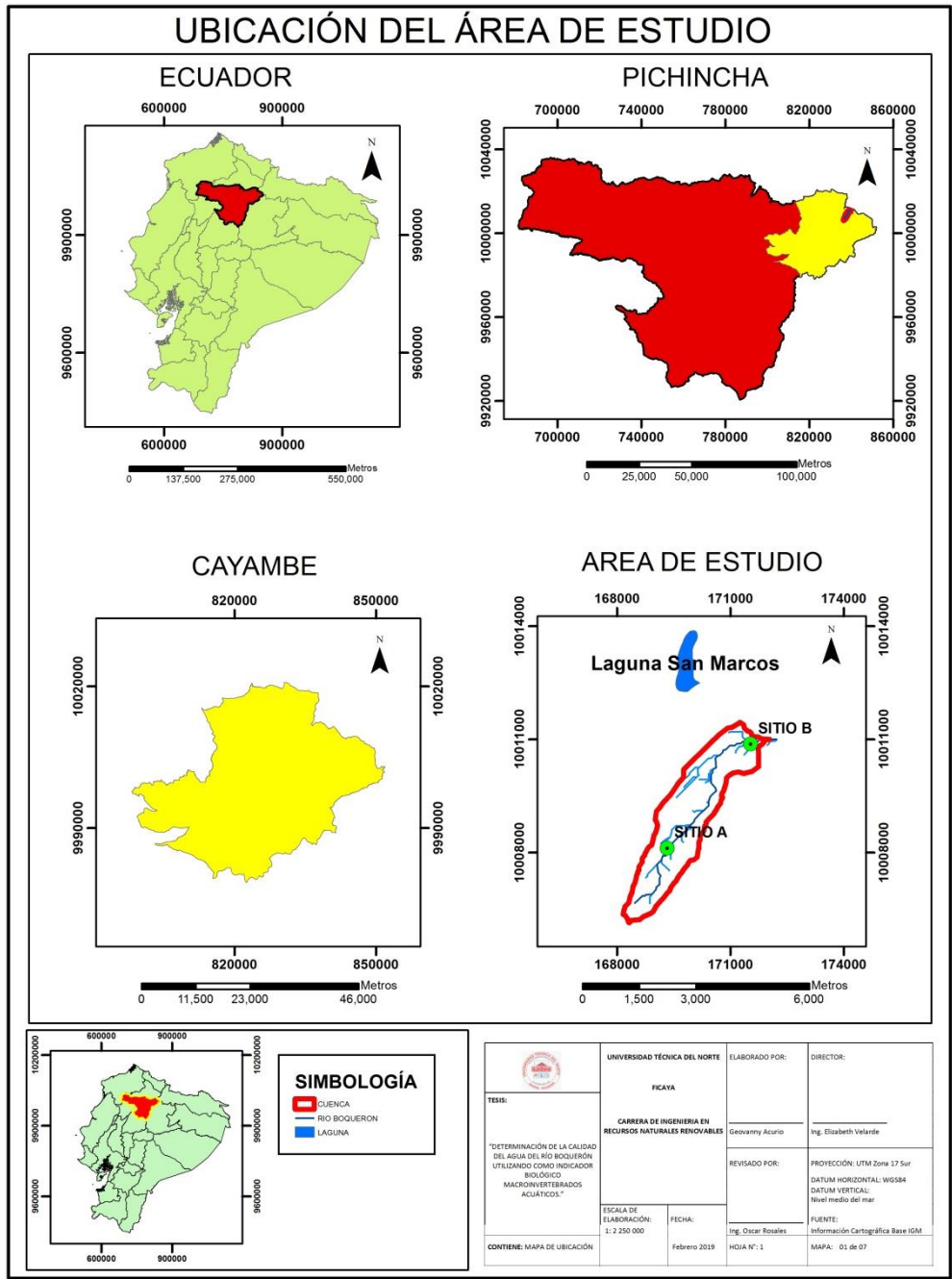
Fotografía N 11. Socialización de los resultados de la calidad del agua.



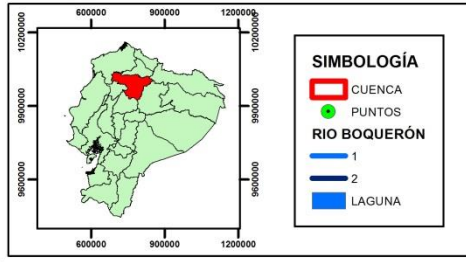
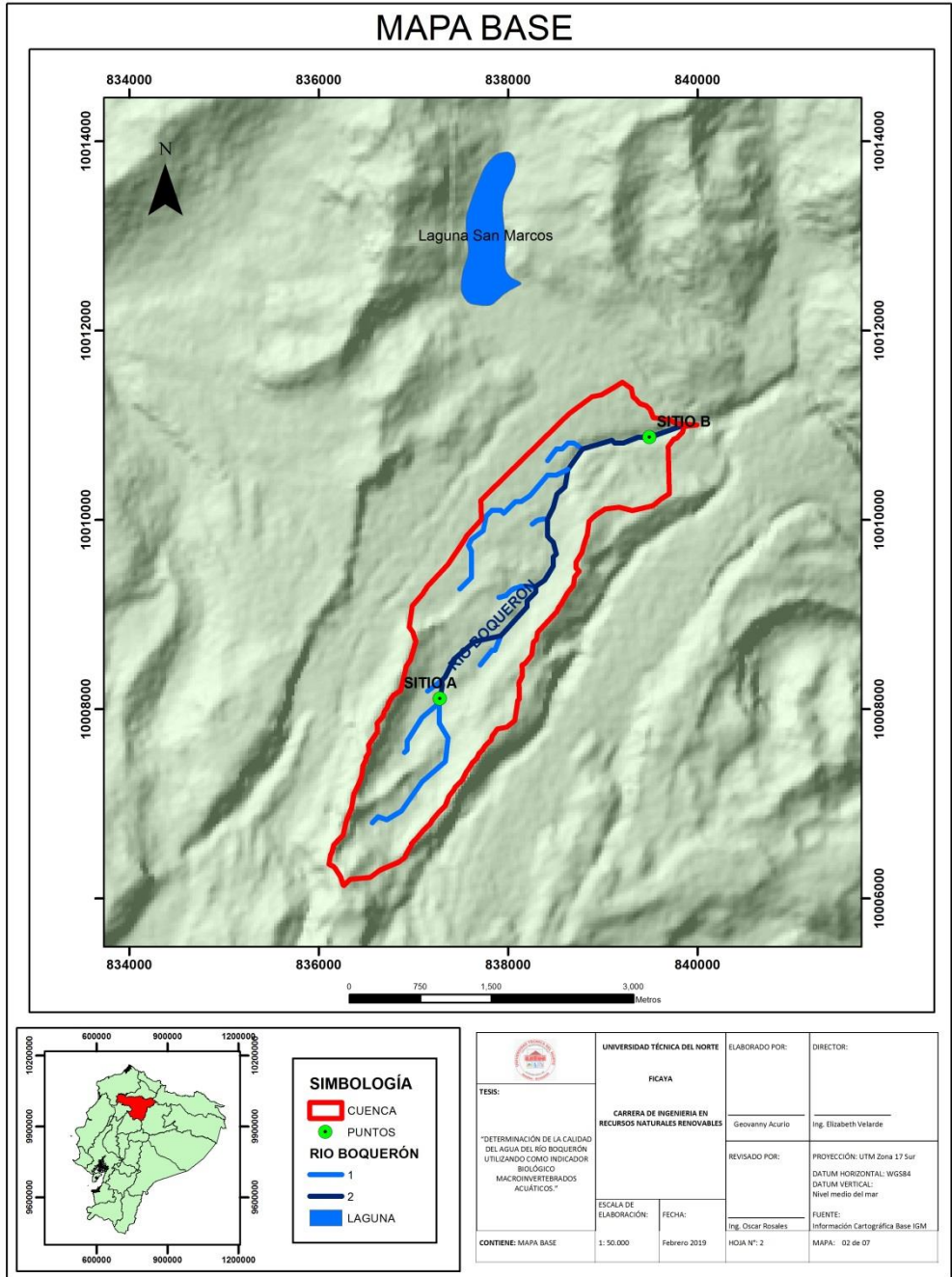
Fotografía N 12. Socialización de la propuesta de Manejo con los presidentes de las comunidades pertenecientes a la Junta de Regantes Tabacundo


ANEXO 3. MAPAS

MAPA DE UBICACIÓN

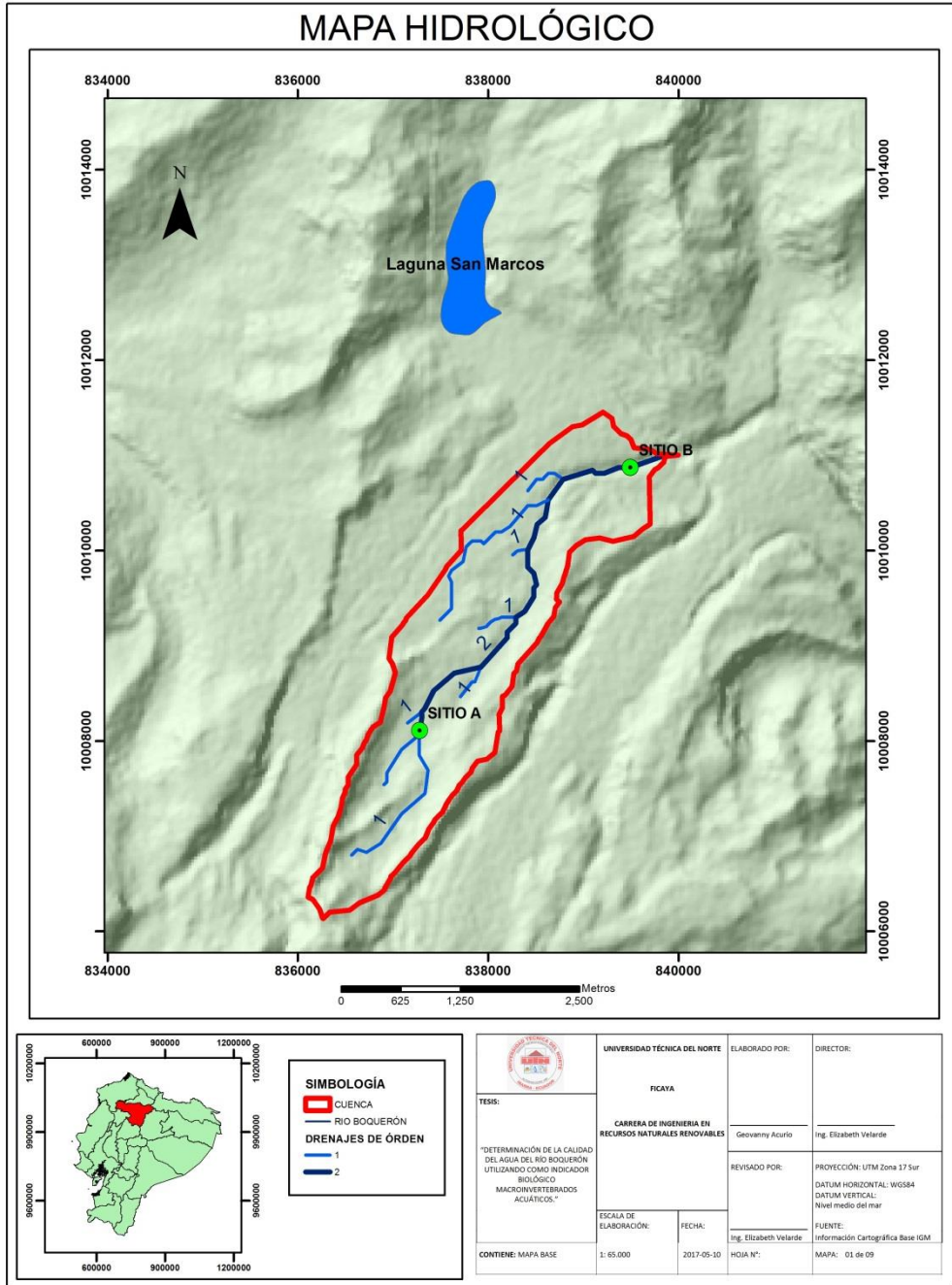


MAPA BASE

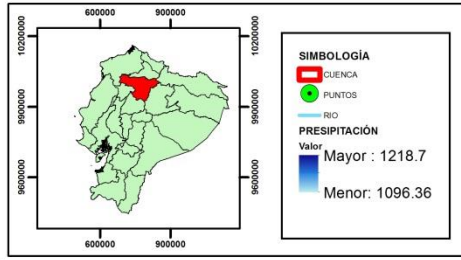
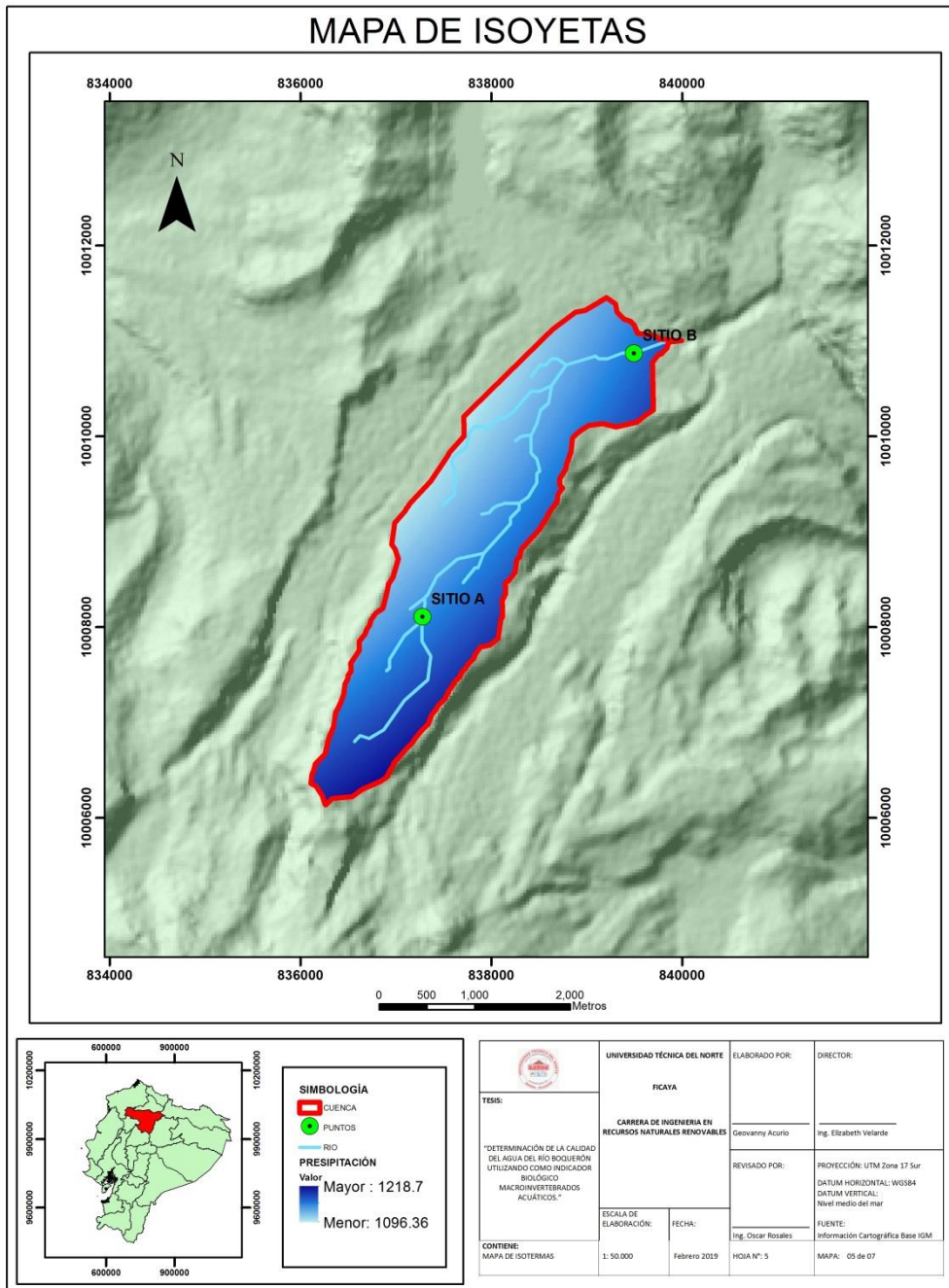


 TESIS: "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS."	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	ELABORADO POR: Giovanny Acurio	DIRECTOR: Ing. Elizabeth Velarde
	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1: 50.000	FECHA: Febrero 2019	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales
CONTIENE: MAPA BASE		HOJA N°: 2	MAPA: 02 de 07

MAPA HIDROLÓGICO

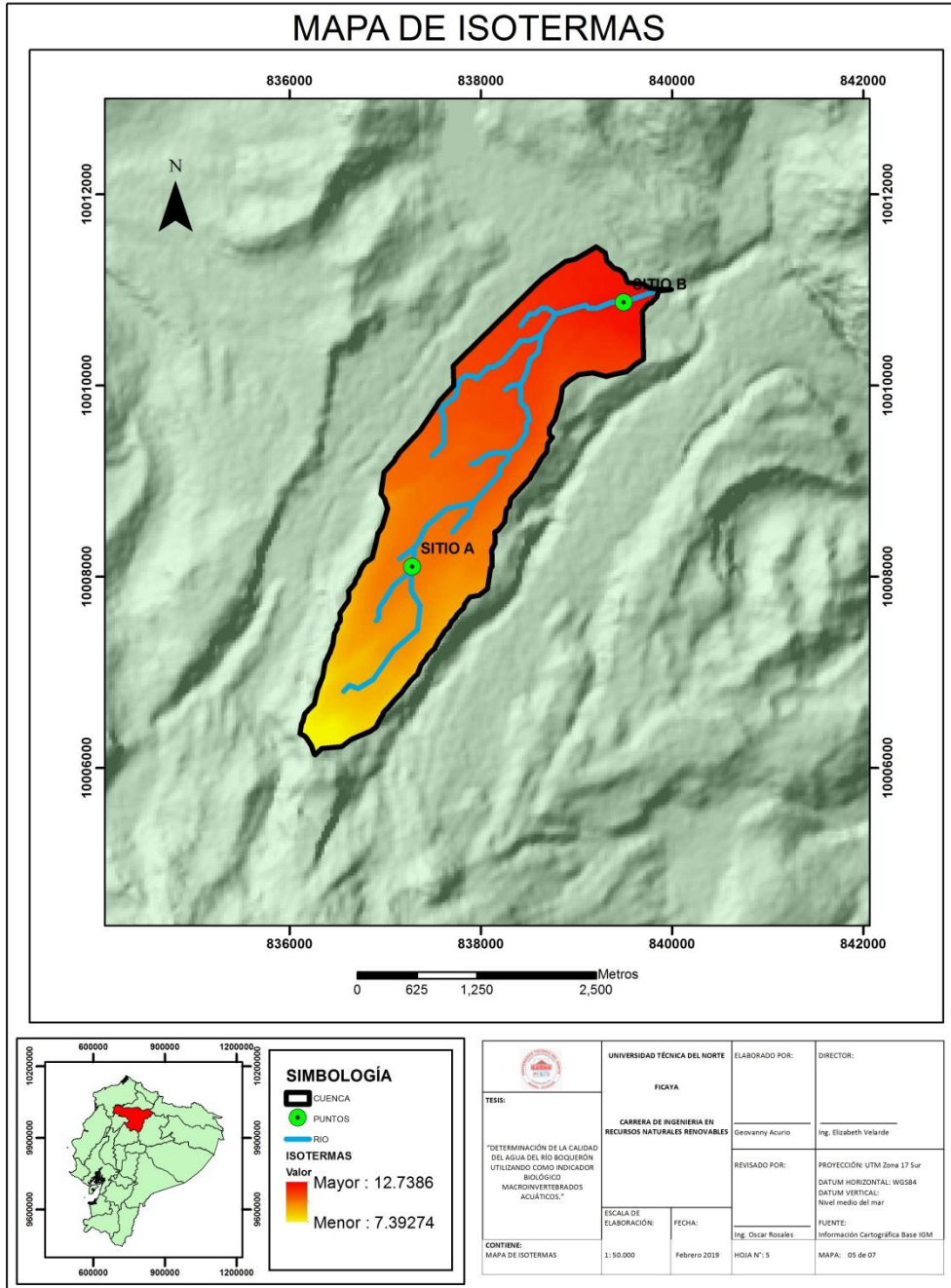


MAPA DE ISOYETAS

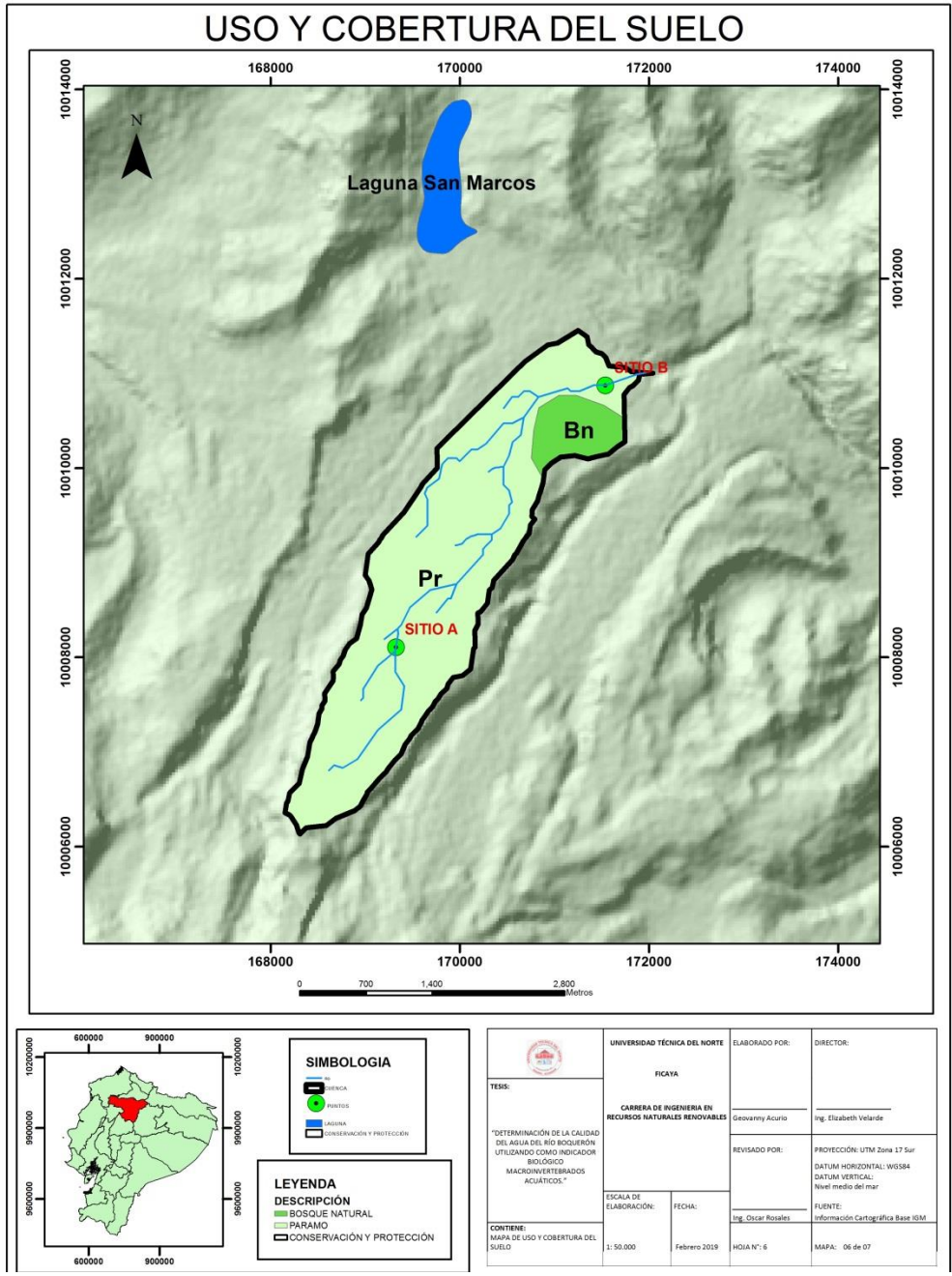


	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ELABORADO POR:	DIRECTOR:
	FICAYA	Govanny Acuña	Ing. Elizabeth Velarde
TESIS: "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOQUERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS."	CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	REVISADO POR:	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur
	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000	FECHA: Febrero 2019	FUENTE: Información Cartográfica Base IGM
CONTIENE: MAPA DE ISOTERMAS		HOJA N°: 5	MAPA: 05 de 07

MAPA DE ISOTERMAS



MAPA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO



SIMBOLOGIA

- SERENGA
- SITOS
- LAGUNA
- CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN

LEYENDA DESCRIPCIÓN

- BOSQUE NATURAL
- PARAMO
- CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ELABORADO POR:	DIRECTOR:
	FICAYA CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	Geovanny Acurio	Ing. Elizabeth Velarde
TESIS: "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO BODERÓN UTILIZANDO COMO INDICADOR BIOLÓGICO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS."	ESCALA DE ELABORACIÓN:	FECHA:	REVISADO POR:
	1: 50.000	Febrero 2019	Ing. Oscar Rosales
CONTIENE: MAPA DE USO Y COBERTURA DEL SUELO		HOJA N°: 6	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel medio del mar FUENTE: Información Cartográfica Base IGN MAPA: 06 de 07

MAPA DE ÁREA PROTEGIDA

