



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
SAMBACHE MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE
ESTRATEGIA PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

JOSELYN PAMELA RODRÍGUEZ TENORIO

DIRECTOR: MARÍA ALEXANDRA ENDARA GONZÁLEZ

Quito, Mayo 2020

© Universidad UTE. 2020

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723008890
APELLIDO Y NOMBRES:	RODRÍGUEZ TENORIO JOSSELYN PAMELA
DIRECCIÓN:	ENRIQUE RITHER 30-31 Y AV. UNIVERSITARIA
EMAIL:	josselynjam@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	3215570
TELÉFONO MÓVIL:	0995767790

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAMBACHE MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN
AUTOR O AUTORES:	JOSSELYN RODRÍGUEZ
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	MARÍA ALEXANDRA ENDARA
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES
RESUMEN:	El presente estudio tuvo lugar en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, ubicado en la parroquia de Uyumbicho donde se determinó la calidad del agua del río Sambache mediante la identificación de macroinvertebrados y la medición de parámetros físicos y químicos en un total de cinco puntos muestreados. Se identificó un total de 511 especímenes dentro de los cuales predominaron las siguientes familias: <i>Simuliidae</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Hyaellidae</i> , <i>Elmidae</i> y <i>Psychodidae</i> misma que tuvieron un

número representativo de individuos con relación al resto de familias identificadas.

Se aplicaron tres índices para lograr tener una mayor precisión en los resultados; el índice ABI, IMEERA y BMWP/Ecu. Para el primer índice, se obtuvo un resultado de 40 para el punto más bajo hasta 64 para el punto de muestreo más alto, con una calidad del agua que va de "regular a bueno". El índice IMEERA arrojó un resultado de 36, siendo el más bajo para el segundo punto hasta 68 siendo el puntaje más alto para el cuarto punto, con una calidad del agua que va de "moderado a bueno". Finalmente el índice BMWP/Ecu, con un resultado que varía entre 48 a 72, perteneciente a la clase III, aguas moderadamente contaminadas.

Con el fin de mejorar la calidad del río y preservar su estado, se plantearon estrategias de recuperación y de conservación que permitan mitigar impactos por medio de un trabajo conjunto entre autoridades y pobladores aledaños a la zona.

PALABRAS CLAVES:

macroinvertebrados, índices biológicos, estrategias de conservación

ABSTRACT:

It was carried out an analysis of water quality in the Sambache River by identifying macroinvertebrates and measuring physical and chemical parameters at five sampled points. A total of 511 specimens were identified, the most common families were *Simuliidae* (80 individuals – 15.65%), *Chironomidae* (107 individuals – 20.93%), *Hyalellidae* (79 individuals – 15.45%) y *Elmidae* (61 individuals- 11.93%). The ABI (Andean Biotic Index), IMEERA (Multimetric Index of the Ecological State of High Andean Rivers) and BMWP/Ecu (Biological Monitoring Working Party) indexes were applied. With ABI index the water quality ranging were from "regular to good"; IMEERA index showed a water quality

	ranging from "moderate to good" and the BMWP/Ecu index had III class, moderately polluted waters. The Principal Component Analysis, determined the influence of the physical parameters: pH, temperature, conductivity and turbidity with the macroinvertebrates orders: <i>Diptera</i> , <i>Coleoptera</i> , <i>Trichoptera</i> , <i>Amphipoda</i> , <i>Turbellaria</i> , <i>Oligochaeta</i> , <i>Gasteropoda</i> y <i>Ephemeroptera</i> . It is concluded that the quality of Sumaches' river was in a range from regular too good. In order to improve the quality of the river and preserve its condition, recovery and conservation strategies were proposed to mitigate impacts through joint work between authorities and inhabitants of the area.
KEYWORDS	macroinvertebrates, biological index, conservation strategies.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

RODRÍGUEZ TENORIO JOSSELYN PAMELA

1723008890

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **RODRÍGUEZ TENORIO JOSSELYN PAMELA**, CI 1723008890 autora del trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAMBACHE MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN** previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 30 de mayo del 2020

F:



RODRÍGUEZ TENORIO JOSSELYN PAMELA
1723008890

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAMBACHE MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN** para aspirar al título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** fue desarrollado por **RODRÍGUEZ TENORIO JOSSELYN PAMELA**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluaciones respectivas de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



María Alexandra Endara

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1711000388

CARTA DE CONFORMIDAD DE LA INSTITUCIÓN/EMPRESA AUSPICIANTE

MINISTERIO DEL AMBIENTE



Oficio Nro. MAE-DPAPCH-2020-0421-O

Quito, D.M., 12 de mayo de 2020

Asunto: Informe investigación científica No. 008-2019-IC-AD-FAU-DPAP-MA

Señorita
María Alexandra Endara González
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al correo electrónico de fecha 11 de mayo 2020, mediante el cual, Josselyn Rodriguez, estudiante tesista, de la Universidad Tecnológica Equinoccial UTE, remite el informe final correspondiente al permiso de investigación científica No. 008-2019-IC-AD-FAU-DPAP-MA, de título: "Determinación de la calidad del agua del Río Sambache mediante macroinvertebrados acuáticos y diseño de una propuesta de estrategia para su recuperación y conservación".



Al respecto, luego de revisar y analizar la información presentada, la Unidad de Patrimonio Natural de la Dirección Provincial del Ambiente Pichincha - DPAPCH, acoge el documento en mención sin observaciones, en cumplimiento de las obligaciones establecidas en la autorización en asunto. Sin embargo, me permito mencionar (debido a esta emergencia sanitaria), que se deberá cumplir con la obligación de la autorización en asunto, pertinente a la entrega del informe remitido, en formato físico (1 copia: documento impreso y CD), por los medios habituales (ventanilla única DPAPCH), una vez se disponga por las autoridades el regreso la modalidad de trabajo presencial.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Abg. Verónica Gabriela Abad Molina
DIRECTORA PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE PICHINCHA

Copia:
Pichincha

DEDICATORIA

A mis padres

Raúl Rodríguez y Adriana Tenorio quienes han sido siempre mi apoyo a lo largo de toda mi vida, gracias a ellos por sus valores inculcados, sus enseñanzas y regaños que me han hecho crecer y formarme como la persona responsable y respetuosa que soy ahora. Todos los logros que he obtenido y que obtendré, incluyendo este, se los debo a ustedes. Los amo muchísimo.

Quiero agradecer de forma especial a mi madre por el esfuerzo diario que hace, pues de no ser por ella, no hubiese podido llegar a cumplir con mi sueño de culminar mi carrera universitaria y formarme como profesional. De verdad, ¡Muchísimas Gracias!

A mis hermanos

Diego y Dilan, quienes han sido un apoyo moral a lo largo de este camino y han sabido como animarme a cada momento. Gracias a mi hermano mayor Diego, quien es un ejemplo a seguir para mí sobre quien quiero llegar a ser y gracias a Dilan, mi hermano menor, que con la profundidad de sus palabras te puede hacer ver la vida de otra manera.

A mi abuelitos

Que aunque ya no están conmigo, sé que han estado presentes a mi lado, acompañándome y protegiéndome para que nada malo me pase. Este camino lo he recorrido junto a ellos también.

A mi novio

Martín Ulloa, gracias por estar conmigo en todos los momentos de mi vida, incluso en los más difíciles, gracias por tu paciencia y entrega que tienes conmigo; eres mi inspiración, motivación y un gran ejemplo a seguir para mí. Gracias de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios y a la Virgen Dolorosa, por cuidarme y bendecirme todos los días, con su ayuda pude superar varios obstáculos que hubo en mi camino. Sin su bendición, nada de esto sería posible.

Quiero agradecer a mis padres y a mi hermano mayor por el apoyo económico y moral brindado para culminar mi carrera.

A mis amigas, Sammy, Danna y Jessica, con quienes compartí dentro y fuera de las aulas y que se han convertido en amigas de vida. Gracias por su apoyo, que aunque sea a la distancia, siempre están ahí.

A mi novio, por su apoyo incondicional, por involucrarse conmigo en este proyecto y porque sin su ayuda este trabajo se hubiese vuelto muy complicado de realizar.

Gracias a mi tutora, Alexandra Endara, que con sus conocimientos, experiencias y correcciones, me llevaron a desarrollar un trabajo de calidad y bien sustentado.

Al Ingeniero Daniel Arboleda, quien me facilito los materiales y equipos para la realización de este trabajo y estuvo pendiente de que todo saliera bien.

Y un agradecimiento especial para el Biólogo Vladimir Carvajal del Museo de Historia Natural "Gustavo Orces V." de la Escuela Politécnica Nacional, a Roberto Pachacama, a los técnicos del Refugio de Vida Silvestre y de la Dirección Provincial del Ambiente de Pichincha, por confiar en mí y darme la oportunidad de llevar a cabo mi proyecto de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	7
2.1. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	7
2.2. FASE DE CAMPO	8
2.2.1. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS IN SITU	8
2.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO	9
2.2.3. TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	10
2.3. FASE DE LABORATORIO	11
2.3.1. LIMPIEZA DE MACROINVERTEBRADOS	11
2.3.2. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS	11
2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS	12
2.4.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE ABI	12
2.4.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE IMEERA	12
2.4.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE PILOTO BMWP/ECU	13
2.4.4. CÁLCULO DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	14
2.5. DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN Y/O CONSERVACIÓN DEL RIO SAMBACHE	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	16
3.2. ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS	18
3.2.1. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-01	22
3.2.2. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-02	23
3.2.3. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-03	24

3.2.4. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-04	25
3.2.5. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-05	26
3.3. ÍNDICE BIÓTICO ANDINO	27
3.4. ÍNDICE IMEERA	28
3.5. ÍNDICE PILOTO BMWP/ECU	29
3.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)	30
3.7. ESTRATEGIAS DE ACCIÓN PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN	32
3.7.1. DESCRIPCIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN DEL RIO SAMBACHE	32
3.7.2. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RIO SAMBACHE	34
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
4.1. CONCLUSIONES	37
4.2. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Caracterización de los puntos de muestreo	7
Tabla 2. Parámetros físicos y métodos de análisis de la calidad del agua del río Sambache	9
Tabla 3. Parámetros químicos y métodos de análisis de la calidad del agua del río Sambache	9
Tabla 4. Resultados obtenidos de parámetros físicos del río Sambache por cada punto de muestreo	16
Tabla 5. Resultados obtenidos de parámetros químicos del río Sambache por cada punto de muestreo.	16
Tabla 6. Rangos de concentraciones de oxígeno disuelto	17
Tabla 7. Macroinvertebrados recolectados en río Sambache en día soleado.	19
Tabla 8. Macroinvertebrados recolectados en río Sambache en día lluvioso.	20
Tabla 9. Calidad de agua índice ABI	27
Tabla 10. Resultados obtenidos con el índice IMEERA	28
Tabla 11. Valores obtenidos del índice piloto BMWP/ECU	29
Tabla 12. Estrategia uno Mejorar la imagen en los puntos bajos del río Sambache	32
Tabla 13. Estrategia dos- Mejorar el estado ecológico del río Sambache	32
Tabla 14. Estrategia tres- Complementar la actividad agrícola y ganadera con la funcionalidad del río	33
Tabla 15. Estrategia uno - Programa de Voluntariado	34
Tabla 16. Estrategia dos - No alterar el caudal ecológico	34
Tabla 17. Estrategia tres- Manejo de los recursos agua, suelo, bosques y biodiversidad	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Mapa de puntos de muestreo	8
Figura 2. Macroinvertebrados identificados en el PMM-01	22
Figura 3. Macroinvertebrados identificados en el PMM-02	23
Figura 4. Macroinvertebrados indentificados en el PMM-03	24
Figura 5. Macroinvertebrados identificados en el PMM-04	25
Figura 6. Macroinvertebrados identificados en el PMM-05	27
Figura 7. Análisis de Componentes Principales (Oxígeno Disuelto y Temperatura)	31
Figura 8. Análisis de Componentes Principales (pH y Turbidez)	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. ZONA DE MUESTREO	49
ANEXO 2. COBERTURA VEGETAL	50
ANEXO 3. EQUIPOS DE CAMPO	51
ANEXO 4. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	52
ANEXO 5. LIMPIEZA DE MUESTRAS	53
ANEXO 6. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	54
ANEXO 7. PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) PARA FAMILIAS DE RÍOS ALTOANDINOS DEL ECUADOR	55
ANEXO 8. ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DEL PUNTAJE DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)	57
ANEXO 9. INFORMES DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN CABIRA	58
ANEXO 10. PUNTAJES DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PARA EL ÍNDICE PILOTO BMWP/ECU	59
ANEXO 11. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO	61
ANEXO 12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN LA TESIS DE CALDERÓN, V.	62
ANEXO 13. COMUNIDAD MACRO BENTÓNICA DEL RÍO SAMBACHE	63
ANEXO 14. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA TESIS DE CALDERÓN, V.	66
ANEXO 15. ENLACE ANÁLISIS URKUND	68

RESUMEN

Se realizó un análisis para determinar la calidad del agua del río Sambache mediante la identificación de macroinvertebrados y la medición de parámetros físicos y químicos en cinco puntos muestreados. Se identificó un total de 511 especímenes dentro de los cuales predominaron las familias *Simuliidae* (80 individuos – 15.65%), *Chironomidae* (107 individuos – 20.93%), *Hyaellidae* (79 individuos – 15.45%) y *Elmidae* (61 individuos- 11.93%). Se aplicó el índice ABI (Índice Biótico Andino), IMEERA (Índice Multimétrico de Estado Ecológico de Ríos Altoandinos) y BMWP/Ecu (Biological Monitoring Working Party). Con el ABI, se obtuvo una calidad del agua que va de “regular a buena”; el índice IMEERA mostró una calidad del agua que va de “moderada a buena” y el índice BMWP/Ecu, obtuvo un resultado que varía entre 48 a 72, perteneciente a la clase III, aguas moderadamente contaminadas. El Análisis de Componentes Principales determinó la influencia de los parámetros físicos pH, temperatura, conductividad y turbidez con los órdenes de macroinvertebrados *Diptera*, *Coleoptera*, *Trichoptera*, *Amphipoda*, *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Gasteropoda* y *Ephemeroptera*. Se concluye que la calidad del agua del río se encuentra en un rango que va de regular a buena. Con el fin de mejorar la calidad del río y preservar su estado, se plantearon estrategias de recuperación y de conservación que permitan mitigar impactos por medio de un trabajo conjunto entre autoridades y pobladores de la zona.

Palabras claves: macroinvertebrados, índices biológicos, estrategias de conservación

ABSTRACT

It was carried out an analysis of water quality in the Sambache River by identifying macroinvertebrates and measuring physical and chemical parameters at five sampled points. A total of 511 specimens were identified, the most common families were *Simuliidae* (80 individuals– 15.65%), *Chironomidae* (107 individuals – 20.93%), *Hyalellidae* (79 individuals – 15.45%) y *Elmidae* (61 individuals- 11.93%). The ABI (Andean Biotic Index), IMEERA (Multimetric Index of the Ecological State of High Andean Rivers) and BMWP/Ecu (Biological Monitoring Working Party) indexes were applied. With ABI index the water quality ranging were from "regular to good"; IMEERA index showed a water quality ranging from "moderate to good" and the BMWP/Ecu index had III class, moderately polluted waters. The Principal Component Analysis, determined the influence of the physical parameters: pH, temperature, conductivity and turbidity with the macroinvertebrates orders: *Diptera*, *Coleoptera*, *Trichoptera*, *Amphipoda*, *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Gasteropoda* y *Ephemeroptera*. It is concluded that the quality of Sambache' river was in a range from regular too good. In order to improve the quality of the river and preserve its condition, recovery and conservation strategies were proposed to mitigate impacts through joint work between authorities and inhabitants of the area.

Keywords: macroinvertebrates, biological index, conservation strategies.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los pocos países que goza de abastecimiento de agua proveniente de distintas fuentes hídricas; si no se tiene una gestión adecuada sobre este recurso, su capacidad de renovación podría verse limitada (EPMAPS, 2018) afectando no solo al sistema ambiental sino también poniendo en riesgo al desarrollo social, cuyas actividades están estrechamente ligadas al uso del agua (Romero, 2014). La principal razón por la cual actualmente se está viviendo una problemática relacionada con el abastecimiento y la calidad del agua, se basa en las presiones e impactos a los cuales estos ecosistemas están sometidos (Herbet, 2018) y que los mismos son causados por procesos netamente antrópicos.

Según el Ministerio del Ambiente (2015), el territorio nacional se encuentra conformado, en su mayoría, por ríos de origen montañoso, que nacen en los Andes y desembocan al Oeste en el Océano Pacífico y hacia el Este en el río Amazonas (Muñoz & Macías, 2018), la vertiente del Océano Pacífico se distribuye en 72 cuencas, que suman un total de 123.216 km²; entre los principales ríos pertenecientes a la vertiente del Océano Pacífico, tenemos a los siguientes: Cayapas, Santiago, Esmeraldas, Chone, Guayas, Cañar, Balao, Gala, Tenguel, Jubones (UNESCO, 2006), mientras que para la vertiente del Amazonas, tenemos un total de 7 cuencas que ocupan una extensión aproximada de 131.726 km² con Napo, Pastaza, Morona Santiago, Aguarico y San Miguel como sus ríos más importantes y representativos (Novoa, 1996). Muchos de estos afluentes son de gran importancia para las actividades económicas del país, pues alrededor del 70% de la energía eléctrica, proviene de fuentes hídricas (SENAGUA, 2013).

El estado de los ecosistemas acuáticos es sumamente dinámico por lo que las aguas están en constante fluctuación desde un curso alto a un curso bajo. Debido a este dinamismo, el estudio de la calidad de agua de un río realizado en un determinado período, variará al cabo de cierto tiempo (Formica & Sacchi, 2015) por lo cual es importante realizar una evaluación ecológica periódica de dichos sistemas de agua. La última caracterización del río Sambache se la realizó en el año 2017 por la Universidad Politécnica Salesiana (Calderón, 2017), el fin de esta investigación es evaluar si al cabo de dos años se han presentado variaciones en la caracterización de la calidad del ecosistema acuático y proponer estrategias que permitan su conservación. Por motivo de requerimiento y preocupación, El Refugio de Vida Silvestre, promueve y da paso a la investigación con el fin de preservar la vida acuática y silvestre en aguas dulces. A través de estas evaluaciones realizadas con bioindicadores (macroinvertebrados), se podrá determinar si es que el río presenta o no las condiciones adecuadas como hábitat para distintas especies

acuáticas y si es que es seguro poder darle un segundo uso en algún tipo de actividad que el humano desee desarrollar con el fin de satisfacer sus necesidades (Kyana & Joan, 2015).

La zona del volcán Pasochoa es una de las pocas zonas que cuenta con la flora y fauna propia de un bosque andino que por sus fuertes pendientes ha llevado a conservar una gran parte de esta área evitando que las actividades antrópicas se desarrollen a una escala mayor (Jijón, 1990). A pesar de aquello, al interior del refugio existen haciendas y grandes hectáreas destinadas a la actividad ganadera principalmente (González, 2012).

Varias actividades llevadas a cabo al interior del refugio no son controladas por la Autoridad Ambiental Nacional, esto debido a que, durante el recorrido para la toma de muestras del presente estudio, se pudo constatar y presenciar cómo se desviaba el caudal del río para que el abastecimiento sea mayor en sus haciendas y potreros; únicamente con el uso de piedras grandes se bloqueaba el curso normal del río y por ende provocaba una disminución del caudal.

Un análisis de biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos llevado a cabo en el Perú (Cosme, 2016) indica que el mayor número de taxos de bentos se encuentran en época de estiaje. Por tal motivo la toma de muestras para nuestro estudio se llevó a cabo durante la época seca que comprende los meses de junio a noviembre, con un total de 15 muestras por toda la zona de estudio.

Los bioindicadores son especies que, por sus características particulares de abundancia, distribución, sensibilidad frente a cambios, etc. aportan con información sobre las características ecológicas del medio ambiente (Burger, 2013). Para ello se debe fijar y determinar bien los taxones que aportan con dichas características pues no cualquier taxón puede ser un bioindicador. Los taxones a ser tomados en cuenta como bioindicadores deben tener un grado de tolerancia mínimo frente a factores ambientales para que su grado de utilidad como indicador ecológico sea mayor; deben ser también de fácil identificación, baja movilidad y abundantes para tomar muestras periódicas sin afectar la estabilidad de la población (Holt & Miller, 2011).

Los macroinvertebrados son los organismos mayormente utilizados para el biomonitoreo de la calidad de agua debido a las siguientes características: amplia distribución geográfica; son en su mayoría sedentarios, por lo que su movilidad es baja; tienen ciclos de vida largos que integra los efectos de la contaminación; su taxonomía es bien conocida a nivel de familia y género; son apreciables a simple vista y responden rápidamente a perturbaciones ambientales (Ministerio del Ambiente, 2018).

Es necesario conocer en qué estado se encuentran nuestros ríos, conocer las causas por la cuales se ven afectados y con estos resultados emprender algún tipo de solución que permita contrarrestar los efectos a los cuales ha sido sometido el cuerpo de agua en estudio (Hiriart & Leñero, 2017). Es por este motivo que el presente trabajo tuvo como objetivo general determinar la calidad del agua del río Sambache a través del uso de macroinvertebrados acuáticos y diseñar las líneas base de acción para su recuperación y conservación.

Dentro de los objetivos específicos se pretende: a) caracterizar la calidad del agua del río Sambache mediante métodos estandarizados y establecer la relación existente con las comunidades de macroinvertebrados identificadas; b) identificar la comunidad macrobentónica del río Sambache; c) analizar la calidad del agua a través de la comparación de tres tipos de índices (ABI, IMEERA y BMWP/Ecu) y d) diseñar estrategias de acción para la recuperación y prevención de la contaminación del río Sambache.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Los puntos de toma de muestras de agua del río Sambache fueron los mismos que se tomaron para el estudio realizado por Calderón (2017). El propósito de que hayan sido los mismos puntos es debido a que se busca tener un seguimiento de este cuerpo de agua con datos actualizados como pedido por parte del Ministerio del Ambiente.

Estos fueron seleccionados en vista del tipo de entorno que los rodeaba, de actividades que se llevasen a cabo a las cercanías de las captaciones y otras condiciones que podrían influir directamente en la calidad hidrobiológica del agua del río. Los muestreos fueron realizados los días 21 y 22 de octubre del año 2019. Cada punto fue identificado con nombre y código, caracterizado (de acuerdo al uso de suelo encontrado alrededor del mismo), altitud y georreferenciado (coordenadas UTM), los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Caracterización de los puntos de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	CUADRANTE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (msnm)	DESCRIPCIÓN
		X	Y		
PMM-01	17 M	775092	9954842	2667	Pastos planos, zona ganadera. Día previo soleado
PMM-02	17 M	775360	9953570	2718	Pastos planos, zona ganadera. Día previo soleado
PMM-03	17 M	777595	9951926	2864	Pastos planos. Día previo lluvioso.
PMM-04	17 M	777777	9950944	2995	Bosque Natural. Día previo lluvioso.
PMM-05	17 M	778017	9950642	3014	Bosque Natural. Día previo lluvioso.

En la Figura 1 se observa un total de cinco puntos georreferenciados en el mapa con un trayecto de 5400 m de longitud sobre la quebrada,

aproximadamente 4 horas de caminata, para ello se hizo uso del software ArcMap 10.4.1.

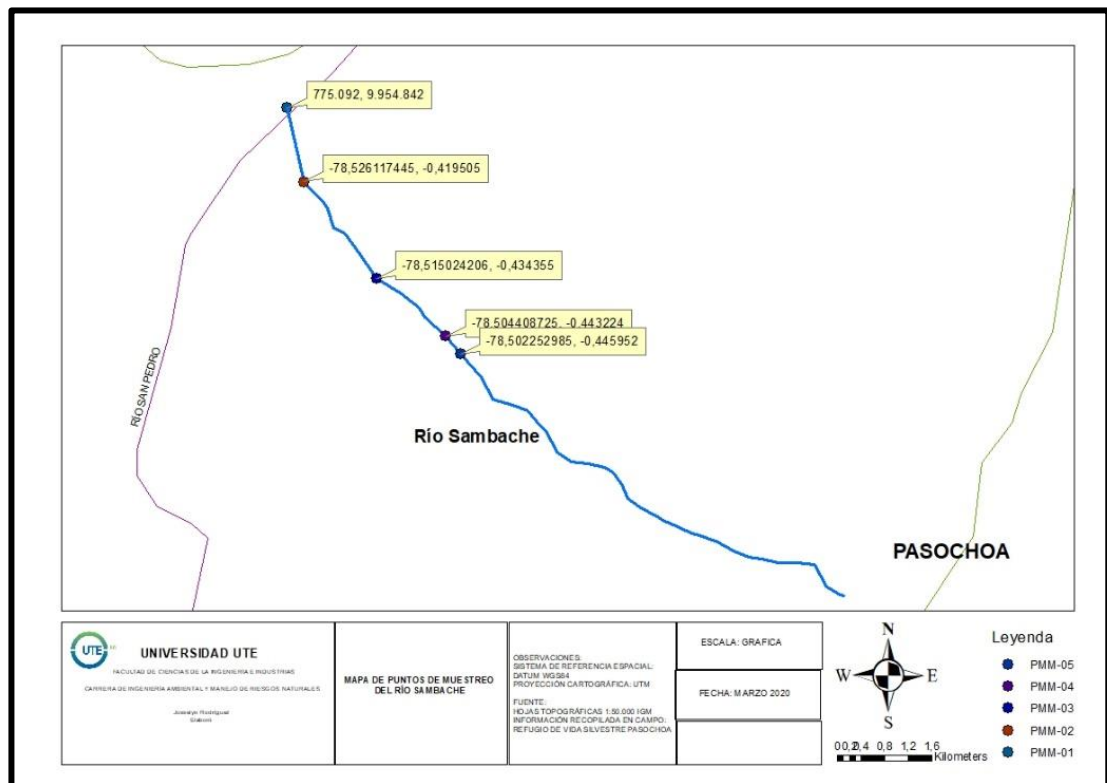


Figura 1. Mapa de puntos de muestreo.

Para determinar la calidad del agua, se trabajaron en tres fases: campo, laboratorio y de gabinete.

2.2. FASE DE CAMPO

La fase de campo se desarrolló en conjunto con los técnicos y guarda parques del Refugio de Vida Silvestre Paschocha. En cada punto de muestreo, se tomaron dos tipos de muestras: una para medir parámetros físico químicos y la segunda para el análisis de macroinvertebrados.

2.2.1. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS IN SITU

Se realizó la caracterización del agua desde el punto más bajo al más alto en altitud medidos en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Guerra, 2002).

En la toma de muestras se tuvo cuidado de que los parámetros no cambiaran luego de remover el sustrato para la obtención de los especímenes, en especial la turbidez. Los equipos de campo que se utilizaron se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros físicos y métodos de análisis de la calidad del agua del río Sambache

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO	EQUIPO
pH	Unidades de pH	pH- metro	Milwaukee MW 803
Temperatura	Grados centígrados	pH-metro	Milwaukee MW 803
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Conductivímetro	HQ 14 d Conductivity
OD	mg/l	Oxímetro	Dissolved Oxygen Meter
Turbiedad	NTU	Turbidímetro	HACH 2100P Turbidimeter

2.2.2. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO

Para los parámetros químicos de demanda química de oxígeno (DQO), demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Amoníaco, Sólidos Totales, Coliformes fecales y Coliformes Totales; las muestras de agua se recolectaron a una profundidad menor a 60 cm en botellas de vidrio previamente esterilizadas, etiquetadas y colocadas en hieleras (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013) para su posterior traslado al laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional y de la Universidad UTE. Los métodos a aplicarse en base a Standar Methods (SM) para cada parámetro se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros químicos y métodos de análisis de la calidad del agua del río Sambache

PARÁMETRO	MÉTODO
Demanda Química de Oxígeno DQO	SM 5220 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	SM 5210 B
Amoníaco	SM 4500-NH ₃
Sólidos Totales	SM 2540 – B
Coliformes fecales	Método del Número más probable (NMP)

(SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO, 2016); (Camacho, 2009)

Los datos obtenidos se compararon con el Acuerdo Ministerial 097 – A, en el apartado de “Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida

acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios” (Tapia, 2015).

Lo que se buscó con esta caracterización fue corroborar la relación que existe de los parámetros físico-químicos con los macroinvertebrados acuáticos. Algunos investigadores como Dominguez & Fernández (2009) se refieren a la influencia de los factores físicoquímicos sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y enfatizan que la temperatura del agua, la disponibilidad de oxígeno y otros factores determinan la distribución de estos organismos.

2.2.3. TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

Para la recolección de macroinvertebrados se emplearon dos técnicas, una cualitativa y otra cuantitativa.

Para la recolección cualitativa se empleó la recolección manual, misma que consiste en levantar piedras, rocas y troncos sumergidos con el fin de obtener especímenes que se encuentran adheridos a la superficie de los mismos. Una vez obtenido el organismo, con el uso de pinzas y de forma delicada, se lo colocó en una funda hermética con alcohol al 70%, misma que se encontraba previamente identificada con el nombre del punto, coordenadas geográficas y el día de muestreo (Ministerio del Ambiente de Perú, 2014).

Para la recolección cuantitativa, se empleó la red surber, esto debido a que la profundidad del río analizado no superaba los 60 cm. Esta red consta de un marco metálico de 30 x 30 cm y un ojo de malla de 500 μ , el cual es sumamente útil debido a que aporta con datos de densidad poblacional dentro de 1 m². (Ministerio del Ambiente, 2018).

Una vez identificadas las dos técnicas que se iban a utilizar, el muestreo comenzó aguas abajo hacia arriba con el fin de que, al remover el sedimento y las rocas, no se enturbiaran los puntos aguas abajo, pues esto hubiese ocasionado una disminución en la población de macroinvertebrados (González, 2012).

Ubicados en el punto, se procedió a colocar la red en contra del flujo de la corriente y seguido se empezó a remover con manos y pies, todo el sustrato que se encontraba cercano a la red durante un minuto. Una vez que se saca la red se procede a enjuagar bien con el fin de que todos los organismos adheridos a rocas, hojas, tallos, etc. caigan en la malla. El sedimento recolectado es colocado en fundas herméticas, previamente identificadas, con alcohol al 70% para garantizar su conservación. Cada una de estas muestras se la realizó en tres segmentos distintos del punto con una repetición de 3 veces cada uno, con el fin de cubrir un área 6 m² como se recomienda en la “Guía Metodológica de Peritaje Ambiental” (Ministerio del Ambiente, 2019); de

esta forma la muestra que obtenemos es bastante representativa para el desarrollo de nuestros índices de calidad del agua.

Las muestras fueron colocadas en un enfriador y trasladadas hacia el Museo de Historia Natural “Gustavo Orces V.” de la Escuela Politécnica Nacional para su posterior limpieza e identificación.

2.3. FASE DE LABORATORIO

2.3.1. LIMPIEZA DE MACROINVERTEBRADOS

Para esta fase, se procedió a colocar cada una de las muestras en una bandeja blanca grande con el fin de que todo el material recolectado pudiera ser acomodado y así tener una mejor visibilidad de los organismos. Todo aquel material flotante (hojas, ramas y piedras pequeñas) fue removido con sumo cuidado y verificando que al momento de desecharlos no se encontrara ningún bento adherido al mismo. Para ello se hizo uso de una lupa, pinzas de relojero y un bisturí con el fin de no dañar a los individuos, se los procedió a tomar con suma delicadeza por el abdomen y se colocó en frascos de vidrio con alcohol al 92%, previamente etiquetados de igual forma que con las fundas herméticas para su posterior identificación.

2.3.2. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS

Una vez que se procedió con la limpieza de los especímenes, los frascos de vidrio fueron trasladados al Museo de Historia Natural “Gustavo Orcés V” de la Escuela Politécnica Nacional, con el fin de realizar la identificación taxonómica hasta nivel de género por medio de claves taxonómicas para invertebrados acuáticos del protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) (Encalada & Touma, 2011).

Para facilitar la identificación y evitar confusiones entre los especímenes de cada punto de muestreo, se realizó lo siguiente:

Las muestras limpias, por cada uno de los puntos, se colocaron a todas en una caja Petri y se procedió a clasificar (a simple vista utilizando un estereomicroscopio Thomas Scientific a magnificación de 4x) en microviales en cuatro grupos, los más predominantes, siendo estos *Diptera*, *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*.

Con esta pequeña clasificación (sin uso de claves taxonómicas), se empezó a visualizar a cada uno de los individuos de forma muy detallada, identificando cada una de sus características hasta poder tener conocimiento de a que género pertenecía cada uno de los especímenes. Para ello se hizo uso de la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia de Gabriel Roldán Pérez (1996); Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos de Domínguez y Fernández (2009); An Introduction to the

Aquatic Insects of North America de Merrit & Cummins (1996); Insectos Acuáticos na Amazonia brasileira: taxonomía, biología y ecología de Hamada & Nessimian (2014).

2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos a partir de la identificación en el laboratorio, se asentaron en hojas de cálculo Excel 2013 con el fin de facilitar el cálculo de los índices descritos a continuación:

2.4.1. CÁLCULO DEL ÍNDICE ABI

Para el cálculo del índice ABI se basó en el Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA-S) (Encalada & Touma, 2011). La identificación en laboratorio se la realizó hasta el nivel de género; sin embargo, para efecto de los cálculos, el identificar hasta el nivel de familia sería el adecuado.

Este índice consiste en asignar valores numéricos del 1 al 10 a cada familia identificada durante el muestreo; así, el valor 1 son para aquellas familias más tolerantes y el 10 a las más sensibles frente a contaminación. Una vez asignado el puntaje para cada grupo, se suma y el resultado se compara con una tabla que indica la calidad del agua del sitio muestreado.

Luego se procedió a enlistar todas las familias de macroinvertebrados encontradas por punto de muestreo y se procedió a asignar valores numéricos acorde a lo establecido en la tabla de puntuaciones para familias de ríos altoandinos del Ecuador que refleja el nivel de tolerancia a la contaminación que se muestran en el Anexo 7. Una vez asignado el valor, se procedió a la sumatoria total de los valores que equivale al puntaje ABI, se comparó con la tabla de calidad de agua que se encuentra en el Anexo 8.

2.4.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE IMEERA

Se calculó el índice IMEERA mediante la aplicación informática para el cálculo del estado ecológico de los ríos altoandinos CABIRA (Calidad Biológica de los Ríos Altoandinos) de Villamarín (2013).

El programa cuenta con 4 módulos; en el primer módulo denominado ESTACIONES, se deben completar los campos de código, nombre de la estación, ubicación, nombre del río, tipo de formación vegetal y las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos de muestreo con el fin de que, al calcular el índice, se despliegue un informe detallado para cada zona de muestreo.

En el segundo módulo denominado MUESTREOS, se deben completar datos generales como la fecha de muestreo, el observador y observaciones específicas que se hayan notado al momento de muestrear puesto que pueden ser puntos clave para los resultados.

Para el cálculo, se realizó la selección manual de los taxones y se ingresó el valor de abundancia obtenido al momento de la cuantificación de cada familia. Al mismo tiempo que se ingresaron los taxones, el índice se fue calculando. El recuadro fue adquiriendo diferentes colores que indicaban la calidad del agua conjuntamente asignado a un número, mismo que se basó en la bibliografía de Villamarín (2013).

Para visualizar el informe de los datos ingresados y los resultados obtenidos para cada punto de muestreo, se pulsó en el icono “Pre visualizar informe” y se generó automáticamente un documento PDF con todo lo que se ha ingresado en los módulos ESTACIONES Y MUESTREOS como se indica en el Anexo 9.

2.4.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE PILOTO BMWP/ECU

La macrofauna fluvial en el Ecuador no se encuentra del todo bien desarrollada debido a la extensa diversidad y abundancia que la caracteriza. Es por ello que se ha buscado modificar el índice BMWP/Col y adaptarlo a la realidad del Ecuador. Tal adaptación aún resulta ser una propuesta abierta debido a que contamos con información taxonómica y ecológica un poco limitada.

De acuerdo a Arroyo (2019) las pautas para el desarrollo local del BMWP es la realización de una serie de análisis que a partir de los cuales se obtienen las ponderaciones de sensibilidad para cada uno de los bloques de familias y se incorporan aquellas familias que no se encuentren ponderadas en otros estudios. El Biólogo Vladimir Carvajal, de la Escuela Politécnica Nacional, ha venido desarrollando este índice piloto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos que se han obtenido en estudios previos (García, 2019).

De acuerdo a la modificación que se realizó del índice BMWP/Col para fines de adaptación al Ecuador, mismo que se indica en el Anexo 10 del presente trabajo, se asignó un valor entre 1 y 10 a cada una de las familias identificadas por cada uno de los puntos de muestreo.

Se procedió a sumar los valores y el resultado fue comparado con la tabla de rangos que muestra la calidad del agua.

2.4.4. CÁLCULO DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Con el fin de establecer una relación entre los parámetros físicos medidos con los macroinvertebrados identificados en cada punto de muestreo, se procedió a realizar el cálculo de PCA a través del programa SIMCA, en el cual se ingresaron los datos procesados en hojas de Excel 2007. Se seleccionó el tipo de gráfico, los parámetros que buscábamos relacionar y finalmente se obtuvo la gráfica con los datos brindados.

2.5. DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN Y/O CONSERVACIÓN DEL RIO SAMBACHE

Una vez que se obtuvieron los resultados de la calidad del agua del río, se analizó cada uno de los componentes que tendrían relación con estas alteraciones y se procedió a establecer objetivos que permitan plantear estrategias ya sea de recuperación o de conservación, mismas que estuvieron constituidas por una serie de preguntas como: ¿Qué hacer?, ¿Cómo hacer?, ¿Cuándo hacer?, ¿Quién hace? (Sacoto, 2017). Así para cada uno de los problemas identificados, se fueron constituyendo las acciones que se deben realizar con un plazo de tiempo definido y un costo especificado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados físicos y químicos de la calidad del agua, mismos que fueron obtenidos directamente en campo y en el laboratorio.

Tabla 4. Resultados obtenidos de parámetros físicos del río Sambache por cada punto de muestreo

Parámetro	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05	\bar{x}	σ	TULSMA
pH	7.82	7.16	8.6	8.5	8.3	8,076	0,59	
Temperatura (°C)	15.4	17.5	11.1	10.2	9	12,64	3,63	máx 32
Conductividad (uS/cm)	1632	1163	1400	1100	1500	1359	224,49	100-2000
Oxígeno Disuelto (mg/l)	1.6	4.9	5.1	5.7	6,5	4,76	1,87	>6
Turbidez (NTU)	4.28	5.3	2.09	1.5	0.9	2,814	1,88	0-50

Tabla 5. Resultados obtenidos de parámetros químicos del río Sambache por cada punto de muestreo.

Parámetro	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05	\bar{x}	σ
Dureza Cálrica (mg/l)	0.8	1.3	0.64	0.4	0.52	0,732	0,3503 1414
DBO ₅ (mg/l)	5.8	4.6	2.1	0.8	2.3	3,12	2,0290 3918
Amoniaco (mg/l)	0.03	0.031	0.01	0	0.02	0,0182	0,0132 7403
Sólidos Totales (mg/l)	0.1	0.08	0.06	0.05	0.03	0,064	0,0270 1851
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	16	20	11	5	0	10,4	8,0808 4154

Discusión de los resultados físico químicos obtenidos

El pH del agua tuvo variaciones en un rango de 7.16 a 8.6, siendo el más bajo correspondiente al PMM-02 y el más alto al PMM-03, pero manteniéndose siempre en una tendencia básica. Estas ligeras variaciones pueden verse relacionadas con las condiciones edáficas por las cuales fluye la corriente del río, a las actividades antrópicas de tipo ganadero que se desarrollan en las riberas y que también son la causa de las descargas residuales que se vierten directamente al cuerpo de agua (Pérez & Rodríguez, 2008) o también a

actividades naturales como lo es la realización de la fotosíntesis por parte de las plantas acuáticas (Ortega & Chocano, 2010).

La temperatura del agua fue variando; para el PMM- 01 y PMM-02 se registraron las dos temperaturas más altas de 15.4 y 14.1, mismas que corresponden a la parte más baja con menos vegetación y que permite el paso directo de los rayos solares. Para los puntos más altos, la temperatura comenzó a disminuir por dos circunstancias: la altitud que marca como condición para este descenso favoreciendo al incremento de macroinvertebrados y la segunda fueron las condiciones climáticas previas, pues el día anterior a la toma de los puntos PMM-03, PMM-04 y PMM-05, se registró una tarde y noche de lluvias lo cual provocó que tengamos temperaturas de 11.1, 10.2 y 9 respectivamente.

El oxígeno disuelto se encuentra en rangos de entre 0.8 para el punto más bajo PMM-01 hasta 6.5 para el punto más alto PMM-05. El oxígeno se encuentra en relación con la temperatura, aguas más cálidas disuelven menor cantidad de oxígeno y aguas más frías disuelven mayor cantidad de oxígeno (Arocena & Conde, 1999), ambos parámetros son determinantes para la riqueza y distribución de macroinvertebrados.

De acuerdo a Guerrero & Manjarréz (2003), se establece una tabla de rangos de concentración de oxígeno disuelto que muestran lo que provocan los distintos niveles de OD en los ecosistemas.

Tabla 6. Rangos de concentraciones de oxígeno disuelto

OD (mg/l)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	Adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistema en plena producción fotosintética

(Arocena & Conde, 1999)

Para nuestro caso, el cuerpo de agua estaría en calidad de HIPOXIA, en los puntos bajos hasta ACEPTABLE para los puntos altos, lo cual indica que no hay presencia de especies acuáticas debido a las actividades antrópicas que se desarrollan río abajo. Si bien, ambos días de las tomas de muestras, se pudo capturar una especie pequeña de trucha y fue la única que se pudo presenciar.

Los valores de turbidez van ligados con los valores obtenidos en sólidos totales, arrojando que para el PMM-01, se obtuvo el valor más alto en ambos casos, y para el PMM-05, se obtuvo el valor más bajo. Esto se observa a simple vista cuando uno está en la ribera del río, el agua en las partes bajas tiende a ser un poco más oscura debido a las actividades que allí se desarrollan tales como: la ganadería, las fincas, el pastoreo, las caminatas cercanas a las orillas que provocan la caída de tierra, etc. En cambio, en los puntos más altos, el agua es más clara por la poca o nula intervención humana que hay en la zona.

La conductividad obtuvo el dato más alto en el PMM-01 con un valor de 1632, mientras que el más bajo lo obtuvo en el PMM-04 con un valor de 1100. Según (Goyenola, 2007), la conductividad adecuada para la presencia de peces y otros invertebrados acuáticos, debe estar en un rango de entre 50-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que vemos que para el punto PMM-02, PMM-03 y PMM-04 y PMM-05, nos encontramos dentro de los límites; sin embargo, para el primer punto, la conductividad se excede del límite máximo superior, lo cual puede ser causa de un foco de descarga de efluentes directo al río de una de las haciendas que allí existen.

Los valores de DBO_5 , dureza cálcica, amoníaco y coliformes fecales, al ser comparados con los criterios de calidad del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (MAE, 2015): Literal 4.1.2. Criterios de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas y en aguas marinas y de estuarios, Tabla 3, ver Anexo 11 determina que los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Al comparar estos resultados obtenidos con el trabajo de titulación de Calderón (2017), podemos ver en el Anexo 12 que los valores obtenidos no difieren mucho de los nuestros y sustenta que la temperatura en el punto más alto tiende a ser el valor más bajo debido a la altitud y también a la sombra que proyecta la vegetación ribereña, de igual forma en este punto las aguas presentan una mejor oxigenación, lo que no sucede en los puntos medios y bajos donde los niveles de oxígeno disminuyen.

3.2. ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS

La recolección se la hizo en dos días, el primer día, 21 de octubre del 2020, no se registraron precipitaciones, pero sí la presencia de un clima cálido y soleado (Díaz & Longo, 2017) donde se obtuvo un total de 231 macroinvertebrados, distribuidos en 7 órdenes y 14 familias; en cambio, para el segundo día de recolección, 22 de octubre del 2020, hubo la presencia de lluvias en la noche anterior, lo cual hizo que el río prácticamente “se lave” (Molina & Gibon, 2008), obteniendo así un total de 280 macroinvertebrados 7 órdenes y 14 familias. El total de macroinvertebrados colectados en los dos

días de muestreo fue de 511 individuos clasificados en 8 órdenes, 21 familias y 19 géneros. En el Anexo 13, se muestra el índice descriptivo de los macroinvertebrados recolectados en el río Sambache.

A continuación, se muestra las especies recolectadas por cada día y su identificación hasta el nivel de género.

Tabla 7. Macroinvertebrados recolectados en río Sambache en día soleado.

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Número de individuos
PMM-01	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	45
		Chironomidae	<i>Orthocladinae sp.</i>	22
		Chironomidae	<i>Tanypodinae sp.</i>	11
		Tipulidae	<i>Limoniinae sp.</i>	1
		Tabanidae	<i>Chrysops sp.</i>	1
	Coleoptera	Scirtidae	<i>Elodes sp.</i>	2
	Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	1
		Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	1
	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella inermis</i>	27
	PMM-02	Coleoptera	Scritidae	<i>Elodes sp.</i>
Elmidae			<i>Disersus sp.</i>	4
Diptera		Simuliidea	<i>Simulium sp.</i>	27
		Chironomidae	<i>Orthocladinae sp.</i>	16
		Chironomidae	<i>Tanypodinae sp.</i>	14
		Tipulidae	<i>Tipula sp.</i>	4
		Blepharoceridae	<i>Paltostoma sp.</i>	1
Tricladida		Dugesiidae	<i>Dugesia sp.</i>	2
Oligochaeta		Planariidae	-	6
Trichoptera		Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	1
Amphipoda		Hyalelidae	<i>Hyalella inermis sp.</i>	37
Gasteropoda		Limnaeidae	<i>Lymnaea sp.</i>	1

Tabla 8. Macroinvertebrados recolectados en río Sambache en día lluvioso.

Punto de muestreo	Orden	Familia	Género	Número de individuos	
PMM-03	Díptera	Psychodidae	<i>Phlebotominae sp.</i>	11	
		Tipulidae	<i>Limoniinae sp.</i>	1	
		Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	25	
		Chironomidae	<i>Orthocladinae sp.</i>	15	
	Coleoptera	Elmidae	Disersus sp.	16	
	Trichoptera	Anomalopsychidae	Atanatólica sp.	14	
		Hydrobiosidae	Atopsyche sp.	2	
	Ephemeroptera	Leptophybiidae	Leptohyphes sp.	2	
		Baetidae	Andesiops Peruvians sp.	2	
	Amphipoda	Hyaletidae	Hyaella inermis sp.	3	
	PMM-04	Diptera	Psychodidae	<i>Phlebotominae sp.</i>	13
Chironomidae			<i>Ortocladinae sp.</i>	24	
Simuliidae			<i>Simulium sp.</i>	10	
Tipulidae			<i>Tipula sp.</i>	1	
Trichoptera		Anomalopsychidae	Atanatólica sp.	10	
		Hydropsychidae	Leptonema sp.	1	
Ephemeroptera		Leptophybiidae	Leptohyphes sp.	2	
		Baetidae	Andesiops Peruvians sp.	7	
Coleoptera		Scirtidae	Elodes	5	
		Elmidae	Disersus	30	
Amphipoda		Hyaletidae	Hyaella inermis	7	
PMM-05		Díptera	Psychodidae	<i>Phlebotominae sp.</i>	35
			Tipulidae	<i>Limoniinae sp.</i>	1

Continúa...

Continuación...

		Chironomidae	<i>Orthocladine sp.</i>	5
		Muscidae	<i>Limnophora sp.</i>	1
	Lepidoptera	Pyralidae	<i>sp.</i>	1
	Ephemeroptero	Baetida	<i>Andesiops peruvianus sp.</i>	6
	Coleoptera	Elmidae	<i>Disersus sp.</i>	11
		Scirtidae	<i>Elodes sp.</i>	1
	Trichoptera	Anomalopsychidae	<i>Atanatólica sp.</i>	9
		Hydropsychidae	<i>Leptonema sp.</i>	2
	Amphipoda	Hyalelidae	<i>Hyalella inermis sp.</i>	5
	Oligochaeta	Planariidae	-	1

Discusión:

En los puntos PMM-01 y PMM-02, que fueron tomados en día soleado, se observa que hay un mayor número de diversidad, de riqueza y de abundancia con ciertos géneros de macroinvertebrados que se encontraron de igual forma en el PMM-03, PMM-04 y PMM-05. Esto se debe a que cuando el río no tiene presencia de lluvias, el caudal disminuye y por lo tanto los organismos permanecen adheridos a los troncos, rocas, hojarasca (Clavijo & Granja, 2016). Por otro lado, cuando hay presencia de precipitaciones, como lo ocurrido para la toma de muestras de los puntos 3, 4 y 5, el río tiende a “lavarse”, y por lo tanto muchos de estos son arrastrados por la fuerte corriente y el creciente caudal, disminuyendo así su abundancia y la diversidad de especies.

En el trabajo realizado anteriormente por Calderón (2017) de la Universidad Politécnica Salesiana, las muestras se las tomaron en época seca, obteniendo los siguientes resultados para los puntos PMM-03, PMM-04 y PMM-05, ver Anexo 14. Si comparamos con los resultados obtenidos, los órdenes de macroinvertebrados *Heteroptera*, *Hydracarina* y *Plecoptera*, no se encontraron en la toma de muestras de nuestro estudio. Esta comparación, nos permite dar a conocer que macroinvertebrados pertenecientes a los órdenes *Oligochaeta*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Trichoptera*, *Ephemeroptera*, *Amphipoda* y *Gasterópoda*, son aquellos que sobreviven a la época lluviosa; es decir, que por sus estructuras físicas, como uñas anales, pinzas, patas y pro- patas, les permiten tener un mayor agarre y fijación en los distintos sustratos, motivo por el cual, suelen ser los grupos más estudiados y de los

cuales se tiene mayor información y conocimiento, en relación a los otros grupos no hallados.

3.2.1. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-01

En esta estación se identificaron 4 órdenes: Diptera, Coleoptera, Trichoptera y Amphipoda con un total de 110 individuos. Las familias pertenecientes a este punto de muestreo se distribuyen de la siguiente forma: Simuliidae (40.9%), Chironomidae (30%), Tipulidae (0.9%), Tabanidae (0.9%), Scirtidae (1.8%), Hydrobiosidae (0.9%), Hydropsychidae (0.9%), Hyalellidae (24.5%).

En la Figura 2 se muestra la cantidad de especies que pertenecen a cada una de las familias antes descritas.

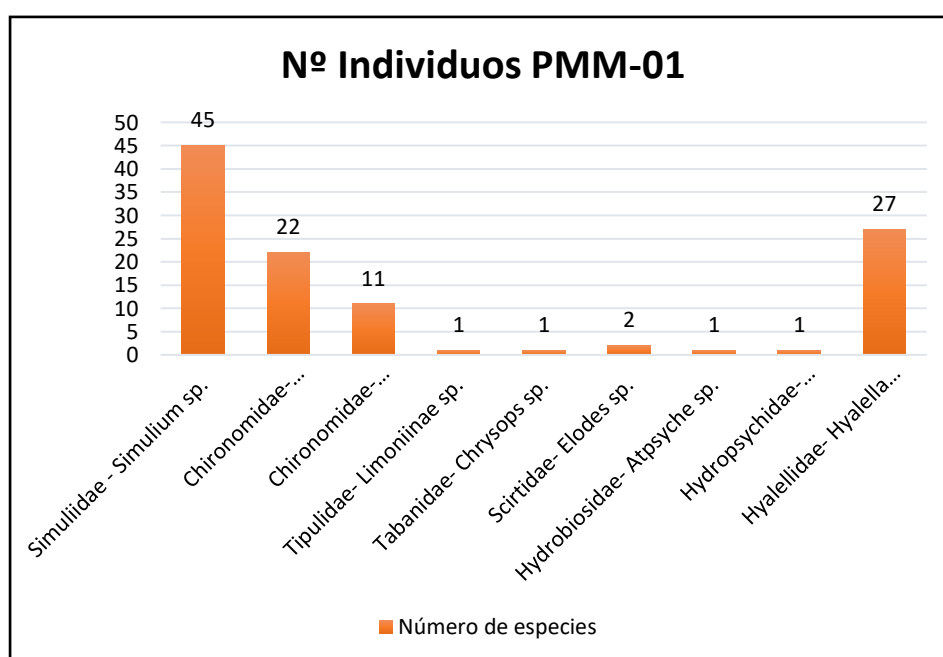


Figura 2. Macroinvertebrados identificados en el PMM-01

Discusión:

El asentamiento de haciendas y actividades ganaderas cercanas a la toma de muestra de este punto, favorece a la presencia de un mayor número de individuos pertenecientes a la familia *Chironomidae* y *Simuliidae*, pues las primeras tienden a soportar condiciones de hipoxia (Teixeira, Budd, & Strayer, 2014) lo cual concuerda con los resultados obtenidos de oxígeno disuelto para este punto, descritos en la Tabla 4. Se considera que el agua se encuentra poco contaminada cuando el DBO es mayor a 5 mg/L (FCAE, 2007) para nuestro caso, en los resultados que se obtuvieron, se indica que el DBO es de 5.8 mg/ L, por lo cual el agua no se encuentra del todo limpia y por ello es la presencia de dichas especies.

Ahora bien, la presencia de la familia *Simulidae*, se asocia a ambientes eutrofizados (Jonker & Van Vuren, 2009); es decir, con un alto grado de

nutrientes, mismos que pueden ser causados por actividades antrópicas, en nuestro caso, la ganadería; pues se evidenció la presencia de vacas cuyos excrementos se encontraban en las riberas en grandes cantidades. A medida que se desean más espacios verdes para el pastoreo, el corte de la vegetación puede provocar la caída de hojas y plantas al agua, mismas que al degradarse aportan con nitrógeno dando paso al exceso de nutrientes.

La familia *Hyallolela*, tiene presencia en ambientes donde la corriente de agua es fuerte y existe materia orgánica en descomposición (Clavijo & Granja, 2016) por lo que tiene relación con la presencia de las dos familias más abundantes anteriormente descritas. De igual forma su desarrollo se asocia a ambientes con sustratos arenosos y presencia de algas bénticas (Soria, 2016).

3.2.2. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-02

En esta estación se identificaron 7 órdenes: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Amphipoda, Gasterópoda, Oligochaeta y Tricladida con un total de 120 macroinvertebrados. Las familias pertenecientes a este punto de muestreo se distribuyen de la siguiente forma: Sciirtidae (5.8%), Elmidae (3.33%), Simuliidae (22.5%), Chironomidae (25%), Blepharoceridae (0.8%), Dugesiididae (1.6%), Tipulidae (3.33%), Planariidae (5%), Hydropsychidae (0.8%), Hyalalidae (30.8%), Limnaeidae (0.8%).

En la Figura 3 se muestra la cantidad de especies que pertenecen a cada una de las familias antes descritas.

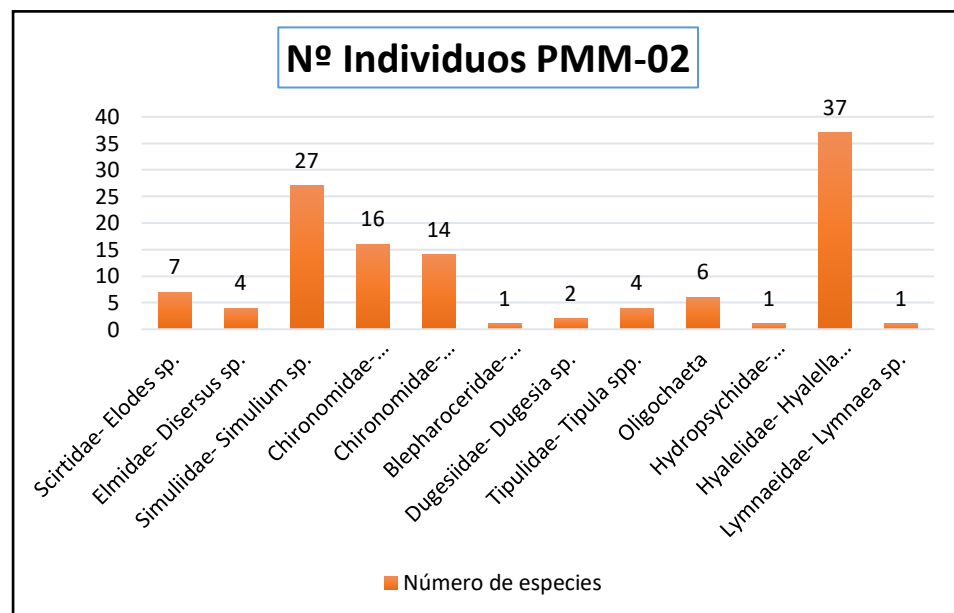


Figura 3. Macroinvertebrados identificados en el PMM-02

Discusión: En este punto tuvieron mayor predominio las mismas especies citadas en el PMM-01. Sin embargo, se pudo presenciar a la familia

Hydropsychidae misma que se encuentra presente en aguas con mucha vegetación y mejor contenido de oxígeno disuelto lo que conlleva a que sean poco tolerantes a la contaminación (Serna, Tamariz-Turizo, & Moreno, 2015); esto viene de la mano con la presencia de la familia *Dugesidae*, misma que se encuentra en aguas bien oxigenadas y por lo tanto va acorde a los datos obtenidos de oxígeno disuelto analizados anteriormente.

La familia *Blepharoceridae*, son indicadores de aguas limpias y son sumamente sensibles a la presencia de contaminantes (Encalada & García, 2011) por ello es que la presencia del mismo en este punto es solo de un ejemplar. La familia *Lymnaeidae* son los denominados “caracoles de agua dulce”, mismos que se encuentran presentes en aguas con niveles relevantes de dureza cálcica, puesto que el calcio favorece al crecimiento y fortalecimiento de sus conchas (Vázquez & Diéguez, 2013).

3.2.3. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-03

En esta estación se identificaron 5 órdenes: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Amphipoda y Ephemeroptera con un total de 91 macroinvertebrados. Las familias pertenecientes a este punto de muestreo se distribuyen de la siguiente forma: Psychodidae (12.08%), Tipulidae (1.09%), Simuliidae (27.47%), Chironomidae (16.48%), Elmidae (17.58%), Anomalopsychidae (15.38%), Hydrobiosidae (2.20%), Leptophybiidae (2.20%), Baetidae (2.20%) y Hyalelidae (3.3%).

En la Figura 4 se muestra la cantidad de especies que pertenecen a cada una de las familias antes descritas.

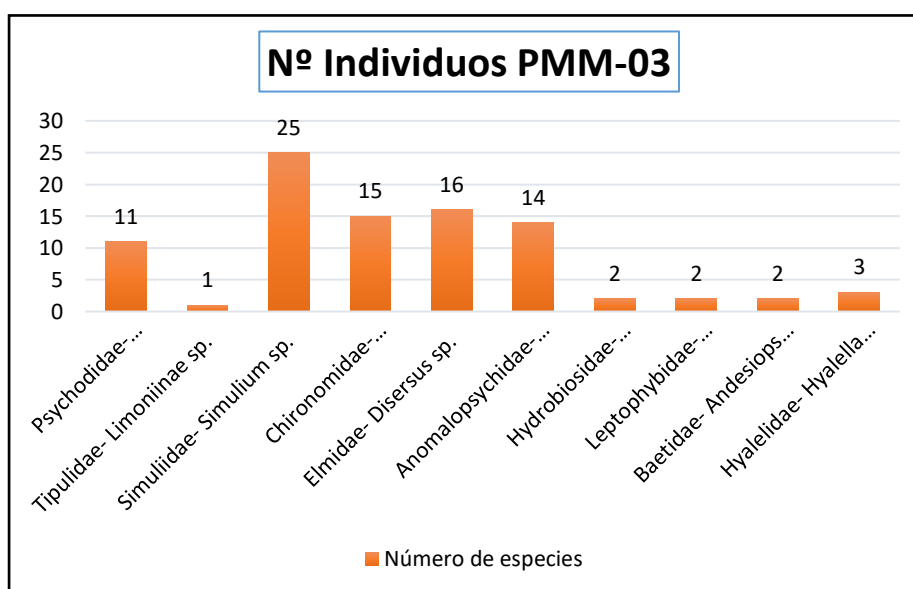


Figura 4. Macroinvertebrados identificados en el PMM-03

Discusión:

Pertenecientes al orden *Ephemeroptera*, La familia *Baetidae*, es uno de los indicadores asociados a aguas limpias con niveles elevados de oxígeno debido a que se sitúan en sitios donde la velocidad de la corriente es alta (Giacometti, 2006); la familia *Leptohyphidae*, se encuentra en un ambiente similar al de la familia *Baetidae*, y solo en ciertos casos, es que ambas especies pueden tolerar aguas que se encuentren ligeramente contaminadas por materia orgánica (Calderón, 2017).

Las familias *Elmidae*, *Hydrobiosidae* y *Tipuliidae*, comparten ciertas características con respecto al tipo de hábitat en el que se desarrollan, pues las tres viven en aguas frías bien oxigenadas con presencia de material vegetal sumergido, siendo así indicadores de aguas oligotróficas (Soria, 2016) mismas que son pobres en nutrientes y claras, lo cual permite que la luz penetre y mantenga la vida de pocos animales como la trucha y el crecimiento bajo de algas (Gómez, 2009).

3.2.4. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-04

En esta estación se identificaron 5 órdenes: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Amphipoda y Ephemeroptera con un total de 110 macroinvertebrados. Las familias pertenecientes a este punto de muestreo se distribuyen de la siguiente forma: Psychodidae (12.08%), Chironomidae (21.8%), Simuliidae (9.09%), Tipulidae (0.9%), Anomalopsychidae (9.09%), Hydropsychidae (0.9%), Leptohyphidae (1.8%), Baetidae (6.36%), Scirtidae (4.54%), Elmidae (27.27%), Hyalelidae (6.4%)

En la Figura 5 se muestra la cantidad de especies que pertenecen a cada una de las familias antes descritas.

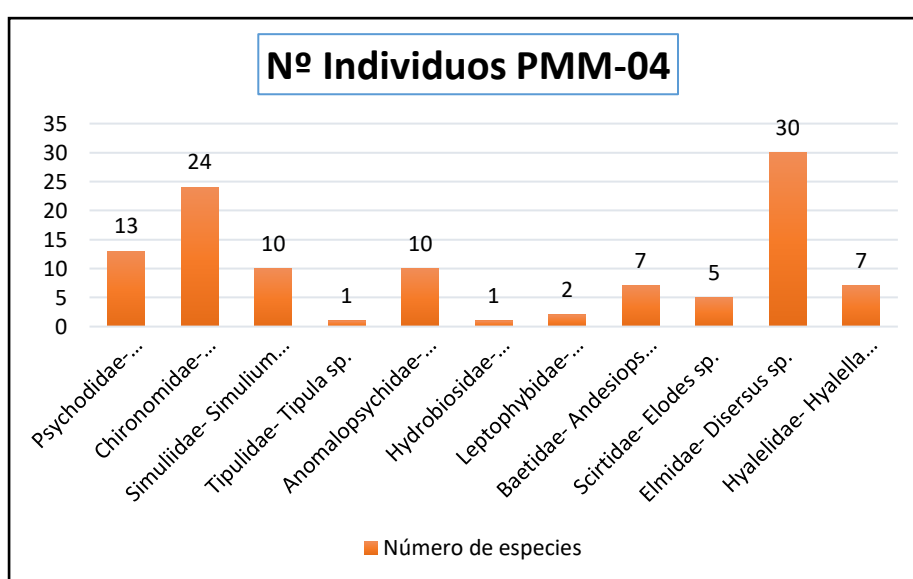


Figura 5. Macroinvertebrados identificados en el PMM-04

Discusión:

La familia *Psychodidae* se desarrolla en ambientes con materia orgánica en descomposición (Cazoría & Oviedo, 2015), soportan cambios drásticos de temperatura, toleran la eutrofización y bajos niveles de oxígeno. Suelen encontrarse en agua dulce que está en reposo, estancada o bien donde la corriente sea lenta (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2008).

La familia *Chironomidae*, es uno de los grupos más abundantes y diversos que se encuentran en Sudamérica, pues su presencia se ve ligada tanto a ecosistemas loticos y lenticos con todo tipo de sustrato con abundante presencia de vegetación ribereña. Son muy tolerantes a condiciones adversas que pueden afectar la calidad del agua es por ello que se los pueden encontrar tanto en aguas contaminadas como en aguas con materia orgánica (Oviedo & Reinoso, 2018).

La familia *Anomalopsychidae* se la encuentra en elevaciones entre intermedias y altas donde abunde la materia vegetal, misma que es utilizada para la elaboración de sus casas que se encuentran adheridas a grandes rocas. La mayoría de estas especies son sensibles a la contaminación y a la alteración de sus hábitats (Springer, 2010).

3.2.5. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN EL PMM-05

En esta estación se identificaron 6 órdenes: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Amphipoda, Ephemeroptera y Oligochaeta con un total de 80 macroinvertebrados. Las familias pertenecientes a este punto de muestreo se distribuyen de la siguiente forma: Psychodidae (43.75%), Tipulidae (1.25%), Chironomidae (6.25%), Muscidae (1.25%), Lepidoptero (1.25%), Baetidae (7.5%), Elmidae (13.75%), Scirtidae (1.25%), Anomalopsychidae (11.25%), Hydropsychidae (2.5%), Hydrobiosidae (2.5%), Hyalelidae (6.25), Oligochaeta (1.25%).

En la Figura 6 se muestra la cantidad de especies que pertenecen a cada una de las familias antes descritas.

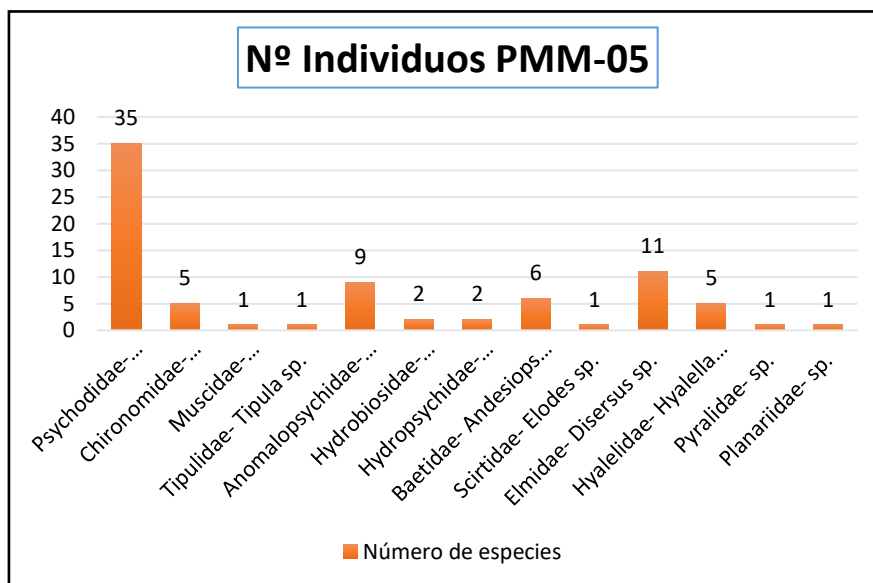


Figura 6. Macroinvertebrados identificados en el PMM-05

Discusión:

La familia *Muscidae*, se encuentra comúnmente en regiones de altitud con alta pluviosidad y que no se encuentran en contacto con el ser humano (Pérez & Wolff, 2011). Básicamente se desarrollan en zonas de remanso donde exista materia orgánica en descomposición, lo que a su vez favorece a la presencia de la familia *Planariidae*, cuya abundancia aumenta con la contaminación orgánica, sin embargo, para nuestro caso, apenas fue una sola especie encontrada por lo que niveles de contaminación en este punto son demasiado bajos (Soria, 2016).

3.3. ÍNDICE BIÓTICO ANDINO

En la Tabla 9, se observan los valores ABI obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo.

Tabla 9. Calidad de agua índice ABI

	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05
Puntaje ABI	40	52	55	57	64
Calidad de Agua	Regular	Regular	Regular	Regular	Bueno

Discusión:

Para los puntos PMM-01 y PMM-02, que se tomaron en días soleados, el puntaje ABI, muestra que tenemos aguas ligeramente contaminadas. Esto se debe a la presencia de ganado vacuno a las orillas de la toma de muestras de dichos puntos, así como la descarga de efluentes sin control, heces fecales

en las riberas del río y tala de bosques. Entre las familias más tolerantes a la contaminación en ambos puntos tenemos las siguientes: *Chironomidae*, clase *Oligochaeta* que no tiene una familia definida, *Limnaeidae* y *Tabanidae*. Aquellas familias que son entre tolerantes y sensibles, encontramos a *Simuliidae*, *Tipulidae*, *Scritidae*, *Hydrobiosidae*, *Hydropsychidae*, *Hyaletidae*, *Elmidae* y *Dugesidae*. Entre estos dos puntos de muestreo, una única familia fue identificada como la más sensible frente a la contaminación, *Blepharoceridae*.

Para los puntos PMM-03, PMM-04 y PMM-05, obtuvimos una calidad de agua entre ligeramente contaminada y buena, siendo el último punto el que muestra las mejores condiciones acuáticas por la misma razón de que no se encuentra en contacto con actividades antrópicas. Ahora bien, si comparamos con los datos obtenidos en el último estudio realizado en el 2017 por Calderón, podemos observar que la calidad del agua para estos tres puntos se la calificó como “Muy Buena” (Calderón, 2017). Esto pudo deberse a que la toma de muestras de los tres últimos puntos, tuvo la presencia de lluvias por lo que, al aumentar el nivel del río y su corriente, hubo pérdida de riqueza río abajo.

Las familias más tolerantes a la contaminación que se encontraron en dichos puntos fueron: *Psychodidae*, *Chironomidae*, *Baetidae*, *Muscidae*, *Pyralidae*, *Planariidae*. Aquellas familias que son entre sensibles y tolerantes se encontraron a *Tipulidae*, *Simuliidae*, *Elmidae*, *Hydrobiosidae*, *Leptophybiidae*, *Hyaletidae* y *Hydropsychidae*. Entre los 3 puntos la familia que resulta ser más sensible frente a la contaminación pertenece al orden *Trichoptera* y a la familia *Anomalopsychidae*.

3.4. ÍNDICE IMEERA

Los resultados obtenidos con el uso de la aplicación CABIRA fueron los siguientes para cada punto de muestreo:

Tabla 10. Resultados obtenidos con el índice IMEERA

	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05
IMEERA	58	36	66	68	54
Calidad de Agua	Bueno	Moderado	Bueno	Bueno	Bueno

Discusión:

Con respecto a los datos obtenidos, podemos observar que en el PMM-01, PMM-03, PMM-04 y PMM-05, la riqueza y composición taxonómica asociada al hábito preferente y su capacidad de tolerar o no la contaminación, ha demostrado que el estado ecológico del río se encuentra en buenas condiciones, mientras que para el PMM-02, el estado del río es moderado.

Debemos tener en cuenta que este índice se relaciona bastante con la calidad natural del hábitat, pues con todas las métricas que incorpora para su cálculo es capaz de discriminar las localidades alteradas de las de referencia (Villamarín, 2008). Es por ello que, en el segundo punto, el valor es bajo debido a la pérdida de bosque de ribera que se pudo evidenciar con el fin de intensificar el pastoreo, lo cual aumentó la presencia de materia fecal en los alrededores alterando así la abundancia y diversidad de los macroinvertebrados.

La pérdida de bosque de ribera afecta al valor del IMEERA, pues el río se ve expuesto a mayores niveles de luz y aumento de temperatura que aceleran el proceso de fotosíntesis de los productores primarios, provocando un incremento en la producción de biomasa que afecta a la presencia/ ausencia de ciertas especies bentónicas (Jacobsen, 2005).

3.5. ÍNDICE PILOTO BMWP/EQU

En la Tabla 10, se observan los valores pilotos del índice BMWP/Ecu obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo.

Tabla 11. Valores obtenidos del índice piloto BMWP/EQU

	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05
Puntaje obtenido	48	64	61	69	72
Calidad de Agua	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Dudosa

Discusión:

De acuerdo a los valores obtenidos por el índice piloto adaptado a la zona ecuatoriana, la calidad del agua de nuestro río se encuentra en la calidad de “dudosa”. Cabe destacar que, si hubiésemos utilizado el índice BMWP/Col, nuestro río estaría en calidad de “dudosa a aceptable”.

Las adaptaciones que se hicieron para este estudio todavía no están del todo terminadas pues faltan varios estudios por hacer con el objetivo de tener finalmente un índice que integre las condiciones naturales, eco sistémicas y altitudinales del país, así como la fauna de macroinvertebrados que se encuentren específicamente en esta zona.

Si comparamos los resultados obtenidos por el índice ABI y el índice BMWP/Ecu, podemos darnos cuenta de que los puntajes ABI tienden a ser mucho más exigentes en relación a los puntajes que se dan para aquellas familias que habitan en aguas de calidad “dudosa” a “buena” por lo que es justo allí donde difieren; en puntajes que hacen referencia a calidad del agua

como “baja”, ambos son muy similares (Rosero & Fossati, 2009). Por lo tanto, el índice ABI brinda un diagnóstico más preciso debido a que toma en consideración la altitud y la intervención humana en el cual fue establecido el índice, lo cual no es tomada en consideración por el índice BMWP.

Ambos índices suelen ser los más utilizados como herramientas para verificar la calidad de un cuerpo de agua y sus resultados son bastante acertados. Sin embargo, una de las falencias que presentan es que su puntuación únicamente se la da hasta el nivel de familia, lo cual resulta ser muy general y un poco contradictorio en ciertos casos debido a que puede ser que una familia tenga un puntaje que represente a aguas con cierto grado de contaminación pero uno u otro género perteneciente a la misma familia pueda ser indicador de aguas limpias (Meneses & Castro, 2018). Por ejemplo, la familia *Perlidae* perteneciente al orden Plecóptera, tiene un puntaje de 10 puesto que se encuentran en aguas bien oxigenadas y muy limpias; sin embargo, el género *Anacroneuria* suele encontrarse en micro hábitats sobresaturados de oxígeno con temperaturas de hasta los 33°C y pH ácido (Sánchez, Aguirre, González, & Vega, 2018). Es por ello que los estudios deben continuar con el fin de desarrollar índices con puntuaciones a nivel de género que permitan tener un resultado más finito sobre la calidad del agua del ecosistema analizado.

3.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

Se realizó el análisis de componentes principales entre los parámetros de Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH y Turbidez sobre los valores de abundancia de macroinvertebrados existentes en cada punto de muestreo; en la Figura 7 se puede observar que el PMM-04 presenta el nivel oxígeno disuelto más alto y por ende una predominancia del orden *Coleoptera*, en el mismo gráfico se puede observar que a temperaturas menores hay mayor presencia de órdenes y cuando esta aumenta la riqueza de especies, disminuye notablemente.

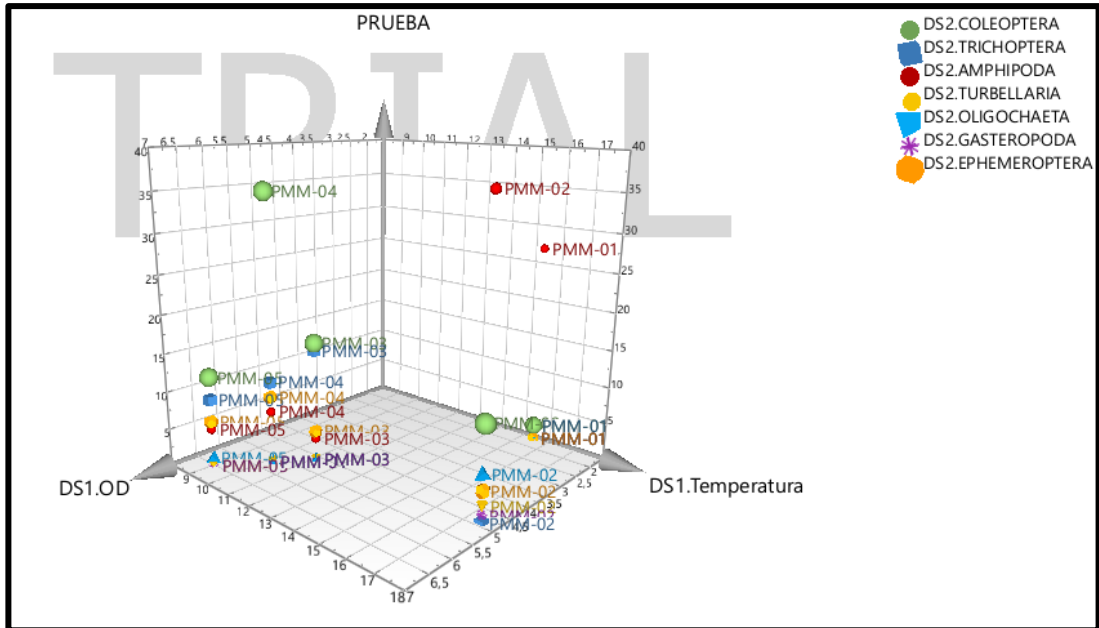


Figura 7. Análisis de Componentes Principales (Oxígeno Disuelto y Temperatura)

En la Figura 8 se observa que a niveles de pH y de Turbidez bajos, hay una mayor predominancia de abundancia y riqueza de ciertos órdenes de macroinvertebrados.

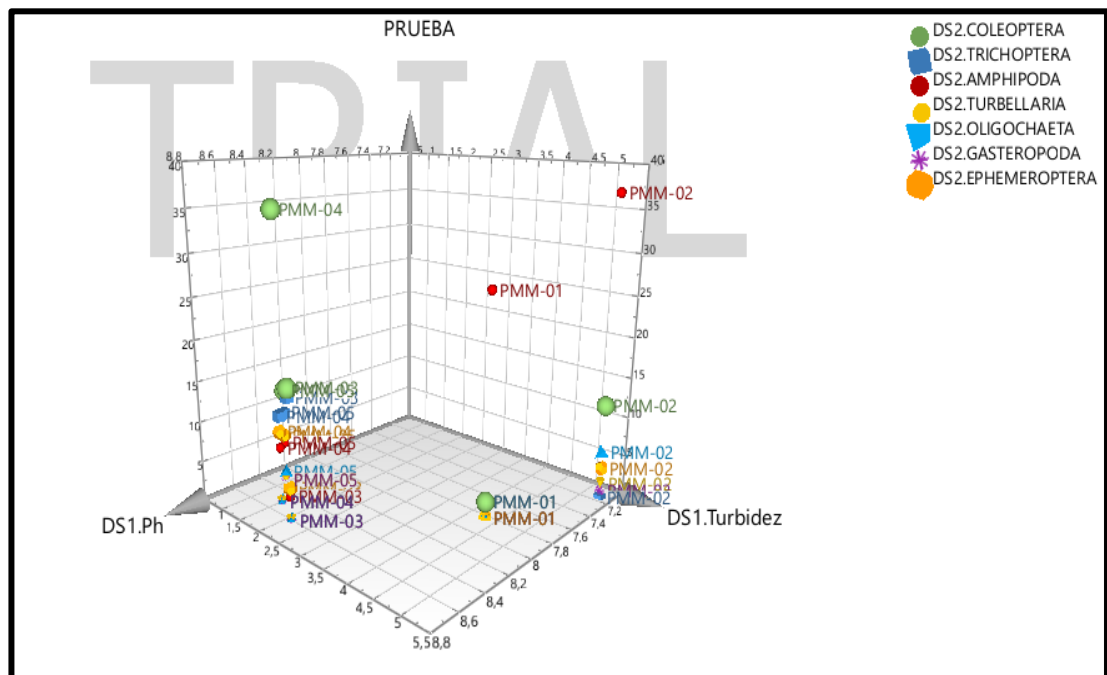


Figura 8. Análisis de Componentes Principales (pH y Turbidez)

3.7. ESTRATEGIAS DE ACCIÓN PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN

El análisis anterior de los resultados obtenidos por los tres índices, nos dan a conocer que la calidad del agua del río Sambache se encuentra en condiciones de “moderada” a buena”, es por ello que a continuación se plantean las estrategias que se deberán adoptar con el fin de recuperar aquellas áreas que se encuentran afectadas y de conservar aquellas que se encuentran en buenas condiciones.

3.7.1. DESCRIPCIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN DEL RIO SAMBACHE

Tabla 12. Estrategia uno Mejorar la imagen en los puntos bajos del río Sambache

<i>Estrategia 1 Mejorar la imagen en los puntos bajos del río Sambache</i>				
Objetivos	Actividades	Actores	Cómo hacer	Cuando Hacer
-Limpiar los alrededores del río donde hay la presencia de heces de ganado vacuno. -Eliminar el tubo de aguas servidas que sirve como desagüe de una hacienda cercana al río.	-Tener control sobre los espacios destinados al ganado con el fin de no contaminar el cuerpo de agua. - Taponar el tubo de desagüe con el fin de evitar el vertimiento de efluentes contaminados. Si en caso de ser necesario, hablar con el dueño de la hacienda para que realice un tratamiento previo a su desfogue.	-GAD Municipal del cantón Mejía. -Dueños de haciendas y de ganado.	-Ordenanza que sancione la descarga de efluentes sin previo tratamiento. -Buscar otras áreas lejanas del río que se destinen al pastoreo.	-Verificar las descargas que se hacen al menos dos veces al año para asegurarse de cumplir con la normativa.
Costo: \$1.000				

Tabla 13. Estrategia dos- Mejorar el estado ecológico del río Sambache

Objetivos	Actividades	Actores	Cómo hacer	Cuando Hacer
Mejorar la calidad de la vegetación de ribera	-Incrementar la cobertura de bosque andino. -Evitar la presencia de vertidos -Evitar la basura en las riberas	-GAD Municipal del cantón Mejía. -Dueños de haciendas. -Refugio de Vida Silvestre Pasochoa	-Sembrar especies arbóreas en los espacios cercanos al río que han sido desplazados por la actividad ganadera.	-Acción prioritaria para una buena recuperación del hábitat.
Costo: \$9.000				

Tabla 14. Estrategia tres- Complementar la actividad agrícola y ganadera con la funcionalidad del río

Estrategia 3. Complementar la actividad agrícola y ganadera con la funcionalidad del río					
Objetivos	Actividades	Actores	Como hacer	Quando Hacer	
-Fomentar una agricultura y ganadería ecológica	-Crear y conservar la vegetación de ribera con el fin de que la agricultura y ganadería de la zona no afecten a la ecología del cuerpo de agua. -Establecer áreas protegidas (incluso fuera de la reserva) donde la gente, a partir de cierta distancia desde el río, pueda llevar a cabo sus actividades.	-GAD cantón Mejía -Dueños de los terrenos de uso agrícola y ganadero.	-Ordenanza que regule el uso de suelo dentro y fuera de la zona de protección del río. -Concientizar a la población aledaña con el fin de que busque reubicarse en zonas un poco alejadas del cuerpo de agua.	-De forma inmediata	
Costo: \$15.000					

3.7.2. ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN DEL RIO SAMBACHE

Tabla 15. Estrategia uno - Programa de Voluntariado

Estrategia 1. Programa de Voluntariado				
Objetivos	Actividades	Actores	Como hacer	Cuando Hacer
-Desarrollar y fomentar la educación ambiental entre los pobladores de la zona con el fin de coordinar y cooperar a la conservación de las áreas naturales que se encuentran dentro y fuera del refugio.	-Campañas de educación ambiental, así como capacitaciones sobre buenas prácticas agrícolas y ganaderas	-MAE -GAD del cantón Mejía. -Pobladores	-A través de la concientización sobre los problemas que puede acarrear la contaminación grave del río	-Lo más pronto posible hasta tener una buena cultura ambiental instaurada.
Costo: \$8.500				

Tabla 16. Estrategia dos - No alterar el caudal ecológico

Estrategia 2. No alterar el caudal ecológico				
Objetivos	Actividades	Actores	Como hacer	Cuando Hacer
-Evitar que los hacendados busquen desviar el caudal del río para su propio beneficio.	-Revisar en los puntos altos del río que no existan obstrucciones con rocas, que hagan que el agua no siga su curso normal	-Refugio de Vida Silvestre Pasochoa -MAE	Si algún hacendado busca aumentar el caudal de agua que llega a su propiedad, debe hablar con la Autoridad Ambiental Nacional con el fin de buscar alguna opción que permita hacer este cambio. Caso contrario debe ser sancionado por la alteración del cauce hídrico.	Inmediatamente (se presenció en la toma de muestras)
Costo: \$0				

Tabla 17. Estrategia tres- Manejo de los recursos agua, suelo, bosques y biodiversidad

Estrategia 3. Manejo de los recursos agua, suelo, bosques y biodiversidad				
Objetivos	Actividades	Actores	Como hacer	Cuando Hacer
-Preservar la flora y fauna endémica de la zona del Pasochoa	-Reforzar los cuidados que tienen los guarda parques del RVSP dentro del área protegida; sin embargo, debe también hacerse respetar las áreas colindantes y que se encuentren fuera del refugio.	-RVSP -Visitantes -Pobladores	-Verificar que lo que ingresan los visitantes al refugio no pueda ser causante de ningún daño al ambiente. -Colocar recipientes para el manejo adecuado de desechos sólidos.	Inmediata mente
Costo: \$5.000				

El valor total de la reparación y conservación del río sería de aproximadamente 38.500 dólares. De acuerdo a Nello & Chacón (2017), las estrategias para conservar y/o recuperar este tipo de ecosistemas, pueden rodear los cuarenta mil dólares. Gran parte de las actividades planteadas anteriormente son de responsabilidad ciudadana debido a que implica un cambio de actitud y mentalidad que debe empezar a tomar la población aledaña y sobre todo los dueños de las haciendas que allí existen. Logrando esto, podemos asegurar que las estrategias planteadas se mantengan a largo plazo y de esta forma constatar que el tiempo y recursos invertidos en la restauración, ha sido exitosa.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- a) En los análisis de PCA, se pudo determinar que parámetros como el oxígeno disuelto y la temperatura son determinantes para que exista una mayor riqueza de macroinvertebrados. Los parámetros físicos medidos de pH, temperatura, conductividad y turbidez se encuentran por debajo de los límites establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana. El oxígeno disuelto es un parámetro que de acuerdo a la norma debería estar por encima de 6, sin embargo, en cuatro de cinco puntos muestreados este valor es muy bajo dándonos como resultado aguas con hipoxia y la razón por la cual no es un río con alta presencia de especies acuáticas. Los parámetros químicos muestreados se encuentran por debajo de la normativa vigente; sin embargo, los valores obtenidos en coliformes fecales, sólidos totales y amoníaco son altos; esto se atribuye a las actividades antrópicas de tipo ganadero que se llevan a cabo en el sector.

- b) Se identificaron 9 órdenes y 14 familias, dentro de las cuales predominaron los siguientes órdenes: *Diptera* (55,9%) y *Amphipoda* (15%), estos últimos, representados por el género *Hyallelidae* se encontraron en todos los puntos muestreados, debido a la presencia de sustrato con materia orgánica, lo cual da paso a la presencia de plantas acuáticas. Aquellas familias que resultaron tener un mayor porcentaje en cada uno de los puntos muestreados fueron: *Chironomidae* (20.9%), *Simuliidae* (20.9%), *Elmidae* (11.9%), *Psychodidae* (11.5%); porque las condiciones para adaptarse a vivir en cualquier medio son sumamente variantes, ya sea por causa natural o antrópica.

- c) La calidad del agua del río Sambache mediante el uso del índice ABI, IMEERA y el índice piloto BMWP/Ecu, determinó una calidad global que va de regular a buena, cabe destacar que no existe una tendencia que supondría la mejora de la calidad del agua desde los puntos tomados aguas abajo hacia los puntos tomados aguas arriba, esto debido a que al segundo día de muestreo hubo un “lavado” del río y por ende una disminución en la distribución y variedad de macroinvertebrados. El índice piloto BMWP se encuentra en desarrollo y es un poco contradictorio con respecto al puntaje, esto debido a que dentro del grupo de familias existen géneros de macroinvertebrados que no deberían llevar el puntaje que se les asigna pues su presencia en un cuerpo de agua se atribuye a características distintas, lo cual genera fallas ya que la puntuación es global para todas las familias, cuando lo óptimo debería ser por género.

- d) Se establecieron estrategias de recuperación y conservación del río Sambache conforme a los resultados obtenidos. Los costos de implementación de las mismas son un estimado, estos pueden llegar a ser incluso mucho menores que los planteados. Pues más allá de ser un tema de recursos, es un tema de educación y cultura ambiental que se debe implementar en todos los pobladores con el fin de lograr la preservación de este ecosistema a largo plazo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Tener un monitoreo continuo de la calidad del agua del río Sambache para obtener datos históricos que permitan verificar posibles variaciones o alteraciones en el cauce con el fin de preservar dicho recurso que es fuente vital para el funcionamiento del ecosistema.
- Trabajar con los dueños de las haciendas aledañas al sitio de muestreo, capacitarlos en temas de educación ambiental para que conozcan los efectos negativos que pueden aparecer en caso de que no se tenga conciencia ni responsabilidad con respecto a las actividades diarias que llevan a cabo, como la desviación del caudal del río con fines personales.
- El índice BMWP que se encuentra en desarrollo para ser aplicado en el Ecuador, debería ser mucho más específico, no se debería trabajar únicamente a nivel de familia, si no a nivel de género y asignar el puntaje a los mismos, de esta forma se obtendría datos mucho más puntuales y veraces.
- Llevar a cabo las medidas de recuperación y conservación mencionadas anteriormente con el fin de rehabilitar las áreas ribereñas que se encuentran afectadas por la presencia de actividades antrópicas especialmente la ganadería, si esta actividad continua sin control, las afectaciones al cuerpo de agua serán mayores y podría ocasionar la eutrofización del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Arocena, R., & Conde, D. (1999). *Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay*. Montevideo: DIRAC/FC/UDELAR.
- Arroyo, C. (2019). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS E ÍNDICES BIOLÓGICOS EN RÍOS TROPICALES EN BOSQUE DE NEBLINA MONTANO*. Recuperado el 23 de 02 de 2020, de https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/avances/archivo_de_contenidos/Documents/volumen_1/Avances_2009_vol1_11-16.pdf
- Burger, J. (2013). *Habitat protection for sensitive species: balancing species requirements and human constraints using bioindicators as examples*. Natural Science.
- Calderón, V. (2017). Biodiversidad y Calidad de agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa. Quito. Recuperado el 03 de 07 de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13735/1/UPS%20-%20ST003006.pdf>
- Calderón, V. (2017). *Biodiversidad y Calidad de Agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Camacho, A. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP)*. Recuperado el 03 de 07 de 2019, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf
- Cazoría, D., & Oviedo, M. (2015). Aspectos ultraestructurales de los estadios inmaduros de *Micropygomyia* (*Sauromyia*) *trinidadensis* (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). *SciELO*.
- Clavijo, A., & Granja, K. (2016). *Se basa en determinar la distribución de los criterios, los cuales son establecidos en base a su prioridad o jerarquía, en este caso se tomarán en cuenta el aspecto económico, horarios de recolección, el volumen generado, la demanda de materias primas de*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 30 de 01 de 2020

- Cosme, F. (2016). *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú*. Recuperado el 03 de 07 de 2019, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n1/a04v7n1.pdf>
- Díaz, Á., & Longo, M. (2017). Variación temporal de la diversidad taxonómica y rasgos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos en ríos temporales en la isla de Providencia, Colombia . *Actualidades Biológicas*, 82-100.
- Dominguez, E., & Fernández, H. (2009). *LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. Fundación Miguel Lillo.
- Encalada, A., & Garcia, N. (2011). *Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos*. Quito: USFQ.
- Encalada, A., & Touma, B. (2011). *Protocolo Simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos*. Quito: USFQ.
- EPMAPS. (2018). *Web de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. Calidad del agua*. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <http://www.aguaquito.gob.ec/la-salida-de-las-plantas-de-tratamiento>
- FCAE. (2007). *Contaminación del agua por materia orgánica y microorganismos*. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-materia-organica-y-microorganismos/>
- Formica, S., & Sacchi, G. (2015). *Modelado de calidad de agua en ríos de montaña con impacto antrópico, caso de estudio: Sierra Chica de Córdoba, Argentina*. Investigación, Córdoba. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n4/v31n4a1.pdf>
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la salud ambiental. *BOLETÍN DE MALARIOLOGÍA Y SALUD AMBIENTAL*, 109-120.
- García, C. (2019). *Evaluación de la calidad del agua en el río Alabrado, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores ambientales, dentro de la zona de influencia del Emblase de la Laguna de la Mica*. Quito.
- Giacometti, J. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico* 6, 17-32.

- Gómez, T. (2009). *Aguas oligotróficas con un contenido de minerales muy bajo*. Recuperado el 07 de 02 de 2020, de http://www.jolube.es/Habitat_Espana/documentos/3110.pdf
- González, M. (2012). DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DE AGUA DE QUEBRADAS ABASTECEDORAS DEL. *Boletín Científico Centro de Museos* , 135-148-.
- Goyenola, G. (2007). Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos . *RED MAPSA*.
- Guerra, F. (2002). CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA BERMEJA, VENEZUELA. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 88-108.
- Guerrero, B., & Manjarréz, H. (2003). Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 43-54.
- Hamada, N., & Nessimian, J. (2014). *Insetos Acuáticos*. do INPA.
- Herbet, P. (2018). *Control de la contaminación ambiental*. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf>
- Hiriart, M., & Leñero, L. (2017). *Sistema de indicadores para la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena, Ciudad de México*. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v27n6/2007-9621-au-27-06-53.pdf>
- Holt, E., & Miller, S. (2011). *Bioindicators: Using organisms to measure environmental impacts*. Nature Education Knowledge.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras*. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>
- Jacobsen, D. (2005). *Temporally variable macroinvertebrate stone relationships in streams*. Hydrologia.

- Jijón, C. (1990). *Plan de Manejo del Bosque Protector Pasochoa*. Quito: Natura.
- Jonker, M., & Van Vuren, J. (2009). The impact of feedlot effluent on water quality and aquatic macroinvertebrate community structure in streams of the upper Vaal River catchment, South Africa. *African Journal of Aquatic Science*, 219-230.
- Kyana, R., & Joan, B. (2015). *Agua y Desarrollo Sostenible*. Water Monographies. Recuperado el 30 de 04 de 2019
- MAE. (2015). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESACRGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA*. Recuperado el 23 de 01 de 2020, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Meneses, Y., & Castro, I. (2018). Comparison of Water Quality Between Two Andean Rivers by Using the BMWP/Col and ABI indices. *Acta Biológica Colombiana*, 299-310.
- Merritt, R., & Cummins, W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Estados Unidos: Kendall/Hunt.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Cambio Climático y Agua*. Quito: Manthra Comunicación.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Guía Metodológica de Peritaje Ambiental*. Quito, Ecuador: Primera Edición.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Guía Metodológica de Peritaje Ambiental*. Quito, Ecuador: Primera Edición.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía Metodológica de Peritaje Ambiental: Herramienta para la reparación integral de daños ambientales*. Quito: MAE.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>
- Molina, C., & Gibon, M. (2008). ESTRUCTURA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN RÍO ALTOANDINO DE LA CORDILLERA REAL, BOLIVIA: VARIACIÓN ANUAL Y

LONGITUDINAL EN RELACIÓN A FACTORES AMBIENTALES .
Ecología Aplicada, 105-116.

- Montalvo, P. (2017). *Influencia del cambio de uso de suelo sobre la fisicoquímica del agua y la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de dos microcuencas en la zona de el Ángel*. Recuperado el 07 de 05 de 2019, de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7514/1/UDLA-EC-TIAM-2017-04.pdf>
- Muñoz, Á., & Macías, C. (2018). *Informe final de caracterización hidrológica*. Recuperado el 03 de 01 de 2020, de http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Informe_Caracterizaci%C3%B3n-H%C3%ADdrica.pdf
- Novoa, Z. (1996). *El Origen del Río Amazonas*. PUCP. Recuperado el 03 de 03 de 2020, de <file:///C:/Users/user.000/Downloads/Dialnet-ElOrigenDelRioAmazonas-5339433.pdf>
- Ortega, H., & Chocano, L. (2010). Biota acuática en la Amazonía Peruana iversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali). *Rev. Perú*, 29-35.
- Oviedo, N., & Reinoso, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 101-109.
- Pérez, C., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista Biología Tropical*, 56.
- Pérez, S., & Wolff, M. (2011). MUSCIDAE (INSECTA, DIPTERA): IMPORTANCIA Y DIVERSIDAD PARA COLOMBIA. *Boletín del Museo Entomológico*, 13-22.
- Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Acad. Colom.Cienc.*, 254-274.
- Romero, J. (2014). *Calidad del agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <https://es.scribd.com/document/237424937/Calidad-Del-Agua-Romero-J-Cap-2-3-Parte-1>
- Rosero, D., & Fossati, O. (2009). *Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta*. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de

<https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf>

Rosero, D., & Fossati, O. (2009). *Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta*. Recuperado el 18 de 02 de 2020, de <https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf>

Sacoto, D. (2017). "ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN DE QUEBRADAS EN CENTROS URBANOS DE CIUDADES ANDINAS, CASO DE ESTUDIO: AZOGUES - ECUADOR". Recuperado el 06 de 03 de 2020, de file:///C:/Users/user.000/Downloads/Tesis%20(1).pdf

Sánchez, K., Aguirre, P., González, T., & Vega, J. (2018). Anacroneuria (Plecoptera: Perlidae) del río Caldera, Chiriquí, Panamá: nuevos registros de distribución, y comentarios sobre distribución altitudinal y variación estacional. *Revista Biologica Tropical*.

SENAGUA. (2013). *Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental*. Quito: CONELEC.

Serna, M., Tamariz-Turizo, E., & Moreno, G. (2015). Distribución espacial y temporal de larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 465-477.

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO. (2016). *Laboratorio Grupo Químico Marcos Cia. Ltda*. Recuperado el 23 de 06 de 2019, de https://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/11/GQM-V3_m_aa_24octubre2016.pdf

Soria, I. (2016). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DEL RÍO JATUNHUAYCO EN LA ZONA ASOCIADA A LA CAPTACIÓN JATUNHUAYCO (EPMAPS) UTILIZANDO COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Quito: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.

Springer, M. (2010). Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*.

Tapia, L. (2015). No.097-A. Quito: MAE.

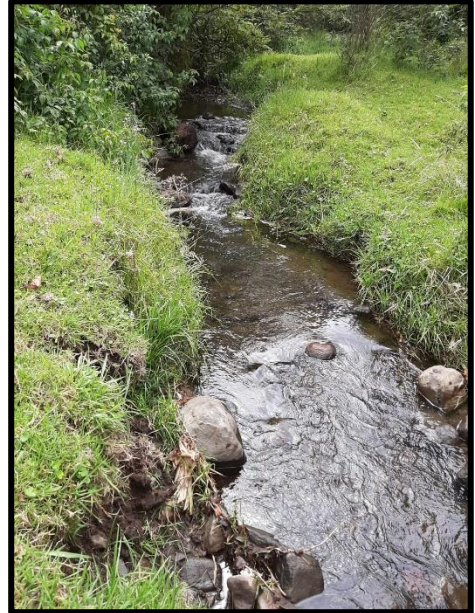
Teixeira, M., Budd, M., & Strayer, D. (2014). *Responses of epiphytic aquatic macroinvertebrates to hypoxia. Inland waters*. doi:DOI 10.5268/IW10.5268/IW-5.1.010.5268/IW-5.1.764

- UNESCO. (2006). *Hablemos de los Océanos*. Servisistem. Recuperado el 03 de 03 de 2020, de <http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Oceanos.pdf>
- Vázquez, R., & Diéguez, L. (2013). *Pseudosuccinea columella* (Mollusca: Gastropoda: Lymnaeidae) en Camagüey. *Revista Cubana de Medicina Tropical*.
- Villamarín, C. (2008). *Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú*. Recuperado el 10 de 02 de 2020, de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/83923/CPVF_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villamarín, C. (2013). *Manual de la Aplicación CABIRA (Calidad Biológica de los Ríos Altoandinos)*. (F. E. Management, Ed.) Recuperado el 03 de 01 de 2020, de <http://hdl.handle.net/2445/36431>
- Zurita, E. (2016). *Aplicación combinada del método BMWP-ABI-ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca*. Recuperado el 30 de 04 de 2019, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6259/1/236T0241.PDF>

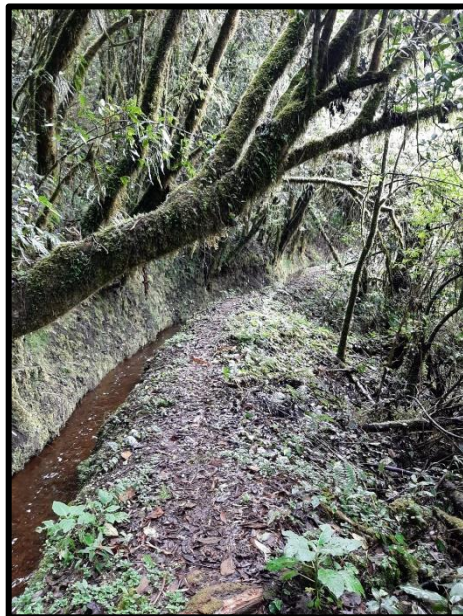
ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1. ZONA DE MUESTREO



ANEXO 2. COBERTURA VEGETAL



ANEXO 3. EQUIPOS DE CAMPO



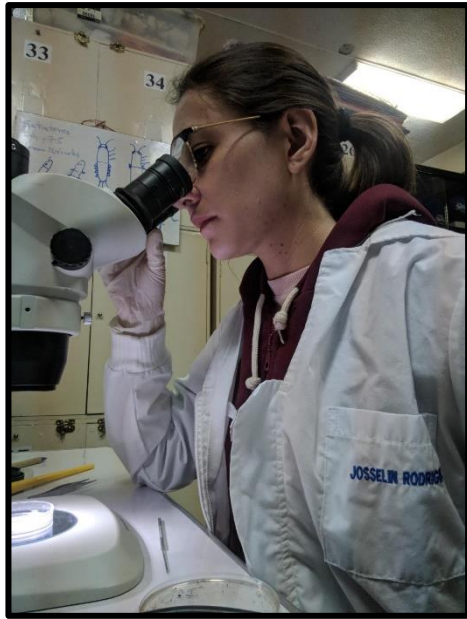
ANEXO 4. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



ANEXO 5. LIMPIEZA DE MUESTRAS



ANEXO 6. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO 7. PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) PARA FAMILIAS DE RÍOS ALTOANDINOS DEL ECUADOR

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
Turbellaria	Planariidae	5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gasteropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Limnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyaellidae	6
Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohiphidae	7
	Oligoneuriidae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteróptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5

Continúa...

Continuación...

	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anamalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN ABI
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5

Continúa...

Continuación...

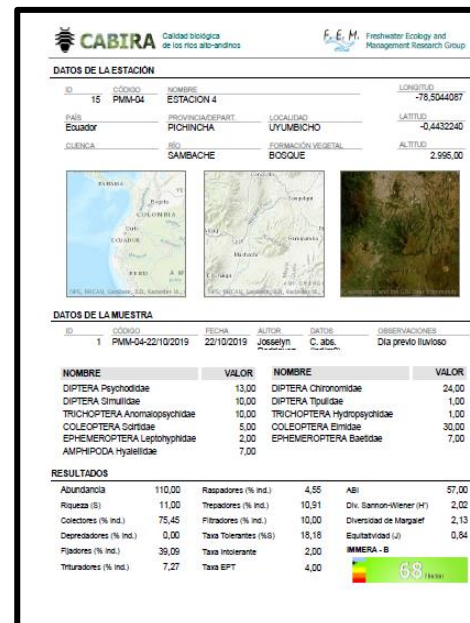
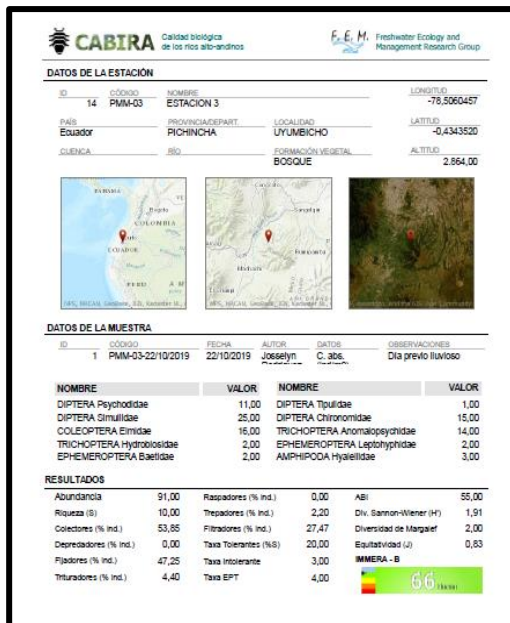
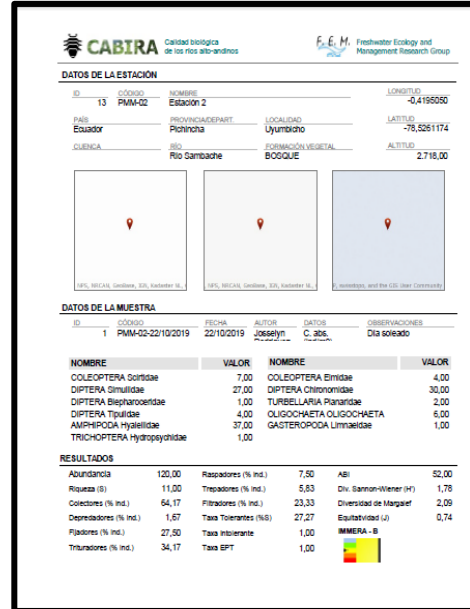
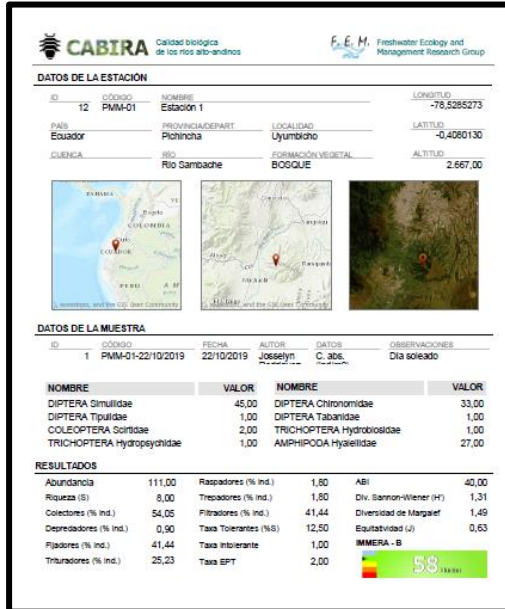
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4
	Ceratopogonidae	4
	Dixidae	4
	Psychodidae	3
	Dolichopodidae	4
	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syphidae	1

Fuente: (Calderón V. , 2017)

ANEXO 8. ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DEL PUNTAJE DEL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)

ABI	CALIDAD DEL AGUA
>96	Muy Bueno
59-96	Bueno
35-58	Regular
>35	Malo

ANEXO 9. INFORMES DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN CABIRA



CABIRA Calidad biológica de los ríos alto-andinos **F.E.M.** Freshwater Ecology and Management Research Group

DATOS DE LA ESTACION

ID: 16 CODIGO: PMM-05 NOMBRE: ESTACION 5 LONGITUD: -78,5022630
 PAIS: Ecuador PROVINCIA/DEPART: PICHINCHA LOCALIDAD: UYUMBICO LATITUD: -0,4495920
 CUENCA: SANGAY RIO: SAMBACHE FORMACION VEGETAL: BOGQUE ALTITUD: 3,014,000

DATOS DE LA MUESTRA

ID: 1 CODIGO: PMM-05-22/10/2019 FECHA: 22/10/2019 AUTOR: J. GARCIA DATOS: C. ZOLA OBSERVACIONES: Dia previo lluvioso

NOMBRE	VALOR	NOMBRE	VALOR
DIPTERA Psychodidae	35,00	DIPTERA Tipulidae	1,00
DIPTERA Chironomidae	5,00	DIPTERA Muscidae	1,00
EPHEMEROPTERA Baetidae	6,00	COLEOPTERA Elmidae	11,00
COLEOPTERA Curculidae	1,00	TRICHOPTERA Anomalopsychidae	9,00
TRICHOPTERA Hydropsychidae	2,00	TRICHOPTERA Hydrobiosidae	2,00
TURBELLARIA Planariidae	1,00	AMPHIPODA Hyalidae	5,00
LEPIDOPTERA Pyralidae	1,00		

RESULTADOS

Abundancia	80,00	Raspadores (% ind.)	1,25	ABI	54,00
Riqueza (S)	13,00	Trepadores (% ind.)	8,75	Div. Shannon-Wiener (H')	1,88
Colectores (% ind.)	77,50	Filadores (% ind.)	2,50	Diversidad de Margalef	2,74
Depredadores (% ind.)	2,50	Tasa Toxicante (%S)	23,06	Equitatividad (U)	0,73
Filadores (% ind.)	16,25	Tasa Insolente	2,00	IMMERA - B	
Trituradores (% ind.)	8,75	Tasa EPT	4,00		

ANEXO 10. PUNTAJES DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS PARA EL ÍNDICE PILOTO BMWP/ECU

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Hydridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Gripopterygiidae	10
Euthyplociidae, Gyrinidae, Leptophlebiidae, Cylicobdellidae, Gordiidae, Limnephilidae, Perlidae, Hydraenidae, Scirtidae, Lampyridae.	9
Pseudothelphusidae, Polythoridae, Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Philopotamidae, Leptoceridae, Glossossomatidae, Polythoridae, Athericidae, Crambidae, Pyralidae, Gomphidae, Psephenidae.	8
Ptilodactylidae, Gerridae, Veliidae, Aeshinidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Helicopsychidae, Planariidae, Polycentropodidae, Hidropsychidae, Hydroptilidae, Libellilidae, Dixidae, Baetidae, Simuliidae, Elmidae, Leptohyphidae.	7
Arrenuridae, Dryopidae, Limnichidae, Psychodidae, Psychodidae, Lutrochidae, Limnocharidae, Hyalellidae, Gelastocoridae, Naucoridae, Corydalidae, Notonectidae.	6
Corixidae, Dugesidae, Sphaeridae, Empididae, Staphylinidae, Hydrachnidae, Brachyiceridae.	5
Stratiomyidae, Tabanidae, Tipulidae, Dytiscidae, Haliplidae, Noteridae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrophilidae, Limoniidae, Dolichopodidae, Ceratopogonidae, Ceratopogonidae, Heteroceridae.	4
Glossiphoniidae, Physidae, Planorbidae, Culicidae, Muscidae, Sciomyzidae, Chironomiidae.	3
Psychodidae, Ephydriidae	2
Tubificidae	1

Fuente: (García, 2019)

Clase	Calidad	BMWP/Ecu	Significado
I	BUENA	>96	Aguas muy limpias a limpias
II	ACEPTABLE	76-95	Aguas ligeramente contaminadas
III	DUDOSA	41-75	Aguas moderadamente contaminadas
IV	CRÍTICA	11-40	Aguas muy contaminadas
V	MUY CRÍTICA	≤ 10	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: (García, 2019)

ANEXO 11. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO

Parámetros	Expresados como	Unidad	Limite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 200	Máxima 3200	Máxima 3200







Fuente: (MAE, 2015)

ANEXO 12. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS OBTENIDOS EN LA TESIS DE CALDERÓN, V.

Parámetro	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05
Temperatura °C	14.2	13.9	13.6	11.1	11.3
pH	7.41	8.1	8.35	8.82	8.5
Conductividad (mS)	0.20	0.16	0.12	0.11	0.13
Sólidos totales	0.1	0.08	0.06	0.06	0.07
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.9	1	2.3	2.3	3
Turbidez (NTU)	4.28	3	1.5	1.5	0.93
DBO₅	7.2	36	1.9	1.9	2.16
Amoníaco (mg/l)	0.57	0.07	0	0	0.09
Dureza Cálrica (mg/l)	1.3	0.79	0.38	0.63	1.09









Fuente: (Calderón V. , 2017)

ANEXO 13. COMUNIDAD MACRO BENTÓNICA DEL RÍO SAMBACHE

MACROINVERTEBRADO IDENTIFICADO	DATOS
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Simuliidae Género: Simulium</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Chironomidae Género: Orthocladinae</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Chironomidae Género: Tanypodinae</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: Tipula</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: Limoniinae</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Psychodidae Género: Plebotominae</p>

Continúa...

Continuación...

	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Tabanidae Género: Crysops</p>
	<p>Phyllum: Platyhelminthes Clase: Turbellaria Orden: Tricladida Familia: Dugesiidae Género: Dugesia</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Scirtidae Género: Elodes</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: Disersus</p>
	<p>Phyllum: Crustacea Clase: Malacostraca Orden: Amphipoda Familia: Hyalelidae Género: Hyalella inermis</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Trichoptera Familia: Hydropsychidae Género: Leptonema</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae Género: Atopsyche</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: Tipula</p>




Continúa...

Continuación...

	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Blepharoceridae Género: Paltostoma</p>
	<p>Phyllum: Mollusca Clase: Gastropoda Orden: Gasteropoda Familia: Limnaeidae Género: Lymnaea</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Psephenidae Género: Psephenops</p>
	<p>Phyllum: Annelida Clase: Oligochaeta Orden: Oligochaeta Familia: Planariidae Género: -</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: Heterelmis</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Ephemeroptera Familia: Leptophyidae Género: Leptohyphes</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: Andesiops peruvianus</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Trichoptera Familia: Anomalopsychidae Género: Atanatolica</p>

Continúa...

Continuación...

	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Pupa de psychodidae Género: -</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Muscidae Género: Limnophora</p>
	<p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Orden: Diptera Familia: Lepidoptero Género: sp.</p>

Elaborado por: Rodríguez J.

ANEXO 14. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA TESIS DE CALDERÓN, V.

ORDEN	FAMILIA	PMM-01	PMM-02	PMM-03	PMM-04	PMM-05
Oligochaeta	N.D*	2	16	1	0	1
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	36	85	1045	984
	Sciirtidae					
	Staphylinidae					
	Elmidae					
	Dystiscidae					
Diptera	Blepharoceridae	125	125	253	927	656
	Simuliidae					
	Tabanidae					
	Tipulidae					
	Limoniidae					
	Ceratopogonidae					
	Dixidae					
	Psychodidae					

Continúa...

Continuación...

	Empididae					
	Chironomidae					
	Muscidae					
Heteroptera	Vellidae	0	1	0	0	0
Hydracarina	N.D	0	2	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	0	1	1	12	26
Trichoptera	Helicopsychidae	0	7	28	297	876
	Odontoceridae					
	Leptoceridae					
	Hydroptilidae					
	Hydrobiosidae					
	Glossomatidae					
	Hydropsychidae					
	Anomalopsychidae					
	Philopotamidae					
	Limnephilidae					
Ephemeroptera	Baetidae	65	13	97	157	192
	Leptophlebiidae					
	Leptohiphidae					
Amphipoda	Hyaellidae	3	50	0	30	31
Gasterópoda	Limnaeidae	0	0	0	0	1
Veneroida	Sphaeriidae	0	2	0	0	0

Fuente: (Calderón V. , 2017)

ANEXO 15. ENLACE ANÁLISIS URKUND

[file:///C:/Users/user.000/Downloads/Urkund%20Report%20-%20Tesis%20URKUND.docx%20\(D73400675\).pdf](file:///C:/Users/user.000/Downloads/Urkund%20Report%20-%20Tesis%20URKUND.docx%20(D73400675).pdf)