



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y COMPOSICIÓN DE
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO
AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA ELABORAR UN PLAN
DE BIOMONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático.

Autor

Alvaro Giovanni Acosta Rivera

Tutor

Ing. Juan Carlos Carrasco Baquero

**QUITO – ECUADOR
2023**

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Alvaro Giovanni Acosta Rivera, declaro ser autor del Trabajo de Investigación con el nombre “CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y COMPOSICIÓN DE COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA ELABORAR UN PLAN DE BIOMONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA”, como requisito para optar al grado de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 20 días del mes de marzo de 2023, firmo conforme:

Autor: Alvaro Giovanni Acosta Rivera

Firma:

Número de Cédula: 1804435160

Dirección: Tungurahua, Ambato, Huachi Chico (La Joya).

Correo Electrónico: alvaro1993acosta@gmail.com

Teléfono: 0995771112

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y COMPOSICIÓN DE COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA ELABORAR UN PLAN DE BIOMONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA” presentado por Alvaro Giovanni Acosta Rivera, para optar por el Título Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 20 de marzo del 2023

.....
Ing. Juan Carlos Carrasco Baquero

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 20 de marzo de 2023

.....

Alvaro Giovanni Acosta Rivera

1804435160

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y COMPOSICIÓN DE COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA ELABORAR UN PLAN DE BIOMONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA”, previo a la obtención del Título Magíster en Gestión Biodiversidad y Cambio Climático, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 20 de marzo de 2023

.....
Ibon Tobes Sesma, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Héctor Esteban Terneus Jácome, PhD
EXAMINADOR

.....
Juan Carlos Carrasco Baquero
EXAMINADOR

DEDICATORIA

A mi Dios por tanta sabiduría, fuerza e inspiración, a mis padres Mario Acosta y Susana Rivera, mis hermanos Byron y Kevin por demostrar su cariño, apoyo y permitir haber llegado hasta este momento de mi formación profesional.

A mis abuelas Luz, Rosaura y Teresa(†) por ese amor incondicional que me han ofrecido en el transcurso de la vida.

AGRADECIMIENTO

Con mucha gratitud:

A los docentes de la Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI) por compartir sus saberes en las aulas de clases. A mi director de tesis, Juan Carlos Carrasco, por guiar este proyecto de investigación con su conocimiento, palabras de apoyo, aliento, disciplina, constancia y formar parte de un objetivo más alcanzado.

A la facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) por permitir la utilización de las instalaciones para el proceso de identificación y depósito de muestras

A las personas que han estado apoyando este proyecto de investigación ¡mil gracias! por aportar con un granito de arena de su conocimiento y de trabajo de campo para el levantamiento de información.

Agradezco también a mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado y por regalar a mi vida algo de ellos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	5
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de estudio.....	5
Puntos de muestreo	7
Metodología.....	9
Parámetros físico-químicos del agua	9
Cálculo de índice de calidad de agua – ICA	10
Recolección de macroinvertebrados	10
Identificación de macroinvertebrados	11
Índices de diversidad y equidad.....	12
Evaluación de grupos tróficos funcionales	14
Indicadores biológicos para determinar la calidad del agua	14
Índice ABI	14
Índice BMWP-Col	15
Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)	15
Índice adaptado al río Ambato.....	16
Índice de estado ecológico Andino (ECOSTRIAN)	16
Índice de evaluación de hábitat fluvial (IHF)	16
Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).....	17
Evaluación de actividades antrópicas en la cuenca del río Ambato	17
Análisis multivariados	18
Prueba de Kruskal Wallis	18
Coeficiente de Jaccard.....	18
Análisis multivariado de correspondencia canónica (CCA).....	18
CAPÍTULO III	20
RESULTADOS	20
Parámetros físico-químicos del río Ambato	20
Índice de calidad de agua – ICA Rojas	23

Composición de macroinvertebrados en el río Ambato	24
Índices de diversidad en el río Ambato	27
Comparación de abundancia en los puntos de muestreo	30
Similitud de comunidades entre los puntos de muestreo	31
Similitud de comunidades entre ramales del río	32
Evaluación de grupos tróficos funcionales de macroinvertebrados	33
Indicadores biológicos en los puntos de muestreo	35
Índice de calidad IHF, QBR-And y ECOSTRIAND entre los puntos de muestreo	40
Análisis del uso de suelo en la cuenca del río Ambato	43
Evaluación de actividades antrópicas por puntos de muestreo	44
Evaluación general de actividades antrópicas en el río Ambato.....	46
Análisis de multivariado de correspondencia canónica (CCA)	47
Manejo y conservación de la cuenca hídrica del río Ambato.....	49
CAPÍTULO IV	62
DISCUSIÓN.....	62
Índices fisicoquímicos	62
Índice de calidad de agua – ICA Rojas.....	66
Grupos tróficos de macroinvertebrados.....	67
Índices bióticos	70
Índice de calidad IHF, QBR-And y ECOSTRIAND	73
Actividades antrópicas	75
CAPÍTULO V	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
LITERATURA CITADA.....	80
ANEXOS.....	95
Anexo 1. Plan de biomonitoreo del agua para el río Ambato	95
Anexo 2. Criterios de calidad permisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces.	146
Anexo 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola	147
Anexo 4. Criterios de calidad de agua.....	148
Anexo 5. Clasificación de la conductividad según la salinidad del agua de riego.....	148
Anexo 6. Índice de calidad de agua para España, Unión Europea, y OMS.....	149
Anexo 7. Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman los ICA.....	150
Anexo 8. Clasificación de los ICA.....	150
Anexo 9. Rangos de clasificación de los ICA	151
Anexo 10. Cuadro comparativo de BMWP y las diferentes adaptaciones vs el índice propuesto ABI (Andean Biotic Index)	151
Anexo 11. Clases de Estado Ecológico del índice ABI en Ecuador.	152
Anexo 12. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP-Col.....	153
Anexo 13. Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMPW/Col	153
Anexo 14. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice EPT	153
Anexo 15. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice adaptado para el río Ambato	154

Anexo 16. Tabla colimétrica adaptado de Trama et al., (2020); tomado de Acosta et al., (2009).	154
Anexo 17. Rango de calidad del IHF	154
Anexo 18. Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo et al., 2002).....	155
Anexo 19. Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).....	156
Anexo 20. Rangos de calidad de conservación de la vegetación de ribera propuestos para el QBR-And.....	157
Anexo 21. Escala metodológica del Manual de planificación para la Conservación de Áreas para análisis de factores antrópicos.....	157
Anexo 22. Criterios para obtener el valor combinado de contribución e irreversibilidad	157
Anexo 23. Grupos tróficos funcionales	158
Anexo 24. Coeficiente de correlación de Pearson	158
Anexo 25. Puntuación dada a los puntos de muestreo del río Ambato en el índice IHF.....	159
Anexo 26. Puntuación dada a los puntos de muestreo del río Ambato en el índice QBR-And	160
Anexo 27. Valorización de la contribución e irreversibilidad en los puntos de muestreo.....	160
Anexo 28. Estructura trófica de las familias encontradas en el río Ambato.....	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de muestreo en el río Ambato.....	8
Tabla 2. Análisis físico-químicos del río Ambato	22
Tabla 3. Índice de calidad de agua ICA Rojas 1991 del río Ambato	23
Tabla 4. Clasificación del ICA Rojas	23
Tabla 5. Abundancia de macroinvertebrados recolectados en el río Ambato	26
Tabla 6. Índices de biodiversidad en los puntos de muestreo del río Ambato	29
Tabla 7. Prueba Kruskal Wallis de abundancia entre puntos de muestreo	30
Tabla 8. Rangos de abundancia por puntos de muestreo	30
Tabla 9. Prueba Kruskal Wallis de abundancia entre los ramales del río Ambato ...	31
Tabla 10. Rangos de abundancia por ramal	31
Tabla 11. Similitud de familias de macroinvertebrados entre los puntos de muestreo	31
Tabla 12. Grupos tróficos funcionales en el río Ambato	34
Tabla 13. Índices de calidad ABI, BNWP-Col, EPT y Adaptado en los puntos de muestreo río Ambato.....	37
Tabla 14. Valoración de macroinvertebrados de acuerdo al índice ABI, BMWP-Col, EPT, Adaptado.....	39
Tabla 15. Índice de evaluación de hábitat fluvial – IHF	41
Tabla 16. Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).....	42
Tabla 17. Índice de estado ecológico Andino (ECOSTRIAND).....	42
Tabla 18. Evaluación global de las actividades antrópicas en los puntos de muestreo del río Ambato	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del río Ambato	5
Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	8
Figura 3. Parámetros físico-químicos que sobrepasan el Límite Máximo Permisible (LMP).....	21
Figura 4. Parámetros físico-químicos que no sobrepasan el límite máximo permisible (LMP).....	22
Figura 5. Número de órdenes, familias e individuos encontrados por punto de muestreo	24
Figura 6. Número de órdenes, familias e individuos encontrados en los tres ramales del río Ambato.	25
Figura 7. Riqueza específica de Margalef en los puntos de muestreo	27
Figura 8. Índice de equidad de Shannon en los puntos de muestreo	28
Figura 9. Índice de dominancia de Simpson en los puntos de muestreo	28
Figura 10. índice de equitatividad de Pielou en los puntos de muestreo	29
Figura 11. Dendrograma de similitud de las familias de macroinvertebrados entre puntos de muestreo en el río Ambato	32
Figura 12. Dendrograma de similitud de las familias de macroinvertebrados entre ramales del río Ambato	33
Figura 13. Porcentaje de grupos tróficos funcionales en el río Ambato	33
Figura 14. Cadena trófica en los puntos de muestreo	34
Figura 15. Indicadores biológicos en los puntos de muestreo. Los datos fueron normalizados estadísticamente para la escala de la figura.	38
Figura 16. Mapa de uso de suelo del cantón Ambato	43
Figura 17. Diagrama de cajas de actividades antrópicas en el río Ambato.....	46
Figura 18. Diagrama de correlación canónica de los puntos de muestreo M2, M4, M6, de acuerdo a las variables ambientales - antrópicas y la asociación de familias de macroinvertebrados.....	47

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCION DE POSGRADO
MAESTRIA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

**TEMA: CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y COMPOSICIÓN DE
COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO
AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA PARA ELABORAR UN PLAN
DE BIOMONITOREO Y GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.**

AUTOR: Alvaro Giovanny Acosta Rivera

TUTOR: Juan Carlos Carrasco Baquero, Mg

Los macroinvertebrados como indicadores biológicos han sido utilizados en estudios relacionados con la contaminación de los recursos hídricos. La presente investigación caracterizó la composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río Ambato. El objetivo del estudio fue determinar la calidad del agua en el ramal alto, medio y bajo del río utilizando parámetros físico-químicos en tres puntos de muestreo y captura de macroinvertebrados con red surber y captura directa en seis puntos con la finalidad de tener una herramienta de biomonitoreo hídrico con la aplicación de índices bióticos: Andean Biotic Index (ABI), BMWP-Col, ephemeroptera – plecoptera – trichoptera (EPT) y Adaptado, además se evaluó el estado ecológico andino (ECOSTRIAND) mediante la valoración de los índices hábitat fluvial (IHF) y calidad de ribera (QBR-And). En conjunto, de los 16 parámetros físico-químicos analizados seis presentaron valores fuera de los límites máximos permisibles para la preservación de flora y fauna en agua dulce, pero coliformes fecales y amonio (NH₄) sobrepasaron en los tres puntos muestreados. El índice de calidad de agua ICA-Rojas determinó de “buena calidad” en los dos primeros puntos y “mala calidad” en el tercer punto muestreado. Se registró un total de 4267 individuos distribuidos en 9 clases, 15 órdenes y 30 familias. Las familias más abundantes fueron Chironomidae, Baetidae y Hyalellidae. En el río Ambato los valores de riqueza y abundancia son bajos con dominancia de pocas familias. En la cadena trófica el grupo dominante son los

colectores recolectores, seguido por los raspadores, predadores, filtradores y fragmentadores, cadena lineal atribuida a la materia orgánica dentro del río. Los índices bióticos y el índice ECOSTRIAND demostraron degradación de la calidad del agua y del estado ecológico mientras desciende el río pasando de “buena calidad” a “pésima calidad” a lo largo del río. Los análisis de factores antrópicos señalaron que las actividades agrícolas, pecuarias, agropecuario mixto y asentamientos humanos generan más presión al cauce hídrico. El análisis de correspondencia canónica (CCA) mostró que las familias Glossifhonidae, Tubificidae y Physidae toleran mejor los impactos ambientales y antrópicos.

Palabras claves: Calidad del agua, cadena trófica, estado ecológico andino, índices bióticos, macroinvertebrados.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
DIRECCION DE POSGRAGO
MAESTRIA EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

**THEME: ECOLOGICAL CHARACTERIZATION AND COMPOSITION OF
MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE AMBATO RIVER
BASIN, PROVINCE OF TUNGURAHUA TO DEVELOP A PLAN FOR
BIOMONITORING AND WATER QUALITY MANAGEMENT.**

AUTHOR: Alvaro Giovanni Acosta Rivera

TUTOR: Juan Carlos Carrasco Baquero, Mg

Macroinvertebrates as biological indicators have been used in studies related to water resource contamination. The investigation characterized the composition of aquatic macroinvertebrate communities in the Ambato River. The study objective was to determine water quality in the upper, middle, and lower river course using physical-chemical parameters at three sampling points and macroinvertebrate capture with a Surber net and direct capture at six points to have a water biomonitoring tool with the application of biotic indices: Andean Biotic Index (ABI), BMWP-Col, Ephemeroptera - Plecoptera - Trichoptera (EPT) and Adapted; in addition, the Andean ecological status (ECOSTRIAND) was evaluated through the assessment of the fluvial habitat (IHF) and riparian quality (QBR-And) indexes. Overall of the 16 physical-chemical parameters analyzed, six showed values outside the maximum permissible limits for the preservation of flora and fauna in freshwater, but fecal coliforms and ammonium (NH₄) were exceeded at the three points sampled. The ICA-Rojas water quality index determined "good quality" at the first two points and "poor quality" at the third point sampled. A total of 4267 individuals of 9 classes, 15 orders, and 30 families were registered. The most abundant families were Chironomidae, Baetidae, and Hyalellidae. In the Ambato River, the richness and abundance values are low with the dominance

of a few families. In the trophic chain, the dominant group is the collectors, followed by grazers, predators, filter feeders, and shredders, a linear chain attributed to the organic matter in the river. The biotic indexes and the ECOSTRIAND index showed degradation of water quality and ecological status as the river descends from "good quality" to "poor quality" along the river. Analysis of anthropogenic factors indicated that agricultural activities, livestock, mixed farming, and human settlements generate more pressure on the watercourse. Canonical correspondence analysis (CCA) showed that the Glossiphonidae, Tubificidae, and Physidae families better tolerate environmental and anthropic impacts.

Keywords: Water quality, trophic chain, andean ecological status, biotic indexes, macroinvertebrates

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua ha estado entrelazada con la historia de la civilización humana, una simbiosis que permitió el desarrollo de las primeras comunidades agrícolas hasta la expansión de las áreas urbanas actuales y la industrialización (Gleick, 2003). Satisface de bienes y servicios, su conservación y adecuada utilización es importante en términos de desarrollo económico (González *et al.*, 2007), convirtiéndola en un recurso valioso y escaso que requiere de un manejo integral (Martínez & Villalejo, 2018).

El consumo de agua se ha incrementado exponencialmente desde la revolución industrial, el uso y ocupación del suelo se ha extendido sobre los recursos hídricos, ejerciendo presión e incrementando su deterioro y modificando el paisaje natural de los ríos (Martínez & Porcelli, 2017; Ortega *et al.*, 2018; Gastezzi *et al.*, 2017).

La diversidad de los ríos es tan grande como la diversidad geográfica del mundo, presentan un régimen hidrológico definido por las características de la cuenca y las precipitaciones con flujo bifásico de agua y sedimento (Vide, 2009). Su estudio se ha convertido en una disciplina importante por el mecanismo de autorregulación que presentan, la dinámica y complejidad ecológica, misma que garantiza riqueza y diversidad (García, 2014).

Los recursos hídricos constituyen un ecosistema diverso y dinámico con factores físicos, químicos y biológicos (Cardona *et al.*, 2008), crean corredores ecológicos y producen seguridad a la sociedad frente a las amenazas naturales como inundaciones y control de escorrentías (Lara, 2017; Gastezzi *et al.*, 2017).

Los mismos están sometidos a perturbaciones como la regulación y rectificación de cauces, contaminación de materia orgánica, la eutrofización, actividades mineras, entre otros (Alonso & Camargo, 2005). Además de los impactos que tiene frente al cambio climático y la sensibilidad del ciclo hidrológico con la variación de las precipitaciones y temperaturas (García *et al.*, 2020).

En Ecuador el acelerado y caótico crecimiento urbano como resultado de considerables corrientes migratorias internas y la proliferación de áreas marginales, determina la libre descarga de aguas servidas, formación de focos infecciosos y utilización de aguas no siempre aptas para consumo (Ros, 1995).

La mayor contaminación en los ríos ecuatorianos es de origen doméstico con descargas de aguas negras no interceptadas, situación que puede controlarse en parte a través de mecanismos como: la separación de tuberías pluviales y cloacales, control mejorado de la corriente del agua residual y la ampliación de las plantas de tratamiento (Pauta *et al.*, 2020). Sin embargo, la mayoría de metrópolis con problema de liquidez económica no pueden permitirse un adecuado manejo de aguas negras, por lo que, una combinación de infraestructura verde y gris puede implementarse como una nueva medida para dar solución (Mowbray, 2022).

En el marco legal ecuatoriano los GADs además de prestar el servicio público de agua potable y alcantarillado tienen la competencia de la depuración de las aguas residuales (Consejo Nacional de Competencias, 2019), sin embargo, de los 215 municipios del país, solo el 62% trata el agua residual, mientras que en el resto no realiza ningún tipo de tratamiento (AME-INEC, 2016).

Por otro lado, el incremento de actividades antrópicas con la introducción de agentes contaminantes como el desarrollo de la minería artesanal e ilegal se están convirtiendo en causantes de graves daños en los sectores cercanos a ríos o efluentes (Oviedo *et al.*, 2017).

Reconocer la importancia que tienen para la sociedad los componentes que conforman los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad posibilita atender intereses relacionados con la calidad del agua utilizando mecanismos prácticos y eficaces (Castro & Lacabana, 2005; Retamal *et al.*, 2013).

Tradicionalmente la calidad del agua se ha basado en análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, pero en los últimos años se ha aceptado la inclusión de macroinvertebrados para la valoración de la calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2016; Posada *et al.*, 2008). Las dos primeras muestran varias fuentes de contaminación orgánica, mientras que la última refleja la respuesta ambiental frente a varios factores de polución (Durán, 2016).

Un proceso que evalúa la salud de los ríos es el biomonitoreo acuático mediante índices biológicos de calidad y la relación que presentan con los parámetros fisicoquímicos (Campo *et al.*, 2019), constituye una herramienta de gran utilidad y relativamente de bajo costo por lo que es ampliamente utilizada en todo el mundo (Springer, 2010).

Los indicadores generados mediante el biomonitoreo permiten hacer análisis estadísticos de cambios en la calidad del recurso hídrico (Castro *et al.*, 2014), además que faculta utilizar la información en decisiones adecuadas de gestión (Morales, 2007).

Los macroinvertebrados como indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, lo que permite comparar condiciones pasadas y presentes, además determinar eventos puntuales de toxicidad la cual resulta en un amplio rango ante las perturbaciones o la contaminación (Springer, 2010). La composición de las comunidades de los mismos refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2016). Por lo tanto, el estudio de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua con la integración y aplicación de metodologías que incluyen índices de calidad de hábitat fluvial y estado de vegetación de ribera determinará el estado ecológico de los ríos (Pardo *et al.*, 2002; Prat *et al.*, 2009; Acosta *et al.*, 2009).

Si bien a nivel de la región andina se han utilizado los índices biológicos de calidad de agua en Colombia y Perú, aún es necesario ampliar el conocimiento de la diversidad de macroinvertebrados y su función como bioindicadores (Meneses *et al.*, 2019; Roldán, 2016). La falta de métodos eficaces y la carencia de una validación de dichos métodos hacen poco comparables los estudios de calidad ecológica entre ríos o entre países de la región (Acosta *et al.*, 2009).

A través de un mayor conocimiento de estos factores se podrán emplear índices bióticos y de diversidad que permitan una mayor comprensión de la estructura de la comunidad, sus microhábitat y sus nichos ecológicos (Roldán, 2016). Por ello es importante avanzar en los estudios para implementar índices que evidencian con más precisión la calidad del agua de los ríos altoandinos (Meneses *et al.*, 2019), unir esfuerzos entre investigadores, universidades, sector gubernamental y actores involucrados que permita un adecuado manejo de los recursos hídricos (Springer, 2010a).

Como se demostró en los párrafos anteriores, los pocos estudios hidrobiológicos en Ecuador sobre ríos naturales o no alterados y su comparación con sectores afectados por actividades hace que no existan datos suficientes en la bibliografía sobre la estructura de las comunidades bentónicas, calidad de aguas, contaminación y los numerosos aspectos relacionados con ellos (Carrasco *et al.*, 2020). Por otro lado, según el Observatorio Socio Ambiental de la FLACSO (2008), el uso del agua en el sector productivo demuestra que el río Ambato padece los efectos de los desechos de las industrias en el agua y la biodiversidad.

Finalmente, el presente informe de investigación describe los resultados del estudio realizado en el río Ambato que tiene como objetivo principal determinar el estado ecológico y la composición de comunidades de macroinvertebrados de la cuenca. Dicho estudio permitió una valoración de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físico-químico, además de caracterizar las actividades antrópicas para elaborar un plan de monitoreo y gestión de la calidad del agua de la cuenca del río.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la subcuenca del río Ambato, dicha unidad hidrográfica se encuentra en la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Ecuador, en el cantón Ambato provincia de Tungurahua. Tiene una orientación hacia el este, por lo que sus aguas son parte de un sistema hídrico de montaña andino que posteriormente forma la cuenca alta del río Pastaza que desemboca en el río Amazonas.

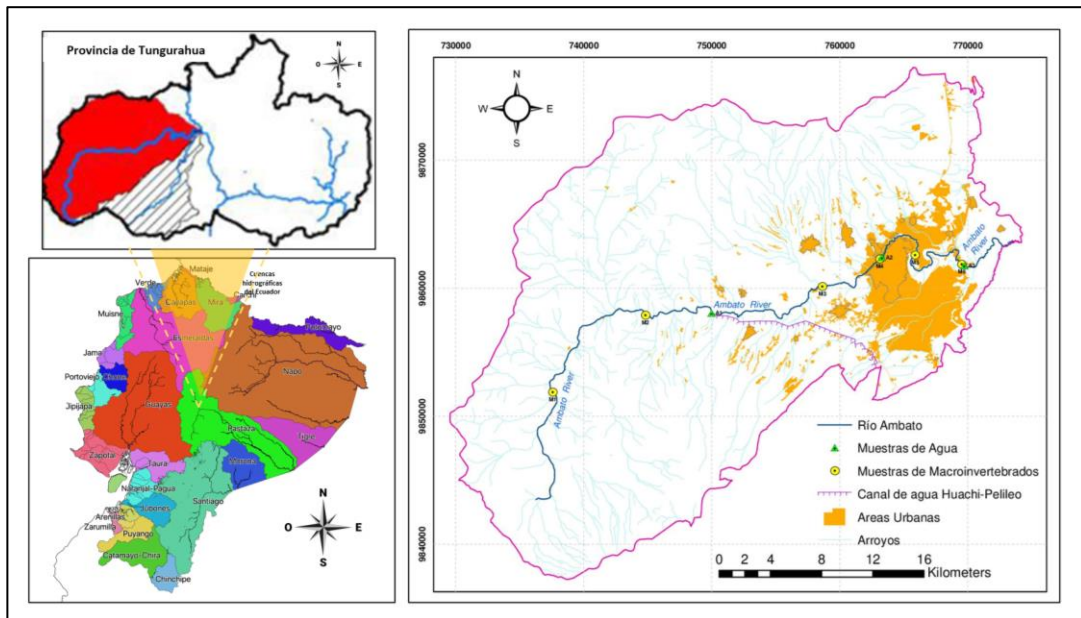


Figura 1. Mapa de ubicación del río Ambato
Fuente: ArcMap 10.5

El ciclo hidrológico comienza sobre los 3600 m.s.n.m de altitud, en los ecosistemas de absorción hídrica de los páramos de la reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Casahuala y Pilishurco, los cuales abarcan el agua formando 127 ríos, 237 quebradas, 80 lagunas y 244 riachuelos encauzándose para formar la principal red hídrica del río Ambato

Según el mapa de Vegetación 2013 MAE, en la microcuenca del río Ambato sobre los 3.600 msnm se cuentan con un total de 55.858 ha, de las cuales 87% están conformadas por ecosistemas naturales, 12% por áreas productivas y 1% por cuerpos de agua.

La unidad hidrográfica del río Ambato, presenta una precipitación anual entre 400mm y 600mm concentrándose la época más lluviosa en los periodos de marzo a junio y de octubre a noviembre. Presenta una variación de temperaturas que va de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los puntos más altos y $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en los más bajos, siendo el mes con mayor temperatura en noviembre y el más frío en julio (Mendoza *et al.*,2016; Pérez, 2015).

La cuenca del río Ambato presenta una superficie de 130.173 ha. correspondiente al 38,4% de la superficie total de la provincia. Geomorfológicamente el río Ambato tiene una área de 927 km^2 por lo que se clasifica como una cuenca de tamaño intermedio – grande (Mendoza *et al.*,2016).

En relación a la clasificación de Pfafstetter, una metodología utilizada para describir mediante una codificación jerarquizada de dígitos decimales las topologías de las cuencas (Ripoll, 2016), la subcuenca del río Ambato presenta la codificación 4996827; la cual limita al norte con la cuenca del río Cutuchi al sur con la microcuenca del río Pachanlica, al este con la subcuenca de los ríos Cutuchi y Patate y al oeste las subcuencas de los ríos Babahoyo y Yaguachi (Mendoza *et al.*,2016; Pérez, 2015).

Según el INAMHI, el río Ambato en época de invierno conduce un caudal de aproximadamente $7\text{ m}^3/\text{s}$ y en verano de $3\text{ m}^3/\text{s}$. La cuenca del río Ambato es de vital

importancia para la provincia, presenta un uso preponderantemente agrícola, el ciclo de la cuenca tiene 741 concesiones para uso y aprovechamiento de agua, destinando $10\text{m}^3/\text{s}$ para riego y el $1,16\text{m}^3/\text{s}$ para el consumo humano (Pérez, 2015).

Puntos de muestreo

Al río Ambato se subdividió en 3 ramales o zonas: alta, media y baja, donde se tomaron 6 puntos de muestreo para colecta de macroinvertebrados (dos puntos por cada ramal). Para determinar los 6 puntos de muestreo se analizó una distancia mayor a 3km y que no sobrepasara 5km con la finalidad de cubrir la mayor parte del cuerpo hídrico, además de estar condicionado con el gradiente altitudinal, niveles de intervención antrópica y topografía del área. La recolección de muestras se realizó en época seca en el mes de septiembre.

Posterior a ello se colectaron macroinvertebrados haciendo dos repeticiones por punto de muestreo por cada ramal, a los ramales se los caracterizó de la siguiente manera: al ramal alto (zona con mínima intervención antrópica que termina con la desviación del caudal en la bocatoma Ambato - Huachi Pelileo, importante por la desviación del caudal para uso en la agricultura y la potabilización), ramal medio (zona con impacto antrópico debido a la agricultura, ganadería, urbanización, turismo), ramal bajo (zona de intervención antrópica y presencia de planta de tratamiento de aguas residuales, el río Ambato recupera el caudal por las descargas de los colectores y vertientes) (Tabla 1, Figura 2).

Para la recolección de las muestras de agua se seleccionaron tres puntos de muestreo uno por cada ramal (Figura 2). Los puntos donde se tomaron las muestras de agua fueron en el mismo lugar donde se tomó una de las dos muestras de macroinvertebrados por ramal. Sin embargo, el punto A1 se tomó en la bocatoma Huachi Pelileo esto dado que la segunda repetición para completar la segunda muestra de macroinvertebrados

del punto M2 se la realizó cerca a este lugar. Todos los puntos de muestreo fueron registrados mediante el uso del GPS (Tabla 1).

Tabla 1. Puntos de muestreo en el río Ambato

Muestras	ID	N.º	Sitio de muestreo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Macroinvertebrados	La Esperanza	M1	Ramal alto	737543	9851869	3816
	Calamaca	M2	Ramal alto	744802	9857902	3054
	Tilulún	M3	Ramal medio	758651	9860127	2741
	La Delicia	M4	Ramal medio	763411	9862764	2522
	Pishilata	M5	Ramal bajo	765853	9862639	2422
	Las Viñas	M6	Ramal bajo	769510	9861838	2268
Agua	Bocatoma Huachi-Pelileo	A1	Ramal alto	749974	9858072	2952
	La Delicia	A2	Ramal medio	763411	9862764	2522
	La Viñas	A3	Ramal bajo	769510	9861838	2268

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

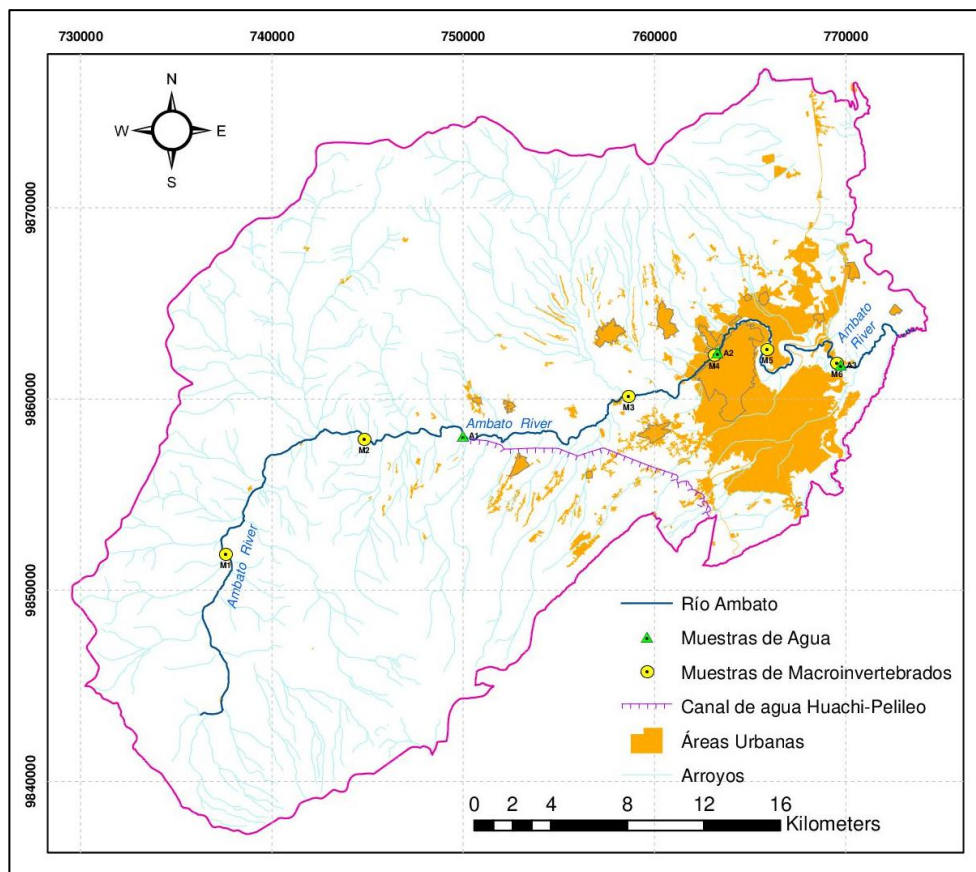


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Fuente: ArcMap 10.5

Metodología

Parámetros físico-químicos del agua

Se realizaron análisis físicos y químicos de agua por cada ramal a lo largo del río Ambato. En cada muestra se aplicó la norma técnica NTE INEN 2 169 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013) calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, para la cual se tomaron 3 frascos de agua, 2 de 240 ml y uno de 60ml. Los envases fueron etiquetados y preservados en una caja cooler a 4 °C para ser enviados a los laboratorios Elicrom Cia. Ltda. en la ciudad de Guayaquil quienes son acreditados por el órgano rector ambiental en el país.

Los parámetros analizados fueron: coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), amonio (NH_4), fósforo total (PT), nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), sulfatos, calcio, magnesio, conductividad, dureza total, oxígeno disuelto y turbidez. Además, se tomaron datos *in-situ* de pH y temperatura con una sonda multiparamétrica HANNA HI9146-04. Todos ellos son parámetros físicos y químicos que permiten analizar el recurso hídrico dentro de la potabilización, contacto primario, riego y mantenimiento de la biodiversidad (Samboni *et al.*, 2007).

Los parámetros físicos y químicos fueron comparados con los parámetros de los “criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en agua dulce, fría o cálida” (Anexo 2) de la norma de calidad ambiental y descarga de afluentes al recurso agua del Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) (Ministerio del Ambiente, 2017).

Índices paramétricos

En el presente estudio se aplicó un índice con parámetros físicos y químicos, cuatro índices de diversidad y equidad, y siete índices con indicadores biológicos para determinar la calidad del agua.

Cálculo de índice de calidad de agua - ICA

En la valoración de la calidad del agua se trabajó con el índice ICA-Rojas que es una adaptación para la región del río Cauca, y se caracteriza por la reducción de parámetros basados en el análisis de la conducta de éstos en el tiempo y espacio (Torres *et al.*, 2008). Para el cálculo de los índices se trabajó con cinco parámetros (OD (oxígeno disuelto), pH, DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), coliformes fecales, turbidez) de los 6 que lo conforman: OD (oxígeno disuelto), pH, DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), coliformes fecales, Turbiedad, sólidos disueltos totales, (Anexo 7).

Para el cálculo del índice ICA Rojas no se contó con un parámetro (sólidos totales disueltos) por lo que se procedió a realizar un recálculo del peso del valor total del índice. Así pues, el valor del peso del parámetro faltante se sumó y se dividió para el número de parámetros existentes en el índice, dicho resultado se sumó a cada peso de los parámetros que tenían su valor. De esta forma, el peso del parámetro faltante es distribuido entre los parámetros presentes para no alterar el valor total del índice (Universidad Pamplona Colombia, 2010).

Para el cálculo de los pesos de cada parámetro se trabajó con las curvas-promedio ponderadas descritas en Samboni *et al.* (2007). Con la suma de los pesos de cada parámetro y la clasificación de los ICA de Torres *et al.*, (2008) (Anexo 8-9) se determinó la calidad del agua en los ramales del río Ambato.

Recolección de macroinvertebrados

Para la recolección de macroinvertebrados se aplicó la metodología propuesta por Posada *et al.* (2008), la cual consiste en realizar tres repeticiones para completar 1 m² de sustrato en un tramo de 100 m de cuenca hidrográfica, para ello se utilizó una red surber con una malla de 250 μ m la cual se sumergió hasta asentar en el fondo del río,

donde se removió de forma directa y manual piedras y material vegetativo para levantar el sustrato y que los organismos sean arrastrados por la corriente a la red.

El material recolectado se colocó en bandejas plásticas blancas y con la ayuda de pinzas entomológicas se realizó la recolección de individuos en los 6 sitios de muestreo anteriormente descritos.

Para complementar el muestreo y dado el sustrato rocoso de la cuenca en estudio también se recolectó de forma directa con un esfuerzo de muestreo de 4 personas durante 15 minutos, por lo que se levantaron rocas, ramas o plantas sumergidas donde se encuentran los organismos adheridos, los cuales fueron tomados con pinzas entomológicas. Este método se realizó dentro de cada punto de muestreo abarcando un área de la cuenca entre 10 a 15 m² (Palma *et al.*, 2014).

Las muestras se fijaron en alcohol metílico al 70% y se almacenaron en recipientes de vidrio debidamente etiquetados para su transporte al laboratorio.

El material biológico fue tamizado y se colocó en cajas petri. Las muestras una vez tamizadas se colocaron en frascos de vidrio con alcohol metílico al 70% debidamente etiquetados y rotulados.

Identificación de macroinvertebrados

Durante la fase de identificación se trabajó con un estereoscopio Leica SAPO del laboratorio de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

La identificación se realizó hasta el nivel taxonómico de familia con la ayuda de claves dicotómicas de las familias existentes, además de guías de identificación de macroinvertebrados y literatura científica. Algunas guías taxonómicas utilizadas en el

presente estudio fueron: Cummins & Merritt (1996), Flowers & de la Rosa (2010), Gutiérrez-Fonseca (2010), Springer (2010b), Pes *et al.* (2018), Benetti *et al.* (2018), Fusari *et al.* (2018), Jordana & Arbea (1989), Ospina Sánchez *et al.* (2009), Barcia *et al.* (2012), Dominguez *et al.* (2009), Oscoz *et al.* (2010).

Posterior a ello se procedió a contabilizar el número de individuos y sistematizar la información en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Finalmente, los organismos se almacenaron agrupándolos en familias por sitio de muestreo dentro de tubos eppendorf de 5 ml con alcohol metílico al 70% para su conservación. Los tubos eppendorf fueron separados y colocados dentro de frascos de vidrios los cuales fueron rotulados y etiquetados con datos de localidad, cuenca, fechas y nombre de colector; las muestras fueron depositadas en el museo de entomología (licencia: CCBY-NC4.0) de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

Índices de diversidad y equidad

Se aplicaron los índices de biodiversidad de Margalef, Shannon-Weaver, Simpson y Pielou. Margalef (1951) permitió calcular la riqueza específica de las familias (S) encontradas en los puntos de muestreo; describe que un índice con un valor menor que 2,00 presenta baja riqueza de especies y valores cercanos o superiores a 5,00 refleja riqueza alta de especies.

$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

S = Número de especies presentes

N = Número total de individuos

Para estimar la diversidad biológica del ecosistema se calculó el índice de diversidad proporcional de Shannon-Weaver (H') el cual se expresa con un valor que varía de 0 a

5, teniendo un valor normal entre 2 y 3, donde un índice inferior a 2 se considera bajo y superior a 3 alto (Shannon & Weaver, 1948).

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde:

S = número de especies (riqueza de especies)

p_i = proporción de individuos de cada especie respecto al total: n_i/N

n_i = número de individuos de la especie i

N = número de individuos de todas las especies

Se cuantificó el índice de dominancia de Simpson (λ) el cual representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie. Parte de valores que tienen un rango entre 0 a 1, donde la dominancia presenta valores más cercanos a 1; al ser inversamente proporcional los valores cercanos a 0 presentan mayor diversidad (Simpson, 1949).

$$\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Donde:

S = número de especies

p_i = abundancia proporcional de la especie i

El índice de equidad de Pielou (J') el cual mide la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada; el valor del índice va de 0 a 1 en la que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y 0 señala la ausencia de uniformidad (Mugarran, 1988).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

H' = Diversidad de Shannon

$H' \text{ max} = \text{Máxima diversidad expresada} = \ln(S)$

Evaluación de grupos tróficos funcionales.

La evaluación de los grupos de alimentación funcional de los macroinvertebrados permite comprender el ciclo de nutrientes y la transformación de la materia orgánica, por lo tanto, una evaluación del intercambio de energía con las riberas del río. El enfoque de encontrar grupos de alimentación funcional clasifica las colecciones cualitativas de macroinvertebrados de acuerdo con sus adaptaciones morfológico-comportamentales para la adquisición de alimentos Cummins *et al.* (2005).

Además se realizó una búsqueda bibliográfica de la dieta que sigue cada familia de macroinvertebrados y se clasificó según Cummins *et al.* (2005) (Anexo 23).

Indicadores biológicos para determinar la calidad del agua

Índice ABI

Para la evaluación de la calidad del agua con el índice ABI se utilizaron las puntuaciones dadas a las familias por Acosta *et al.* (2009) y Rios *et al.* (2014), esto debido a que es un índice específico para áreas andinas sobre los 2000 m.s.n.m. ,y, que toma en cuenta las características ecológicas y geográficas (Anexo 10).

Los valores numéricos asignados a cada familia tienen una variación de 1 a 10 dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. La suma de los valores de todas las familias encontradas en cada sitio de muestreo determinó el valor del ABI. Para la asignación de las categorías de calidad del agua según el ABI se utilizó la clasificación de Acosta *et al.* (2009) para Ecuador (Anexo 11).

Índice BMWP-Col

Se calculó el índice BMWP-Col, una adaptación del índice BMWP para Colombia, el nivel de sensibilidad toma un puntaje de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación, para las valoraciones se utilizó los puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos de Roldán (2003), disponible en Roldán (2016), ver en (Anexo 12).

La suma de los puntajes de todas las familias generó el valor BMWP-Col, y se asignó la calidad del agua mediante la tabla de clasificación de Roldán (2003) ver (Anexo 13); disponible en Durán (2016).

Las familias que no se encontraron en las tablas de ponderación para generar una puntuación no se tomaron en cuenta y se marcó como “SD” (sin dato).

Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Para el análisis del índice se trabaja con los tres órdenes de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) dado que son indicadores de la calidad del agua y presentan más sensibilidad a los contaminantes. Se utilizó la metodología propuesta por Carrera & Fierro (2001), adaptando la presente fórmula: $ETP/(EPT+OLI+QUI+CER)$.

Para lo cual, se suma todos los individuos EPT presentes y obtenemos su abundancia, como segundo paso se suma la abundancia EPT más oligoquetos, quironómidos, ceratopogónidos finalmente procedemos a dividir (Anexo 14).

Índice adaptado al río Ambato

Con el fin de darle una puntuación a las familias que no se encontraron en los índices anteriormente expuestos se realizó una revalorización para generar una puntuación a todas las familias encontradas en el río Ambato.

El primer paso para este índice fue hacer un análisis estadístico del coeficiente de correlación de Chi-Cuadrado de Pearson y la prueba t de student (Anexo 24), el cual nos indica el grado de relación y significancia que tienen las variables físico químicas del agua con las familias recolectadas y observar su nivel de asociación; para los rangos de correlación se utilizó los descriptos por Martínez *et al.* (2009) (Anexo 15). Luego se procedió hacer revisión bibliográfica y observar las características del hábitat de cada familia y su adaptabilidad. El nivel de sensibilidad toma valor de 1 a 10 y para la valoración de calidad se utilizó el puntaje adaptado para las familias de macroinvertebrados del río Ambato (Anexo 15).

Índice de estado ecológico Andino (ECOSTRIAN)

Es un índice que pretende valorar de forma global la calidad del ecosistema fluvial, incluyendo la ribera, además de la calidad de las aguas y de la comunidad de macroinvertebrados (Acosta *et al.* 2009). Su resultado es la combinación de los valores estimados del índice IHF, ABI y QBR-And como se muestra en el Anexo 16.

Índice de evaluación de hábitat fluvial (IHF)

La calidad del hábitat se evaluó a partir del índice IHF propuesto por Pardo *et al.* (2002), el cual fue aplicado sin cambios debido a que la mayoría de las características físicas del hábitat fluvial evaluadas en sus seis apartados se encuentran en los ríos altoandinos Acosta *et al.* (2009). El IHF consta de 7 apartados donde se valoró las características físicas del cauce fluvial (Anexo 17-18). La suma de cada uno de los

apartados es la puntuación final del índice. Para un mejor análisis en campo se siguieron las indicaciones adicionales del índice, presentado por Jáimez *et al.* (2002).

Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And)

Es un índice que permite una valoración del bosque de ribera desde un punto de vista estructural y funcional (Rodríguez *et al.*, 2012); para la aplicación del índice se trabajó con la metodología propuesta por Acosta *et al.* (2009) que es una adaptación para la región Andina.

Para la evaluación de la vegetación de ribera andina, se realizó mediante observación de máximo 100 metros lineales del río donde se obtiene datos de 4 apartados: grado de cubierta de la ribera, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado de naturalidad del canal fluvial. Cada apartado tiene una puntuación máxima de 25 puntos, por lo que una puntuación de 100 en los 4 apartados significaría un QBR-And perfectamente conservada

En dicha adaptación se consideró la variación vegetal andina de tipo 3, ribera conformada por una comunidad arbórea o arbustiva muy diversa dentro de un rango altitudinal de 2000 y 4000 msnm (Anexo 19). Finalmente se determinó los rangos de calidad y conservación propuestos para el índice QBR-And (Anexo 20).

Evaluación de actividades antrópicas en la cuenca del río Ambato

Se identificaron los factores antrópicos del área de estudio mediante el mapa de uso de suelo de la base de datos del Geoportal de SIGTIERAS-MAG (2022), generado mediante el software de información geográfica ArcGis versión 10.5. Además, para un análisis más profundo y determinar las actividades antrópicas específicas se utilizó la técnica de observación directa con visitas *in situ* a los puntos de muestreo.

La información fue recopilada en fichas de registro de actividades antrópicas. Para la valoración de las actividades (fuentes de presión) se utilizó la metodología propuesta en el Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, de Granizo *et al.* (2006) ver (Anexo 21,22). Para dicha valoración se consideró el parámetro de contribución e irreversibilidad sobre el ecosistema de ribera de las microcuencas del río Ambato.

Análisis multivariados

Prueba de Kruskall Wallis

Para el análisis de los datos registrados en Excel se utilizó el software estadístico IBM SPSS statistics 25.0 e InfoStat 2018. En la comparación de la abundancia de individuos de las familia de macroinvertebrados en los puntos de muestreo se aplicó la prueba de Kruskall Wallis un método no paramétrico para datos no pareados que permiten comparar o determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos (Amat Rodrigo, 2016).

Coeficiente de Jaccard

En la estimación de la similitud entre las comunidades de macroinvertebrados en los puntos de muestreo se utilizó el índice de Jaccard, ya que hace referencia a las similitudes entre el número de familias comunes versus la riqueza total (Halfpter *et al.*, 2005).

Análisis multivariado de correspondencia canónica (CCA)

Es un método multivariante de datos que nos ayudan a ordenar un conjunto complejo de datos. Para el análisis de correspondencia canónica se trabajó con las variables ambientales, factores antrópicos y las familias encontradas en los puntos M2, M4, M6 del río Ambato. Primero se realizó un análisis de correlación de Pearson para

seleccionar las variables más representativas (coliformes fecales, agrícola, DBO, turbidez, temperatura, pH, NO₃, OD, IHF) con las variables seleccionadas y la abundancia de las familias de los puntos de muestreo se corrió en el programa estadístico PAST 4.0. para la obtención de resultados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

Parámetros físico-químicos del río Ambato

En una comparación de los resultados de los 16 parámetros analizados en el río Ambato con el límite máximo permisible de cada uno establecidos en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, se determinó que 6 presentan valores fuera de los límites máximos permisibles al menos en uno de los puntos de muestreo. Los parámetros fueron: coliformes fecales, DBO (demanda bioquímica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), amonio, nitritos, OD (oxígeno disuelto) (Figura 3, Tabla 2).

Los coliformes fecales (NMP) presentaron valores superiores a los permisibles para la preservación de la flora y fauna en los tres puntos de muestreo. Los parámetros DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y DQO (demanda química de oxígeno), en el ramal bajo presentaron un valor de 33,9 mg/L y 90 mg/L respectivamente siendo mayores al límite permisible de la calidad de agua (Figura 3, Tabla 2).

El NH_4 en los 3 ramales presentaron valores superiores al límite permisible (0,05 mg/L), sin embargo, el ramal bajo con 39 mg/L representa el valor más alto (Figura 3, Tabla 2).

Los nitritos en el ramal medio presentaron un valor de 0,303 mg/L superando el límite máximo permisible de 0,2 mg/L (Figura 3, Tabla 2).

Los resultados del OD (oxígeno disuelto) presentan un porcentaje menor al límite permisible (no menor al 80%) en el ramal medio y bajo con valores de 76,4% y 30% respectivamente (Figura 3, Tabla 2).

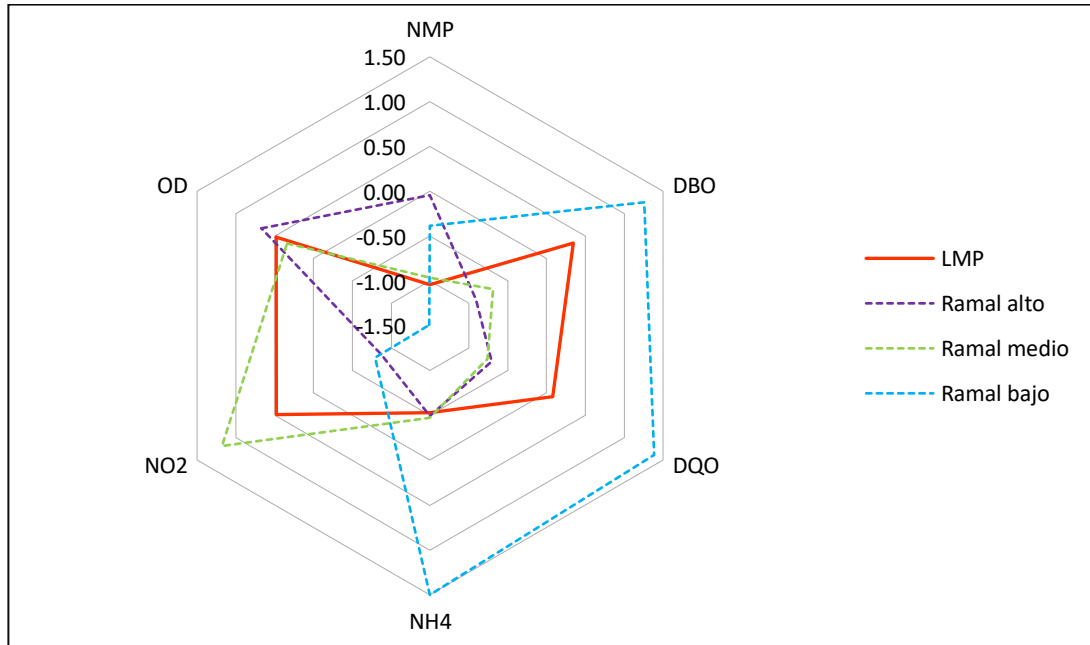


Figura 3. Parámetros físico-químicos que sobrepasan el Límite Máximo Permisible (LMP). Los datos fueron normalizados estadísticamente para la escala de la figura.

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Los 10 parámetros como: “fósforo total” (PT), “nitratos” (NO_3), “sulfatos” ($\text{SO}_4\text{-}2$), “calcio” (Ca), “magnesio” (Mg), “conductividad” (CE), “dureza total” (CaCO_3), “turbidez” (NTU), “pH” y “temperatura” se encuentran dentro de los límites permisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas y uso agrícola del TULSMA (Tabla 2) (Figura 4).

El parámetro de conductividad eléctrica (CE) a pesar de tener un máximo de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; el tramo alto y bajo presentan una conductividad buena (250-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$) con un valor de 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 416 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente y el tramo bajo una conductividad permisible (750-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) con un valor de 814 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según la clasificación de James *et al.* (1982).

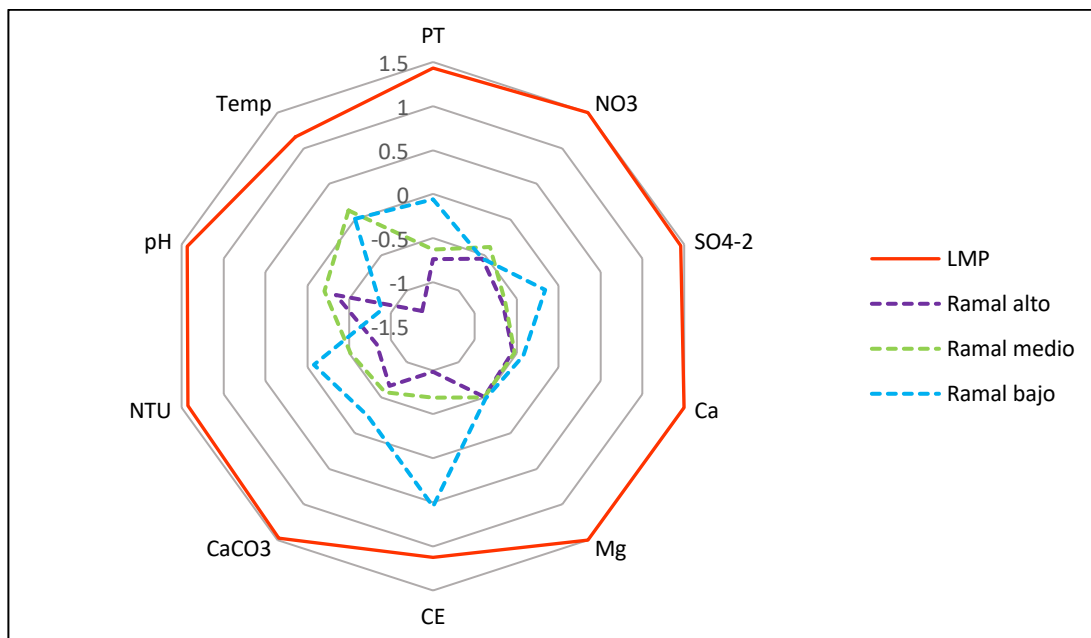


Figura 4. Parámetros físico-químicos que no sobrepasan el límite máximo permisible (LMP). Los datos fueron normalizados estadísticamente para la escala de la figura.

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Tabla 2. Análisis físico-químicos del río Ambato

Parámetros		Unidades	LMP	Ramal alto	Ramal medio	Ramal bajo
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	100	500,00	180,00	380,00
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO	mg/L	20	0,81	4,23	33,9
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	40	10	8	90
Amonio	NH4	mg/L	0,05	0,700	1,100	39,000
Fosforo total	PT	mg/L	10	0,26	0,75	3,32
Nitratos	NO3	mg/L	13	0,2	1,2	0,2
Nitritos	NO2	mg/L	0,2	0,002	0,303	0,013
Sulfatos	SO4-2	mg/L	250	14	17	70
Calcio	Ca	mg/L	100	6,92	7,99	12,59
Magnecio	Mg	mg/L	50	2,7	2,8	3,2
Conductividad	CE	μS/cm	3000	322	416	814
Dureza total	CaCO3	mg/L	500	94	110	174
Oxígeno Disuelto	OD	%	>80%	84,9	76,4	30
Turbidez	NTU	NTU	100	7,21	20,1	38,1
pH			6,5 - 9	7,7	7,8	7,3
Temperatura		°C	20	11,7	16,5	16,1

Fuente: Trabajo de campo, 2021

Nota: El valor de la columna LMP (Límite máximo permisible) se consideró “criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en agua dulce, fría o cálida” de la norma de calidad ambiental del Ecuador del libro VI del TULSMA. Valores pintados de color fucsia representan niveles que triplican los LMP, color amarillo valores que sobrepasan del LMP.

Índice de calidad de agua – ICA Rojas

Según el indicador ICA Rojas el ramal alto y medio se encontraron en un rango de 4 que equivale a “agua buena”, mientras que el ramal bajo correspondió a un valor de “aceptable” (Tabla 4).

Tabla 3. Índice de calidad de agua ICA Rojas 1991 del río Ambato

Parámetro				Ramal alto			Ramal medio			Ramal bajo		
	W. ICA Rojas	W (sin STD)	W corregido	Ramal alto	Índice de calidad	Índice*Wc	Ramal medio	Índice de calidad	Índice*Wc	Ramal bajo	Índice de calidad	Índice*Wc
Oxígeno Disuelto	0,25	0,25	0,272	84,9	0,89	0,242	76,4	0,79	0,215	30	0,2	0,054
pH	0,17	0,17	0,192	7,7	0,89	0,171	7,8	0,88	0,169	7,3	0,9	0,173
Demanda bioquímica de oxígeno	0,15	0,15	0,172	0,81	0,9	0,155	4,23	0,98	0,169	33,9	0,37	0,064
Coliformes Fecales	0,21	0,21	0,232	500	0,28	0,065	180	0,19	0,044	380	0,16	0,037
Turbidez	0,11	0,11	0,132	7,21	0,86	0,114	20,1	0,6	0,079	38,1	0,48	0,063
Sólidos Totales Disueltos	0,11											
	Total	1	0,89	1		0,74624			0,67568			0,39132
	(resta)W. ICA Rojas - STD	0,11										
	Peso proporcional	0,022					Agua tipo 4 = buena		Agua tipo 4 = buena			Agua tipo 3 = aceptable

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Tabla 4. Clasificación del ICA Rojas

	ICA Rojas	Rango de clasificación	Clasificación ICA Rojas
Ramal alto	74,62	4	Buena
Ramal medio	67,56	4	Buena
Ramal bajo	39,13	3	Aceptable

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Composición de macroinvertebrados en el río Ambato

En el área de estudio se registraron un total de 4267 individuos distribuidos en 9 clases, 15 órdenes y 30 familias. Las familias más abundantes fueron Chironomidae con 2654, Baetidae con 519 y Hyalellidae con 321 individuos (Tabla 6 y Figura 5).

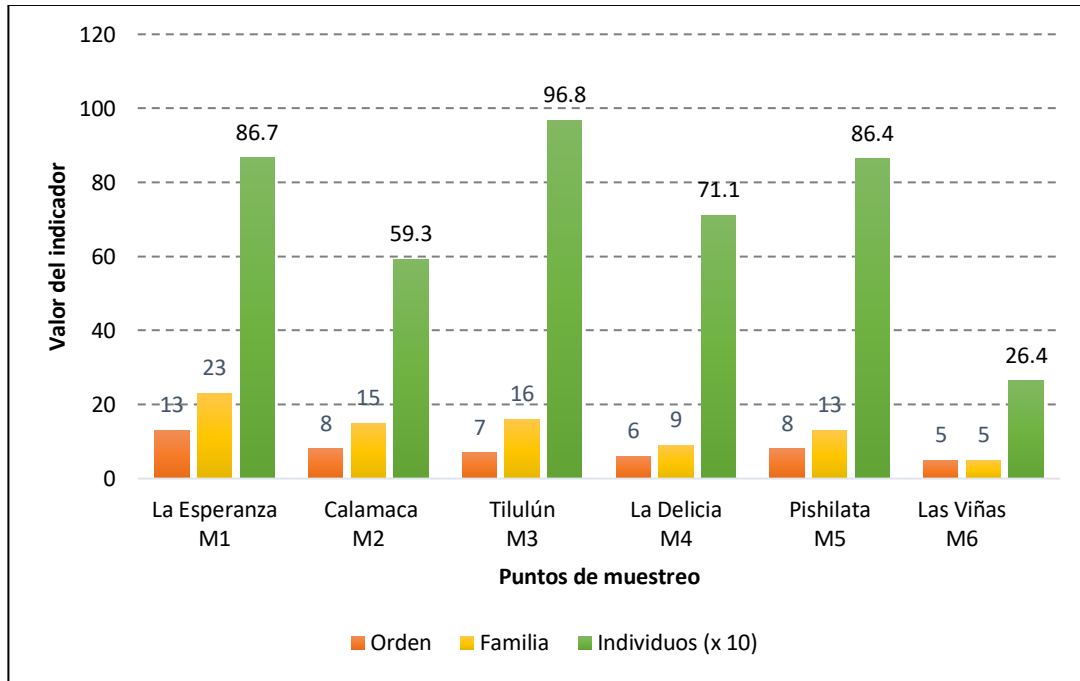


Figura 5. Número de órdenes, familias e individuos encontrados por punto de muestreo – El número de individuos se dividió para 10 con el fin de normalizar la escala de los datos en el gráfico.

Fuente: Alvaro Acosta, 2021

El ramal alto correspondiente a los puntos de muestreo M1 y M2 ubicados a una altitud de 3816 y 3054 m.s.n.m. respectivamente, presentó 13 órdenes, 24 familias y 1460 individuos, en el ramal medio presentaron 8 órdenes, 17 familias y 1679 individuos, y el ramal bajo un total de 1128 individuos, 15 familias y 10 órdenes (Figura 6).

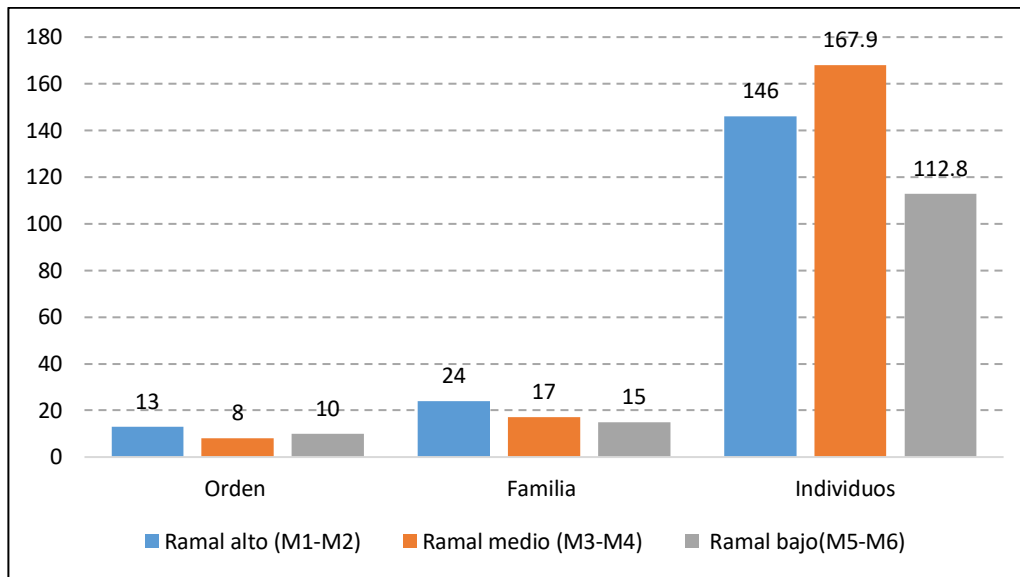


Figura 6. Número de órdenes, familias e individuos encontrados en los tres ramales del río Ambato - El número de individuos se dividió para 10 con el fin de normalizar la escala de los datos en el gráfico.

Fuente: Alvaro Acosta, 2021

Tabla 5. Abundancia de macroinvertebrados recolectados en el río Ambato

Clase	Orden	Familia	Ramal Alto			Ramal Medio			Ramal Bajo			Total
			La Esperanza (M1)	Calamaca(M2)	Subtotal	Tilulún (M3)	La Delicia (M4)	Subtotal	Pishilata (M5)	Las Viñas (M6)	Subtotal	
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	41	1	42	0	0	0	0	0	0	42
Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	43	4	47	2	3	5	0	1	1	53
Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae	5	0	5	0	0	0	3	0	3	8
	Entomobryomorpha	Isotomidae	3	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Gastropoda	Pulmonata	Physidae	0	0	0	0	6	6	70	9	79	85
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	0	1	0	0	0	0	21	21	22
Insecta	Coleoptera	Elmidae	23	2	25	1	1	2	0	0	0	27
		Scirtidae	14	1	15	0	0	0	0	0	0	15
	Díptera	Blephariceridae	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2
		Ceratopogonidae	3	5	8	3	0	3	1	0	1	12
		Culicidae	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
		Chironomidae	196	399	595	648	633	1281	654	124	778	2654
		Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
		Empididae	1	2	3	5	0	5	0	0	0	8
		Simuliidae	25	1	26	11	5	16	1	0	1	43
		Tipulidae	4	3	7	2	2	4	0	0	0	11
	Tabanidae	1	0	1	0	0	0	2	0	2	3	
	Ephemeroptera	Baetidae	131	104	235	256	18	274	10	0	10	519
		Leptohyphidae	0	15	15	25	0	25	0	0	0	40
	Hemiptera	Hebridae	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Plecoptera	Gripopterygidae	11	1	12	0	0	0	0	0	0	12
		Anomalopsychidae	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5
	Trichoptera	Glossosomatidae	0	0	0	1	3	4	2	0	2	6
		Hydrobiosidae	5	4	9	1	0	1	0	0	0	10
		Hydroptilidae	11	13	24	8	40	48	36	0	36	108
		Leptoceridae	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5
Limnephilidae		9	0	9	0	0	0	0	0	0	9	
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	318	0	318	1	0	1	2	0	2	321
Oligochaeta	Haplotaxidae	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	75	109	184	184
Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	11	38	49	1	0	1	7	0	7	57
Total			867	593	1460	968	711	1679	864	264	1128	4267

Fuente: Trabajo de campo, 2021

Índices de diversidad en el río Ambato

En base al índice de riqueza específica de Margalef, se estableció una mediana riqueza de familias en los puntos M1, M2 y M3 presentando un valor de 3,25 - 2,19 - 2,18 cada uno respectivamente; mientras que los puntos M4, M5 y M6 con un valor de 1,21 – 1,77 – 0,71 indicaron una baja riqueza (Figura 7, Tabla 6).

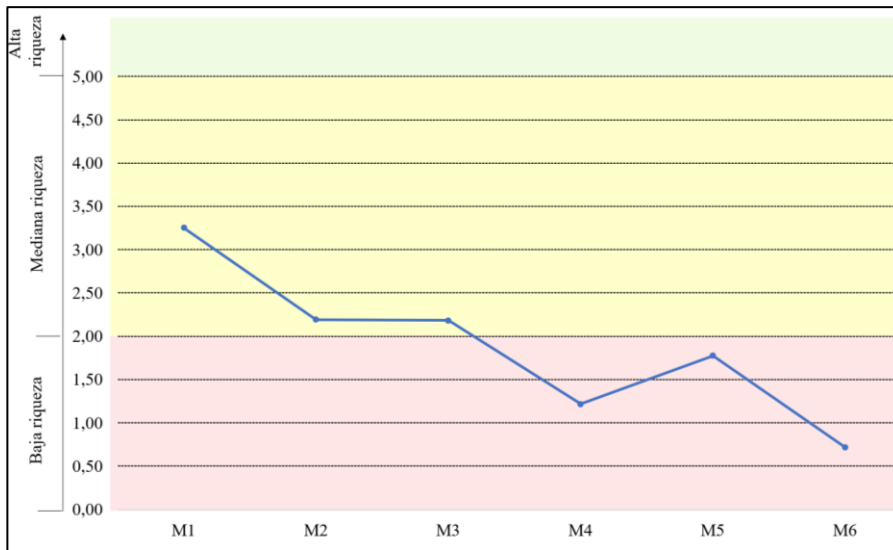


Figura 7. Riqueza específica de Margalef en los puntos de muestreo
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

El índice de equidad de Shannon refleja la heterogeneidad de una comunidad, presentó una diversidad baja en todos los puntos de muestreo. El valor más alto de diversidad se observó en el ramal alto con el punto M1 dando un valor de 1,97, mientras que el valor más bajo de diversidad está dentro del ramal medio en el punto M4 con un valor de 0,20 (Figura 8, Tabla 6).

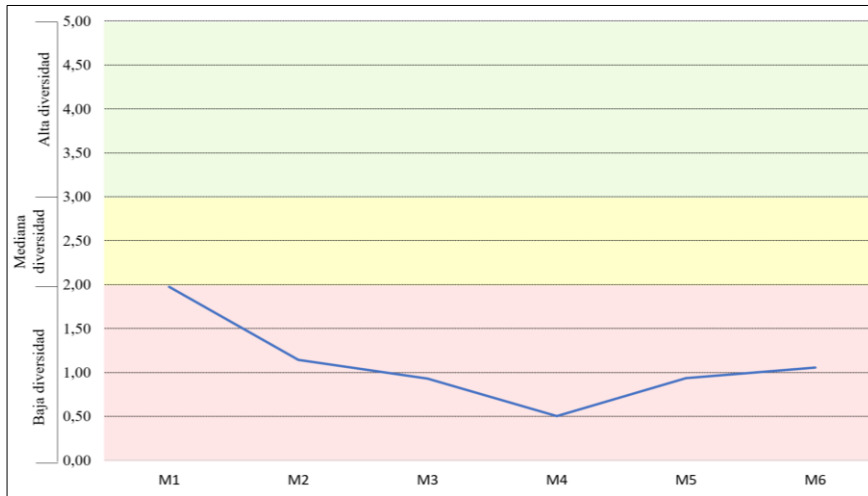


Figura 8. Índice de equidad de Shannon en los puntos de muestreo
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Los resultados obtenidos en el índice de dominancia de Simpson determinaron que en el punto de muestreo M1 existe una dominancia alta (0,78) es decir que hay mayor probabilidad de que dos individuos de alguna familia de macroinvertebrados dentro del hábitat fluvial seleccionados al azar pertenezcan a la misma familia. El punto M4 con un valor de 0,20 tiene menor dominancia (Figura 9, Tabla 6). Dicha dominancia recae sobre pocas familias, por lo que los resultados de diversidad y dominancia sugieren la presencia de baja diversidad y pocas familias dominantes.

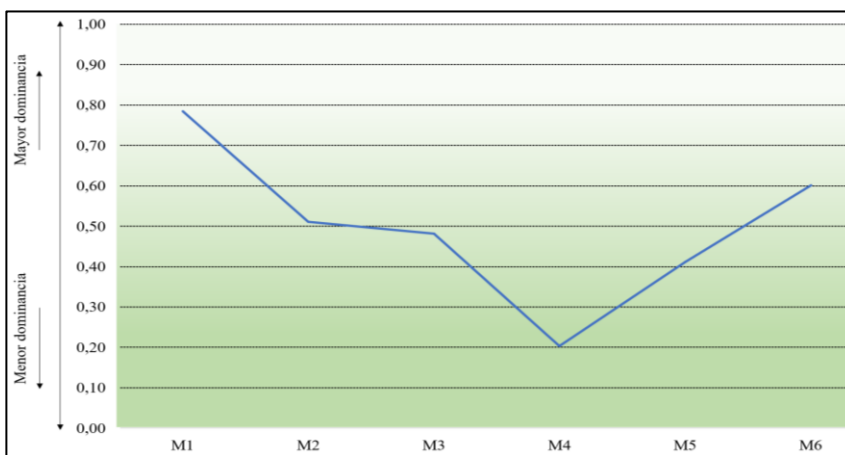


Figura 9. Índice de dominancia de Simpson en los puntos de muestreo
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Con el índice de equidad de Pielou se demostró que los puntos M1 y M6 presentaron una equitatividad media con valores 0,63 y 0,65 respectivamente, mientras que el punto M4 presentó baja ausencia de uniformidad con un valor de 0,23 (Figura 10, Tabla 6). Al ser un índice de equidad los resultados muestran que todas las familias en el área de estudio son medianamente abundantes.

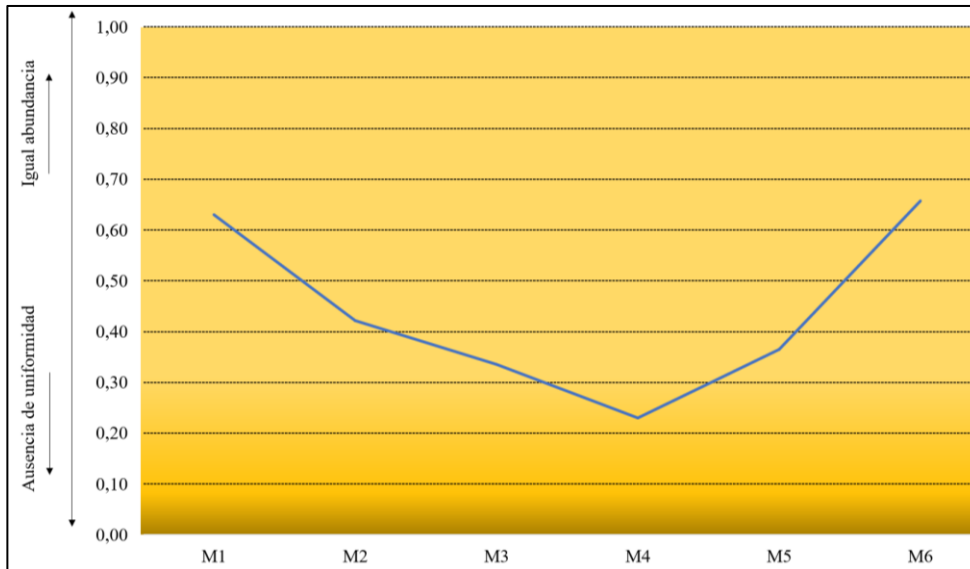


Figura 10. índice de equitatividad de Pielou en los puntos de muestreo
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Tabla 6. Índices de biodiversidad en los puntos de muestreo del río Ambato

Índices de Biodiversidad	Ramal Alto		Ramal Medio		Ramal Bajo	
	La Esperanza (M1)	Calamaca (M2)	Tilulún (M3)	La Delicia (M4)	Pishilata (M5)	Las Viñas (M6)
Margalef	3,25	2,19	2,18	1,21	1,77	0,71
Shannon_H	1,97	1,14	0,93	0,50	0,93	1,05
Simpson_λ	0,78	0,51	0,48	0,20	0,41	0,60
Pielou_J'	0,63	0,42	0,33	0,23	0,36	0,65

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

En relación a la información obtenida el índice de Margalef presenta una mediana y baja riqueza específica en las familias. Con respecto a Shannon-Weaver el área estudiada presenta una baja diversidad biológica de macroinvertebrados. El resultado en el índice de Simpson revela que se tiene dominancia media representada por pocas

familias de macroinvertebradas dominantes. Con Pielou se observó una mediana e igual abundancia.

Comparación de abundancia en los puntos de muestreo

Mediante la prueba de Kruskal Wallis, se determinó que existe una diferencia estadística significativa en la abundancia de individuos en los puntos de muestreo con un valor de $p=0,0002$ (Tabla 8). Los puntos de muestreo que presentan mayor diferencia significativa entre sí son M1 (La Esperanza), M3 (Tilulún), M6 (Las Viñas) como se muestra en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7. Prueba Kruskal Wallis de abundancia entre puntos de muestreo

Punto	N	Medias	D.E.	Medianas	H	<i>p</i>
M1	30	28,9	68,76	5,00	19,78	0,0002
M2	30	19,77	74,33	0,50		
M3	30	32,27	125,27	1,00		
M4	30	23,7	115,27	0,00		
M5	30	28,8	119,6	0,00		
M6	30	8,8	29,63	0,00		

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Tabla 8. Rangos de abundancia por puntos de muestreo

M6	66,98	A	
M4	77,70	A	B
M5	88,43	A	B
M2	93,3	A	B
M3	93,67		B
M1	122,92		C

Fuente: Alvaro Acosta, 2022.

En cuanto a los ramales del río Ambato, se demostró que existe una diferencia estadística significativa en la abundancia de individuos con un valor de $p=0,0014$ (Tabla 9). El ramal alto (M1-M2) presentó una mayor abundancia en comparación a los ramales medio y bajo (Tabla 10).

Tabla 9. Prueba Kruskal Wallis de abundancia entre los ramales del río Ambato

Ramal	Medias	D.E.	Medianas	H	P
Ramal alto	24,33	71,14	1,5	10,98	0,0014
Ramal medio	18,8	86,97	0		
Ramal bajo	27,98	119,46	0		

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Tabla 10. Rangos de abundancia por ramal

Ramal bajo	77,71	A
Ramal medio	85,68	A
Ramal alto	108,1	B

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Similitud de comunidades entre los puntos de muestreo

Mediante el coeficiente de Jaccard, se consideró la incidencia de las familias (número de familias comunes vs la riqueza total), para estudiar la similaridad entre los puntos de muestreo. Se determinó que el mayor porcentaje de similitud de comunidades de macroinvertebrados acuáticos hay entre los puntos de muestreo M2 (Calamaca) y M3 (Tilulún) un 63%, mientras que los puntos que presentaron menor similitud fueron: La M1 (Esperanza) y M6 (Las Viñas) con 12% (Tabla 11).

Tabla 11. Similitud de familias de macroinvertebrados entre los puntos de muestreo

	La Esperanza (M1)	Calamaca(M2)	Tilulún (M3)	La Delicia (M4)	Pishilata (M5)	Las Viñas (M6)
La Esperanza (M1)	1	0,58333	0,44444	0,28	0,33333	0,12
Calamaca(M2)	0,58333	1	0,63158	0,41176	0,27273	0,11111
Tilulún (M3)	0,44444	0,63158	1	0,47059	0,38095	0,10526
La Delicia (M4)	0,28	0,41176	0,47059	1	0,375	0,27273
Pishilata (M5)	0,33333	0,27273	0,38095	0,375	1	0,2
Las Viñas (M6)	0,12	0,11111	0,10526	0,27273	0,2	1

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

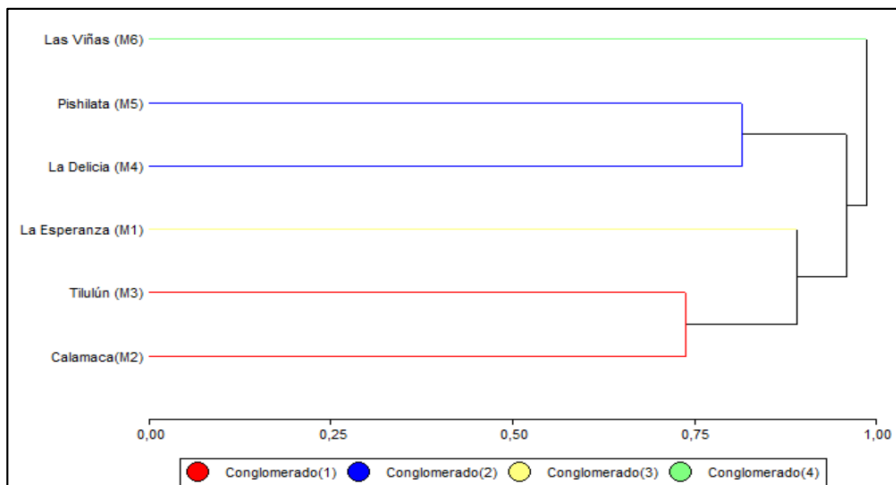


Figura 11. Dendrograma de similitud de las familias de macroinvertebrados entre puntos de muestreo en el río Ambato
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Mediante el dendrograma de similitud y distancia se establecieron 4 clusters. El conglomerado 1 formado por el punto M2 (Calamaca) y M3 (Tilulún) a una distancia de 0,74 seguido del conglomerado 2 formado por los puntos M4 (La Delicia) y M5 (Pishilata) a una distancia de 0,82 (Figura 11).

Similitud de comunidades entre ramales del río

En la Figura 12 se muestra la similitud entre los ramales del río Ambato, en un análisis de eslabonamiento mediante el índice de Jaccard se observa y ratifica dos grupos diferenciados, los cuales constituyen en una partición de dos conglomerados, el primero formado por el ramal alto y medio con una distancia de 0,89 y una semejanza de 46,42% en las comunidades de macroinvertebrados.

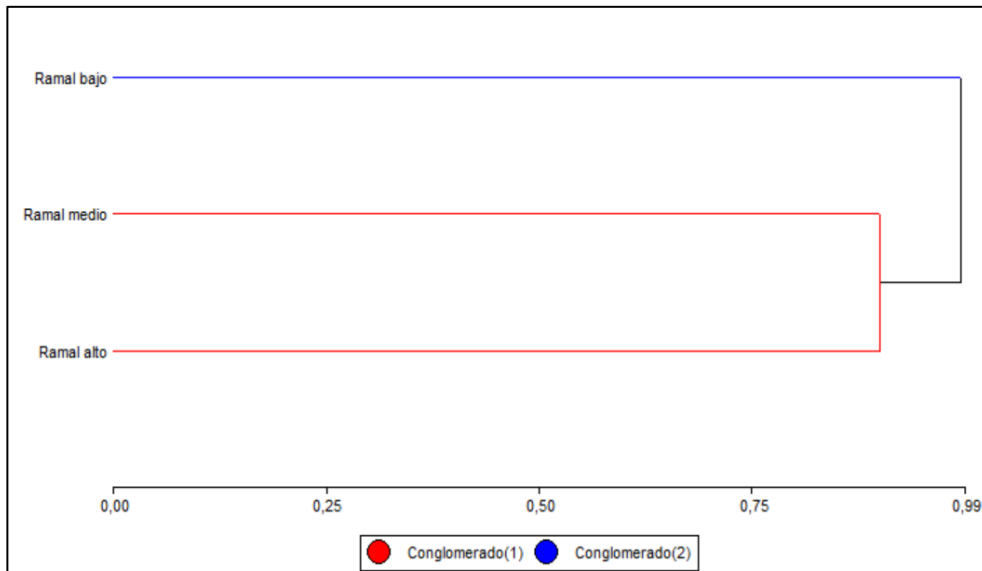


Figura 12. Dendrograma de similitud de las familias de macroinvertebrados entre ramales del río Ambato
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Evaluación de grupos tróficos funcionales de macroinvertebrados

Mediante revisión bibliográfica, se determinó la dieta que presentan las familias de macroinvertebrados y se clasificó la estructura trófica como se muestra en el Anexo 28.

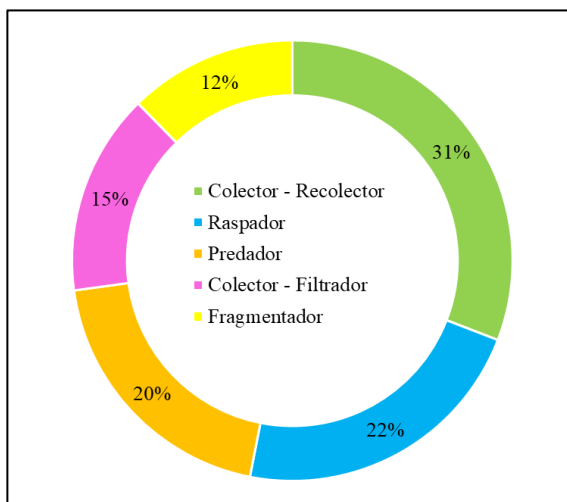


Figura 13. Porcentaje de grupos tróficos funcionales en el río Ambato
Fuente: Alvaro Acosta, 2022

A lo largo del río Ambato se determinó que el 31% de las familias son colectores-recolectores, el 22% raspadores, el 20% predadores, el 15% colectores filtradores y el 12% fragmentadores.

Tabla 12. Grupos tróficos funcionales en el río Ambato

Grupo trófico funcional	Ramal Alto		Ramal Medio		Ramal Bajo		Total
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Colector - Recolector	6	4	4	4	4	3	25
Raspador	3	3	5	3	3	1	18
Predador	6	3	3	0	3	1	16
Colector - Filtrador	4	3	2	1	2	0	12
Fragmentador	4	2	2	1	1	0	10
Total Familias	23	15	16	9	13	5	81

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

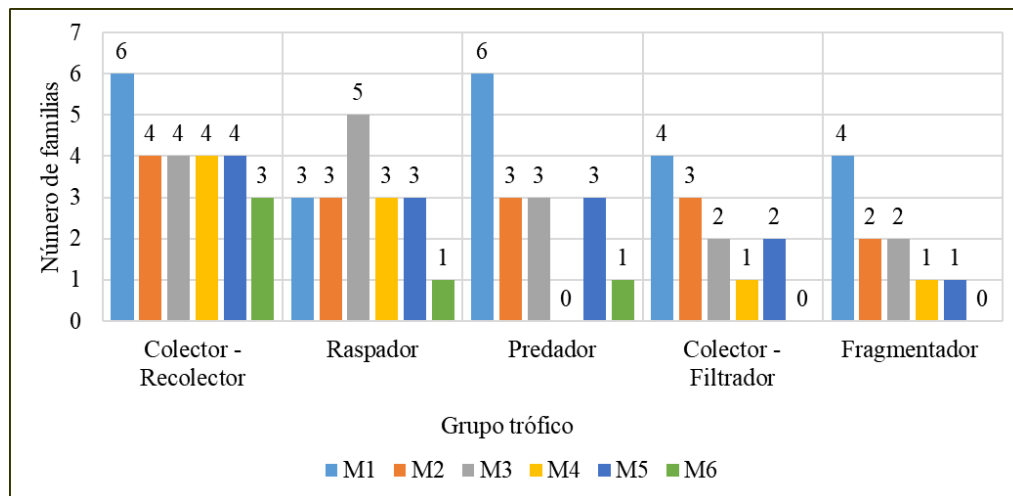


Figura 14. Cadena trófica en los puntos de muestreo

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Monzón *et al.*, (1991) mencionan que la evolución predecible de la estructura trófica, es que los fragmentadores sean mayoritarios, junto con los recolectores en las zonas de cabecera, para después disminuir rápidamente, al tiempo que se espera un incremento de los filtradores en los órdenes mayores; los raspadores deben coevolucionar con la producción primaria del perifiton, dominando en los tramos medios; mientras que los depredadores se muestran más o menos constantes en el gradiente.

En la figura 14, la cual recoge la estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados se observa que los colectores recolectores constituyen el grupo dominante, seguido por los raspadores los cuales aprovechan la presencia de perifiton en las rocas del río, estos dos grupos se mantienen casi constantes a lo largo del río. Luego tenemos a los predadores los cuales tratan de mantenerse constantes, pero se ve una reducción desde el punto M1 hasta el M6 y en el punto M4 no se registró ninguno, de igual manera, los filtradores y fragmentadores van reduciendo su presencia a medida que baja el nivel altitudinal del río hasta no registrarse ninguno en el punto M6 (Tabla 12, Figura 14).

El grupo funcional más representativo en el río Ambato fueron los colectores-recolectores como respuesta al recurso alimentario de MO, los que menos familias representativas tuvieron son los fragmentadores, sin embargo, los predadores se encuentran en la mitad de la cadena. La dominancia de los colectores y desgarradores dependen de la abundancia de hojas que se aporta al sistema, los filtradores dependerán del transporte de partículas finas y ultrafinas de materia orgánica (Perez *et al.*, 2004).

Las características del hábitat junto al uso de suelo en la ribera del río y la formación perifiton determinan los ensambles de macroinvertebrados (Ambrosio, 2014). En ese sentido, los grupos funcionales de los últimos tres puntos de muestreo evidenciaron una respuesta de los organismos al efecto del impacto antropogénico por la reducción de los mismos hasta la ausencia de los filtradores y fragmentadores en el punto M6.

Indicadores biológicos en los puntos de muestreo

Los índices ABI, BMWP-Col y Adaptado, demostraron que en el punto de muestreo M1 (La Esperanza) el agua tiene una calidad “muy buena”, “buena” y “buena” respectivamente, lo que implica que son aguas limpias. El punto M2 y M3 presentaron una calidad “buena” y “aceptable” demostrando aguas “ligeramente contaminadas”, mientras que el punto M4 y M5 presentaron una calidad “moderada” y “dudosa” siendo

aguas “moderadamente contaminadas”, el punto M6 presenta un valor de 9 y 12 con una calidad de “pésimo” y “muy crítica” de acuerdo a la valoración de cada índice, lo que significa que son aguas “fuertemente contaminadas” (Tabla 13).

El índice EPT demostró una homogeneidad de calidad de agua “regular” en los puntos M1, M2, M3, mientras que en los puntos M4, M5, M6 calidad de agua “mala”. Mendoza *et al.* (2019) indican que el índice EPT es más estricto en cuanto a la calificación de la calidad del agua. Si bien, su ponderación se relaciona directamente con aguas que están más oxigenadas y limpias, la metodología misma del índice valora el número de individuos de las familias encontradas, así en el punto M3 la familia Baetidae y Leptoxyphidae con 256 y 25 individuos respectivamente pertenecientes al orden Ephemeroptera son las familias que presentan mayor abundancia de individuos, mientras que en el punto M1 Leptoxyphidae no se registró ningún individuo y en el punto M2 solo se encontró 15 individuos (Tabla 14).

Por otro lado Flowers & Rosa (2010) mencionan que las familias Baetidae y Leptoxyphidae toleran ampliamente a la temperatura y hasta cierto punto a la contaminación, sin embargo ninguna de estas familias puede sobrevivir a niveles altos de contaminación y es por el mismo motivo que no existió ningún registro de individuos en los puntos M4, M5, M6, donde se presenta índices de calidad de agua dudosa y pésima (Tabla 14).

En el índice adaptado para el río Ambato se observó una calidad de agua “buena” en el punto M1, “aceptable” en el punto M2 y M3, “dudosa” (aguas moderadamente contaminadas) en el punto M4 y M5 y “muy crítica” en el punto M6 (Tabla 13).

Tabla 13. Índices de calidad ABI, BNWP-Col, EPT y Adaptado en los puntos de muestreo río Ambato

Puntos de muestreo	ABI	Calidad	BMWP-Col	Calidad	EPT	Calidad	Adaptado	Calidad
La Esperanza (M1)	104	Muy bueno	101	Buena	47%	Regular	135	Buena
Calamaca(M2)	73	Bueno	67	Aceptable	25%	Regular	70	Aceptable
Tilulún (M3)	80	Bueno	82	Aceptable	30%	Regular	79	Aceptable
La Delicia (M4)	37	Moderado	43	Dudosa	9%	Mala	37	Dudosa
Pishilata (M5)	50	Moderado	53	Dudosa	6%	Mala	61	Dudosa
Las Viñas (M6)	9	Pésimo	9	Muy crítica	0%	Mala	12	Muy crítica

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

En el índice adaptado se ha realizado la valoración de todas las familias encontradas en el río, en los índices ABI y BMWP-Col ciertas familias (Lumbricidae, Hypogastruridae, Isotomidae, Hebridae, Dugesiididae) no cuentan con puntuaciones en las evaluaciones generadas por Acosta *et al.*, (2009), Rios *et al.*, (2014) y Roldán, (2003) por lo que se marcó SD “sin dato” (Tabla 14). Por otro lado, la puntuación del índice EPT muestra su valor del índice en porcentajes, sin embargo para una demostración gráfica y didáctica se ha permitido realizar la figura 13 y poder observar y comparar la diferencia de valores que toma cada índice, es por esto que Mendoza *et al.* (2019) expresan que los índices de calidad de agua se deben analizar de una forma conjunta porque son complementarios entre sí y no se debería discriminar ninguno.

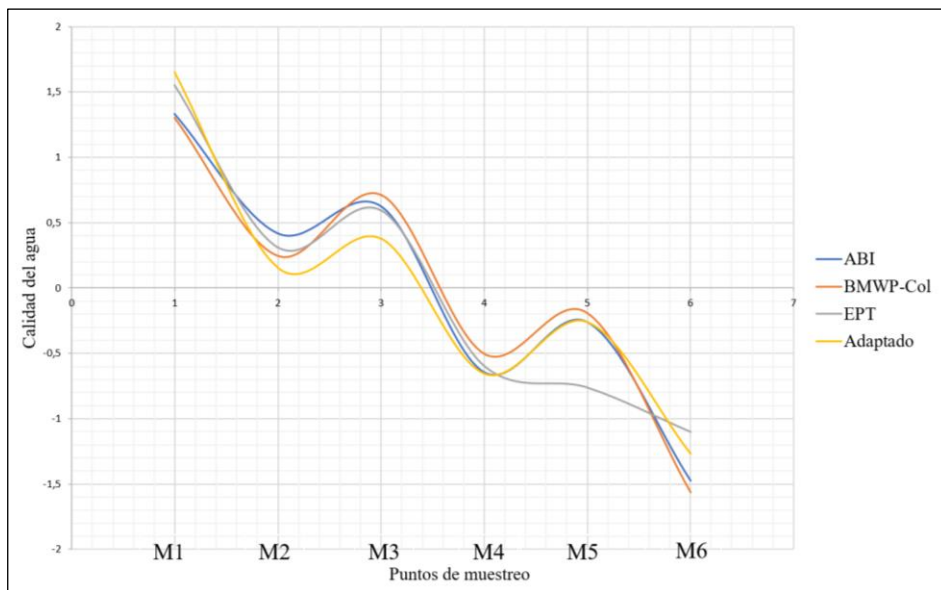


Figura 15. Indicadores biológicos en los puntos de muestreo. Los datos fueron normalizados estadísticamente para la escala de la figura.

Fuente: Trabajo de campo, 2021

Nota: El punto con mayor número de familias registradas fue el M1 tiene una calidad de agua “buena”, con una alta diversidad de hábitats, presenta un valor más alto en los índices de calidad de agua. A nivel de índices y siguiendo las puntuaciones de las familias presentes en el punto M1 no se encontró una puntuación en 4 familias para el índice ABI y 6 familias para el índice BMWP-Col por lo que al generar una puntuación en el índice “adaptado” el total del valor del índice de calidad aumenta, pero la calidad del agua se mantiene.

Tabla 14. Valoración de macroinvertebrados de acuerdo al índice ABI, BMWP-Col, EPT, Adaptado.

Clase	Orden	Familia	La Esperanza (M1)				Calamaca(M2)				Tilulín (M3)				La Delicia (M4)				Pishilata (M5)				Las Viñas (M6)										
			Ind.	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado	Ind.	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado	Ind.	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado	Ind.	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado	Ind.	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado						
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	41	3	4		3	1	3	4		3	0			0							0										
Chitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	43	SD	SD		1	4	SD	SD		1	2	SD	SD		1	3	SD	SD		1	0		1	SD	SD		1				
Collembola	Poduromorpha	Hypogastruridae	5	SD	SD		5	0				0	SD				0					3	SD	SD		5	0		0				
	Entomobryomorpha	Isotomidae	3	SD	SD		10	0				0					0					0				0		0					
Gastropoda	Pulmonata	Physidae	0				0					0				6	3	3			3	70	3	3		3	9	3	3	3			
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	3	3		5	0			0	0			0											21	3	3	5				
	Coleoptera	Elnidae	23	5	6		5	2	5	6		5	1	5	6		5	1	5	6		5	0										
		Scirtidae	14	5	7		6	1	5	7		6	0				0																
		Blephariceridae	0				0				2	10	10		10	0						0											
		Ceratopogonidae	3	4	3		4	5	4	3		4	3	4	3		4	0				1	4	3		4	0						
		Culicidae	0				0				1	2	2		3	0						0											
		Chironomidae	196	2	2		2	399	2	2		2	648	2	2		2	653	2	2		2	654	2	2		2	124	2	2	2		
		Dolichopodidae	0				0				0				0							1	4	4		4	0						
		Empididae	1	4	4		5	2	4	4		5	5	4	4		5	0				0											
		Simuliidae	25	5	8		4	1	5	8		4	11	5	8		4	5	5	8		4	1	5	8		4	0					
		Tipulidae	4	5	3		4	3	5	3		4	2	5	3		4	2	5	3		4	0										
		Tabanidae	1	4	5		4	0				0					0					2	4	5		4	0						
		Baetidae	131	4	7	131	6	104	4	7	104	6	256	4	7	256	6	18	4	7	18	6	10	4	7	10	6	0			0		
		Leptohyphidae	0				0	15	7	7	15	7	25	7	7		7	0				0				0							
	Hemiptera	Hebridae	1	SD	8		9	0			0				0							0											
		Crisopterygidae	11	10	SD		11	10	1	10	SD	1	10	0		0						0											
		Anomalopsychidae	5	10	10		5	10	0		0				0							0											
		Glossosomatidae	0				0				0				0							0											
		Hydrobiosidae	5	8	9	5	8	4	8	9	4	8	1	8	9	1	8	0				0											
		Hydroptilidae	11	6	7	11	5	13	6	7	13	5	8	6	7	8	5	40	6	7	40	5	36	6	7	36	5	0					
		Leptoceridae	5	8	8	5	9	0			0	0	0	0	0		0					0											
		Limnephilidae	9	7	SD		9	8	0		0	0	0	0	0		0					0											
Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	318	6	7		5	0			1	6	7		5	0					2	6	7		5	0							
Oligochaeta	Haplotaxidae	Tubificidae	0				0				0				0							75	1	1		1	109	1	1				
Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	11	5	SD		3	38	5	SD		1	5	SD		3	0				7	5	SD		3	0							
		Total individuos	867			177		593			137		968			291		711			864				48		264						
		Valor índices de calidad	104	101	47%	131		73	67	25%	70		80	82	30%	79		37	43	39%	37		51	54	6%	53		9	9	10%	12		

Fuente: Alvaro Acosta, 2022.

Nota: Las familias que no se encontraron para la valoración del índice ABI y BMWP-Col se marcó SD (sin dato), sin embargo, para no discriminar la presencia de aquellas familias se realizó el índice “Adaptado” el cual toma en cuenta a todas las familias encontradas en los puntos de muestreo.

Índice de calidad IHF, QBR-And y ECOSTRIAND entre los puntos de muestreo

En los 6 puntos de muestreo el IHF presentó valores que indican degradación a medida que baja el nivel altitudinal del río. El punto M1 presentó una alta diversidad de hábitats lo que implicaría que el hábitat es apropiado para el desarrollo de una comunidad de macroinvertebrados, este punto presentó características específicas como un sustrato formado por piedras, cantos, gravas, arena y limo no fijadas por sedimentos finos; régimen de velocidad con una frecuencia alta de rapidez con un régimen de velocidad rápido profundo, rápido somero y lento profundo, todo esto formado por presencia de troncos, ramas y raíces expuestas y sobre todo con cobertura de vegetación acuática como plocón, briofitos, pecton y ciertas fanerógamas (Tabla 15) (Anexo 24).

Por el contrario, el punto M6 presentó muy baja diversidad de hábitats, lo que implicaría que el número de familias de macroinvertebrados sea menor, comprobando los resultados anteriores en la riqueza de las familias en los puntos de muestreo. Este punto presentó un sustrato formado por piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos con una frecuencia ocasional de rápido y muy ancho, en cobertura de vegetación solo se encontró pecton adherido a las rocas (Tabla 15) (Anexo 24).

En todos los puntos de muestreo se observó un porcentaje de sombra con grandes claros en un 50% a 80%, presencia de troncos, ramas y raíces expuestas. Por otro lado, el resultado concuerda con lo observado en la biodiversidad del sitio de estudio, el cual dio un número mayor de familias en el punto M1 y en el punto M6 disminuye la riqueza, en la comparación de abundancias de individuos se determina que existe diferencia significativa entre los mismos puntos. Finalmente se puede decir que el análisis del IHF aportó con información complementaria de los elementos físicos que forman parte de la cadena de energía y alimento en el ensamblaje de la diversidad de las comunidades acuáticas.

Tabla 15. Índice de evaluación de hábitat fluvial – IHF

Puntos de muestreo	IHF	Calidad
La Esperanza (M1)	79	Alta diversidad de hábitats
Calamaca(M2)	52	Diversidad de hábitats media
Tilulún (M3)	47	Baja diversidad de hábitats
La Delicia (M4)	41	Baja diversidad de hábitats
Pishilata (M5)	45	Baja diversidad de hábitats
Las Viñas (M6)	30	Muy baja diversidad de hábitats

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

El índice QBR-And presentó una calidad intermedia con inicio de alguna alteración importante, para la ponderación de la calidad se determinó que el sitio de estudio tiene una cubierta vegetal de entre el 50 y 80% de la zona de ribera; sin embargo no muestra una conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente entre 25 y 50%; además tiene una estructura de cubierta de árboles entre 50 y 75% acompañado de arbustos que superan un 25%; la calidad de la cubierta presenta entre 51 y 75% de arbustos autóctonos, además de contar con la presencia de un 25% de cobertura arbórea con especies introducidas como: *Eucalyptus spp*, *Pinus spp* y *Salix babylonica* (Tabla16, Anexo 26). La naturalidad del canal fluvial se vio interrumpida por la presencia de la construcción de la bocatoma “Huachi Pelileo” en el punto Calamaca (M2), y una represa en La Delicia (M4).

Una baja puntuación del índice QBR-And se genera por la presencia de especies arbóreas introducidas, intervenciones antrópicas y el uso de suelo a orillas de la cuenca para la agricultura. Además, como ya se mencionó existen estructuras que desvían o retienen el caudal del río que en épocas secas en ciertos tramos el río se seca casi en su totalidad, llegando a recuperar su caudal aguas abajo, este problema podría ocasionar disminución de macroinvertebrados debido a las alteraciones de su hábitat, pues necesitan del agua para su desarrollo y llegar a la adultez.

La vegetación de ribera desempeña un papel importante entre la transición de un cuerpo de agua y el ambiente terrestre, porque su vegetación influye de manera fundamental

en el control de la entrada de energía al ecosistema acuático (Carrasco *et al.*, 2014). El índice QBR llega a tener baja calidad cuando los ecosistemas de ribera pasan por lugares poblados o que el ser humano pudo haber intervenido, modificando el mismo con infraestructura la cual fragmenta el hábitat y correcto funcionamiento del ecosistema (Tüzün & Albayrak, 2005).

Tabla 16. Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And)

Puntos de muestreo	QBR-And	Calidad
La Esperanza (M1)	65	Inicio de alteración importante. calidad intermedia
Calamaca(M2)	50	Alteración fuerte. mala calidad
Tilulún (M3)	55	Inicio de alteración importante. calidad intermedia
La Delicia (M4)	50	Alteración fuerte. mala calidad
Pishilata (M5)	60	Inicio de alteración importante. calidad intermedia
Las Viñas (M6)	55	Inicio de alteración importante. calidad intermedia

Fuente: Alvaro Acosta, 2022 - (Anexo 26).

Tabla 17. Índice de estado ecológico Andino (ECOSTRIAND)

Puntos de muestreo	ECOSTRIAND
La Esperanza (M1)	Bueno
Calamaca(M2)	Regular
Tilulún (M3)	Regular
La Delicia (M4)	Malo
Pishilata (M5)	Malo
Las Viñas (M6)	Pésimo

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

El índice ECOSTRIAND como resultado y combinación de los índices de calidad de hábitat ribereño, acuático y la conformación de comunidades de macroinvertebrados muestran una diferencia entre el punto M1 y M6 pasando de una calidad ecológica buena a pésima respectivamente. Este índice también indica una revalorización de los resultados de los índices anteriores y una visión general de todo el estado ecológico del río, por otro lado, se observa una degradación a medida que baja el nivel altitudinal y atraviesa poblados.

Análisis del uso de suelo en la cuenca del río Ambato

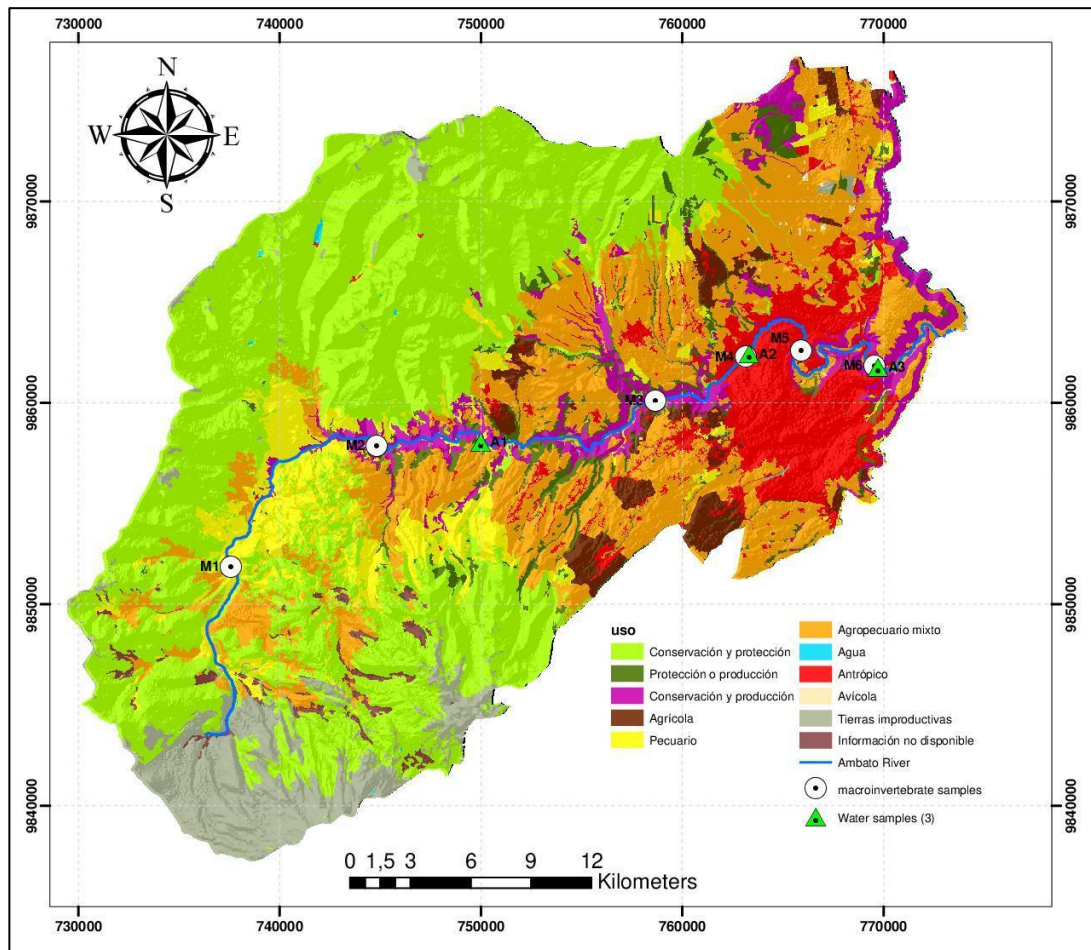


Figura 16. Mapa de uso de suelo del cantón Ambato

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

A través del mapa de uso de suelo se puede observar que en el punto M1 las actividades pecuarias, agropecuario mixto, y conservación están alrededor del río. Desde el punto M2 hasta el M6, existe una franja de conservación y protección, sin embargo, en el punto M3 existen pequeños espacios ocupados por actividades agropecuarias mixtas, en el punto M4 y M5 están ocupados principalmente por actividades antrópicas, que en este caso sería la ciudad de Ambato y en el M6 existe uso agropecuario mixto alrededor del río. También hay que resaltar pequeños espacios alrededor del río empleados para

conservación y producción como cría de truchas o centros turísticos que ofrecen servicios de camping, paseos ecológicos, canchas de juego para recreación al aire libre.

Evaluación de actividades antrópicas por puntos de muestreo

En el trayecto del río Ambato se registró 8 fuentes de presión debido a actividades antrópicas que se practican cerca al río, de estas actividades registradas se realizó una valorización de la contribución e irreversibilidad en cada punto de muestreo (en base a la metodología propuesta en el Manual de Planificación para la Conservación de Áreas) (Anexo 27) para determinar la fuente de presión; los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Evaluación global de las actividades antrópicas en los puntos de muestreo del río Ambato

Actividad Puntos de muestreo	Actividad Turística	Actividad Agrícola	Actividad Pecuaria	Actividad Piscícola	Agropecuario mixto	Desviación de caudal	Extracción de material pétreo	Asentamiento humano	Presión
La Esperanza (M1)	Medio	Medio	Muy alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Calamaca(M2)	Medio	Medio	Alto	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio
Tilulún (M3)	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Medio
La Delicia (M4)	Medio							Muy alto	Alto
Pishilata (M5)	Bajo	Muy alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Muy alto	Alto
Las Viñas (M6)	Medio	Muy alto	Muy alto	Bajo	Muy alto	Alto	Muy alto	Muy alto	Alto

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

Nota: BAJA: las dificultades, costo y tiempo permiten una fácil reversión de los impactos de las actividades antrópicas; MEDIA: los impactos de la actividad antrópica en el área de estudio requieren periodo de tiempo y costo moderado; ALTA: los impactos son reversibles se encuentran en los márgenes de lo posible y requiere un elevado costo de tiempo y dinero; MUY ALTA: impactos que son permanentes o cuando las dificultades (tiempo, costo, capacidades técnicas) son demasiados altos (Anexo 21).

Los puntos de muestreo M1, M2 y M3 presentaron un valor global de fuentes de presión MEDIO (Tabla 18), por lo que la reversión de factores antrópicos por la degradación alrededor del río se encuentra en los márgenes de lo posible con tiempo y costo moderado (Anexo 21).

En el punto M1 la fuente con mayor presión es la actividad pecuaria (Tabla 18), en concordancia con el mapa de uso de suelo (Figura 14).

El punto M2 la desviación del caudal en la bocatoma Huachi Pelileo genera una presión ALTA para el río, sobre todo en época seca en la cual se realizó el presente estudio. En estos meses del año, el río presenta mínimas cantidades de agua en su caudal, llegando a recuperarse kilómetros abajo con el aporte de cauces hídricos secundarios que alimentan la red hídrica (Figura 14, Tabla 18).

Según el mapa de uso de suelo (Figura 14), en el punto M2 se observa una franja de conservación y producción, donde se registraron actividades antrópicas como la actividad pecuaria, y agropecuario mixto (Tabla 18). Esto se explica porque la cuenca hidrográfica a pesar de presentar árboles y arbustos en la ribera, la población pone animales a un costado de la cuenca del río. Este resultado también concuerda con los análisis físico-químicos donde el parámetro “coliformes fecales” evidenció un valor de 500 NMP/100ml, un resultado que sobrepasó los LMP (límites máximos permisibles).

El punto M3 donde se desarrollan actividades: turística, agrícola, pecuaria, agropecuaria mixto y asentamientos humanos tienen un valor ALTO, esto debido a que la población ha desarrollado centros turísticos de esparcimiento, alimentación, criadero de truchas que se encuentran a un costado del río.

Los puntos de muestreo M4, M5 y M6 presentaron un valor global de fuentes de presión ALTO (Tabla 18) indicando que a pesar de ser reversible las actividades antrópicas se requiere de un elevado costo de tiempo y dinero (Anexo 21).

En el punto M4 no se encontró actividades como: agrícola, pecuaria, piscícola o extracción de material pétreo para su valoración, esto se debe a que ciertas actividades no están permitidas en el plan de ordenamiento territorial y uso de suelo dentro de este sector. Dicho punto de muestreo está ubicado en el área urbana de la ciudad de Ambato visto en el mapa con la leyenda “antrópico” (Figura 14). Si bien, la ciudad de Ambato cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas, durante el trabajo de campo se evidenció tuberías de aguas negras que desembocan directo al río. Esto también

concuenda con el resultado del parámetro de los nitritos (NO₂) en este punto de muestreo, el cual evidenció un valor que demuestra una posible contaminación fecal reciente (0,303 m/L).

En el punto M5 y M6 las actividades agrícolas, pecuarias, agropecuario mixto y asentamientos humanos presentaron valores de fuentes de presión MUY ALTO (Tabla 18, Figura 14), dichas actividades demuestran que los impactos en el área de estudio son permanentes o cuando las dificultades para dar alguna solución como: tiempo, costo, capacitaciones técnicas, son demasiados altos. En el punto M6 la actividad de extracción de material pétreo, presentó una presión FUERTE, porque existen canteras a un costado de la cuenca del río, además que es el punto donde se reintegran las aguas de la planta de tratamiento de la ciudad de Ambato.

Evaluación general de actividades antrópicas en el río Ambato

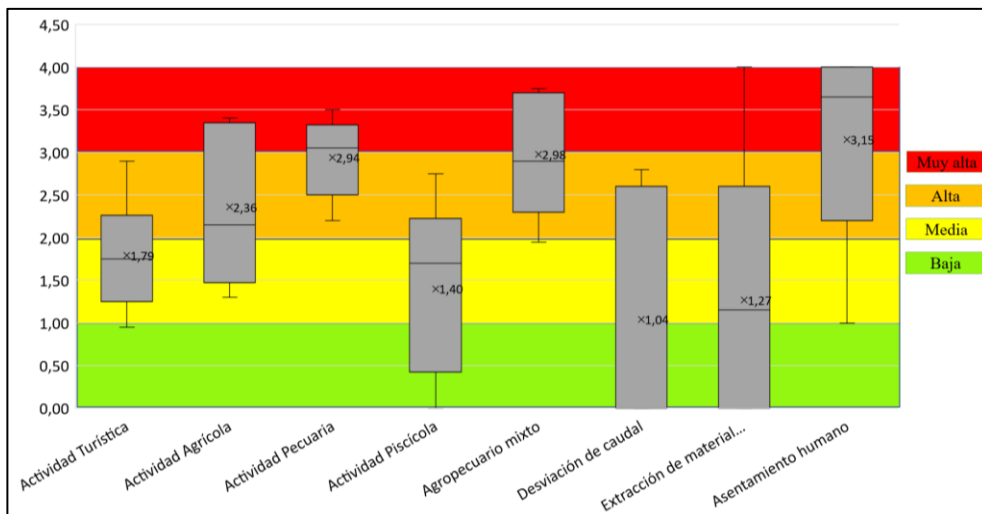


Figura 17. Diagrama de cajas de actividades antrópicas en el río Ambato

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

A lo largo del río Ambato se observa que las actividades que más presión generan son: agrícolas, pecuarias, agropecuarias mixtas y asentamientos humanos, este último en ciertos tramos alcanza una puntuación ALTA y MUY ALTA, por lo que la planta de

tratamiento de aguas negras trata de amortiguar el impacto que genera la presencia de la ciudad hacia la fuente hídrica.

Análisis multivariado de correspondencia canónica CCA

El análisis multivariado de correspondencia realizado con las variables ambientales-antrópicas y las familias de macroinvertebrados la varianza del primer eje Axis 1 explicó el 76,6% de la variación de las correlaciones y el eje Axis 2 un 23,24%.

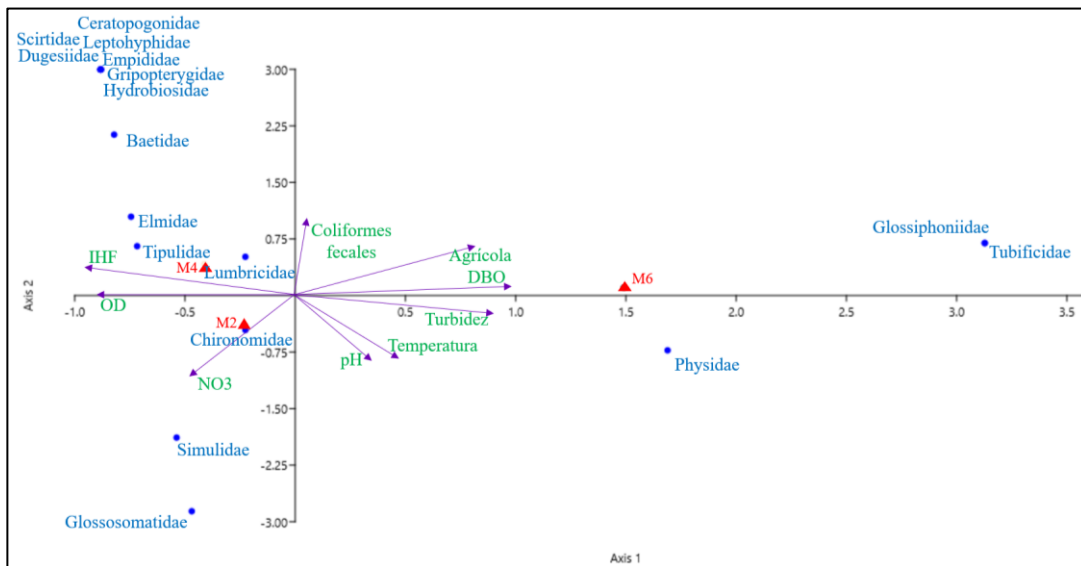


Figura 18. Diagrama de correlación canónica de los puntos de muestreo M2, M4, M6, de acuerdo a las variables ambientales - antrópicas y la asociación de familias de macroinvertebrados.

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

En el análisis de correspondencia de la figura 18 se observó a los puntos M2, M4 y M6 bien marcados y separados dentro del plano presentando de una forma gráfica la distancia que tienen uno del otro. Se observa que el punto M6 tiene una diferencia marcada o disímil con respecto a los puntos M2 y M4 los cuales presentan mayor afinidad.

En relación a la diversidad beta la mayor cantidad de familias como: Ceratopogonidae, Scirtidae, Leptohiphidae, Dugesidae, Empididae, Gripopterygidae, Hidrobiosidae, Baetidae, Elmidae, Tipulidae, Lumbricidae, se encuentran en el punto M4 indicando mayor abundancia y correspondencia con el IHF y oxígeno disuelto.

Tipulidae es una familia cosmopolita, trituran las hojas caídas colonizando áreas con detritos vegetales habitando ambientes de corriente rápida y muy oxigenados (Fusari *et al.*, 2018; Dominguez *et al.*, 2009; Cummins & Merritt, 1996), de la misma forma la familia Elmidae viven en aguas corrientes con alto contenido de oxígeno alimentándose de algas fragmentos de hojas y micelios de hongos (Oscoz *et al.*, 2010), Lumbricidae habitan en espacios con hojarasca o bajo corteza de troncos.

El punto M6 está marcado por las familias Glossiphoniidae, Tubificidae, Physidae, los índices ambientales de coliformes fecales, DBO, turbidez, temperatura y la actividad antrópica agrícola la cual indica un eje con mayor impacto y las familias que mejor toleran o se adaptan a dicho impacto ambiental o antrópico. Glossiphoniidae es una familia que puede resistir con facilidad a condiciones de hipoxia lo que se puede catalogar como los únicos depredadores en aguas contaminadas, se alimentan principalmente de invertebrados acuáticos, gasterópodos, oligoquetos y larvas de dípteros sobre todo a los que extrae hemoglobina con su faringe (Oscoz *et al.*, 2010), es una de las familias mas numerosas en el punto M6.

Tubificidae toleran condiciones desfavorables de oxígeno y altas concentraciones de sustancias tóxicas como metales pesados (Gaviria, 1993; Kennedy, 1966). La familia Physidae ha sido citado en aguas residuales con crecimiento de algas (Dominguez *et al.*, 2009; Oscoz *et al.*, 2010).

En relación al punto M2 se encuentran la familia Chironomidae, Simuliidae, y Glossosomatidae con una correspondencia hacia los nitratos indicando un nivel significativo de contaminación y tolerancia de dichas familias hacia este espacio con

carga de nitrógeno y oxígeno disuelto. La familia Chironomidae son los insectos más ampliamente distribuidos y abundantes, importante en el eslabón de cadena trófica al consumir materia orgánica particulada fina y a la vez sirven de alimento de organismos como aves, anfibios y otros macroinvertebrados (Castro *et al.*, 2004; Henriques-Oliveira *et al.*, 2003). Es un grupo dominante en sudamérica, porque pocos competidores y depredadores toleran condiciones ambientales adversas y diversas calidades de agua pudiéndose encontrar muy abundantes en aguas contaminadas y alto contenido de materia orgánica (Oviedo & Reinoso, 2018), en composición y estructuración de la comunidad en el río Ambato es una familia que se observó una abundancia a lo largo del río predominando la cadena trófica.

La familia Simuliidae constituye un importante eslabón en la cadena trófica presente en el flujo de agua continuo ubicándose cerca de la superficie donde existe mayor tensión de oxígeno alimentándose por medio de filtración, incluyen bacterias diatomeas fragmentos de hojas, polen, gránulos fecales (Dominguez *et al.*, 2009; Cummins & Merritt, 1996).

Manejo y conservación de la cuenca hídrica del río Ambato

La identificación y evaluación de los factores que intervienen en la subcuenca del río Ambato determinó agentes que causan impactos ambientales y afectación a la biodiversidad acuática por lo que hace necesario mejorar la calidad ambiental y el equilibrio ecológico de la cuenca hídrica. Los antecedentes antes señalados sirven de fundamento para orientar un plan de conservación y manejo para la cuenca hídrica canalizando los siguientes puntos: a) protección y difusión de patrimonio natural que representa el río Ambato, b) manejo de recursos hídricos uso y aprovechamiento, e c) implementación de un sistema de capacitación y educación ambiental.

Para la puesta en marcha del presente plan hace necesario seguir desarrollando más estudios de macroinvertebrados, con la finalidad de determinar ensamblajes de

comunidades, cadenas tróficas y la asociación que presentan con los factores ambientales y antrópicos, por otro lado evaluar el estado ecológico permitirá seguir adaptando y poniendo en marcha actividades para remediar y combatir las afectaciones a la calidad de agua y de la ribera del río, es por esto que en el Anexo 1 se ha descrito un “Plan de biomonitoreo de la calidad agua para el río Ambato”.

Misión

Desarrollar acciones entre el sector público, privado y comunitario con la necesidad de corregir la situación actual existente del río Ambato identificando mecanismos adecuado sustentados en derechos sociales, ambientales, responsabilidades comunes y desarrollo sostenible.

Visión

Construir una gobernabilidad política y administrativa efectiva que permita un adecuado manejo de la cuenca hídrica, su conservación, recuperación y adjudicación sin perjuicio ambiental y social, manteniendo los requerimientos ecológicos para mejorar los servicios ecosistémicos que provee el río Ambato.

Objetivo

Diseñar y fortalecer estrategias participativas que ayuden a la planificación y priorización de la salud del ecosistema fluvial del río Ambato.

Propuesta de planificación de manejo ambiental para el río Ambato

Plan					
Proyecto de ordenanza para preservar, mantener y difundir el patrimonio natural del río Ambato					
Resumen de objetivos	Línea base	Metas	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin					
Aprobar y poner en marcha una ordenanza que ayude a conservar y salvaguardar el patrimonio natural y paisajístico del río Ambato su investigación, recuperación y puesta en valor.	No se garantiza la conservación y salvaguarda del patrimonio natural de los ríos en la ciudad de Ambato.	Contribuir con la conservación y salvaguarda del patrimonio natural.	Normas y reglamentos redactadas en la ordenanza.	Documento de ordenanza elaborado, publicado y socializado basado en los principios y competencias que rigen y demandan la constitución de la república	El cantón Ambato cuenta con una ordenanza que regula la preservación, manejo y difusión del patrimonio natural del río Ambato
Propósito					
Proteger y promover la diversidad física y natural	No se garantiza el manejo, restauración y conservación de la cuenca del río Ambato	Gestión de manejo, protección, preservación y difusión del patrimonio natural	% de recursos económicos para la realización de planes, programas y proyectos que promuevan la gestión del patrimonio natural	Informe final de la ordenanza	El cantón Ambato cuenta con una ordenanza que regula la preservación, manejo y difusión del patrimonio natural del río Ambato

Componentes y actividades					
C1 Ordenanza que regule el manejo y conservación del patrimonio natural de la cuenca del río Ambato	Bajo manejo en la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético, prevención de los daños ambientales y recuperación de espacios naturales degradados	Realizar un manejo adecuado de las áreas naturales presentes en el territorio definiendo en los PDyOT (plan de desarrollo y ordenamiento territorial) y los PUGS (planes de uso y gestión del suelo) las zonas de conservación, expansión urbana, agrícola y ganadera que afecten las reservas ecológicas, comunitarias, municipales, estatales y otras de conformidad a la normativa legal vigente	# de artículos publicados en la ordenanza que protege el patrimonio natural del río Ambato	<ul style="list-style-type: none"> - Informes técnicos - Registros fotográficos 	El cantón Ambato regula y maneja adecuadamente las áreas naturales permitiendo la conservación y gestión del patrimonio natural del río Ambato

1.1 Elaborar una ordenanza que regule el manejo de áreas de conservación para preservación del patrimonio natural del río Ambato

1.2 Proponer el diseño de un plan de manejo de áreas naturales protegidas contemplando los siguientes aspectos

- Zonificación del Área Natural Protegida en la cuenca del río Ambato, los propietarios deberán acatar las normas de uso establecidas en la zonificación
 - ✓ Zona de restauración y recuperación de la cobertura vegetal
 - ✓ Zona uso sostenible de los recursos naturales
 - ✓ Zona de uso especial y equipamiento
 - ✓ Zona poblada
- Actividades permitidas de conformidad a la zonificación establecida en el espacio territorial del Área Natural Protegida del río
- Actividades no permitidas de acuerdo a la zonificación y a la finalidad del Área Natural Protegida
- Limitaciones de uso de los predios de propiedad privada ubicados alrededor o dentro del Área Natural Protegida.

Enfocar las actividades permitidas relacionadas con:

- Conservación de Ecosistemas;
- Científicas;
- Investigación de flora y fauna silvestres;
- Educación ambiental;
- Recuperación de cobertura vegetal, entre ellas forestación y reforestación;
- Turismo de naturaleza y cultural;
- Recreativas;
- Agrícolas, pecuarias y agroforestales sustentables;
- Cadena productiva agrícola, agropecuaria y forestal para el desarrollo sustentable

1.3 Presentación de una propuesta de ordenanza dirigida al alcalde para el debido trámite:

- Elaboración del informe por la comisión de legislación según las observaciones de los concejales (primer debate) y la asesoría de especialistas en el tema.
- Desarrollo del segundo debate, en el cual, se realiza la consulta pre legislativa de ser necesario.

<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del informe de conformidad emitido por la asamblea cantonal y aprobación de la ordenanza por el concejo municipal. • Remisión de la aprobación de la ordenanza al ejecutivo municipal para que la sancione u observe y posterior certificación y publicación según corresponda (gaceta oficial municipal, web municipal o Registro Oficial). 						
1.4 Socialización de la ordenanza						
1.5 Establecer mecanismos de monitoreo y evaluación de resultados.						
C2	Incorporar corredores ecológicos	El río Ambato solo cuenta con un corredor ecológico de 2 km con fines recreativos	Recuperar espacios que son utilizados como vertederos de escombros, materiales de construcción y pastoreo	# de corredores ecológicos diseñados	Mejoramiento del paisaje natural del río que ayuda en la conservación	El cantón Ambato cuenta con nuevas zonas urbanas protegidas.
2.1 Desarrollar el proyecto de corredor ecológico en base a:						
<ul style="list-style-type: none"> • Creación de zonas de sombra sobre la masa de agua • Favorecer el desarrollo de la cobertura vegetal • Protección del suelo frente a procesos erosivos causados por la corriente • Prevención de inundaciones y crecidas en épocas de lluvia 						
2.2 Definir las características y actividades para el área, compatibles con la dinámica y funcionalidad del río						
Vías de financiamiento o apoyo						
<ul style="list-style-type: none"> • GADM Ambato • Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica • Instituciones de educación superior 						

Plan	Manejo de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua				
Resumen de objetivos	Línea base	Metas	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin					
Manejar adecuadamente la cuenca del río Ambato	Deterioro de ecosistemas acuático y terrestre	Aprovechar los recursos naturales de una forma sostenible a largo plazo	-# de cuencas hídricas con programas de manejo y gestión ecológica	-Registro de ramales con mejorías ambientales -Mejoramiento de calidad de vida de la población local adyacente	El cantón Ambato realiza acciones que permite la recuperación y protección de la cuenca hídrica del río Ambato
Propósito					
Proteger y preservar el río Ambato para no perder los servicios ecosistémicos que brinda a la población	Fuentes de presión antrópicas cerca del recurso hídrico	Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes del agua	-# de lineamientos decretados y puestos en acción para la restauración y manejo de la cuenca hídrica	-Documento digitalizado de informe anual	El cantón Ambato realiza acciones que permite la recuperación y protección de la cuenca hídrica del río Ambato
Componentes y actividades					
C1 Restauración y gestión ecológica de la ribera del Río Ambato	No existen mecanismos de orientación, coordinación, cooperación, supervisión y	Implementar acciones en beneficio de la restauración y conservación de	-# de actividades realizadas para la restauración de las riberas hídricas	-Registro de riberas hídricas con planes de manejo	El cantón Ambato realiza acciones que permite la recuperación y protección de la ribera de la cuenca

	seguimiento en la gestión ecológica de la restauración de las riberas del río	las riberas del río Ambato			hídrica del río Ambato
1.1 Crear una mesa técnica de trabajo entre los diferentes niveles de gobierno bajo el código orgánico administrativo “Principio de corresponsabilidad y complementariedad”					
1.2 Desarrollar una línea de trabajo en áreas de ribera considerando: <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de las áreas de ribera • Conectividad del paisaje • Análisis florístico • Recuperación de vegetación de ribera 					
1.3 Identificar y caracterizar tramos mejor conservados					
1.4 Reforestar la vegetación ripícola adecuando las características geobotánicas de los tramos					
1.5 Establecer tiempos y fondos económicos para asegurar la persistencia del material vivo reforestado					
1.6 Identificar alteraciones, efectos y factores que condicionan o limitan la restauración y los que la potencian o facilitan					
1.7 Analizar el grado de reversibilidad de las afectaciones					
1.8 Seguimiento <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento • Gestión adaptativa • Evaluación de resultados 					
C2. Potencializar el turismo sostenible y ecoturismo	Desarrollo de actividades turísticas sin control a lo largo del río Ambato que influyen en el deterioro del	Aprovechar los recursos naturales cercanos al río Ambato de una forma sostenible a largo plazo	-# de directrices y capacitaciones que apoyan a los servidores turísticos a contribuir en los programas de	Mejoramiento de la calidad de vida de la población dedicada al turismo sostenible	El cantón Ambato realiza acciones que permite la recuperación y protección de la ribera de la cuenca

	ecosistema acuático		manejo y gestión ecológica de la cuenca		hídrica del río Ambato
2.1 Evaluar el potencial turismo de la cuenca del Río Ambato					
2.2 Determinar viabilidad comercial, técnica administrativa, legal ambiental y económica financiera					
<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la viabilidad comercial - Análisis de oferta - Análisis de demanda - Confrontación oferta vs demanda - Perfil del turista (Agroturismo) - Determinar la viabilidad técnica - Identificación de sitios de visitas - Identificación de actividades recreacionales - Requerimientos de operación turística - Requerimientos de infraestructura turística ✓ Señalización turística y vial ✓ Mantenimiento de vías ✓ Seguridad ✓ Servicios básicos ✓ Capacitación continua - Mapeo - Paquete comercial - Presentación comercial y estrategias de comercialización • Determinar la viabilidad ambiental 					

- Identificación de impactos ambientales
- Plan de manejo ambiental

- Determinar el estudio legal y administrativo
 - Figura legal
 - Requisitos
 - Estructura orgánica
 - Manual de funciones
 - Manual de procedimientos

- Determinar la viabilidad económico financiera
 - Inversiones
 - Ingresos
 - Egresos
 - Estados financieros
 - Evaluación financiera

Vías de financiamiento o apoyo

GADM Ambato
GAD Provincial de Tungurahua
GAD Parroquiales
Mintur
Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica
Instituciones de educación superior

Plan	Implementación de un sistema de capacitación y educación ambiental				
Resumen de objetivos	Línea base	Metas	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin					
Reducir las fuentes de presión de actividades antrópicas	Las fuentes de presión proveniente de las actividades antrópicas inciden en el estado ecológico del río Ambato	La población contribuye a la reducción de las fuentes de presión sobre el río Ambato.	Mínima degradación a la cuenca del río Ambato	-Informes técnicos de análisis de actividades antrópicas -Registro fotográfico	La población ayuda a proteger y mejorar el estado ecológico del río Ambato
Propósito					
Promover el uso adecuado y manejo de los recursos naturales de la cuenca del río Ambato	La población no realiza buenas prácticas de conservación y uso de suelo	Concientizar a la población sobre la importancia de los recursos hídricos y servicios ecosistémicos que prestan los ríos	Mínima degradación a la cuenca del río Ambato	-Encuestas -Informes técnicos -Registro fotográfico	La población ayuda a proteger y mejorar el estado ecológico del río Ambato
Componentes y actividades					
C1 Optimización de sistemas de producción agrícola y ganadera	Los agricultores no realizan un uso técnico y adecuado de agroquímicos Ganado cerca de la cuenca hídrica	Disminución de agroquímicos cerca de las cuencas hídricas Retiro de animales de pastoreo cerca	Mínima degradación a la cuenca del río Ambato	-Informes técnicos de producción de registros -Registro fotográfico	La población ayuda a proteger y mejorar el estado ecológico del río Ambato

		de las cuencas hídricas			
1.1 Capacitación sobre el óptimo uso de agroquímicos y pesticidas					
1.2 Desarrollo de agricultura orgánica en las comunidades o terrenos cercanos al río					
1.3 Creación de asociaciones para comercializar los productos orgánicos					
1.4 Dotación de espacios destinados a la comercialización de productos orgánicos					
1.5 Motivar a las comunidades para que promuevan una agricultura orgánico y sostenible					
C2 Educación ambiental de las cuencas hidrográficas	Personas y grupos sociales conscientes de la contaminación al caudal del río Ambato, pero con poca sensibilidad e interés	Generar en las personas y grupos sociales a adquirir un profundo interés por el medio ambiente que les impulse activamente a la protección y mejoramiento	-# de técnicas y metodologías propuestas para la educación ambiental -# de talleres, charlas -# campañas realizadas	-Informes técnicos -Registros fotográficos	El cantón Ambato coordina acciones entre autoridades y población para concientizar y enseñar sobre manejo y separación de residuos
2.1 Realizar una focalización de grupos sociales: estudiantes, profesores, prestadores de servicios, ciudadanía común					
2.2 Analizar y describir un programa de trabajo de concientización de los grupos sociales con énfasis en la cuenca del río Ambato importancia local y regional, bosque suelo valoración e importancia desde su función ecológica en el ecosistema por lo que se deberá tomar en cuenta aspectos como: <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento. – con varias estrategias proporcionar a la población información que le permita reflexionar sobre la actuación y relación con el cause hídrico • Toma de conciencia. – asimilación de la información a través del conocimiento y reflexión, permitiendo a la población ser participe en el manejo integral de la cuenca hídrica • Integración y participación. – resultado de las dos maniobras anteriores, por lo que es necesario motivar e incentivar a todos los actores sociales a involucrarse en actividades colectivas. 					
2.3 Difundir en la población la información básica relacionada con la gestión integral del manejo de la cuenca hídrica					

2.4 Desarrollar talleres que demuestren las condiciones ambientales de la cuenca hidrográfica
2.5 Elaboración de campañas de información
2.6 Incentivar el reciclaje de papel, cartón, botellas y pilas en instituciones públicas, privadas y educativas
2.7 Plantear compromisos y responsabilidades con los actores sociales
2.8 Realizar una valoración y evaluación anualmente mediante <ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Encuestas de satisfacción
Vías de financiamiento o apoyo
<ul style="list-style-type: none"> • GADM Ambato • Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica • Instituciones de educación superior

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

Las diversas actividades antrópicas y naturales representan en la actualidad presiones que conllevan al deterioro de los cuerpos de agua y consecuentemente a una variación de su calidad. La presente investigación permitió realizar el análisis de indicadores fisicoquímicos, biológicos y de hábitat, que combinados reflejan el estado ecológico de la cuenca del río Ambato, demostrando así las alteraciones de la calidad del agua en los diferentes sitios de muestreo.

Índices fisicoquímicos

El enfoque del análisis de las variables fisicoquímicas permitió dar una visión exacta de la calidad del agua en los ramales del río Ambato. Alba (1996) expresa que el agua que se toma en un punto específico para su respectivo análisis fisicoquímico ofrece una respuesta directa y puntual de la situación existente en el momento de la toma de una muestra, por otro lado, el estudio de los macroinvertebrados permite obtener una visión retrospectiva de lo sucedido tiempo atrás.

Anyanwu *et al.* (2019) añaden que los parámetros fisicoquímicos muestran una conexión con el ensamblaje de comunidades de macroinvertebrados. El alto valor de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) demuestran que existen cierto grado de contaminación; según Raffo & Ruiz (2014) el oxígeno que se utiliza en la oxidación de la materia orgánica consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la biota acuática provocando una posible disminución o desaparición de la fauna y flora (Barceló *et al.*, 2016). Los resultados presentaron valores de DQO superiores a la DBO concordando con resultados realizados en los

Ríos Cautin e Imperial en Chile (Rivera *et al.*, 2004), los cuales demuestran que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, además se demuestra que en el punto M1 la DBO presenta un valor de 0,81 características propias de aguas débilmente contaminadas, ya que valores superiores a 10 ppm son característicos de aguas contaminadas y menores de 3 ppm indicaría una contaminación muy débil. En contraparte el punto M3 el DBO sobrepasa los LMP concordando con los resultados expuesto en el estudio de Muñoz *et al.* (2012) donde se menciona que el aumento de la DBO indica materia presente de tipo orgánico biodegradable como aguas residuales sin ser tratadas, por lo que sería interesante observar y analizar el tipo de tratamiento de las aguas residuales ya que a pesar de ser tratadas antes de volver al caudal del río todavía sobrepasan los LMP.

El amonio (NH_4) está presente en ecosistemas hídricos como resultado de la descomposición de la materia orgánica su exceso está relacionado a la utilización de abonos para suministrar nitrógeno a las plantas, excreción por el metabolismo de los animales o por algún proceso industrial (Cárdenas & Sánchez, 2013; Cabeza *et al.*, 2007). El valor del NH_4 presentó valores fuera del LMP (límite máximo permisible) en los tres puntos de muestreo siendo posiblemente alimentado por las actividades agrícolas, pecuarias, piscícolas y agropecuario mixto, que se practican en los alrededores del río, por otro lado, presentaron un valor global de “alto” a “muy alto” en el valor de fuente de presión.

Galván & Ríos (2013) mencionan que el ciclo del nitrógeno es un elemento necesario para el desarrollo de la vida, sin embargo, su exceso en ambientes hídricos puede generar múltiples problemas como la reducción de la biodiversidad por altas concentraciones de NH_4 , en investigaciones relacionado a los efectos tóxicos del ion amonio en la fauna, se demostró que Hydropsychidae en niveles superiores a 3,35 mg/L son letales para las larvas (Silva *et al.*, 2009).

De Miguel & Vázquez, (2006) y Cabrera *et al.* (2003) argumentan que los nitritos forman parte del ciclo del nitrógeno y su presencia en el agua debe considerarse como un indicio fundado de una posible contaminación fecal reciente. El índice de los nitritos (NO_2) en el ramal medio presentó un valor fuera del límite permisible posiblemente generado por los asentamientos humanos cuya presión es generada por verter aguas residuales sin ser tratadas directamente al río por saneamientos incompletos.

Dicho resultado se comparte con lo observado en el estudio realizado en el Río Magdalena en Colombia donde la concentración de nitritos sobrepasa a lo permisible en la norma de dicho país, con lo que se demostró el mal manejo de aguas residuales como un problema común por la falta de conciencia ambiental de los organismos públicos y privados (Cartagena & Vargas, 2020). Rosas (2001) observó un aumento de contaminación de nitritos sobrepasando el valor máximo permisible a medida que el número de vertidos industriales y urbanos son desechados al río. En el mismo estudio en el río Anioia mostró concentraciones elevadas de nitritos en puntos de descarga de vertidos de aguas residuales urbanas. Dichas observaciones donde los nitritos sobrepasan niveles permitidos se relacionan con una contaminación industrial y de aguas residuales domésticas.

Vitousek *et al.* (1997) y Bolaños *et al.* (2017) añaden que la inserción de nitrógeno en las masas de agua ocurre por dos fuentes, la primera relacionado directamente por la urbanización, la industria y ganadería, la segunda fuente es más dispersa o difusa por medio de la actividad agronómica.

El OD (oxígeno disuelto) está directamente relacionado con el potencial Redox, la alta densidad microbiana disminuye el Potencial de Óxido Reducción (ORP) por consiguiente disminuye la concentración de OD lo que provoca una reducción de iones y moléculas importantes para la nutrición de microorganismos y vida superior (Campaña *et al.*, 2017).

Las descargas de vertimientos con alto contenido de materia orgánica y nutrientes conducen al descenso de la concentración de oxígeno por el incremento de la demanda para su degradación (Navarro et al., 2005) . Escobar & Ubaque (2012) demostraron que la concentración de OD disminuye a medida que el río se interna o cruza por el área urbana, el resultado en el presente estudio evidenció que el oxígeno disuelto se reduce al pasar por la ciudad y cuando las aguas negras tratadas se reinsertan al caudal del río.

Además, los cambios de temperatura pueden hacer variar los niveles de O₂ en aguas superficiales como sugiere en el estudio realizado por Forero (2015) en el río Soacha en Colombia donde el O₂ sufría una disminución cuando presentaba cambios de temperatura como el aumento de la misma, sin embargo, en los resultados del presente estudio se evidencia que en el punto M3 se mantiene la temperatura semejante al punto M2 pero la reducción de O₂ es notable en un porcentaje considerable (30%), esto según Montalvo *et al.* (2018) consideran que la contaminación por sustancias químicas y materia orgánica disminuye el O₂ en cuerpos de agua afectando seriamente a la vida acuática. Una ventaja que tienen los ríos de alta y media montaña es la facultad de autodepuración del río por la topografía la cual facilita la reaireación atmosférica del agua facilitando la descomposición de materia orgánica (Escobar & Ubaque, 2012).

La presencia de coliformes indica que existe una contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, desechos de animales, etc) y el suministro de agua (Olivas *et al.*, 2011). Para el análisis del valor de coliformes fecales (NMP) para el desarrollo de flora y fauna en aguas dulces, los 3 ramales sobrepasan el límite que es de 100 (unidades formadoras de colonias) /100 ml. Estos valores altos se deben a la actividad antrópica que se practica alrededor de la cuenca y los vertimientos que se hacen de manera directa. En relación a las comunidades de macroinvertebrados aquellas especies con hábitos detritívoros o fitófagos son más tolerantes en ambientes con altas concentraciones de este parámetro (Dominguez *et al.*, 2009), esto también se relaciona

con los resultados en las cadenas tróficas pues el grupo colector recolector predomina en la cuenca del río Ambato.

Por otra parte, Mora & Calvo (2010) expresan que la cantidad de coliformes fecales en los ríos inhabilita el uso de los cuerpos de agua cierto tipo de actividades invalidando las aguas para fines recreativos, acuicultura y riego de cultivos que se consumen crudos. Además, Forero (2015) argumenta que el parámetro microbiológico de coliformes fecales incrementan de manera gradual y exponencial a medida que el río cruza por zonas de fábricas, industrias, viviendas y presencia de animales de la zona.

Índice de calidad de agua – ICA Rojas

A medida que el río Ambato desciende el nivel altitudinal hacia aguas abajo se evidencia impacto por los diversos factores naturales y antrópicos los cuales genera un resultado que recomienda complejidad y mayores costos de tratamiento por la calidad del agua que se va deteriorando en los diferentes ramales del caudal. Estudios con resultados similares muestran que la influencia de actividades antrópicas alrededor de los ríos generan cambios en la composición físico-química del agua generando disminución de la riqueza específica de macroinvertebrados desde la cabecera de la cuenca hacia aguas abajo (Figuroa *et al.*, 2003). Así mismo, Formica *et al.* (2015) demostraron que las actividades antrópicas influyeron en la concentración de nutrientes y parámetros en las cuencas de los ríos Ceballos y Salsipuedes en Argentina.

El ICA Rojas no incluye en su ponderación de pesos los nitratos y fosfatos a diferencia de otros ICA y la ausencia de ciertos parámetros puede cambiar los valores de los índices generando incertidumbre en la interpretación. García *et al.* (2021) expresan que la disparidad en los resultados de los ICA yace en su propia naturaleza, ya que no consideran en la evaluación los mismos factores y tampoco asignan la misma importancia a aquellos que coinciden. Esta disparidad se mostró en el estudio realizado por Torres *et al.* (2010) el cual obtuvieron diferentes calidades de ICAs para

el mismo punto de muestreo. Similares resultados se muestran en el estudio de García *et al.* (2021) donde las categorizaciones variaron pudiendo ubicar diferentes rangos de calidad a un mismo cuerpo de agua.

Una desventaja de los ICA es que no incluye agentes de contaminación importantes como metales pesados e hidrocarburos, tampoco evalúa el comportamiento sedimentario, cuyo monitoreo se hace básico para la conservación de la salud de los ecosistemas acuáticos (Ortiz *et al.*, 2005), pero el uso y puesta en práctica de los índices permiten identificar tendencias de calidad del agua y sus problemáticas, ayudando a la definición de prioridades con fines de gestión y priorizar evaluaciones de calidad más detalladas (Torres *et al.*, 2008).

Grupos tróficos de macroinvertebrados

Desde el punto M1 hasta M3 la evolución predecible de la estructura trófica expuesta por Monzón *et al.*, (1991) se cumple, pero en el punto M4 el cambio es apreciable en la composición trófica (Figura 14). Se supone que esto se debe a la calidad del ecosistema, ya que el índice ECOSTRIAND valora el punto M1 como bueno, el punto M2 y M3 como regular, mientras que el punto M4 y M5 el estado ecológico es malo y el M6 pésimo (Tabla 17).

Sin embargo, en predicciones a nivel general se describe la cadena trófica del río como continua, porque en niveles tróficos aumentan los primeros mientras decrece el resto, por lo que sería interesante un seguimiento en estación lluviosa para observar si existe una variabilidad.

Para el grupo de colectores-recolectores la familia predominante es Chironomidae, para el grupo de raspadores Hidroptilidae, para los predadores Dugesidae, para los colectores-filtradores Simuliidae, y para los fragmentadores Hyalellidae. Esto

demuestra que estas familias son las mayores aportantes de biomasa y por ende de energía calórica en la cadena trófica del río Ambato.

El grupo trófico funcional dominante en los puntos de muestreo del río Ambato fue colector-recolector (CR) (Figura 19). Este grupo se caracteriza porque los macroinvertebrados consumen materia orgánica particulada fina (MOPF).

Cuando se observa un grupo trófico que consume partículas finas (MOPF), existe una gran probabilidad que las tasas de disponibilidad de materia orgánica provienen de la descomposición de materia (Walteros & Castaño, 2020; Ferru & Fierro, 2015), y han sido reportados como los grupos más frecuentes en ríos del hemisferio sur (Chará-Serna *et al.*, 2010). Esto es lógico al observar una ribera con una franja de conservación y protección en el mapa uso de suelos (Figura 14), por lo que se puede decir que las cadenas alimentarias acuáticas de este grupo se basan en el material orgánico que entra al sistema acuático desde afuera, además en el IHF se describió macrófitas en el punto M1, y el índice QBR-And determinó una cubierta vegetal de hasta un 80% en la zona de ribera.

Por otro lado, la familia Chironomidae es considerada como verdaderos minadores de tallos u hojas y fueron encontrados a lo largo del río Ambato con 2654 individuos en todo el caudal, y la familia Elmidae que incluso puede alimentarse de raíces enterradas en los sedimentos (Hanson *et al.*, 2010).

Los colectores – recolectores, tienden a disminuir frente a la escasez del material orgánico cuando este no puede ser arrastrado hacia el centro del cauce del río y este queda desprovisto de nutrientes para el desarrollo de estos grupos. Monzón *et al.* (1991a) argumentan que una represa actúa como un sumidero reteniendo principalmente las fracciones de UFPOM y FPOM y permitiendo el aclarado del agua, empobrecimiento de materia orgánica.

El segundo grupo funcional trófico son los raspadores, estos se mantienen constantes al largo del río, son herbívoros y se alimentan de perifiton (algas), este resultado se debe a que el río en el IHF fue descrito con una composición del sustrato de piedras, cantos y grabas con grandes claros y poca sombra, lo que generó que existiera pecton en más del 50% (Anexo 25), y el plocon, briofitas o pecton se adhieren a las rocas y otros sustratos para su desarrollo (Hanson *et al.*, 2010). Además el perifiton se desarrolla con facilidad debido a la suficiencia de luz que ingresa al caudal (Montoya & Aguirre, 2013).

Algunos investigadores plantean que los raspadores están influenciados por la producción primaria del perifiton y que la distribución estacional de las algas de esta comunidad se relaciona con la abundancia de los colectores-recolectores (Usme *et al.*, 2013). Esto concuerda con nuestros resultados ya que los C-R están dentro del primer grupo, los cuales minan la materia orgánica.

Los predadores fueron el tercer grupo representativo en el río, sin embargo, en el punto M4 no se registró ninguna familia y en el punto M6 solo se registró 1 familia, representando estos dos puntos donde existe una ausencia y baja presencia de este grupo trófico. Según el mapa de uso de suelo (Figura 16), y las actividades antrópicas (Tabla 18) demostraron que los asentamientos humanos generan una presión muy alta en estos puntos, Kerans & Karr (1994) mencionan que los altos impactos que generan los humanos promueve la abundancia de colectores-detritívoros y desfavorece a los depredadores.

El punto M1 presentó un alto número de predadores, al igual que el IHF mostró una alta diversidad de hábitats; una mayor concentración de MO fina y ultrafina, posee una mayor producción bruta y diversificación de microhábitats, lo que permite en este punto un mejor ajuste entre los grupos funcionales con una importante proporción de predadores (Monzón *et al.*, 1991a).

Los colectores-filtradores presentaron un bajo número de presencia en el punto M4 y M6, mientras que los fragmentadoras presentan una baja presencia en el punto M4 y M5, mientras que en el M6 no se encontró ninguna familia. En un sistema acuático que presenta altos niveles de perturbación, la presencia o ausencia de ciertas familias no solo dependerá de la MO sino también de la contaminación orgánica (Usme *et al.*, 2013). Esto también concuerda con los índices físico-químicos y los indicadores biológicos que califican como aguas de “mala calidad” o que están en “estado crítico” en el ramal bajo lo que reduce incluso la presencia de vida acuática por la necesidad de un hábitat idóneo para su desarrollo.

Índices bióticos

La familia Chironomidae fue la más abundante en el río Ambato, en especial en los puntos de muestreo M2, M3, M4, M5, M6, incluso en los puntos M3, M4, M5 presenta una relación de 3 a 1 en la abundancia de los individuos con relación a los puntos M1 y M2. Esta elevada abundancia viene dada por la resiliencia de la familia frente a presiones antrópicas como la urbanización y la alteración de la vegetación nativa las cuales empobrecen las comunidades biológicas y como consecuencia alteran el ecosistema (Maroneze *et al.*, 2011).

En el estudio realizado por Machado *et al.* (2018) en el río Sardinas determinaron que en la estación seca el taxón más abundante fue Chironomidae, esto se asemeja a nuestro resultado donde las muestras fueron recolectados en la estación seca.

Según Oscoz *et al.* (2010) la familia Chironomidae a menudo es el grupo de invertebrados acuáticos dominantes tanto en número como en biomasa, cosmopolita que puede vivir en aguas limpias y tolerar tramos muy contaminados y anóxicos; una familia de interés como indicador ecológico (Dominguez *et al.*, 2009). Esto se respalda con el resultado presentado en el punto M6 donde los índices de biodiversidad son bajos, el ICA Rojas clasifica como aceptable y el OD (oxígeno disuelto) solo alcanza

un 30%. Igualmente Ferrington, (2007), expone que la abundancia de Chironomidae incluso se presenta cuando hay niveles bajos de oxígeno.

A la inversa del punto M6 se tiene el punto de muestreo M1 a un nivel altitudinal de 3816 m.s.n.m. con una abundancia media alta y donde Chironomidae presenta una abundancia considerable, pero Hyalellidae fue la familia más abundante. Villamarín (2012), indicó que esta familia tiende a incrementar su abundancia con la altitud mostrando significancia para localidades de páramo y puna, concordando con las características ecológicas y ambientales del punto M1.

Así mismo, la familia Hyalellidae está presente en toda América en ambientes de aguas frescas y salobres, y tienen un amplio rango de tolerancia a ambientes contaminados favoreciendo su distribución, alimentándose principalmente de algas y diatomeas (Dominguez *et al.*, 2009). Además, el IHF mostró una alta diversidad de hábitat en el punto M1 por la cobertura de vegetación acuática formado por plocón y briofitas (*clodofola*, *zignematales*, *oedogoniales*) y fanerógamas (*lemna*, *zannichellia*).

Tapia *et al.* (2018) encontraron gran influencia en la estructura de la comunidad con las familias Corixidae (Hemiptera), Chironomidae (Diptera) y Hyalellidae (Amphipoda). Si bien la vegetación de ribera para el ensamblaje de macroinvertebrados se hace imprescindible (Rivera *et al.*, 2009), es necesario resaltar que la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados en cierto hábitat está relacionado a varios factores como la concentración de macro y micronutrientes, OD (oxígeno disuelto) y las interacciones entre varios organismo (Li *et al.*, 2018), sin descartar que en zonas altoandinas todavía no se ha estudiado extensamente la relación que tienen las comunidades de macroinvertebrados con la latitud y altitud (Villamarín, 2012).

Índice ABI y BMWP-Col

Los dos índices biológicos empleados para determinar la calidad del agua mediante las comunidades de macroinvertebrados son índices cualitativos basados en la ponderación por la presencia o ausencia de una familia. Así, al ser dos índices que se asemejan en su estructura de valorización demostraron similitud en cada punto de muestreo en la calidad de agua.

En la ponderación para obtener el valor de los índices es necesario mencionar que con el índice ABI el 13,3% de las familias no se pudieron otorgar un valor, mientras que en índice BMWP-Col el 20%. Alomía *et al.* (2017) expresan en su estudio de la cuenca alta del río Huallaga sobre los 3655 m.s.n.m. que el índice ABI es el que mejor se adecua por la composición de macroinvertebrados y la representatividad de las familias en los ríos altoandinos. De igual manera, Meneses *et al.* (2019) argumentan que los resultados del índice ABI genera un diagnóstico más preciso de la calidad del agua por la sensibilidad del mismo, el cual es adecuado a las influencias antrópicas y a la altitud en la cual el índice fue establecido.

La utilización de estos índices como herramientas de diagnóstico de la calidad del agua de un ecosistema hídrico determinado se hace importante porque permite observar la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados en los ríos. La aplicación de dichos índices se deberá hacer con cautela porque la generalización de los valores de tolerancia para las diferentes familias puede dar lugar a errores en su utilización, como es el caso de que no todas las familias se registran en un mismo lugar (Prat *et al.*, 2009). Es por ello que se hace importante seguir avanzando en los estudios para implementar índices hasta un nivel sistemático de género y así completar las tablas de puntajes del BMWP-Col y del ABI que muestren de manera más precisa la calidad del agua del sistema analizado (Meneses *et al.*, 2019).

El índice Adaptado para el río Ambato se lo realizó con la finalidad de generar una ponderación a las familias de macroinvertebrados que no cuentan con un valor, la construcción de este índice pretende dar una idea de crear puntuaciones a familias de macroinvertebrados que se encuentran en determinados ríos mediante análisis de sensibilidad-tolerancia descripciones taxonómicas, adaptación ecológica. Dicho índice presentó calidad de agua semejante al índice ABI y BMWP-Ccol.

En el presente estudio se demostró que el índice EPT es más estricto a la hora de valorar la calidad del agua, este resultado también se demuestra en el estudio realizado en el río Opia en Colombia, donde el índice BMWP-Col indicó calidad buena pero el índice EPT lo ponderó como calidad regular, esto se genera porque ciertas familias están limitados a factores ecológicos propios de la cuenca como el sustrato, vegetación asociada, cadenas tróficas o el nivel altitudinal de los puntos donde se tomaron las muestras, es por eso que se debe comparar los índices y observar la presencia de otros organismos que puedan establecer una buena calidad del agua (Forero *et al.*, 2013).

Índice de calidad IHF, QBR-And y ECOSTRIAND

La alta diversidad de hábitat determinado con el IHF en el punto M1 supone una alta diversidad en la comunidad de macroinvertebrados, un hábitat con variedad de sustratos y vegetación ribereña sugiere una mayor fuente de alimento, estabilidad para la colonización y refugio para las especies acuáticas (Mosquera & Mosquera, 2017).

Un IHF alto indica que el hábitat fluvial alberga una comunidad de macroinvertebrados diversa (Trama *et al.*, 2020). Esto concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio, pues también se registró que el punto M1 presentó una biodiversidad media alta. Lo opuesto se observó en el punto M6, donde el IHF presentó baja diversidad de hábitat y el índice de biodiversidad fue bajo.

Deluque *et al.* (2006) en su estudio menciona que las macrófitas acuáticas sumergidas y flotantes crean una barrera física para la corriente y temperatura del agua, además de formar parte de los hábitos alimenticios de muchos organismos, construyendo una cadena trófica que contribuye a la recirculación de materia y energía en el sistema. En concordancia y frente a las actividades que ejercen cierta presión, la vegetación riparia toma importancia para el desarrollo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas hídricos (González *et al.*, 2012).

Se hace evidente lo expuesto por Pardo *et al.* (2002) donde mencionan que la importancia de la alteración del hábitat sobre las comunidades de invertebrados acuáticos, que la reducción del IHF y el número de familias de macroinvertebrados se corresponden con un gradiente de disminución de la calidad biológica.

El IHF en el transcurso del río va disminuyendo, mientras que el índice QBR-And se mantiene en una calidad de alteración importante y calidad intermedia. El IHF es alterado fuertemente por la presencia de una represa en el río ya que en época seca gran parte del caudal en la bocatoma es desviado para la agricultura y potabilización. Se observó una alteración en la composición florística por la inserción y disminución de especies y la degradación de los cauces.

La modificación de la vegetación de ribera por el cambio del uso de suelo conlleva a una alteración en el ensamblaje de macroinvertebrados (Giraldo *et al.*, 2014), si las condiciones de perturbación persisten en el tiempo provoca cambios significativos en la estructura y composición de las comunidades (Trama *et al.*, 2020). Según Gergel *et al.* (2002) la vegetación de ribera cumplen la función de amortiguamiento que ayudan a detener los contaminantes, y sedimentos que puedan llegar a los cuerpos hídricos.

Bello *et al.* (2021) mostraron en su estudio la perturbación ambiental del río Chicú donde las actividades ganaderas, agrícolas y el incremento demográfico ejercen una

presión sobre el cuerpo hídrico mediante las descargas de residuos líquidos, esto a su vez alteraron la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados acuáticos en el río. Asimismo, Soria *et al.* (2019) observaron que los cambios de temperatura la calidad de bosque de ribera (QBR) y del hábitat (IHF) condicionan la riqueza y calidad biológica, porque el aumento de la superficie forestal, pérdida de vegetación nativa y el aumento de actividades antrópicas influyeron en la biodiversidad de los macroinvertebrados.

El índice ECOSTRIAND evidenció una gradiente de degradación del estado ecológico sobre todo en los puntos M4, M5 y M6, complementando y afirmando los resultados del índice ICA Rojas donde se observó en el ramal medio una “buena calidad” y en el ramal bajo una “mala calidad”. El ECOSTRIAND en el índice QBR-And revalorizó y bajó de categoría en el punto M5 y M6 de calidad “intermedia” a “mala” y “pésima calidad” respectivamente y el ABI en el punto M1 y M2 de “bueno” a “regular”, subió de categoría en el IHF en el punto M3 de “baja diversidad” a “regular”.

Con respecto a la sensibilidad el ICA Rojas ayuda a expresar los resultados para el análisis de calidad de agua en este tipo de ríos altoandinos, mientras que el ECOSTRIAND muestra una mejor clasificación para el estado ecológico del río. Otros trabajos corroboran que el índice ECOSTRIAND presenta una revalorización y mejor poder discriminatorio entre estaciones de muestreo, ya que combina y valora de forma global los índices QBR-And, ABI, IHF para determinar la calidad del ecosistema fluvial (Giraldo *et al.*, 2014; Gustavson *et al.*, 2013).

Actividades antrópicas

La gestión del uso de suelo condiciona las actividades antrópicas dentro de un territorio; la evaluación de estos impactos sobre los ecosistemas dulceacuícolas es una tarea que se ha transformado como prioritaria con el fin de predecir y prevenir cambios que pudiesen resultar irreversibles (Correa, 2016). Desde el punto de muestreo M4 las actividades antrópicas tornan con más presión, así también se demostró con el índice

ECOSTRIAND. Las actividades que más fuentes de presión generan son: agrícolas, pecuarias, agropecuarias y los asentamientos humanos.

Si bien, en todos los puntos de muestreo existen asentamientos humanos (comunidades), desde el punto M4 se asienta la gran urbe de la ciudad de Ambato, y es la actividad que más presión ejerce sobre el espacio hídrico del río. Gómez (2018) expone que la actividad humana aun con baja población presiona los recursos hídricos naturales afectando la flora y fauna que se encuentra al paso de los afluentes. El mal uso de los suelos cercanos a cuencas hídricas aumenta su erosión y disminuyen los bosques, factores que ayudan a la escorrentía y la degradación de la calidad de las aguas (Ortega *et al.*, 2018).

Moreno *et al.* (2017) mencionan que, si no se genera capacitaciones a las poblaciones cercanas, estudios de la dinámica espacio temporal de la biota acuática, control de la frontera agrícola, provocará incertidumbre sobre los efectos que pueden causar sobre los ambientes fluviales y el incremento de las actividades económicas o de subsistencia actuales y futuras.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El ramal medio y bajo presentó valores en 4 parámetros que sobrepasaron los límites permisibles para la preservación de la flora y fauna en agua dulce fría.

Las actividades ganaderas y agrícolas alrededor de la cuenca hídrica influyeron en la presencia de coliformes fecales (NMP) y amonio (NH_4) los cuales sobrepasaron los límites permisibles para desarrollo de flora y fauna de agua dulce fría.

El ICA Rojas demostró que mientras baja el nivel altitudinal del río los valores de clasificación de calidad del agua también bajan, esto por el impacto de las actividades antrópicas y naturales que sufre el río en los diferentes ramales.

Chironomidae fue la familia con más abundancia, esto se debe por su resiliencia que tiene frente a presiones que alteran el ecosistema y tolerar ambientes anóxicos. Por otro lado, *Hyalellidae* fue la familia con más individuos en el punto M1 debido al IHF, demostrando que las características físicas y naturales influyen en el ensamblaje de las comunidades de macroinvertebrados.

Los índices ABI y BMWP-Col demostraron la degradación de la calidad del agua a medida que el cauce del río desciende.

El punto M1 mostró una alta diversidad de hábitat con el IHF lo que representó un alto índice de biodiversidad en la comunidad de macroinvertebrados. Los datos también se

reflejaron en el punto M6 donde el IHF tiene baja diversidad de hábitat y el índice de diversidad también fue bajo.

El índice QBR-And determinó al río Ambato una calidad de riberas intermedia y mala, debido a la composición vegetativa introducida, la degradación de las riberas con escombros, uso agrícola, presencia de animales y tala de árboles

El índice ECOSTRIAND mostró una clasificación de calidad con más precisión entre los puntos de muestreo por la revalorización de la calidad del ecosistema fluvial, la cual combinan los valores de los índices ABI, IHF, QBR-And.

Las actividades antrópicas influyen en la calidad del agua y las que más presión generan sobre el río Ambato son las actividades agrícolas, agropecuarias, agropecuarias mixtas y los asentamientos humanos.

La principal fuente de energía es la materia orgánica que ingresa al río, por lo que las características del hábitat y las variables antrópicas determinaron los ensamblajes de macroinvertebrados, en ese sentido se evidenció una respuesta de los organismos como su disminución en los puntos donde el impacto antropogénico era muy alto.

Recomendaciones

Poner en marcha un plan de manejo y conservación de para la cuenca hídrica del río Ambato descrito en el Anexo 1.

Se deberá tomar en cuenta los coliformes fecales porque en ciertos puntos del río está determinado como zona de pesca y la existencia de criaderos de peces, pero las unidades formadoras de colonias sobrepasan los límites permisibles. Como respuesta a esta problemática se ha descrito un plan de potencializar el turismo sostenible y ecoturismo ayudando a regular ciertas actividades realizadas en la cuenca del río.

Si bien los análisis físico químicos en el agua determinan el estado actual del río y son factores importantes porque revelan cambios físicos y químicos que sufre el agua, la calidad de bosque de ribera y heterogeneidad de hábitat fluvial son factores claves que se debe considerar analizar en futuros estudios porque son determinantes como cedazo y filtro de retención a los elementos contaminantes que puedan afectar la composición y estructura de las comunidades de organismos.

Hacer revisiones y análisis periódicamente de las actividades que se realizan en las cercanías de la cuenca hídrica y poner énfasis y atención en el control de las mismas.

Seguir avanzando con el estudio de macroinvertebrados para llegar hasta el nivel de clasificación de especie con el fin de establecer grupos tróficos funcionales más específicos y realizar redes tróficas de los ríos altoandinos.

Establecer nuevos puntos o más puntos de muestreo si fuese necesario con el fin de obtener más información sobre la cobertura de vegetación de ribera y composición física del cauce.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R., Rios-Touma, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Alba, J. (1996). *IV Simposio sobre el Agua en Andalucía: Almería*. IGME. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=lbl-WQWRyloC&oi=fnd&pg=PA203&dq=macroinvertebrados+&ots=VfU6I93uxh&sig=Zn7tO2KrDOKX0eIvH-OQ3VSDbOU&redir_esc=y#v=onepage&q=macroinvertebrados&f=false
- Alomía, J., Iannacone, J. A., Alvariño, L., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados Bentónicos Para Evaluar La Calidad De Las Aguas De La Cuenca Alta Del Río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)*, 15(1), Art. 1. <https://doi.org/10.24039/rtb2017151144>
- Alonso, A., & Camargo, J. A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles: *Ecosistemas*, 14(3), Art. 3. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432>
- Amat Rodrigo, J. (2016). *Test Kruskal-Wallis*. https://www.cienciadatos.net/documentos/20_kruskal-wallis_test
- Ambrosio, E. S. (2014). *Hábitats y grupos funcionales alimentarios de los macroinvertebrados bentónicos en la costa bonaerense del río de la Plata: Relación con la contaminación* [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/33628>
- AME-INEC. (2016). *Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales 2015 (agua y alcantarillado)*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf
- Anyanwu, E., Okorie, M., & Odo, S. (2019). Macroinvertebrates as bioindicators of Water Quality of Effluent-receiving Ossah River, Umuahia, Southeast Nigeria. *ZANCO JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCES*, 31(5). <https://doi.org/10.21271/zjpas.31.5.2>
- Babenko, A., Efeykin, B., & Bizin, M. (2020). Three new and one little-known species of Hypogastruridae (Collembola) from Russia's northeast. *ZooKeys*, 1005, 1-20. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1005.54882>

- Baquero, E., & Jordana, R. (2015a). *Órdenes Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona y Symphypleona*. 11.
- Barceló Quintal, I. D., Solís Correa, H. E., García Albortante, J., Osornio Berthet, L., & García Martínez, M. (2016). Evaluación de la calidad del agua de la laguna de Chignahuapan, Almoloya del Río, Edo. De México. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*. Año 2, número 2 (enero-diciembre de 2016). ISSN: 2448-6663. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/8450>
- Barcia, E., Infante, A., Rodríguez, R., Alonso, B., Codornú, A., Rodríguez, J., Alvarez Troncoso, R., Palmero, R., & Sáinz, M. (2012). *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*.
- Bello, M. T. R., Romero, F. Y. S., Rivera, D. S. C., Parada, R. J. S., & Londono, A. M. J. (2021). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en el río Chicú, Cundinamarca, Colombia. *HIDROBIOLÓGICA*, 31(1), Art. 1. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2021v31n1/Rincon>
- Benetti, C. J., Michat, M. C., & Archangelsky, M. (2018). Chapter 15 - Order Coleoptera: Introduction. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 497-517). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00021-4>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Cabeza, A., Urtiaga, A., Rivero, M., & Ortiz, I. (2007). Ammonium removal from landfill leachate by anodic oxidation. *Journal of hazardous materials*, 144, 715-719. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.01.106>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garcíadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88-92.
- Campana, A., Gualoto, E., Laboratorio de Investigación, Análisis y Monitoreo de Quito IAMQ, Secretaría de Ambiente, Av. Río Coca E6 – 85 e Isla Genovesa, Quito, Ecuador., & Chiluisa-Utreras, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. *Bionatura*, 2(2), 305-310. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.02.6>
- Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88.

- Cardona, G. G., Flórez, G. R., García, J. E., Franco, L. M., García, L. J., Yara, D. C., Briñez, G. N., Ocampo, M. L., Quintana, M. I., Pava, D. Y., Flórez, N. Y., Ávila, M. F., Hernández, E. E., Lozano, L. A., Guapucal, M., Borrero, D. A., & Olaya, E. J. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: Una visión desde ambientes ribereños. *Tumbaga*, 1(3), 109-127.
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., Aponte, H., Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44344>
- Carrasco, J., Caballero, V., Garcia, F., & Vieira, R. (2020). *Biodiversidad Asociada A Humedales Altoandinos* (Vol. 1). http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2021-08-18-180527-libro_antoandino.pdf
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña-Cortés, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas-Chacoff, L. (2014). Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana. Botánica*, 71(1), 1-9. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432014000100002>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo—Los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad del Agua*. <https://ecociencia.org/manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua/>
- Cartagena Cruz, L. P., & Vargas Mosquera, D. A. (2020). *Estudio del riesgo por fosfatos, nitratos y nitritos en el agua del río Magdalena para abastecimiento de Girardot—Ricaurte* (Cundinamarca) [Thesis]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7462>
- Castro, J. E., & Lacabana, M. (2005). Agua y Desarrollo en América Latina: Por una democracia sustantiva en la gestión del agua y sus servicios. *Cuadernos del Cendes*, 22(59), 01-02.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), Art. 17. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Castro, V. A. R., Martínez, H. Q., Zabeh, M. H. B., & Rojas, C. S. (2004). Riesgos entomológicos asociados a aguas contaminadas. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 5(3). <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=22737>
- Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., Zúñiga, M. D. C., Pedraza, G. X., & Giraldo, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27. <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC15-1.tcoa>

- Consejo Nacional de Competencias. (2019). *Informe de la competencia de la gestión de agua potable*. <http://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/08-Informe-de-la-competencia-de-gestion-de-Agua-Potable-2.pdf>
- Correa-Araneda, F. (2016). *Diseño muestral y métodos de muestreo en ríos, lagunas y humedales para el estudio de bioindicadores de calidad de agua* (pp. 81-88). https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Correa-Araneda/publication/311054291_Disenio_muestral_y_metodos_de_muestreo_en_rios_lagunas_y_humedales_para_el_estudio_de_bioindicadores_de_calidad_de_agua/links/5880cf7ca6fdcc0848f8f4db/Diseno-muestral-y-metodos-de-muestreo-en-rios-lagunas-y-humedales-para-el-estudio-de-bioindicadores-de-calidad-de-agua.pdf
- Cummins, K., & Merritt, R. (1996). An Introduction to The Aquatic Insects of North America. *The Journal of Animal Ecology*, 50, 1158. <https://doi.org/10.2307/1467288>
- Cummins, K. W., Merritt, R. W., & Andrade, P. C. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(1), 69-89. <https://doi.org/10.1080/01650520400025720>
- De Miguel, C., & Vázquez, Y. (2006). *Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas*. VirtualPro.co. <https://www.virtualpro.co/biblioteca/origen-de-los-nitratos-no3-y-nitritos-no2-y-su-influencia-en-la-potabilidad-de-las-aguas-subterraneas>
- Deluque, J., Reyes, S., Sierra-Labastidas, T., & López-Forment, W. (2006). Primeros reportes de familias de macroinvertebrados asociados a macrófitas acuáticas en la ciénaga del Cerro de San Antonio (río Magdalena, Colombia). *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 3(1), 77-86.
- Dominguez, E., Molineri, C., & Nieto, C. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (pp. 55-93). <https://es.scribd.com/document/371542932/Macroinvertebrados-Benticos-Sudamericanos-2009>
- Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 1, Art. 1. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Escobar, A. F. S., & Ubaque, C. A. G. (2012). *Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón*. 16, 10.
- Fernández, R. (2011, noviembre 18). *Aporrectodea trapezoides (Dugès, 1828) (Oligochaeta, Lumbricidae): Filogeografía, Filogenia y Biología Reproductiva*. [Info:eu-repo/semantics/doctoralThesis]. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/15960/>

- Ferrington, L. C. (2007). Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 447-455. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_45
- Ferru, M., & Fierro, P. (2015). Estructura de macroinvertebrados acuáticos y grupos funcionales tróficos en la cuenca del río Lluta, desierto de Atacama, Arica y Parinacota, Chile. *Idesia (Arica)*, 33(4), 47-54. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000400007>
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(2), 275-285. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Flowers, R. W., & de la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 63-93.
- Forero Acosta, G. (2015). Caracterización físico-química y microbiológica del agua del río Soacha, Cundinamarca, Colombia. *RIAA*, 6(2), 119-144.
- Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., Reinoso-Flórez, G., Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. *Hidrobiológica*, 26(3), 459-474.
- Forero-Céspedes, A. M., Reinoso-Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2013). Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Opia (tolima-Colombia) Mediante Macroinvertebrados Acuáticos Y Parámetros Físicoquímicos. *Caldasia*, 35(2), 371-387.
- Formica, S. M., Sacchi, G. A., Campodonico, V. A., Pasquini, A. I., & Cioccale, M. A. (2015). Modelado de calidad de agua en ríos de montaña con impacto antrópico. Caso de estudio: Sierra Chica de Córdoba, Argentina. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(4), 327-341.
- Fusari, L. M., Dantas, G. P. S., & Pinho, L. C. (2018). Chapter 16—Order Diptera. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 607-623). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00029-9>
- Galván Jiménez, L. A., & Ríos Osorio, L. A. (2013). *Procesos, bacterias y arqueobacterias involucrados en el ciclo biológico del nitrógeno para la eliminación de compuestos nitrogenados en ecosistemas de agua dulce, una revisión sistemática*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/10518>
- García, J. H. G. (2014). *Geomorfología fluvial en sistemas atlánticos: Metodología de caracterización, clasificación y restauración para los ríos de Galicia* [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidade de Santiago de Compostela]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=125141>
- García, M. C., Botero, A. P., Quiroga, F. A. B., & Robles, E. A. (2020). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. *Revista de Ingeniería*. <https://doi.org/10.16924/revinge.36.11>

- García-Gómez, A., & Cutz-Pool, L. Q. (2008). Nueva Willemia del grupo anophthalma (Collembola: Hypogastruridae) del Volcán Iztaccíhuatl, México. *Acta zoológica mexicana*, 24(3), 01-05.
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del Agua*, 25(2), Art. 2. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Gastezzi-Arias, P., Alvarado-García, V., & Pérez-Gómez, G. (2017). La importancia de los ríos como corredores interurbanos. *Biocenosis*, 31(1-2), Art. 1-2. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1725>
- Gaviria, E. A. (1993). Claves Para Las Especies Colombianas De Las Familias Naididae Y Tubificidae (oligochaeta, Annelida). *Caldasia*, 17(2(81)), 237-248.
- Gergel, S. E., Turner, M. G., Miller, J. R., Melack, J. M., & Stanley, E. H. (2002). Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences*, 64(2), 118-128. <https://doi.org/10.1007/s00027-002-8060-2>
- Giraldo, L. P., Chará, J., Zúñiga, M. del C., Chará-Serna, A. M., & Pedraza, G. (2014). Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62, 203-219.
- Gleick, P. H. (2003). Water Use. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 275-314. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122849>
- Gómez, O. G. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
- González, M. L. G., Escobar, Y. C., & Jiménez, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.25100/iyc.v9i1.2492>
- González, M., Ramírez, Y., Meza, A., & Dias, L. (2012). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales*. - <https://www.thefreelibrary.com/Diversidad+de+macroinvertebrados+acuaticos+y+calidad+de+agua+de...-a0339636967>
- Granizo, Molina, V., Secaira, Benitez, Maldonado, Libby, Arroyo, Isola, Castro, & Herrera-Fernández, B. (2006). *Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA*. https://www.researchgate.net/publication/308201960_Manual_de_planificacion_para_la_conservacion_de_areas_PCA
- Gustavson, S. S., Cosme, L. A., & Trama, F. A. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2), Art. 2. <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>

- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Capítulo 6: Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 139-148.
- Halfpeter, G., Soberón, J., Kolef, P., & Melic, A. (2005). *Sobre Diversidad Biológica: El Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. http://sea-entomologia.org/PDF/M3M4/085_096_07_Chao_et_al.pdf
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). *Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos*. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001
- Henriques-Oliveira, A. L., Nessimian, J. L., & Dorvillé, L. F. M. (2003). Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63, 269-281. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200012>
- Hofstetter, R. W., Dinkins-Bookwalter, J., Davis, T. S., & Klepzig, K. D. (2015). Chapter 6—Symbiotic Associations of Bark Beetles. En F. E. Vega & R. W. Hofstetter (Eds.), *Bark Beetles* (pp. 209-245). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00006-X>
- Holzenthal, R., & Calor, A. (2017). Catalog of the Neotropical Trichoptera (Caddisflies). *ZooKeys*, 654, 1-566. <https://doi.org/10.3897/zookeys.654.9516>
- Holzenthal, R., & Robertson, D. (2006). Four New Species Of Contulma From South America (Trichoptera: Anomalopsychidae). *Zootaxa*, 1355. <https://doi.org/10.5281/zenodo.174582>
- Holzenthal, R. W., Ríos-Touma, B., & Rázuri-Gonzales, E. (2017). New species of the endemic Neotropical caddisfly genus Contulma from the Andes of Ecuador (Trichoptera: Anomalopsychidae). *PeerJ*, 5, e3967. <https://doi.org/10.7717/peerj.3967>
- Holzenthal, R. W., & Flint, O. S. (1995). Studies of Neotropical Caddisflies, LI: Systematics of the Neotropical Caddisfly Genus Contulma (Trichoptera: Anomalopsychidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 575, 1-59. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.575>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051#:~:text=1.1%20Esta%20norma%20establece%20las,biol%C3%B3gicos%20pero%20no%20an%C3%A1lisis%20microbiol%C3%B3gicos>
- Jáimez-Cuéllar, Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz, C., Sánchez, A., Suárez, M. L., Toro, M., Vidal, M. R., Zamora, C., & Alba, J. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(2), 187-204. <https://doi.org/10.23818/limn.21.25>

- Jordana, R. (Rafael), & Arbea, J. I. (Javier I.). (1989). *Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta:Collembola)*. <https://dadun.unav.edu/handle/10171/7946>
- Kennedy, C. R. (1966). The Life History of *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap. (Oligochaeta: Tubificidae) and Its Adaptive Significance. *Oikos*, 17(2), 158-168. <https://doi.org/10.2307/3564940>
- Kerans, B. L., & Karr, J. R. (1994). A Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI) for Rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications*, 4(4), 768-785. <https://doi.org/10.2307/1942007>
- Lanza-Espino, G. de la, Pulido, S. H., & Pérez, J. L. C. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Plaza y Valdes.
- Lara, M. A. C. (Ed.). (2017). *Planeación y desarrollo de tecnología. Visiones sustentables de la vivienda y la transformación urbana (Miradas colectivas hacia la sustentabilidad)* (1.ª ed.). ITESO. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjhzh6s>
- Li, S., Yang, W., Wang, L., Chen, K., Xu, S., & Wang, B. (2018). Influences of environmental factors on macroinvertebrate assemblages: Differences between mountain and lowland ecoregions, Wei River, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(3), 152. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6516-7>
- Llano, Villada, & Meza. (2016). *Registro del género Hebrus Curtis, 1879 (HEMIPTERA: HEBRIDAE) para el departamento de Caldas: Una contribución al conocimiento de la biota local | Boletín Científico. Centro de Museos*. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/3814>
- Machado, V., Granda, R., Endara, A., Machado, V., Granda, R., & Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154-167. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.369>
- Margalef, R. (1951). *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. <https://digital.csic.es/handle/10261/165981>
- Maroneze, D. M., Tupinambás, T. H., França, J. S., & Callisto, M. (2011). Effects of flow reduction and spillways on the composition and structure of benthic macroinvertebrate communities in a Brazilian river reach. *Brazilian Journal of Biology*, 71, 639-651. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842011000400008>
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2017). Consumo (in) Sostenible: Nuevos Desafíos Frente a La Obsolescencia Programada Como Compromiso Con El Ambiente Y La Sustentabilidad. *Ambiente y Sostenibilidad*, 105. <https://doi.org/10.25100/ay.s.v0i0.4294>
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El Coeficiente De Correlacion De Los Rangos De Spearman Caracterizacion. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.

- Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-72.
- Más, I. G., Araújo, B. M., Inchaurre, A. A., Roldán, I. P., Moreno, A. G., & Román, P. R. (2009). Manual de laboratorio de Parasitología. 12. Insectos Dípteros. *REDUCA (Biología)*, 2(5), Art. 5. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/807>
- Mendoza, B., Santillán, P., & Tingo, J. (2016). Estudio hidrológico para el desarrollo sostenible de la intercuenca del río Ambato. *La Quinta Ola del Progreso de la Humanidad*, 1, 101.
- Mendoza, S. L., Pineda, D. H., Londoño, Á. M. J., Rivera, D. S. C., & Arévalo, J. L. D. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 269-288.
- Meneses Campo, Y., Castro Rebolledo, M. I., & Jaramillo Londoño, A. M. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 299-310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Ministerio de Sanidad. (2020). *Calidad de agua de Consumo en España 2020*. https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/INFORME_AC_2020.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. 40.
- Montalvo, J., García, I., Álvarez, S., Esponda, S., César, M., González - De Zayas, R., & Hernández, Y. (2018). *Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas interiores del Archipiélago Sabana-Camagüey, Cuba. Dissolved oxygen and organic matter in inner water bodies of the Sabana-Camagüey Archipelago, Cuba*.
- Montoya, & Aguirre. (2013). *Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia*. 16. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169429726007.pdf>
- Monzón, A., Casado, Montes, & García. (1991a). Organización funcional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de un sistema fluvial de montaña (Sistema Central, río Manzanares, España). *Limnetica*, 7(1), 97-112. <https://doi.org/10.23818/limn.07.08>
- Mora Molina, J., & Calvo Brenes, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 23(Extra 5), 34-40.
- Morales, H. A. (2007). El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua. *Biocenosis*, 20(1-2), Art. 1-2. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1304>
- Moreno Rodríguez, F., Caro Caro, C. I., Pinilla, G. A., Osorio, D. P., Moreno Rodríguez, F., Caro Caro, C. I., Pinilla, G. A., & Osorio, D. P. (2017). Estado Actual Del Conocimiento Sobre Microalgas Del Perifiton Y Macroinvertebrados Bentónicos En El Departamento

- Del Meta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 274-306.
<https://doi.org/10.15446/abc.v22n3.60619>
- Mosquera Murillo, Z., & Mosquera Mosquera, M. M. (2017). Diversidad De La Entomofauna Acuática Y Calidad De Agua En Quebradas Del Río San Juan, Chocó—Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 149-161.
- Mugarran, A. (1988). *Diversidad ecológica y medición*.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S0034-7744201800040167400012&lng=en
- Muñoz, M. A., & Vélez, I. (2007). Redescrición y algunos aspectos ecológicos de *Girardia tigrina*, *G. cameliae* y *G. paramensis* (Dugesidae, Tricladida) en Antioquia, Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 291-301.
- Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. de J., & Mendiola-Argüelles, J. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 27-38.
- Muñoz-Pedrerros, A., Ruiz, E., & Poblete, C. (1997). *Aspectos de la biología reproductiva de lumbrícidos silvestres (Oligochaeta: Lumbricidae) en el sur de Chile*. 8.
- Navarro, R. M., Lloréns, M. del C. E., & Ruiz, J. G. M. (2005). Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511015>
- Observatorio Socio Ambiental de la FLACSO. (2008). *Geo Ecuador 2008 Informe sobre el estado del medio ambiente*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf>
- Ode. (2003). *Tolerance Values & Functional Feeding Groups—Southwest Association of Freshwater Invertebrate Taxonomists (SAFIT)*.
http://www.safit.org/Docs/Tolerance_Values_and_Functional_Feeding_Groups.xls
- Olivas-Enriquez, E., Flores-Margez, J. P., Serrano-Alamillo, M., Soto-Mejía, E., Iglesias-Olivas, J., Salazar-Sosa, E., Fortis-Hernández, M., Olivas-Enriquez, E., Flores-Margez, J. P., Serrano-Alamillo, M., Soto-Mejía, E., Iglesias-Olivas, J., Salazar-Sosa, E., & Fortis-Hernández, M. (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 449-457.
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Agua / Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Ortega, D. J. P., Ortega, J. A. S., Moncayo, P. C. C., Vargas, I. A. D., & Pompêo, M. L. M. (2018). Uso del suelo y su influencia en la presión y degradación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas. *RIAA*, 9(1), 1.

- Ortiz-Gallarza, S. M., Hernández Llamas, A., & Ortega Rubio, A. (2005). Diseño, construcción y aplicabilidad del Índice de Evaluación Ambiental de Ecosistemas Acuáticos (IEAEA). *Interciencia*, 30(3), 126-133.
- Oscosz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2010). *Macroinvertebrados dulceacuícolas de la Península Ibérica*. <https://docplayer.es/77257636-Macroinvertebrados-dulceacuicolas-de-la-peninsula-iberica.html>
- Ospina Sánchez, C. M., Rodríguez Ch, J., & Peck, D. C. (2009). Clave para la identificación de géneros de Collembola en agroecosistemas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1), 57-61.
- Oviedo-Machado, N., & Reinoso-Flórez, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 101. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>
- Palacios-Vargas, J. G. (2020). *Acheroxenylla* (Collembola, Hypogastruridae), first record from the Americas with description of a new species from a Peruvian cave. *Subterranean Biology*, 34, 109-119. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.34.50673>
- Palma, C., Arana, J., & Ministerio del Ambiente. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. <https://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>
- Pardo, I., Alvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., BONADA, N., Alba-Tercedor, J., Jaimez-Cuéllar, P., Moya, G., Prat, N., Robles, S., Suárez Alonso, M., Toro, M., & Vidal-Abarca, M. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21, 115-133. <https://doi.org/10.23818/limn.21.21>
- Pauta, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Sari, M. L., & Vera, A. P. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46-57.
- Perez, R., Pineda, R., & Campos, V. (2004). *Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana*. 6, 11.
- Pérez, S. (2015). *Gestión Actual de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del río Ambato desde los Actores*. 122.
- Pes, A. M., Holzenthal, R. W., Sganga, J. V., Santos, A. P. M., Barcelos-Silva, P., & Camargos, L. M. (2018). Chapter 10—Order Trichoptera. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 237-324). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00010-X>
- Posada, J., Ramírez, G., & Parra, L. (2008). Diversity of Aquatic Macroinvertebrates of Páramo de Frontino (Antioquia, Colombia). *Caldasia*, 30, 441-455.

- Prat, N., Rios-Touma, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). *Los Macroinvertebrados Como Indicadores De Calidad De Las Aguas* (pp. 631-654).
- Prat, Narcís & Munné, Antoni. (2014). Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: Lecciones aprendidas. *Limnetica*, 33, 47-64. <https://doi.org/10.23818/limn.33.05>
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2014). Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: Avances recientes y direcciones futuras. *Revista de Biología Tropical*, 62, 9-20.
- República del Ecuador-Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua*. 23.
- Retamal, M. R., Andreoli, A., & Arumi, J. L. (2013). *Gobernanza Del Agua Y Cambio Climático: Fortalezas Y Debilidades Del Actual Sistema De Gestión Del Agua En Chile. Análisis Interno*. 38, 10.
- Rios-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de biología tropical*, 62, 249-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Ripoll, L. Q. (2016). Clasificación hidrográfica de los ríos de España. *Revista Digital del Cedex*, 182, Art. 182.
- Rivera, N. R., Encina, F., Muñoz-Pedrerros, A., & Mejias, P. (2004). La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Información tecnológica*, 15(5), 89-101. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642004000500013>
- Rivera Rondón, C. A., Valderrama, L., Baena, S., Prada-Pedrerros, S., Chará, J., Valdés-López, C., Díaz, Y., M., G., S., M., E., P., Mayorga, M. A., & L., G. (2009). *Efecto de los sistemas productivos sobre la calidad del agua y la diversidad en ríos de la ecorregión cafetera*. (pp. 111-126). https://www.researchgate.net/profile/Carlos-A-Rivera-Rondon/publication/255962642_Efecto_de_los_sistemas_productivos_sobre_la_calidad_del_agua_y_la_diversidad_en_rios_de_la_ecorregion_cafetera/links/55fc77f908ae07629e0e0dec/Efecto-de-los-sistemas-productivos-sobre-la-calidad-del-agua-y-la-diversidad-en-rios-de-la-ecorregion-cafetera.pdf
- Rodrigo Oviedo, -Anchundia, Moína-Quimí, E., Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias de la Vida, FCV, Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, CIBE, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. *Bionatura*, 2(4), 437-441. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.5>
- Rodríguez-Téllez, E., Domínguez-Calleros, P. A., Pompa-García, M., Quiroz-Arratia, J. A., & Pérez López, M. E. (2012). Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango,

- México; mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana. Botánica*, 69(1), 147-151. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432012000100014>
- Rojas, J., Parra, O., Arumi, J. L., Retamal, M. R., & Andreoli, A. (2013). Gobernanza del agua y cambio climático: Fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. Análisis interno. *Interciencia*, 38(1), 8-16.
- Roldan, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23(88), 375-388.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Ros, G. D. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: Una aproximación económica*. Editorial Abya Yala.
- Rosas Rodríguez, H. (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat [Doctoral thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94296>
- Rosete, M., & Juaréz, D. (2016). *Identificación de tres géneros de la familia Lumbricidae mediante morfología y código de barras de ADN*. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/13833>
- Sadoff, C., & Muller, M. (2010). *La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales*. <https://mirocan.org/public/documents/outils/uploaded/B3eojyno.pdf>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Sean Mowbray. (2022, marzo 25). *Soluciones innovadoras para las aguas residuales: ¿cómo abordar el problema mundial de los desechos humanos?* Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2022/03/soluciones-innovadoras-para-aguas-residuales-desechos-humanos/>
- Shannon, C., & Weaver, W. (1948). The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois Press Urbana*, 27, 29-125.
- SIGTIERAS-MAG. (2022). *GEOPORTAL | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search?facet.q=topicCat%2Fenvironment>

- Silva, D., Rocha, M., & Nascimento, M. (2009). *Efeito tóxico do íon amônio sobre a fauna Hydropsychidae (Trichoptera)*. https://lba2.inpa.gov.br/lbaconferencias/2008_lba_conf/eng/resumos/461.html
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163(4148), Art. 4148. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Soria, M., Díaz, M. E., Beltrán, M., & Figueroa, R. (2019). Importancia de la conservación de ríos tributarios de cabecera como fuente de biodiversidad: Río Lía (Santa Juana, región del Biobío, Chile): *Ecosistemas*, 28(3), Art. 3. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1797>
- Springer, M. (2010a). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58, 53-59.
- Springer, M. (2010b). Capítulo 7: Trichoptera. En *Revista de Biología Tropical* (Vol. 58, pp. 151-198). https://www.researchgate.net/publication/262479260_Capitulo_7_Trichoptera
- Sundermann, A., Lohse, S., Beck, L. A., & Haase, P. (2007). Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2007028>, 43. <https://doi.org/10.1051/limn/2007028>
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2), 149. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>
- Torres, P., Cruz, C. H., Patiño, P., & Escobar, J. C. (2010). *Aplicación de índices de calidad de agua—ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano*. 30(3), 10.
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2008). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 16.
- Trama, F. A., Gustavson, S. A. S., Demarcy, L., Cardozo, L. E., Palomino, B. A. J., Ccuro, F. E. M., Alvarado, J. R. R., & Viale, F. L. S. R. P. (2020). Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: Conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), Art. 2. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>
- Tüzün, İ., & Albayrak, İ. (2005). The effect of disturbances to habitat quality on Otter (*Lutra lutra*) activity in the River Kızılırmak (Turkey): A case study. *Turkish Journal of Zoology*, 29, 327-335.
- Universidad Pamplona Colombia. (2010). *Capítulo III. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

- Usme, J. J. R., Agudelo, G. P., & Pinzón, D. L. C. (2013). Grupos Tróficos De Macroinvertebrados Acuáticos En Un Humedal Urbano Andino De Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279-292.
- Vide, J. P. M. (2009). *Ingeniería de ríos*. Univ. Politèc. de Catalunya.
- Villamarín, C. P. (2012). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos [Ph.D. Thesis, Universitat de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/83923>
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin american journal of aquatic research*, 42(5), 1072-1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>
- Villamarín Flores, C. P. (2012). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos [Ph.D. Thesis, Universitat de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/83923>
- Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., Schlesinger, W. H., & Tilman, D. G. (1997). Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Sources and Consequences. *Ecological Applications*, 7(3), 737-750. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0737:HAOTGN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0737:HAOTGN]2.0.CO;2)
- Walteros Rodríguez, J. M., & Castaño Rojas, J. M. (2020). Composición y aspectos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos presentes en una microcuenca de cabecera en los Andes de Risaralda, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 581-592. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1085>
- Water Research Center. (2020). *Water Quality Index Calculator for Surface Water*. <https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>
- Whitton, B. A. (1975). *River Ecology*. University of California Press.
- Witt, J. D., & Hebert, P. D. (2000). Cryptic species diversity and evolution in the amphipod genus *Hyalella* within central glaciated North America: A molecular phylogenetic approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(4), 687-698. <https://doi.org/10.1139/f99-285>
- Yule, C. & Hoi Sen Yong. (2012). *Collembola*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Morphology-of-Collembola-A-Entomobryomorpha-Isotomidae-B-Symphyleona-Katiannidae_fig1_233727118
- Yule, C., & Yong, H. S. (2012). 34. *Ephemeroptera*. https://www.researchgate.net/publication/233727117_34_Ephemeroptera

Anexo 1

Plan de biomonitoreo de la calidad del agua para el río Ambato

Esquema general

La ONU ubica el agua como el centro para un desarrollo sostenible, producción de alimentos, conservación de los ecosistemas y la supervivencia de los seres humanos; crucial en la adaptación al cambio climático por su vínculo entre sociedades y el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2021).

Frente al cambio climático los recursos hídricos presentan escenarios negativos, pero sobre los caudales de los ríos y la recarga de las aguas subterráneas son inciertos (Sadoff & Muller, 2010). Para superar dichas debilidades se hace necesario realizar cambios estructurales, participación social, ejecutar marcos normativos, las cuales permitan resolver y fortalecer estudios para poder comparar los resultados con otros países de la región (Rojas *et al.*, 2013).

El Ecuador describe el recurso hídrico como patrimonio natural, estratégico de uso público esencial para la vida cuyo uso y aprovechamiento debe ser conservado y protegido mediante una gestión sostenible y sustentable que garantice su permanencia y calidad (República del Ecuador-Asamblea Nacional, 2015). Sin embargo los espacios hídricos altoandinos han sufrido fuentes de presión por parte de las actividades humanas (Acosta *et al.*, 2009; Tapia *et al.*, 2018; Roldán-Pérez, 2016) con la degradación de los bosques de ribera para la introducción de especies exóticas maderables, cría de ganado, avance de la frontera agrícola y desechos vertidos de la industria y áreas urbanas (Villamarín *et al.*, 2014; Prat *et al.*, 2009).

Si bien se han realizado estudios en regiones andinas sobre macroinvertebrados aun en la actualidad existen pocos estudios en el ensamblaje de las comunidades, cadenas tróficas, y la influencia de características ambientales como la latitud y altitud para su estructura (Carrasco *et al.*, 2020; Villamarín, 2012). Además para la evaluación del estado ecológico de los ríos se han adaptado herramientas metodológicas desarrolladas en América del Norte y Europa (Prat *et al.*, 2009; Acosta *et al.*, 2009; Roldan, 1999).

Objetivos

- Ejecutar muestreos de macroinvertebrados para determinar su distribución y adaptación a variables físico-bióticas.
- Determinar variables ambientales y gradientes de presión sobre el río Ambato.
- Establecer un seguimiento y evaluación de las actividades y procedimientos sobre espacios que afecten la calidad del recurso hídrico.
- Conservar una base de datos en tiempo y espacio basado en las evaluaciones periódicas.
- Establecer medidas de manejo y protección de las fuentes de agua y zonas de rivera para el río Ambato.

Biomonitoreo ambiental

El biomonitoreo se realiza usando organismos como los indicadores del estado ecológico acuático (Prat, & Antoni, 2014), se utilizan para dos tipos de estudios: el diagnóstico o evaluación rápida, que es puntual en el tiempo (una única fecha de demostración) y la norma se basa en la comparación entre sitios (p.ej. río-arriba y río-abajo) (Springer, 2010a). Por otro lado, existe el biomonitoreo, el cual se basa en pantallas periódicas (p.ej. semestrales), para implementar un control de calidad o un programa de vigilancia a través del tiempo (usualmente años) (Springer, 2010a).

Los macroinvertebrados acuáticos presentan diferentes niveles de tolerancia a los factores bióticos y abióticos, cuya sensibilidad o resistencia les permite ser considerados indicadores de perturbaciones (Whitton, 1975). Sin embargo, la limitada cantidad de información ecológica y de tolerancia a los factores ambientales es escasa y se hace difícil aplicar índices multimétricos por lo que se hace importante el uso de técnicas multivariadas (Ramírez & Gutiérrez, 2014).

Antecedentes

Por medio del presente informe de investigación, se demostró que la calidad del agua se deteriora en su calidad a medida que desciende del nivel altitudinal y atraviesa diferentes puntos y ramales a lo largo del río Ambato en época seca, la misma que ha permitido generar una línea base con datos y fichas de macroinvertebrados y actividades antrópicas que generan presión en las riberas y el hábitat fluvial.

Para la recolección de las muestras se consideró factores como el gradiente altitudinal, niveles de intervención antrópica y la topografía del área dividiendo al río en 3 ramales: alto, medio y bajo. Para la recolección de muestras de macroinvertebrados se seleccionaron 6 puntos de muestreo (2 por cada ramal) y para los análisis físico-químicos del agua se tomó 3 puntos de muestreo (1 por cada ramal)

ICA Rojas clasificó el ramal alto y medio de “agua buena” y el ramal bajo como “aceptable” Tabla 20. Su cálculo permitió una fácil interpretación de los datos físico-químicos ayudando a identificar una tenencia de la calidad del agua y de áreas problemático, sin embargo, se complementó con indicadores biológicos ya que no evalúan varios riesgos presentes en el río como son los antrópicos o biológicos.

En la composición de macroinvertebrados el punto M1 (La Esperanza) presentó una biodiversidad media alta, mientras que el punto M6 (Las Viñas) fue el más bajo. El índice ABI clasificó M1 con calidad “muy buena”, M2 y M3 calidad “buena”, M4 y

M5 calidad “moderada” y M6 calidad “pésima”. El índice BMWP-Col determinó: M1 con calidad “buena”, M2 y M3 calidad “aceptable”, M4 y M5 calidad “dudosa” y M6 calidad “muy crítica” Tabla 20.

El IHF indicó que el hábitat fluvial es apropiado para el desarrollo de una comunidad de macroinvertebrados con un promedio de 49,67. En el punto M1 el IHF presentó una “alta diversidad de hábitats”, en M2 “diversidad de hábitat medio”, en M3, M4, M5 “baja diversidad de hábitats, en M6 “muy baja diversidad de hábitats” Tabla 20.

El índice QBR-And señaló que el río tiene una calidad “intermedia con inicio de alguna alteración importante” con un promedio de 55,83; lo puntos M1, M3, M5, M6 presentaron una calidad “intermedia con inicio de alteración importante”, mientras que M2 y M4 una calidad “mala con alteración fuerte” Tabla 20.

El índice ECOSTRIAND revalorizó la calidad del de los índices presentando una mejor clasificación para el estado ecológico del río. El punto M1 clasificó en una calidad de “bueno”, M2 y M3 “regular”, M4 y M5 “malo” y el punto M6 “pésimo” Tabla 20.

Las actividades antrópicas que más presión generan alrededor de la cuenca del río son las actividades agrícolas, pecuarias, agropecuarias mixtas y los asentamientos humanos. Los puntos M1, M2, M3 presentaron una presión “media” mientras que los puntos M4, M5, M6 presentaron una presión “alta” Tabla 20.

La cadena trófica funcional del río está organizada por el grupo colector-recolector, raspador, predador, colector-filtrador y fragmentadores, mostrando una cadena continua y presentando cierta variación en el ramal bajo donde existió contaminación y fuentes de presión altas.

Área de estudio

El río Ambato se encuentra en la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Ecuador, en el cantón Ambato provincia de Tungurahua. Tiene una orientación hacia el este, por lo que sus aguas son parte de un sistema hídrico de montaña andino que posteriormente forma la cuenca alta del río Pastaza que desemboca en el río Amazonas. El ciclo hidrológico comienza sobre los 3600m.s.n.m de altitud, en los ecosistemas de absorción hídrica de los páramos de la reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Casahuala y Pilishurco, los cuales abarcan el agua formando de 127 ríos, 237 quebradas, 80 lagunas y 244 riachuelos encausándose para formar la principal red hídrica, que es el río Ambato

La cuenca del río Ambato presenta una superficie de 130.173 Ha. correspondiente al 38,4% de la superficie total de la provincia. Geomorfológicamente el río Ambato tiene una área de 927 km² por lo que se clasifica como una cuenca de tamaño intermedio – grande (Mendoza *et al.*,2016).

En relación a la clasificación de Pfastetter, una metodología utilizada para describir mediante una codificación jerarquizada de dígitos decimales las topologías de las cuencas (Ripoll, 2016). La subcuenca del río Ambato presenta la codificación 4996827; la cual limita al norte con la cuenca del río Cutuchi al sur con la microcuenca del río Pachanlica, al este con la subcuenca de los ríos Cutuchi y Patate y al oeste las subcuencas de los ríos Babahoyo y Yaguachi (Mendoza *et al.*,2016; Pérez, 2015).

La cuenca del río Ambato es de vital importancia para la provincia, presenta un preponderantemente agrícola, el ciclo de la cuenca tiene 741 concesiones para uso y aprovechamiento destinando 10m³/s para riego y 1,16m³/s para el consumo humano (Pérez, 2015) (Figura 21).

Tabla 20. Resultado general de los índices de calidad en el río Ambato

Ramales	Puntos de muestreo	ICA Rojas	ABI	BMWP-Col	EPT	Adaptado	IHF	QBR-And	ECOSTRIAND	Act. Antrópicas
Alto	La Esperanza (M1)	Buena	Muy bueno	Buena	Mala	Buena	Alta diversidad de hábitats	Calidad intermedia	Bueno	Medio
	Calamaca(M2)		Bueno	Aceptable	Mala	Aceptable	Alta diversidad de hábitats	Mala calidad	Regular	Medio
Medio	Tilulún (M3)	Buena	Bueno	Aceptable	Regular	Aceptable	Baja diversidad de hábitats	Calidad intermedia	Regular	Medio
	La Delicia (M4)		Moderado	Dudosa	Mala	Dudosa	Baja diversidad de hábitats	Mala calidad	Malo	Alto
Bajo	Pishilata (M5)	Aceptable	Moderado	Dudosa	Mala	Dudosa	Baja diversidad de hábitats	Calidad intermedia	Malo	Alto
	Las Viñas (M6)		Pésimo	Muy crítica	Mala	Muy crítica	Muy baja diversidad de hábitats	Calidad intermedia	Pésimo	Alto

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

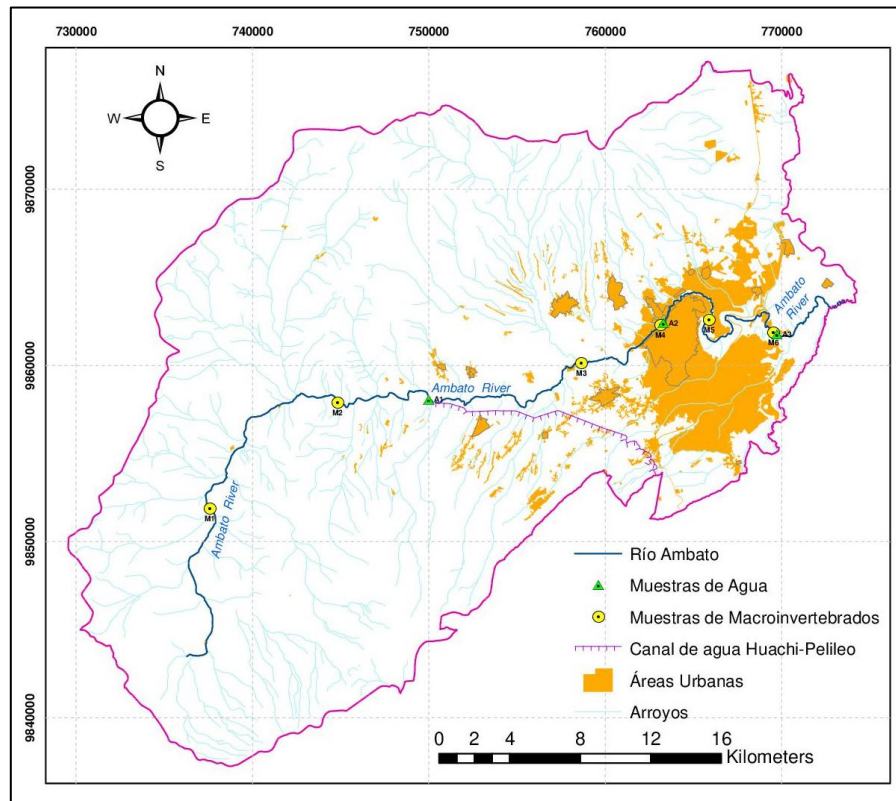


Figura 21. Mapa de ubicación geográfica del río Ambato y los puntos de muestreo de macroinvertebrados y agua.

Fuente: ArcMap 10.5

Puntos de monitoreo

Tabla 30. Puntos de muestreo en el río Ambato

Muestras	ID	N.º	Sitio de muestreo	Latitud	Longitud	Altura (msnm)
Macroinvertebrados	La Esperanza	M1	Ramal alto	737543	9851869	3816
	Calamaca	M2	Ramal alto	744802	9857902	3054
	Tilulún	M3	Ramal medio	758651	9860127	2741
	La Delicia	M4	Ramal medio	763411	9862764	2522
	Pishilata	M5	Ramal bajo	765853	9862639	2422
	Las Viñas	M6	Ramal bajo	769510	9861838	2268
Agua	Bocatoma Huachi-Pelileo	A1	Ramal alto	749974	9858072	2952
	La Delicia	A2	Ramal medio	763411	9862764	2522
	La Viñas	A3	Ramal bajo	769510	9861838	2268

Fuente: Alvaro Acosta, 2022

El biomonitoreo se realizará en los mismos puntos de muestreo donde se tomaron las muestras para el presente trabajo, ya que estos fueron caracterizados de la siguiente manera: ramal alto (zona con mínima intervención antrópica que termina con la desviación del caudal en la bocatoma Ambato – Huachi Pelileo), ramal medio (zona con impacto antrópico debido a la agricultura, ganadería, urbanización, turismo), ramal bajo (zona de intervención antrópica y presencia de una planta de tratamiento de aguas residuales) (Figura 14).

Para la recolección de las muestras de agua se seleccionaron tres puntos de muestreo uno por ramal.

Metodología

Recolección de macroinvertebrados

Se implementará la metodología propuesta por Posada *et al.*, (2008), la cual consiste en realizar tres repeticiones para completar 1m² de sustrato en un tramo de 100m de cuenca hidrográfica para ello se utilizará una red surber con una malla de 250 μ m la cual se sumerge hasta asentar en el fondo del río, donde se removerá de forma directa y manual piedras y material vegetativo para levantar el sustrato y que los organismos sean arrastrados por la corriente a la red.

El material recolectado se colocará en bandejas plásticas blancas y con la ayuda de pinzas entomológicas se realizará la recolección de individuos en los 6 sitios de muestreo descritos.

Se complementará el muestreo dado al sustrato rocoso de la cuenca en estudio mediante recolección directa, para lo cual se levantarán rocas, ramas o plantas sumergidas donde se encuentran los organismos adheridos, los cuales serán tomados con pinzas entomológicas. Se realizará en cada punto de muestreo abarcando un área de la cuenca entre 10 a 15m² (Palma *et al.*, 2014). Se recomienda un esfuerzo de muestreo de 4 personas durante 15 minutos.

Las muestras se fijarán en alcohol metílico al 70% añadiendo 30% de formol para preservar las estructuras de macroinvertebrados, se almacenarán en recipientes de vidrio debidamente etiquetados para su transporte al laboratorio.

El material biológico será tamizado y se colocará en cajas petri. Las muestras una vez tamizadas se colocarán en frascos de vidrio con alcohol metílico al 70% y 30% de formol debidamente etiquetados y rotulados.

Para la fase de identificación se trabajará con un microscopio o estereoscopio. Para la identificación se realizará hasta el nivel taxonómico de familia, se utilizará las fichas de macroinvertebrados descritos al final de la propuesta, además de apoyarse en literatura científica y guías de identificación de macroinvertebrados: Cummins & Merritt, (1996), Flowers & de la Rosa, (2010), Gutiérrez-Fonseca, (2010), Springer, (2010b), Pes *et al.*, (2018), Benetti *et al.*, (2018), Fusari *et al.*, (2018), Jordana & Arbea, (1989), Ospina Sánchez *et al.*, (2009), Barcia *et al.*, (2012), Dominguez *et al.*, (2009), Oscoz *et al.*, (2010).

Se contabilizará el número de individuos y se sistematizará la información en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Finalmente, los organismos se deberán almacenar agrupándolos en familias por sitio de muestreo dentro de tubos eppendorf de 5 ml con alcohol metílico al 70% con 30% de formol para su conservación. Los tubos eppendorf serán separados y colocados dentro de frascos de vidrios los cuales serán rotulados y etiquetados con datos de localidad cuenca, fechas y nombre de colector. Se deberá realizar el muestreo de macroinvertebrados dos veces al año, en época lluviosa (marzo - junio, octubre - noviembre) y seca (julio – septiembre, diciembre-febrero). Además de contar con los permisos ambientales si fuese el caso.

Evaluación de grupos tróficos funcionales

Se utilizará la clasificación que se presenta en el informe de investigación, sin embargo si se encuentra una nueva familia se deberá realizar una búsqueda bibliográfica de la dieta que sigue cada familia de macroinvertebrados y mediante la clasificación propuesta por Cummins *et al.*, (2005) (Anexo 23), se procederá a clasificar.

Parámetros físico-químicos del agua

Seguir los protocolos establecidos por los laboratorios certificados donde se van a realizar los análisis de las muestras.

Se debe considerar 17 parámetros fundamentales: coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), amonio (NH_4), fósforo total (PT), nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), sulfatos, calcio, magnesio, conductividad, dureza total, oxígeno disuelto y turbidez pH y temperatura, sólidos totales disueltos. De los cuales se tomarán en campo pH, temperatura y oxígeno disuelto

Los parámetros físico-químicos deberán ser comparados con los parámetros de los “criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en agua dulce, fría o cálida” de la norma de calidad ambiental y descarga de afluentes al recurso agua del Anexo 1 del libro VI del Texto unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) (Ministerio del Ambiente, 2017).

Para conocer el ICA Rojas se utilizará la calculadora del índice del agua para aguas superficiales de Water Research Center,(2020).

Otra opción es de forma manual, donde se calcularán los pesos de cada parámetro, se trabajará con las curvas-promedio ponderadas descritas en Samboni *et al.*, (2007). Se sumarán los pesos de cada parámetro con la clasificación de Torres *et al.*, (2008) y se determinará la calidad del agua en los ramales. Se recomienda realizar el análisis físico-químicos dos veces al año, uno en época seca y otro en época de lluvia.

Análisis del entorno físico para determinar el estado ecológico del río

Índice ABI

Se determinará el índice ABI para lo cual se utilizará las puntuaciones dadas a las familias proporcionadas de Acosta *et al.*, (2009) y Rios *et al.*, (2014). Los valores numéricos asignados a cada familia tienen una variación de 1 a 10 dependiendo de su

nivel de tolerancia a la contaminación; la suma de los valores de todas las familias encontradas en cada sitio de muestreo determinará el valor del ABI. Para la asignación de la calidad del agua según el ABI se utilizará la clasificación de Acosta *et al.*, (2009) para Ecuador.

Índice de evaluación de hábitat fluvial (IHF)

La calidad del hábitat se evaluará a partir del índice IHF propuesto por Pardo *et al.*, (2002). Consta de 7 apartados donde se valorarán las características físicas del cauce fluvial (Anexo 17-18). La suma de cada uno de los apartados será la puntuación final del índice. Para un mejor análisis en campo se recomienda seguir las indicaciones adicionales del índice presentado por Jáimez *et al.*, (2002).

Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And)

Se trabajará con la metodología propuesta por Acosta *et al.*, (2009) que es una adaptación para la región Andina. En dicha adaptación se consideró la variación vegetal andina de tipo 3, ribera conformada por una comunidad arbórea o arbustiva muy diversa dentro de un rango altitudinal de 2000 y 4000 msnm (Anexo 19). Finalmente se determinarán los rangos de calidad y conservación propuestos para el índice QBR-And (Anexo 20).

Índice de estado ecológico Andino (ECOSTRIAN)

Su resultado es la combinación de los valores estimados del índice IHF, ABI y Qbr-And como se muestra en el Anexo 16.

Evaluación de actividades antrópicas

Se identificarán los factores antrópicos del área de estudio mediante el mapa de uso de suelo de la base de datos del Geoportal de SIGTIERAS-MAG, (2022). Se realizará observación directa “*in situ*” en los puntos de muestreo.

La información será recopilada en fichas de registro de actividades antrópicas. Para la valoración de dichas actividades (fuentes de presión) se utilizará la metodología expresada en el Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, de Granizo *et al.*, (2006)ver (Anexo 21,22).

Resultados esperados

Tener una evaluación constante de la calidad del agua del río Ambato mediante la utilización de macroinvertebrados, esto permite analizar efectos de alguna contaminación a través del tiempo por los requerimientos ecológicos y el tiempo de vida que requieren dichos bioindicadores.

Con los análisis físico-químicos y los bioindicadores se espera tener una visión amplia a corto y largo plazo del estado ecológico del río Ambato.

Las cadenas tróficas nos indicaran la importancia de los macroinvertebrados que tienen en el tratado de materia orgánica y energía que proveen a los niveles altos, por lo tanto, conocer su distribución y abundancia se hace necesario para entender por completo los impactos en los sistemas fluviales.

Recopilar información para tener una base de datos y ser comparados a través del tiempo con el objetivo de observar presiones relacionadas con los cambios de uso de suelo y los impactos negativos que atraen la pérdida de biodiversidad y calidad del recurso hídrico.

Una base de datos con bioindicadores permitirá describir y generar de mejor manera un valor a las familias de los macroinvertebrados frente a resistencias ambientales actuales, los cuales permitirán comparar y desarrollar alternativas de clasificación de calidad de aguas con otros ríos de la zona en especial en ríos altoandinos.


Generar información con la cual se apoyan en la toma de decisiones, planificación y gestión, para atenuar las presiones que causan la degradación del cauce y la calidad del agua a lo largo del río.


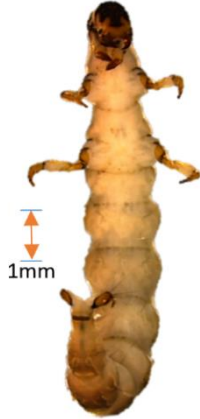
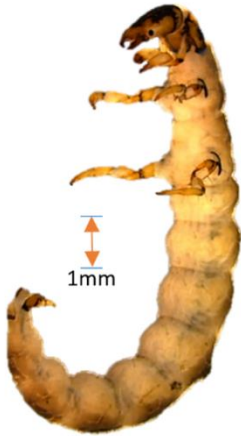
Localizar de manera más técnica y con precisión los espacios donde se generan más presiones, y determinar las causas de la misma para una mejor gestión de los recursos técnicos y económicos.

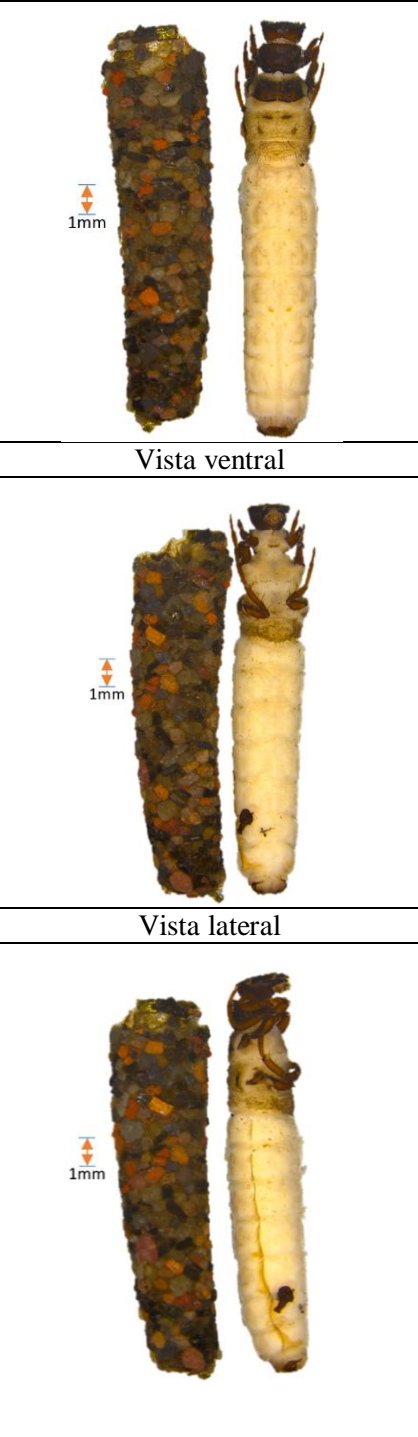
Conocer el estado ecológico del río Ambato permitirá en un futuro salvaguardar el flujo de los caudales naturales cuyo proceso es importante para sostener la biodiversidad, conectar hábitats y planificar obras de infraestructura para soportar y fortalecer decisiones políticas y económicas en las poblaciones locales.

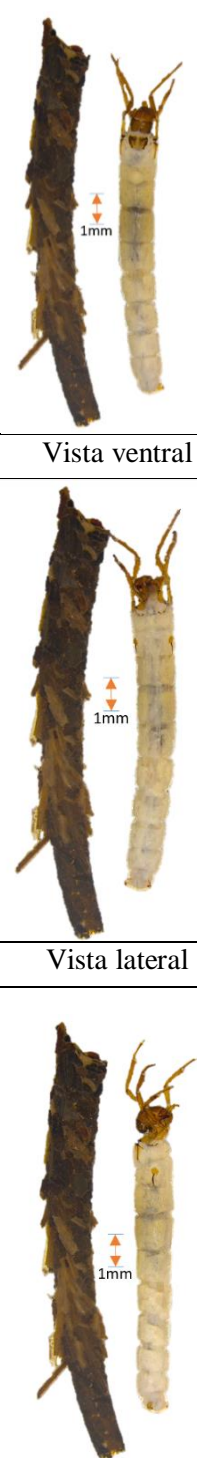
Aplicación de estrategias y políticas que ayuden a la planificación y priorización de la salud de los ecosistemas fluviales para fortalecer la conectividad del ecosistema de páramos donde nace el río Ambato.

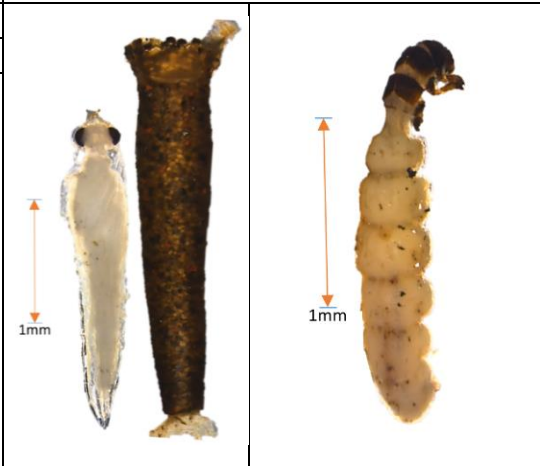


Fichas de las familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Ambato


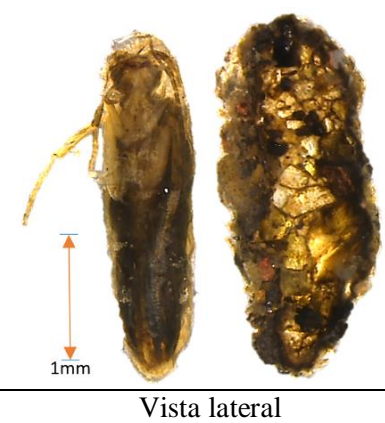

Clase	Insecta	Fotos
Orden	Trichoptera	Vista dorsal
Familia	Anomalopsychidae	
Descripción		
<p>Las mandíbulas terminan en un delgado filamento; labro sin fila de setas; el cuerpo no presenta branquias filamentosas ni línea lateral de pelos. Pronoto, el cual se extiende en sus esquinas fronto-laterales hacia adelante en forma de lóbulos. Además, la uña de la propata anal posee una serie de diente accesorios, las larvas forman estuches cilíndricos de materiales diversos (granos de arena). (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Springer, 2010b)</p>		
Hábitos		
<p>Presentan un alto grado de endemismo en las zonas montañosas de América Central y del Sur (Holzenthall & Robertson, 2006). Se encuentra sobre los 2000 m sin embargo se pueden también localizar en elevaciones más bajas (Holzenthall <i>et al.</i>, 2017). Está relacionada a espacios de rociado salpicaduras de cascadas o arroyos; probablemente se alimenta de perifiton y detritos finos asociados en las superficies de las rocas (Hozenthall & Flint, 1995).</p> <p>En Ecuador se han descrito 7 especies dentro de la familia de las cuales 2 especies comparte con Colombia. (Holzenthall & Robertson, 2006).</p>		

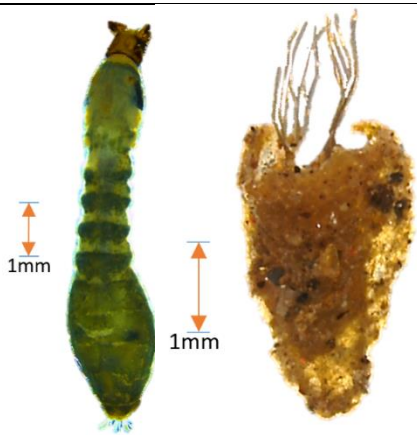
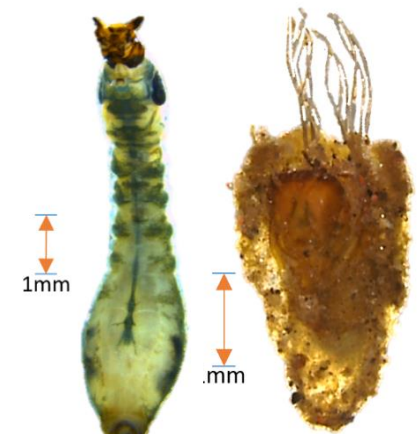
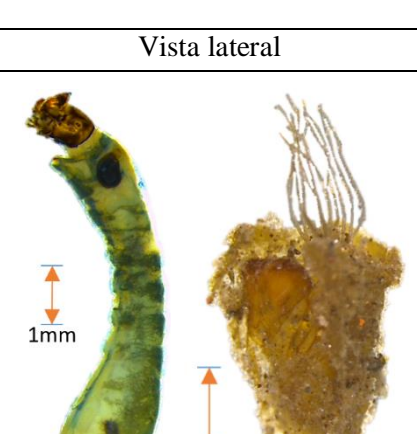
Clase	Insecta	Fotos	
Orden	Trichoptera	Vista dorsal	
Familia	Hydrobiosidae		
Descripción			Vista ventral
<p>La pupa se forma dentro de un capullo de seda de color oscuro, en un refugio de piedritas pegado al sustrato; presenta dos pares de placas dorsales en los segmentos IV y V.</p> <p>En estado larvario la tibia, tarso y uña del primer par de patas modificados en forma de pinzas para agarrar presas. Segmento abdominal IX con un pequeño esclerito dorsal; pronoto a menudo con patrones de manchas; hasta 20 mm. (Springer, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009).</p>			
Hábitos			Vista lateral
<p>Las larvas son de vida libre y predadoras por lo que se alimentan de otros organismos acuáticos; se encuentran en la zona de corriente en ríos y quebradas desde el nivel del mar hasta alrededor de los 3000m de altitud; no construyen hábitáculos ni redes a excepción del capullo pupal.</p> <p>Es una familia de la zona Austral, en Suramérica se han descrito 21 géneros de los cuales 3 especies de <i>Cailoma</i> se distribuyen desde Ecuador hasta Chile. (Springer, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009).</p>			

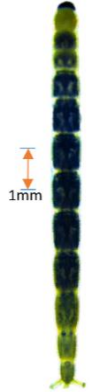

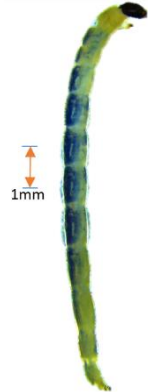
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Trichoptera	Vista dorsal
Familia	Limnephilidae	
Descripción		
<p>Construyen estuches tubulares portátiles con fragmentos de rocas, madera, arena, conchas de moluscos. Antena (muy pequeña) ubicada a medio camino entre el ojo y el margen anterior de la cápsula cefálica; I segmento abdominal con joroba dorsal y branquias filamentosas en pequeños grupos. Prolongación fuertemente arqueada en el externo de protórax denominada cuerno prosternar.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Holzenthal & Calor, 2017; Springer, 2010; Pes <i>et al.</i>, 2018)</p>		
Hábitos		
<p>Limnephilidae es una gran familia con aproximadamente 1000 especies descritas distribuidas en 93 géneros en todo el mundo, y alrededor de 50 especies en 10 géneros en el Neotrópico. Familia típica de la cordillera de los Andes generalmente sobre los 2000 msnm.</p> <p>Las larvas se las puede encontrar en grandes ríos o hábitats lénticos como: lagos, estanques pequeños o arroyos asociados con sustratos rocoso, arena u hojas, alcanzado hasta 25mm.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Holzenthal & Calor, 2017; Springer, 2010)</p>		

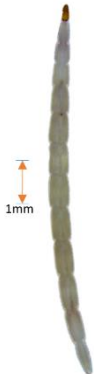


Clase	Insecta	Fotos
Orden	Trichoptera	Vista dorsal
Familia	Leptoceridae	
Descripción		
<p>Construyen capullos cónicos. Las larvas presentan antenas alargadas evidentes, en algunas familias son tan pequeñas que se pueden confundir con pelos; tienen patas muy largas especialmente las posteriores, fémures divididos; abdomen con branquias simples.</p> <p>(Springer, 2010b; Pes <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Una de las familias más grandes del orden con alrededor de 220 especies en 16 géneros neotropicales siendo algunas endémicas.</p> <p>Las larvas se pueden encontrar en ambientes lóticos y lénticos; pueden utilizar diferentes materiales orgánicos o inorgánicos para la construcción de sus casas tubulares, en algunas especies estas casas están hechas completamente de seda.</p> <p>Se alimentan sobre todo de materia orgánica, aunque muchas son omnívoras, también hay especies que son raspadoras (<i>Anatolica</i>) de algas o depredadoras (<i>Oecetis</i>).</p> <p>(Springer, 2010b; Pes <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		Vista lateral


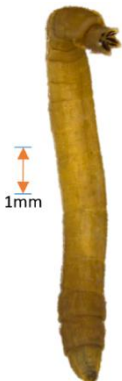

Clase	Insecta	Fotos	
Orden	Trichoptera	Vista dorsal	
Familia	Hydroptilidae		
Descripción			
<p>Son de pequeño tamaño entre 2-6 mm. Los primeros 4 estadios larvales son minúsculos, tienen cuerpo alargado, patas semejantes, pseudopatas anales largas y son de vida libre; al pasar al quinto y último estadio larval, pueden tener los tres pares de patas torácicas diferentes, las pseudopatas anales son cortas, el abdomen se ensancha y construyen un capullo de seda el cual usarán para empupar. Los capullos pueden ser cilíndricos o aplanados. En estado de pupa tienen aspecto semejante al adulto, con todos sus órganos formados o esbozados, aunque también poseen algunos órganos propios y exclusivos de este estado</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Springer, 2010b)</p>			
		Vista ventral	
			
Hábitos		Vista lateral	
<p>Las larvas de se encuentran en una gran variedad de hábitats, tanto lénticos como lóxicos, pero son especialmente abundantes en paredes de cascadas y en la zona de salpicadura en rocas grandes en medio de ríos con corrientes fuertes.</p> <p>Larvas fitófagas, la mayoría absorben el contenido de filamentos algales otras raspan el perifiton.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Springer, 2010b)</p>			




Clase	Insecta	Fotos
Orden	Trichoptera	Vista dorsal
Familia	Glossosomatidae	
Descripción		
<p>Larvas anchas, con pronoto esclerotizado, en vista dorsal pronoto prolongado o más ancho en su parte media; mesonoto con 3 escleritos y metanoto con dos pequeños escleritos; patas aproximadamente de igual tamaño, garra anal generalmente con uno, dos, tres o más pares de dientes accesorios</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Pes <i>et al.</i>, 2018; Springer, 2010b)</p>		Vista ventral
Hábitos		
<p>La familia está ampliamente distribuida a nivel mundial, se encuentran encima de piedras en ríos de aguas limpias. Las larvas de todas las especies forman pequeñas casitas de piedras o granos de arena, y la cargan en forma de concha de tortuga, a menudo con dos huequitos redondos o pequeñas “chimeneas” en su superficie dorsal.</p> <p>Las larvas se alimentan raspando perifiton y detritos del sustrato, el cual es habitualmente rocoso.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Springer, 2010b)</p>		
		

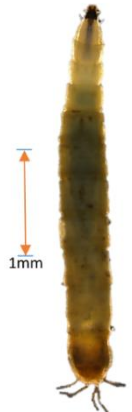
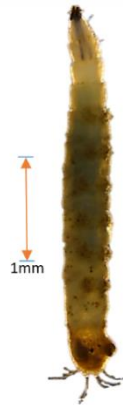
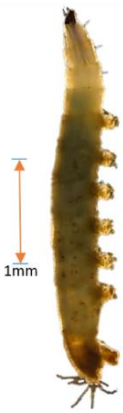
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Simuliidae	
Descripción		
<p>Las larvas tienen una cápsula craneal bien esclerotizada y un cuerpo alargado cilíndrico de 3 a 15mm ligeramente expandido hacia atrás, cada lado de la cabeza tiene un par de manchas oculares pigmentadas u ocelos; la cápsula cefálica es en general un poco más larga que ancha. El cuerpo consta de tres segmentos torácicos y 9 segmentos abdominales aparentes; los espiráculos, aunque están presentes no son funcionales.</p> <p>En estado de pupa alcanza una longitud de 2 y 8mm, protegido por un capullo que la recubre parcial o totalmente y de forma de chinela o zapato, son de color amarillento a marrón grisáceas; el tegumento presenta espinas y tricomas simples o ramificados en los que se fija el capullo. (Sundermann <i>et al.</i>, 2007; Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
Hábitos		Vista ventral
		
		Vista lateral
		

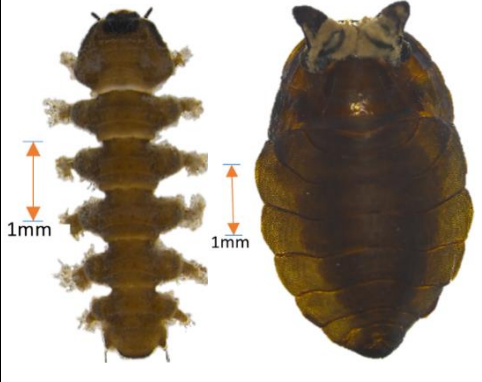
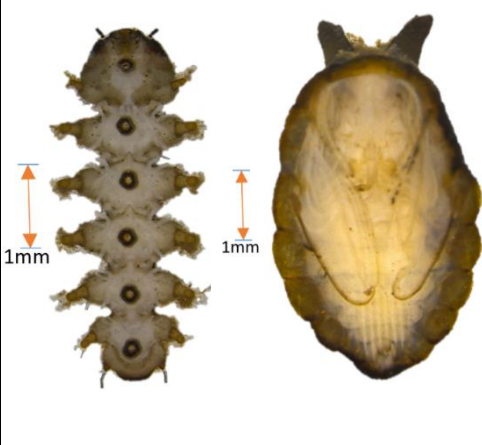
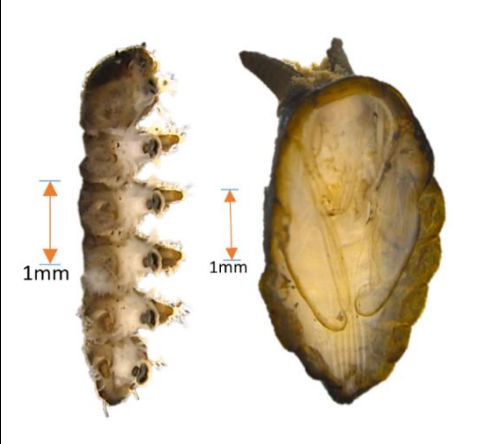
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Chironomidae	
Descripción		
<p>Las larvas varían en tamaño aproximadamente de 2 a 30mm. Existen 3 divisiones corporales: cabeza, tórax y abdomen. En el caso del tórax puede presentar colores: verde, azul, amarillo, violeta, rosado, naranja, marrón; además, la presencia de hemoglobina en ciertas larvas hace que se presente un color “rojo sangre”. La cabeza tiene forma de una cápsula completamente esclerotizada no retráctil con estructuras sensoriales y el aparato bucal con variada complejidad y característico de cada subfamilia. Presentan un par de parápodos anteriores sobre el primer segmento torácico y un par de parpados posteriores en el último segmento abdominal, los cuales soportan espinas o uñas de variadas formas, con bordes lisos o aserrados. Dorsalmente en el último segmento abdominal se localiza un par de procercos que finalizan en un mechón de setas anales. Entre los procercos y los parápodos posteriores se ubican los túbulos anales que pueden variar de 2 a 6 y pueden ser largos, cortos y adelgazados. (Sundermann <i>et al.</i>, 2007; Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996)</p>		Vista ventral
Hábitos		
<p>Las larvas y pupas se pueden hallar sobre cualquier sustrato sumergido en el agua, prefieren lugares remansos y protegidos de corrientes fuertes.</p> <p>Las larvas de los quironómidos pueden ser recolectoras, raspadoras, filtradoras o carnívoras. Son de vida libre y buenas nadadoras, además son alimento de otros invertebrados, aves y peces bentofagos. (Cummins & Merritt, 1996; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		

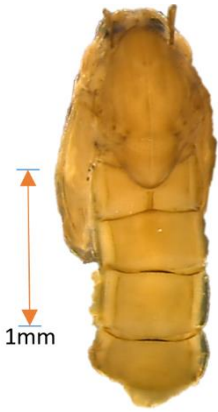


Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Ceratopogonidae	
Descripción		
<p>Tamaños variables entre 2 ml hasta algunos centímetros, subcilíndricas o fusiformes, por lo general blanquecinos o transparentes. Cabeza generalmente bien esclerotizada. “Collar” entre la cabeza y el tórax. Tres segmentos torácicos y 9 abdominales bien notorios. Todos los segmentos del cuerpo dorsalmente con tubérculos prominentes y/o setas. Apneustica del sistema respiratorio; propatas peotorácicas o anales generalmente emparejadas incluso si la distinción es sólo una ligera separación de las espinas apicales.</p> <p>Las pupas son marrones, inactivas, poseen dos cornetes anteriores respiratorios. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996; Sundermann <i>et al.</i>, 2007; Más <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>La mayoría vive en zonas húmedas. Pueden ser terrestres, semiacuáticas o acuáticas. Muchas viven en aguas retenidas por troncos y hojas de plantas. Algunas especies son bentónicas.</p> <p>Las hembras ponen sus huevos en el agua o tierra húmeda. Las larvas, vermiformes y blanquecinas, son acuáticas o semiacuáticas; las pupas se mantienen en la superficie del agua. La vida media de los adultos no supera el mes.</p> <p>Se han determinado 5.600 spp mundiales y 1.071 spp neotropicales. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996; Sundermann <i>et al.</i>, 2007; Más <i>et al.</i>, 2009)</p>		

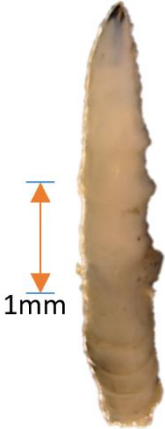
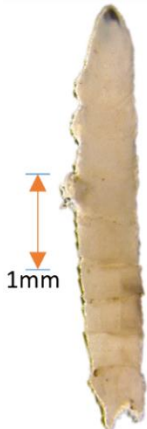

Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Tipulidae	
Descripción		
<p>Metapnéusticas, a veces apnéusticas. Cápsula cefálica retraible, por lo menos en sus 2/3 partes en el protórax, generalmente con incisiones longitudinales de diferentes profundidades dorsolateralmente; en casos extremos la cabeza consiste solo en varias varillas delgadas, sistema respiratorio metapneustic o apneustic. Cuerpo suave, a veces con pelos o algunas proyecciones carnosas. Últimos segmentos generalmente glabros, llevan los espiráculos posteriores, con papila o lóbulos carnosos anales. (Fusari <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009); Cummins & Merritt, 1996)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Alrededor de 14 mil especies mundiales y más de 3 mil neotropicales (la familia más numerosa de Diptera). Cosmopolita, ocupan ambientes desde estrictamente acuáticos a terrestres. La mayoría se alimenta de productos de desecho, son detritívoros, trituran las hojas caídas y habitan en una gran variedad de ambientes, de corriente rápida y muy oxigenados arroyos, hasta lagos y lagunas temporales, donde generalmente colonizan las áreas con detritos vegetales. (Fusari <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009); Cummins & Merritt, 1996)</p>		




Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Tabanidae	
Descripción		
<p>Fusiformes, metapnéusticas, más o menos expandidas en la parte anterior o posterior. Espiráculos posteriores que se abren dentro de hendiduras a ambos lados de una barra estigmática verticalmente lineal o una espina retráctil comprimida lateralmente.</p> <p>Tegumento del cuerpo con estrías longitudinales excepto en algunas especies donde el tegumento está totalmente cubierto por una corta pubescencia aterciopelada.</p> <p>Cuerpo sin apéndices ni propatas en los segmentos torácicos, pero con anillos de pequeños tubérculos, primeros 7 segmentos abdominales rodeados por 3 o 4 pares de verdugones carnosos o propatas que son las únicas proyecciones de los segmentos.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Fusari <i>et al.</i>, 2018; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>4305 spp mundiales y 1119 spp neotropicales.</p> <p>La mayoría de las larvas son predadoras sobre invertebrados. Su ciclo vital empieza con los huevos que son puestos sobre rocas cercanas al agua o en suelos húmedos o plantas. Las larvas que salen de ellos presentan siete y a veces ocho mudas antes de transformarse en pupas. Hibernan durante su estado larvario.</p> <p>Los tábanos son agentes mecánicos de varios organismos patógenos, tanto de virus como de bacterias y protozoos. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Fusari <i>et al.</i>, 2018; Más <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista lateral
		

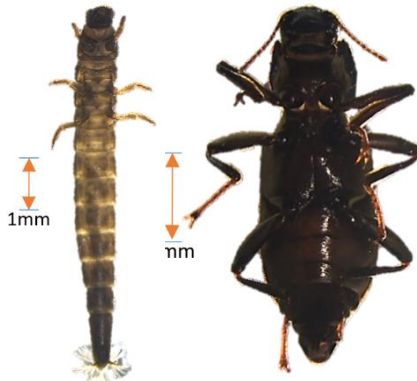
Clase	Insecta	Fotos	
Orden	Díptera	Vista dorsal	
Familia	Empididae		
Descripción			Vista ventral
<p>El cuerpo de las larvas es de forma cilíndrica vermiformes de colores claros y sin cabeza desarrollada.</p> <p>Las larvas acuáticas son apnéusticas con una división anal con 1-4 lóbulos redondeados que llevan finas setas apicales con 7-8 pares de propatas abdominales bien desarrollados (Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Barcia <i>et al.</i>, 2012; Fusari <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>			
Hábitos		Vista lateral	
<p>2854 spp mundiales y 370 spp. neotropicales.</p> <p>Si bien la mayoría son terrestres las cuales se hallan en el suelo, madera y hojas en descomposición hay dos subfamilias que presentan larvas acuáticas ocupando gran variedad de hábitats desde ríos torrentosos hasta manantiales, arroyos, lagos, los cuales tienen gran capacidad de adherirse a rocas, estratos vegetales, troncos sumergidos en las orillas donde utilizan el oxígeno disuelto en el agua para sus funciones respiratorias.</p> <p>Tanto las larvas como los adultos son predadores.</p> <p>(Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Barcia <i>et al.</i>, 2012; Fusari <i>et al.</i>, 2018; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>			


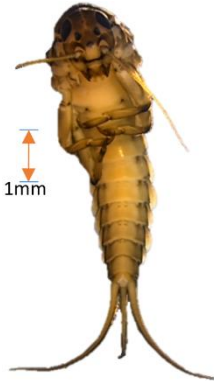

Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Blephariceridae	
Descripción		
<p>Cuerpo subcilíndrico deprimido ventralmente o aplanada fuertemente lobulada, y aparentemente compuesto de seis segmentos, en la parte central poseen seis ventosas ventrales en eje central del cuerpo, una por cada segmento.</p> <p>Las 5 construcciones que forman las 6 regiones, la primera contiene la cabeza, tórax y primer segmento abdominal y la última contiene los segmentos abdominales VII-X, con los elementos que le posibilitan sujetarse al sustrato.</p> <p>Las pupas tienen forma semiovoide, son oscuras dorsalmente y pálidas ventralmente, asemejándose a pequeñas lapas.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>310 spp mundiales y 74 spp. neotropicales. Especializados en condiciones de corrientes rápidas como las cascadas y ríos de montaña, permiten un rango de tolerancia para la temperatura inferior a los 14°C.</p> <p>Sus fuertes ventosos les permiten fijarse a las piedras del lecho del río. Se alimentan de algas, bacterias y materia orgánica que cubren las rocas.</p> <p>(Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista lateral
		

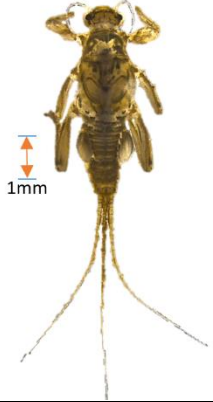
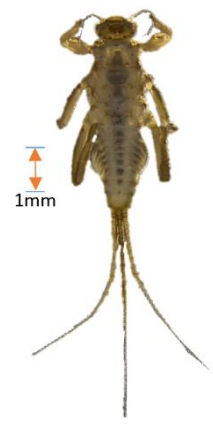

Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Culicidae	
Descripción		
<p>Cabeza subcuadrada bien visible fuertemente esclerotizada y relativamente grande respecto al cuerpo. Tórax grande engrosado por los tres segmentos fusionados y un abdomen más angosto que el tórax, segmento VIII con órganos respiratorios dorsales como un sifón respiratorio anal con el que algunas especies toman aire de la superficie mientras el cuerpo está en posición oblicua dentro del agua.</p> <p>Segmento X con una estructura esclerotizada, pelos largos y generalmente un cepillo ventral y el resto del cuerpo presenta numerosas sedas más o menos largas de carácter diagnóstico. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009 Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Más de 3500 spp, mundiales y 949 spp neotropicales.</p> <p>Se encuentran en sistemas acuáticos con aguas estancadas como balsas, depósitos de agua, lagunas, marismas. Toman el aire directamente de la atmósfera en la superficie del agua gracias a su sifón respiratorio y se sumergen hasta el fondo con ayuda de las sedas de su aparato bucal y obtienen las partículas orgánicas de las que se alimentan por filtración.</p> <p>La fase de pupa es móvil, aunque no se alimenta y presenta un corto tiempo antes de que emerja como adulto.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista lateral
		

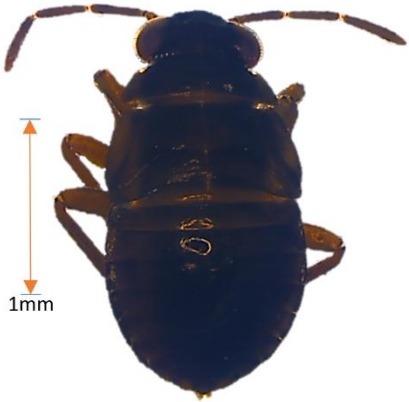
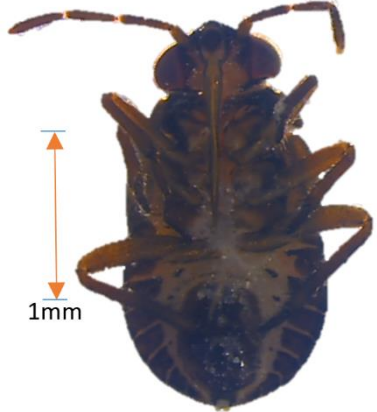

Clase	Insecta	Fotos
Orden	Díptera	Vista dorsal
Familia	Dolichopodidae	
Descripción		
<p>Cilíndricos, blanquecinos, algo agudizados anteriormente; extremo posterior a veces redondeado o terminando en 4 o más lóbulos.</p> <p>Presenta un abdomen con 8 segmentos, con varios rodillos rugosos que facilitan su desplazamiento en los siete primeros segmentos, mientras que el último porta cuatro lóbulos dirigidos hacia atrás terminados en punta.</p> <p>Varillas meta-cefálicas expandidas posteriormente.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>6888 spp mundiales y 1061 spp neotropicales.</p> <p>Viven en casi todos los ambientes, pero la mayoría cerca del agua. Sus larvas son predadoras de pequeños insectos y anélidos, se las encuentra en vegetación en descomposición, debajo de troncos caídos en aguas tranquilas y charcas.</p> <p>Generalmente empupan en un cocón de arena, madera, etc., fabricado por la larva.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Cummins & Merritt, 1996)</p>		

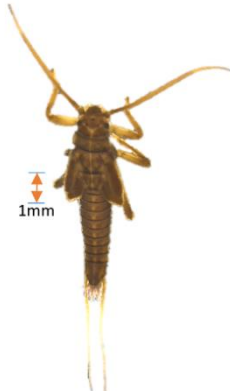


Clase	Insecta	Fotos
Orden	Coleoptera	Vista dorsal
Familia	Scirtidae	
Descripción		
<p>Los adultos son terrestres, solamente las larvas son acuáticas.</p> <p>Antenas más largas que la cabeza y el pronoto. En algunas especies las antenas sobrepasan los segmentos torácicos, pero en otras solo sobrepasan el pronoto. Cuerpo aplanado y ancho, el abdomen es de ocho segmentos y los artejos de las patas de cuatro.</p> <p>(Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Se conocen unas 130 especies en 7 u 8 géneros.</p> <p>Las larvas viven en aguas de pozas y orillas de ríos y arroyos, en donde haya depósitos de hojas y restos de vegetación. Siempre que esta materia esté disponible se alimentan preferentemente de la misma, pero si escasea pueden pasar a tomar detritus que encuentran sobre el sustrato.</p> <p>(Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Cummins & Merritt, 1996)</p>		
		Vista lateral
		




Clase	Insecta	Fotos
Orden	Coleoptera	Vista dorsal
Familia	Elmidae	
Descripción		
<p>Larvas alargadas de nueve segmentos, con branquias anales que, en algunos casos, pueden protegerse por la placa opercular del último de los segmentos abdominales. Patas con cuatro artejos y terminadas en una sola uña.</p> <p>Segmento abdominal terminal bífido o ligeramente emarginado (con muescas) en la parte posterior y con crestas laterales; cápsula cefálica con grupos de 5 tallos laterales retráctiles.</p> <p>Márgenes laterales de los segmentos torácicos y abdominales nunca falcados.</p> <p>(Cummins & Merritt, 1996; Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Las larvas como la mayoría de los adultos son acuáticas, de color generalmente oscuro. No son nadadores, pero se desplazan sobre el substrato caminando lentamente.</p> <p>Viven en aguas corrientes, con alto contenido de oxígeno, aunque algunas especies viven en aguas estancadas. Se alimentan de algas, fragmentos de hojas, micelios de hongos y su ciclo de desarrollo es lento, pudiendo durar varios años.</p> <p>(Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista lateral
		


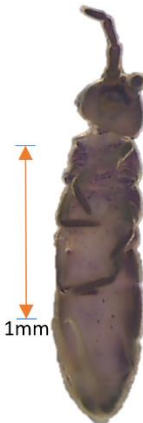
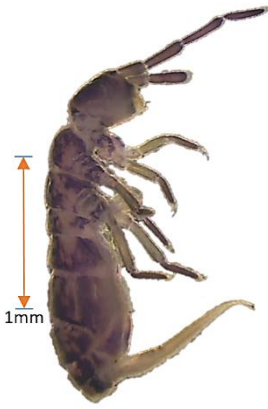
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Ephemeroptera	Vista dorsal
Familia	Baetidae	
Descripción		
<p>Cuerpo fusiforme, subcilíndrico. Las ninfas se pueden reconocer fácilmente por sus branquias como láminas. Ojos en posición latero-dorsal y antenas más largas que la cabeza. Branquias abdominales lamelares, generalmente en número de siete pares, a veces seis, que pueden ser dobles o sencillas.</p> <p>Presenta la mayor parte de los caracteres de valor sistemático en las ninfas, en gran parte esto se debe a que los machos adultos poseen penes membranosos no visibles exteriormente. (Yule & Yong, 2012; Flowers & de la Rosa, 2010; Cummins & Merritt, 1996; Oscoz <i>et al.</i>, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Actualmente se conocen alrededor de 100 géneros para esta Familia; en América del Sur presenta cerca de 130 especies distribuidas en 27 géneros, habitan una amplia gama de hábitats de agua dulce y son bastante abundantes en cursos de agua.</p> <p>Tienen un cuerpo aerodinámico y nadan muy rápido por distancias cortas y luego se detienen a descansar. Generalmente habitan en grietas entre piedras y grava en flujo moderado a rápido. (Yule & Yong, 2012; Flowers & de la Rosa, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista lateral
		

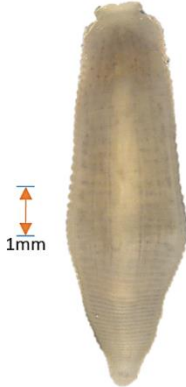
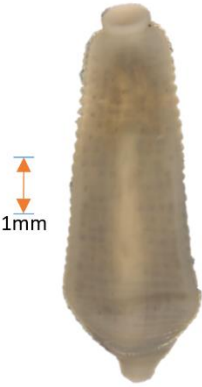
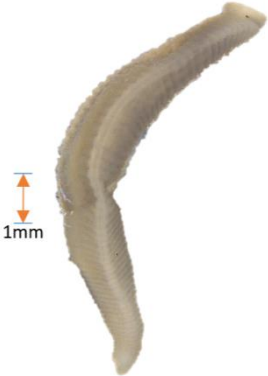
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Ephemeroptera	Vista dorsal
Familia	Leptohyphidae	
Descripción		
<p>Son efímeras pequeñas a medianas (2-10 mm) que generalmente no presentan dimorfismo sexual en los ojos. El tórax es muy robusto, y las alas posteriores cuando están presentes poseen una larga proyección costal. Los fórceps pueden poseer dos o tres segmentos y los penes generalmente se encuentran fusionados. Las ninfas son robustas y de patas cortas, poseen branquias operculares en el segmento abdominal II, que cubren y protegen a las restantes branquias (presentes en los segmentos abdominales II-V o III-VI). No poseen branquias en el primer segmento abdominal. Cada branquia puede estar formada por varios lóbulos, su número y forma es de importancia diagnóstica, por lo que suele expresarse como una fórmula branquial, por ejemplo «3/3/3/3/2», lo que significa que los primeros cuatro pares de branquias (branquias en los segmentos abdominales II-V) poseen tres lóbulos cada uno, mientras que el último par posee sólo 2. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Flowers & de la Rosa, 2010)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Las ninfas se encuentran en todo tipo de ríos y quebradas, incluyendo quebradas degradadas en áreas cultivadas. Viven entre las piedras, hojarasca sumergida y vegetación acuática, en donde se refugian de las corrientes fuertes. (Flowers & de la Rosa, 2010)</p>		
		Vista lateral
		



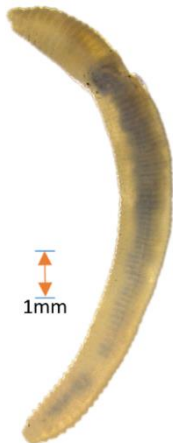
Clase	Insecta	Fotos
Orden	Hemiptera	Vista dorsal
Familia	Hebridae	
Descripción		
<p>Cuerpo compacto, de aspecto robusto. Cara ventral de la cabeza con un surco profundo donde se ubica el rostro. Tarsos de 2 segmentos (segmento basal corto). Son insectos muy pequeños (1,3-3,7 mm), corpulentos, de colores apagados, con el cuerpo cubierto por una densa pilosidad aterciopelada. Son similares a vélidos pequeños, de los que se distinguen rápidamente por las uñas apicales.</p> <p>Presenta algunos caracteres como: ocelos presentes o ausentes; base del rostro oculta por las búculas; pronoto no prolongado posteriormente, con margen posterior escotado o recto; escudete expuesto, formado por una placa transversal angosta; con lóbulo subtriangular metanotal (llamado comúnmente. “escudete.”); patas robustas; tarsos de dos segmentos; uñas apicales; nerviación de las alas anteriores reducida distalmente, con una o dos celdas basales. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Esta familia incluye dos subfamilias, nueve géneros y 221 especies mundiales. Las Hebridae de América del Sur comprenden cerca de 20 especies. Presentan distribución casi mundial, con mayor diversidad genérica en Asia tropical.</p> <p>Viven habitualmente en ambientes lénticos y en sectores lentos de ambientes lóticos, sobre algas y plantas flotantes, a veces ocultos debajo de plantas terrestres que cuelgan sobre el agua; con menor frecuencia se los encuentra sobre la superficie del agua en ambientes lénticos. Los adultos y las larvas de unas pocas especies viven sobre el fondo de arroyos pequeños. También viven en ambientes terrestres húmedos próximos a cuerpos de agua: sobre musgos, hojarasca, plantas, suelo barroso y arenoso; debajo de rocas. (Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		

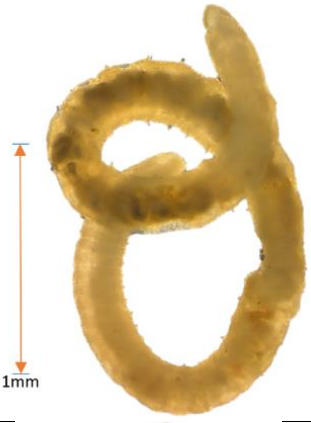


Clase	Insecta	Fotos
Orden	Plecoptera	Vista dorsal
Familia	Gripopterygidae	
Descripción		
<p>Ninfas con más de 15 mm de largo. Branquias formando un penacho de numerosos filamentos situado entre el límite posterior del tergum X y el ano, cerca del cerci y paraproctos.</p> <p>La cabeza está por lo general bien desarrollada y esclerotizada más o menos aplanada y en forma de disco. Los ojos bien desarrollados ocupan gran parte de la porción lateral de la cabeza, las antenas son largas y segmentadas con 50 o 100 segmentos.</p> <p>Presenta un tórax aplanado esclerotizado dividido en tres placas. Poseen dos uñas bien desarrolladas sin embargo la distribución de las setas y el tamaño de las espinas varían entre el primero, segundo y tercer par de patas.</p> <p>(Gutiérrez-Fonseca, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		
		Vista ventral
		
		Vista lateral
<p style="text-align: center;">Hábitos</p> <p>Son insectos con metamorfosis incompleta (hemimetábolos), pasan tan solo por tres estadios de desarrollo: huevo-ninfa-adulto. Se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3500m en Colombia y Ecuador.</p> <p>Presentan una respiración tipo hidropneustica, obteniendo el oxígeno directamente del agua.</p> <p>Las piezas bucales tienen una adaptación a dos tipos de hábitos como: herbívoro-detritívoro o carnívoro.</p> <p>(Gutiérrez-Fonseca, 2010; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		

Clase	Collembola	Fotos
Orden	Poduomorpha	Vista dorsal
Familia	Hypogastruridae	
Descripción		
<p>Color oscuro, negro azulado, no más pálido ventralmente.</p> <p>Longitud de los machos de 1,2 a 1,5 mm, hembras de 1,2 a 1,8 mm, holotipo de 1,41 mm de largo. Antenas cilíndricas de aproximadamente la misma longitud que la cabeza, con una papila retráctil simple o trilobulada.</p> <p>Cuatro setas sensoriales, una dorsal y tres externas. Setas no diferenciadas en macrosetas, solo con mesosetas lisas o ligeramente barbuladas y setas sensoriales más largas.</p> <p>(Palacios-Vargas, 2020; Babenko <i>et al.</i>, 2020)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Habitaban entre la hojarasca y el suelo y en espacios pantanosos. Se encuentran formando grupos de numerosos individuos por lo que presentan gregarismo. Sus huevos los ponen sobre la superficie del agua, después los huevos se hunden y cuando eclosionan flotan hasta alcanzar la superficie. Cuando la superficie se congela hibernan bajo el hielo resurgiendo con el deshielo.</p> <p>(García & Cutz, 2008; Babenko <i>et al.</i>, 2020; Carrasco <i>et al.</i>, 2020)</p>		

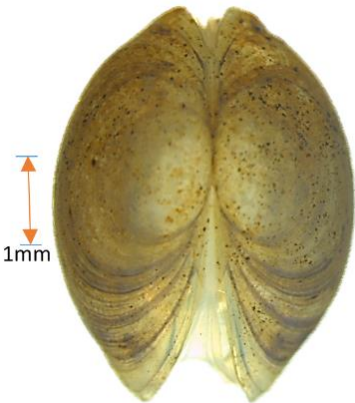
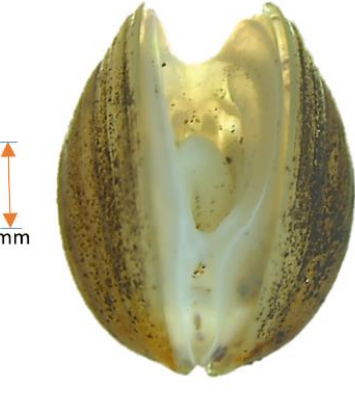

Clase	Collembola	Fotos
Orden	Entomobryomorpha	Vista dorsal
Familia	Isotomidae	
Descripción		
<p>Segmentos del cuerpo de longitud similar; con órgano postantenal sencillo.</p> <p>Segmento abdominal III normal, no reducido.</p> <p>Segmentos abdominales libres o unidos el IV-VI o el V-VI. Tibiotarso sin espolón ensanchado en forma de hoja, pero puede llevar una seda con la punta engrosada.</p> <p>Últimos segmentos abdominales con espinas dorsales o con una corona quitinosa.</p> <p>Sin tricobotria, o patrón de tricobotria diferente en el abdomen; escamas siempre ausentes; antenas 1 y 2 nunca subdivididas.</p> <p>(Jordana & Arbea, 1989; Ospina Sánchez <i>et al.</i>, 2009 Yule & Hoi Sen Yong, 2012)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Bastante frecuente en hábitats húmedos, pero no realmente acuáticos. Son polívoros, se alimentan habitualmente de esporas, aunque también consumen material vegetal en descomposición, excrementos o polen. Cuando se encuentran en el agua la uña les permite romper la tensión superficial y desplazarse como si estuvieran en tierra firme. (Yule & Hoi Sen Yong, 2012; Baquero & Jordana, 2015)</p>		



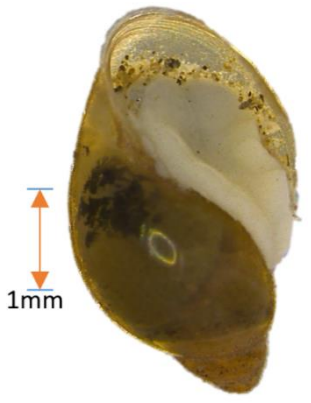
Clase	Hirudinea	Fotos
Orden	Rhynchobdellida	Vista dorsal
Familia	Glossiphoniidae	
Descripción		
<p>También llamadas sanguijuelas su caracterización principal es la presencia de una ventosa oral y una ventosa posterior ventral utilizados para el desplazamiento y soporte sobre el sustrato o sobre sus presas y hospedadores como para su alimentación, ausencia de septos y quetas.</p> <p>La ventosa anterior es poco desarrollada y una probóscide evaginable durante la alimentación. Presenta una coloración clara y mantiene los ojos agrupados en la zona media de la parte anterior del cuerpo. De uno a tres pares de ojos de posición central.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Una familia cosmopolita de agua dulce, tienen preferencia por tramos de aguas frías en zonas de cabecera. Algunas especies pueden resistir con facilidad a condiciones de hipoxia lo que se puede catalogar como los únicos depredadores en aguas contaminadas.</p> <p>Existen especies depredadoras como ectoparásitas. Se alimentan principalmente de invertebrados acuáticos, gasterópodos, oligoquetos y larvas de dípteros sobre todo a los que extrae hemoglobina con su faringe. Presenta aun reproducción asexual cruzada y los huevos son cuidados hasta el desarrollo de los mismo. (Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		

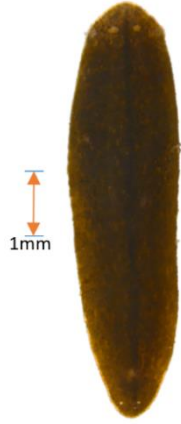
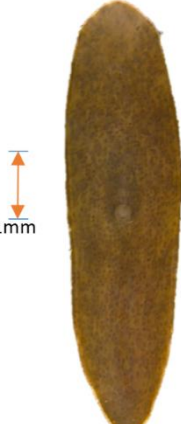
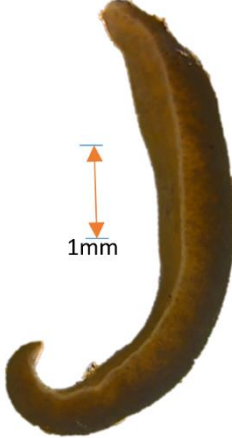
Clase	Clitellata	Fotos
Orden	Crassiclitellata	Aspecto general
Familia	Lumbricidae	
Descripción		
<p>Su coloración está asociada a su hábitat, en rangos pigmentación blanco, gris, rosa o con un color marrón rojizo.</p> <p>Tienen el cuerpo dividido en segmentos (metámeros) semejantes entre sí, excepto en la región anterior donde se presentan las estructuras reproductivas. Son de tamaño relativamente grande. Los órganos reproductores son complejos y están bien desarrollados. No tienen ojos ni nariz, pero pueden detectar luz y vibraciones.</p> <p>(Rosete & Juárez, 2016; Muñoz-Pedrerros <i>et al.</i>, 1997; Fernández, 2011)</p>		
Hábitos		
<p>Habitan en espacios donde hay humedad y material vegetal muerto, también se encuentran en hojarasca, bajo piedras, bajo corteza de troncos húmedos, dentro de epifitas y en los suelos suspendidos del dosel.</p> <p>Son hermafroditos presentan una reproducción sexual cruzada y algunas especies son partenogenéticas. Su ciclo de vida es sencillo y generalmente está sincronizado con la temperatura y la humedad. (Rosete & Juárez, 2016; Muñoz <i>et al.</i>, 1997; Fernández, 2011)</p>		
		

Clase	Oligochaeta	Fotos
Orden	Haplotaxidae	Aspecto general
Familia	Tubificidae	
Descripción		
<p>Tiene pocas quetas sensoriales. Las estructuras sensoriales cefálicas están reducidas. Externamente la segmentación del cuerpo es homónoma, excepto en el clitelo.</p> <p>Algunas especies tropicales de pequeño tamaño carecen de tubo digestivo. Haces dorsales con pelos y setas dorsales bífidas o pectinadas.</p> <p>Parte posterior del cuerpo sin branquias. Setas dorsales anteriores bífidas, diente superior muy reducido.</p> <p>(Gaviria, 1993; Kennedy, 1966)</p>		
Hábitos		
<p>También llamadas lombrices de lodo o tubifex. Miden hasta 2 cm de longitud.</p> <p>Hay especies de agua dulce o marina. Algunos son muy comunes en zonas muy contaminadas.</p> <p>Funcionan como bioindicadores ya que toleran condiciones desfavorables de oxígeno y altas concentraciones de sustancias tóxicas como metales pesados.</p> <p>(Gaviria, 1993; Kennedy, 1966)</p>		
		

Clase	Malacostraca	Fotos
Orden	Amphipoda	Vista dorsal
Familia	Hyaellidae	
Descripción		
<p>Miden desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson aproximadamente entre 2,5 a 20 mm. Los caracteres exclusivos del género comprenden la morfología del telson, que es entero, las mandíbulas sin palpo y la ausencia de la rama interna del Ur3</p> <p>Cada pereómero o segmento del tórax lleva un par de apéndices. Estos apéndices torácicos comprenden 7 pares de pereiópodos, de los cuáles los 2 primeros pares son gnatópodos quelados (el propodo es la palma de los gnatópodos). Los machos de <i>Hyaella</i> son fácilmente reconocibles por el gran desarrollo del propodo del segundo par de gnatópodos (Gn2). (Dominguez et al., 2009)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Con más de 60 especies descritas, de las cuáles al menos 50 son sudamericanas.</p> <p>Habitan aguas superficiales y subterráneas, son herbívoros, carnívoros, detritívoros u omnívoros. Como bioindicador de contaminación es un aspecto que recientemente se comenzó a tener en cuenta con pesticidas en ríos o toxicidad en hidrocarburos aromáticos.</p> <p>(Witt & Hebert, 2000; Dominguez <i>et al.</i>, 2009)</p>		

Clase	Bivalvia	Fotos
Orden	Veneroidea	Vista dorsal
Familia	Sphaeriidae	
Descripción		
<p>Bivalvos pequeños de conchilla frágil, en estado adulto pueden alcanzar 3 a 4 mm, no sobrepasa los 10mm. Concha más o menos globoso color amarillento blanquecino con varias estrías concéntricas en la superficie.</p> <p>El ligamento es apenas visible desde el exterior.</p> <p>En los juveniles se presenta la glándula del biso utilizado para agarrarse a las branquias de su progenitor, los adultos no presentan dicha glándula.</p> <p>Desarrolla sacos incubadores a partir de tejidos de los filamentos branquiales.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Cosmopolita, aunque prefieren aguas corrientosas con fondos limosos o arenosos donde están enterrados filtrando el alimento. Son hermafroditas y sus huevos se desarrollan entre las láminas.</p> <p>branquiales de donde saldrán los juveniles en un estado de desarrollo muy avanzado que les permitirá alcanzar la madurez sexual antes del primer año.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		

Clase	Gastropoda	Fotos
Orden	Pulmonata	Vista dorsal
Familia	Physidae	
Descripción		
<p>Concha frágil, semitransparente, cónica y lisa con la última vuelta grande. Ápice siempre proyectado.</p> <p>Conchilla levógira. Manto con proyecciones que se reflejan sobre la conchilla.</p> <p>La abertura es oval y angulosa por la parte superior. No tiene opérculo ni ombligo y, al contrario que los limneidos, la torsión del cuerpo es hacia la izquierda.</p> <p>Con respiración tegumentaria. No tiene una fase larvaria porque su morfología no presenta diferencia salvo la de su tamaño.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
Hábitos		Vista ventral
<p>Variedad grande de hábitats como ríos de montaña correntosos, lagos, lagunas, arroyos. Se encuentran sobre y debajo de piedras, y en vegetación marginal. Los huevos que depositan están inmersos en una cubierta gelatinosa. Hermafroditas, ovíparos. Alimentación herbívora a base de algas y macrófitos, por lo que su presencia ha sido citada incluso en aguas residuales con crecimiento de algas.</p> <p>(Dominguez <i>et al.</i>, 2009; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista lateral
		

Clase	Turbellaria	Fotos
Orden	Tricladida	Vista dorsal
Familia	Dugesiidae	
Descripción		
<p>Cuerpo alargado sin segmentación de forma lanceolada o espatulada sin tentáculos. Un par de ojos muy característicos. Presenta una coloración café claro con manchas de café oscuro.</p> <p>Presencia de franja conspicua café claro a lo largo de la línea media del cuerpo, comenzando en la región anterior a las manchas oculares y finalizando en el extremo posterior del animal. Algunos ejemplares presentan dicha franja parcialmente. Su región ventral es café pálido sin ningún tipo de manchas.</p> <p>(Muñoz & Vélez, 2007; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		
		Vista ventral
		
Hábitos		Vista lateral
<p>Es un organismo cosmopolita, viven en superficies de cantos en tramos con un amplio rango de velocidades de corriente hasta aguas estancadas. Se desplazan deslizándose en el sustrato con ayuda de su musculatura y por el movimiento de los cilios y la mucosidad que cubre su cuerpo.</p> <p>Son depredadores o consumidores oportunistas que incluyen en su dieta restos orgánicos y componentes del perifiton.</p> <p>Presenta hermafroditismo y fecundación cruzada, aunque es frecuente la reproducción asexual por partición.</p> <p>(Muñoz & Vélez, 2007; Oscoz <i>et al.</i>, 2010)</p>		

Glosario de términos de fichas de macroinvertebrados

Labro: labio superior de la boca de los insectos.

Setas: estructuras con forma de cerdas o pelos en los organismos vivos

Pronoto: placa dorsal del primer segmento del tórax

Propata: patas segmentadas a carnosas que se encuentran en estado inmaduros de algunos insectos

Esclerito: cada una de las piezas del exoesqueleto de los artrópodos, delimitada por suturas

Esclerotizada: que ha detenido su avance o progreso, o que es incapaz de evolucionar.

Pseudopata: espuripedio o pata falsa es una estructura carnosa en la superficie ventral del abdomen de ciertas larvas de insectos

Metanoto: esclerito ubicado en el matatórax

Apneustica: sin estigmas funcionales, se hace la respiración por medio del tegumento o por branquias

Metapnéusticas: tipo de aparato respiratorio con un único par de estigmas abiertos y funcionales

Glabros: desprovisto absolutamente de pelos,

Espiráculos: apertura en los exoesqueletos de los insectos y de algunas especies de arañas que permite el ingreso de aire a la tráquea

Vermiformes: que tiene forma de gusano

Lapas: molusco gasterópodo, de concha cónica con abertura oblonga

Artejos: cada una de las piezas articuladas que forman las extremidades y otros apéndices segmentados de los animales artrópodos.

Opérculo: pieza que tapa ciertas aberturas del cuerpo de algunos animales

Bífido: tiene un extremo dividido en dos partes

Emarginado: provisto de un escote o muesca poco profunda

Fórceps: pinzas, cercos o estructuras pares que se oponen para aprisionar a otro elemento, al final del abdomen o en las estructuras genitales

Cerci: del latín cerco - on apéndices pares, a menudo sensoriales, en el extremo posterior de muchos insectos

Postantenal: órgano sensorial detrás de las antenas

Tricobotria: pelo sensorial del exosequeleto

Clitelo: estructura tegumentaria glandular característica de los anélidos clitelados

LITERATURA CITADA

- Acosta, R., Rios-Touma, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Babenko, A., Efeykin, B., & Bizin, M. (2020). Three new and one little-known species of Hypogastruridae (Collembola) from Russia's northeast. *ZooKeys*, 1005, 1-20. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1005.54882>
- Baquero, E., & Jordana, R. (2015). Órdenes Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona y Symphypleona. 11.
- Barcia, E., Infante, A., Rodríguez, R., Alonso, B., Codornú, A., Rodríguez, J., Alvarez Troncoso, R., Palmero, R., & Sáinz, M. (2012). *Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*.
- Benetti, C. J., Michat, M. C., & Archangelsky, M. (2018). Chapter 15 - Order Coleoptera: Introduction. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 497-517). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00021-4>
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., Aponte, H., Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44344>
- Carrasco, J., Caballero, V., Garcia, F., & Vieira, R. (2020). *Biodiversidad Asociada A Humedales Altoandinos* (Vol. 1). http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2021-08-18-180527-libro_antoandino.pdf
- Cummins, K., & Merritt, R. (1996). An Introduction to The Aquatic Insects of North America. *The Journal of Animal Ecology*, 50, 1158. <https://doi.org/10.2307/1467288>
- Cummins, K. W., Merritt, R. W., & Andrade, P. C. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(1), 69-89. <https://doi.org/10.1080/01650520400025720>
- Dominguez, E., Molineri, C., & Nieto, C. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología* (pp. 55-93).

<https://es.scribd.com/document/371542932/Macroinvertebrados-Bentonicos-Sudamericanos-2009>

- Fernández, R. (2011, noviembre 18). *Aporrectodea trapezoides* (Dugès, 1828) (*Oligochaeta, Lumbricidae*): *Filogeografía, Filogenia y Biología Reproductiva*. [Info:eu-repo/semantics/doctoralThesis]. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/15960/>
- Flowers, R. W., & de la Rosa, C. (2010). Capítulo 4: Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 63-93.
- Fusari, L. M., Dantas, G. P. S., & Pinho, L. C. (2018). Chapter 16—Order Diptera. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 607-623). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00029-9>
- García-Gómez, A., & Cutz-Pool, L. Q. (2008). Nueva Willemia del grupo anophthalma (Collembola: Hypogastruridae) del Volcán Iztaccíhuatl, México. *Acta zoológica mexicana*, 24(3), 01-05.
- Gaviria, E. A. (1993). Claves Para Las Especies Colombianas De Las Familias Naididae Y Tubificidae (oligochaeta, Annelida). *Caldasia*, 17(2(81)), 237-248.
- Granizo, Molina, V., Secaira, Benitez, Maldonado, Libby, Arroyo, Isola, Castro, & Herrera-Fernández, B. (2006). *Manual de planificación para la conservación de áreas, PCA*. https://www.researchgate.net/publication/308201960_Manual_de_planificacion_para_la_conservacion_de_areas_PCA
- Gutiérrez-Fonseca, P. (2010). Capítulo 6: Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 139-148.
- Holzenthal, R., & Calor, A. (2017). Catalog of the Neotropical Trichoptera (Caddisflies). *ZooKeys*, 654, 1-566. <https://doi.org/10.3897/zookeys.654.9516>
- Holzenthal, R., & Robertson, D. (2006). Four New Species Of Contulma From South America (Trichoptera: Anomalopsychidae). *Zootaxa*, 1355. <https://doi.org/10.5281/zenodo.174582>
- Holzenthal, R. W., Ríos-Touma, B., & Rázuri-Gonzales, E. (2017). New species of the endemic Neotropical caddisfly genus Contulma from the Andes of Ecuador (Trichoptera: Anomalopsychidae). *PeerJ*, 5, e3967. <https://doi.org/10.7717/peerj.3967>
- Holzenthal, R. W., & Flint, O. S. (1995). Studies of Neotropical Caddisflies, LI: Systematics of the Neotropical Caddisfly Genus Contulma (Trichoptera: Anomalopsychidae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 575, 1-59. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.575>
- Jáimez-Cuéllar, Vivas, S., Bonada, N., Robles, S., Mellado, A., Álvarez, M., Avilés, J., Casas, J., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Sáinz, C., Sánchez, A., Suárez, M. L.,

- Toro, M., Vidal, M. R., Zamora, C., & Alba, J. (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(2), 187-204. <https://doi.org/10.23818/limn.21.25>
- Jordana, R. (Rafael), & Arbea, J. I. (Javier I.). (1989). *Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta:Collembola)*. <https://dadun.unav.edu/handle/10171/7946>
- Kennedy, C. R. (1966). The Life History of *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap. (Oligochaeta: Tubificidae) and Its Adaptive Significance. *Oikos*, 17(2), 158-168. <https://doi.org/10.2307/3564940>
- Más, I. G., Araújo, B. M., Inchaurre, A. A., Roldán, I. P., Moreno, A. G., & Román, P. R. (2009). Manual de laboratorio de Parasitología. 12. Insectos Dípteros. *REDUCA (Biología)*, 2(5), Article 5. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/807>
- Mendoza, B., Santillán, P., & Tingo, J. (2016). Estudio hidrológico para el desarrollo sostenible de la intercuenca del río Ambato. *La Quinta Ola del Progreso de la Humanidad*, 1, 101.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua*. 40.
- Muñoz, M. A., & Vélez, I. (2007). Redescrición y algunos aspectos ecológicos de *Girardia tigrina*, *G. cameliae* y *G. paramensis* (Dugesidae, Tricladida) en Antioquia, Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 291-301.
- Muñoz-Pedrerros, A., Ruiz, E., & Poblete, C. (1997). *Aspectos de la biología reproductiva de lumbrícos silvestres (Oligochaeta: Lumbricidae) en el sur de Chile*. 8.
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Agua | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2010). *Macroinvertebrados dulceacuícolas de la Península Ibérica*. <https://docplayer.es/77257636-Macroinvertebrados-dulceacuicolas-de-la-peninsula-iberica.html>
- Ospina Sánchez, C. M., Rodríguez Ch, J., & Peck, D. C. (2009). Clave para la identificación de géneros de Collembola en agroecosistemas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1), 57-61.
- Palacios-Vargas, J. G. (2020). *Acheroxenylla* (Collembola, Hypogastruridae), first record from the Americas with description of a new species from a Peruvian cave. *Subterranean Biology*, 34, 109-119. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.34.50673>
- Palma, C., Arana, J., & Ministerio del Ambiente. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. <https://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>

- Pardo, I., Alvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., BONADA, N., Alba-Tercedor, J., Jaimez-Cuéllar, P., Moya, G., Prat, N., Robles, S., Suárez Alonso, M., Toro, M., & Vidal-Abarca, M. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, *21*, 115-133. <https://doi.org/10.23818/limn.21.21>
- Pérez, S. (2015). *Gestión Actual de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del río Ambato desde los Actores*. 122.
- Pes, A. M., Holzenthal, R. W., Sganga, J. V., Santos, A. P. M., Barcelos-Silva, P., & Camargos, L. M. (2018). Chapter 10—Order Trichoptera. En N. Hamada, J. H. Thorp, & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)* (pp. 237-324). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804223-6.00010-X>
- Posada, J., Ramírez, G., & Parra, L. (2008). Diversity of Aquatic Macroinvertebrates of Páramo de Frontino (Antioquia, Colombia). *Caldasia*, *30*, 441-455.
- Prat, N., Rios-Touma, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2009). *Los Macroinvertebrados Como Indicadores De Calidad De Las Aguas* (pp. 631-654).
- Prat, Narcís & Munné, Antoni. (2014). Biomonitorio de la calidad del agua en los ríos ibéricos: Lecciones aprendidas. *Limnetica*, *33*, 47-64. <https://doi.org/10.23818/limn.33.05>
- Ramírez, A., & Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2014). Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: Avances recientes y direcciones futuras. *Revista de Biología Tropical*, *62*, 9-20.
- República del Ecuador-Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua*. 23.
- Rios-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de biología tropical*, *62*, 249-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Ripoll, L. Q. (2016). Clasificación hidrográfica de los ríos de España. *Revista Digital del Cedex*, *182*, 5-5.
- Rojas, J., Parra, O., Arumi, J. L., Retamal, M. R., & Andreoli, A. (2013). Gobernanza del agua y cambio climático: Fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. Análisis interno. *Interciencia*, *38*(1), 8-16.
- Roldan, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *23*(88), 375-388.
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *40*(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

- Rosete, M., & Juaréz, D. (2016). *Identificación de tres géneros de la familia Lumbricidae mediante morfología y código de barras de ADN*. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/13833>
- Sadoff, C., & Muller, M. (2010). *La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales*. <https://mirocan.org/public/documents/outils/uploaded/B3eojyno.pdf>
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- SIGTIERAS-MAG. (2022). *GEOPORTAL | Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica*. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search?facet.q=topicCat%2Fenvironment>
- Springer, M. (2010a). Capítulo 3: Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical*, 58, 53-59.
- Springer, M. (2010b). Capítulo 7: Trichoptera. En *Revista de Biología Tropical* (Vol. 58, pp. 151-198). https://www.researchgate.net/publication/262479260_Capitulo_7_Trichoptera
- Sundermann, A., Lohse, S., Beck, L. A., & Haase, P. (2007). Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2007028>, 43. <https://doi.org/10.1051/limn/2007028>
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D., & Salvatierra, A. (2018). Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en Lagunas Altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2), 149. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2008). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 16.
- Universidad Pamplona Colombia. (2010). *Capítulo III. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial*. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Villamarín, C., Prat, N., & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American journal of aquatic research*, 42(5), 1072-1086. <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>
- Villamarín Flores, C. P. (2012). Estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos del Ecuador y Perú. Diseño de un sistema de medida de la calidad del agua con índices multimétricos [Ph.D. Thesis,

Universitat de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/83923>

Water Research Center. (2020). *Water Quality Index Calculator for Surface Water*.
<https://www.knowyourh2o.com/outdoor-3/water-quality-index-calculator-for-surface-water>

Whitton, B. A. (1975). *River Ecology*. University of California Press.

Witt, J. D., & Hebert, P. D. (2000). Cryptic species diversity and evolution in the amphipod genus *Hyalella* within central glaciated North America: A molecular phylogenetic approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(4), 687-698.
<https://doi.org/10.1139/f99-285>

Yule, C. & Hoi Sen Yong. (2012). *Collembola*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/figure/Morphology-of-Collembola-A-Entomobryomorpha-Isotomidae-B-Symphyleona-Katiannidae_fig1_233727118

Yule, C., & Yong, H. S. (2012). 34. *Ephemeroptera*.
https://www.researchgate.net/publication/233727117_34_Ephemeroptera

Anexo 2. Criterios de calidad permisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Clorofenoles		mg/l	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/l	1
Oxígeno Disuelto	O.D.	% mg/l	>80% >6 mg/l
Potencial de hidrógeno	Ph	Unidades de Ph	6,5 - 9
Amoniaco	NH ₃	mg/l	-
Aluminio	Al	mg/l	0,1
Arsénico	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuros	CN ⁻	mg/l	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01
Estaño	Sn	mg/l	-
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,001
Cobre	Cu	mg/l	0,005
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	100
Cromo total	Cr	mg/l	0,032
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5
Manganeso	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002
Níquel	Ni	mg/l	0,025

Plaguicidas organofosforados totales	Concentración total de organofosforados totales	mg/l	10
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Nitratos	NO ₃	mg/l	13
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	40
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	20
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	1000

Nota: Ministerio del Ambiente, 2017

Anexo 3. Criterios de calidad de agua para riego agrícola

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Película Visible	mg/l	Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo total	Cr+6	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Huevos parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso	Mn	mg/l	0,2

Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	3 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-sep
Plomo	Pb	mg/l	5
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ -2	mg/l	250
Temperatura		C°	Condición natural
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota: Ministerio del Ambiente, 2017

Anexo 4. Criterios de calidad de agua

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible	Descarga de sistema de alcantarillado
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05	
Fosforo total	P	mg/l	10	15
Calcio	Ca	mg/l	100	
Magnesio	Mg	mg/l	50	
Conductividad	CE	μS/cm	1000	
Dureza total	CaCO ₃	mg/l	500	
Turbidez		NTU	100	

Nota: (Ministerio del Ambiente, 2017)

Anexo 5. Clasificación de la conductividad según la salinidad del agua de riego

Conductividad	μS/cm
Excelente	250
Buena	250-750
Permisible	750-2000
Uso dudoso	2000-3000
Inapropiada	3000

Nota: James *et al.*, 1982 en (Centro Canario del Agua, 2015)

Anexo 6. Índice de calidad de agua para España, Unión Europea, y OMS

Código	Parámetro	ESPAÑA	UE	OMS	Unidad
01	<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	UFC/100 ml
02	Enterococo	0	0	0	UFC/100 ml
03	<i>Clostridium perfringens</i>	0	0	0	UFC/100 ml
04	Antimonio	5,0	5,0	20	µg/L
05	Arsénico	10	10	10	µg/L
06	Benceno	1,0	1,0	10	µg/L
07	Benzo(a)pireno	0,010	0,010	0,7	µg/L
08	Boro	1,0	1,0	2,4	mg/L
09	Bromato	10	10	10	µg/L
10	Cadmio	5,0	5,0	3	µg/L
11	Cianuro	50	50		µg/L
12	Cobre	2,0	2,0	2	mg/L
13	Cromo	50	50	50	µg/L
14	1,2-Dicloroetano	3,0	3,0	30	µg/L
15	Fluoruro	1,5	1,5	1,5	mg/L
16	HPA	0,10	0,10		µg/L
17	Mercurio	1,0	1,0	6	µg/L
18	Microcistina LR	1	1	1	µg/L
19	Niquel	20	20	70	µg/L
20	Nitrato	50	50	50	mg/L
21	Nitritos	0,5 ¹	0,5	3	mg/L
22	Total de plaguicidas	0,50	0,50	-	µg/L
23	Plaguicida individual	0,1	0,1		µg/L
24	Plomo	10	10	10	µg/L
25	Selenio	10	10	40	µg/L
26	Trihalometanos (THMs)	100	100		µg/L
27	Tri + Tetracloroetano	10	10		µg/L
28	Acilamida	0,10	0,10	0,5	µg/L
29	Epiclorhidrina	0,10	0,10	0,4	µg/L
30	Cloruro de vinilo	0,50	0,50	0,3	µg/L
31	Bacterias coliformes	0	0		UFC/100 ml
32	Recuento de colonias a 22°C	100	-		UFC/1 ml
33	Aluminio	200	200	200	µg/L
34	Amonio	0,50	0,50		mg/L
35	Carbono Orgánico total		-		mg/L
36	Cloro combinado residual	2,0			mg/L
37	Cloro libre residual	1,0			mg/L
38	Cloruro	250	250		mg/L
39	Color	15	*/**		mg/L Pt/Co
40	Conductividad	2.500	2.500		S/cm a 20°C
41	Hierro	200	200		µg/L
42	Manganeso	50	50		µg/L
43	Olor	3	*/**		Ind. Dilución
44	Oxidabilidad	5,0	5,0		mg/L
45	PH	6,5 – 9,5	6,5 – 9,5		pH
46	Sabor	3	*/**		Ind. Dilución
47	Sodio	200	200		mg/L
48	Sulfato	250	250		mg/L
49	Turbidez	5	*/**		UNF
50	Dosis indicativa total	0,10	0,10	0,10	mSv/año
51	Tritio	100	100	10.000	Bq/L
52	Actividad a total	0,1			Bq/L
53	Actividad b resto	1,0			Bq/L
54	Actividad beta total	1,0			Bq/L
55	Radón	500	100		Bq/L

*Sin cambios anómalos
**Aceptable al consumidor

Nota: (Ministerio de Sanidad, 2020)

Anexo 7. Pesos relativos asignados a los parámetros que conforman los ICA

País	Estados Unidos		Unión Europea	Colombia	
	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	UWQI 2007	ICA Rojas 1991	ICAUCA 2004
Parámetro					
OD	0.17	0.109	0.114	0.25	0.21
pH	0.11	0.077	0.029	0.17	0.08
DBO	0.11	0.097	0.057	0.15	0.15
Nitratos	0.10	0.09	0.086		
Coliformes Fecales	0.16	0.116		0.21	0.16
Temperatura	0.10	0.077			
Turbiedad	0.08			0.11	0.07
Sólidos Disueltos Totales	0.07			0.11	0.07
Fósforo Total			0.057		0.08
Cadmio			0.086		
Mercurio			0.086		
Conductividad		0.079			
Sólidos Suspendidos					0.05
Color		0.063			0.05
Nitrógeno Total					0.08
Cloruros		0.074			
Arsénico			0.113		
Fluoruro			0.086		
Coliformes Totales		0.09	0.114		
DQO					
Alcalinidad		0.063			
Dureza		0.065			
Fosfatos	0.10				
Cianuro			0.086		
Selenio			0.086		

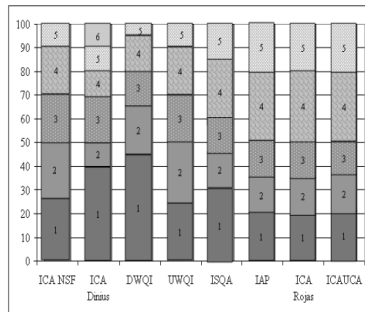
Nota: (Torres *et al.*, 2008)

Anexo 8. Clasificación de los ICA

Código	ICA							
	ICA NSF	ICA Dinius	DWQI	UWQI	ISQA	IAP	ICA Rojas	ICAUCA
1	Muy Mala Calidad	Inaceptable su consumo	Pobre	Pobre	No puede usarse	Pésima	Muy Mala	Pésima
2	Mala Calidad	Dudoso para consumo	Marginal	Marginal	Recreación y Refrigeración	Mala	Inadecuada	Inadecuada
3	Mediana Calidad	Tto potabilización necesario	Regular	Regular	Consumo humano con tratamiento especial, Riego, Industrial	Regular	Aceptable	Aceptable
4	Buena Calidad	Dudoso consumo sin Tto	Buena	Buena	Consumo humano con tratamientos convencionales	Buena	Buena	Buena
5	Excelente Calidad	Tto menor requerido	Excelente	Excelente	Todos los usos	Optima	Optima	Optima
6	-	No requiere Tto para consumo	-	-	-	-	-	-

Nota: (Torres *et al.*, 2008)

Anexo 9. Rangos de clasificación de los ICA



Nota: (Torres *et al.*, 2008)

Anexo 10. Cuadro comparativo de BMWP y las diferentes adaptaciones vs el índice propuesto ABI (Andean Biotic Index)

Order	Family	BMWP ¹	IBMWP ²	BMWPA ³	CHBMWP ⁴	ABI	Bibliographic references of pollution tolerance
Turbellaria		5	5		5	5	Jacobsen, 1998; Vázquez, 2000; Rios & Prat, 2004
Hirudinea		3	3	3	3	3	
Oligochaeta		1	1	1	1	1	
Gasteropoda	Ancylidae	6	6	6	6	6	
	Physidae	3	3	3	3	3	
	Hydrobiidae	3	3			3	
	Limnacididae	3	3	3	3	3	
	Planorbidae	3	3	3	3	3	
Bivalvia	Sphaeriidae	3	3		3	3	
Amphipoda	Hyalellidae			8	6	6	Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997; Jacobsen, 1998; Rios & Prat, 2004
Ostracoda			3			3	Rios-Touma & Prat, 2004
Hydracarina			4		4	4	
Ephemeroptera	Baetidae	4	4	8	4	4	Roldán, 1980; Jacobsen, 1998; Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997; Zúñiga de Cardoso et al., 1997; Rios & Prat, 2004
	Leptophlebiidae	10	10	10	10	10	
	Leptobryiidae			7		7	Roldán, 1980, 1992; Zúñiga de Cardoso et al., 1997
	Oligoneuridae		5	10	10	10	Roldán, 1980; Zúñiga de Cardoso et al., 1997
	Aeshnidae	8	8	6	8	6	Arango & Roldán, 1983
	Gomphidae	8	8	10	8	8	
	Libellulidae	8	8	6	8	6	Arango & Roldán, 1983
Plecoptera	Coenagrionidae	6	6	6	6	6	
	Calopterygidae	8	8	7	8	8	
	Polythoridae			10		10	
	Perlidae	10	10	10	10	10	
	Gripopterygidae				10	10	Turcotte & Harper, 1982; Jacobsen, 1998; Vázquez, 2000
	Velidae		3			5	Alvarez & Roldán, 1983
	Gerridae		5	3		5	Alvarez & Roldán, 1983
Heteroptera	Corixidae	5	3	7	3	5	Alvarez & Roldán, 1983
	Notonectidae	5	3	5	3	5	Alvarez & Roldán, 1983
	Belostomatidae			4	4	4	
	Naucoridae	5	3	4		5	
	Helicopsychidae			10		10	Ballesteros et al., 1997; Jacobsen, 1998
	Calamoceratidae		10	10	10	10	
	Odontoceridae	10	10	10		10	
Trichoptera	Leptoceridae	10	10	8	10	8	Ballesteros et al., 1997; Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997; Jacobsen, 1998
	Polycentropodidae	7	10	8	7	8	Correa et al., 1981; Ballesteros et al., 1997
	Hydroptilidae	6	6	8	6	6	Flint, 1991
	Xiphocentromidae			8		8	Roldán et al., 1992
	Hydrobiosidae			8	7	8	Ballesteros et al., 1997; Jacobsen, 1998
	Glossosomatidae		8	7	8	7	Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997; Jacobsen, 1998
	Hydropsychidae	5	5	5	5	5	
	Anomalopsyphidae				10	10	Jacobsen, 1998; Holzenthal & Flint, 1995
	Phlebotamidae	8	8	8		8	Flint, 1991
	Limnephilidae	7	7		7	7	Flint, 1982
Lepidoptera	Pyralidae		4	4		4	

Order	Family	BMWP ¹	IBMWP ²	BMWPA ³	CHBMWP ⁴	ABI	Bibliographic references of pollution tolerance		
Coleoptera	Ptilodactylidae			10		5	Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997		
	Lampyridae			10		5			
	Psephenidae			10	4	5			
	Scirtidae (Helodidae)	5	3	7		5			
	Staphylinidae			6		3			
	Elmidae	5	5	6	5	5			
	Dryopidae	5	5	6	5	5			
	Gyrinidae	5	3	3	3	3			
	Dytiscidae	5	3		3	3			
	Hydrophilidae	3	3	3	3	3			
	Hydraenidae		5			5			
	Diptera	Blepharoceridae		10	10	10		10	Viña-Vizcaino & Ramírez-González, 1997; Jacobsen, 1998; Ríos & Prat, 2004
		Simuliidae	5	5	8	5		5	
		Tabanidae	5	4	4	4		4	
Tipulidae			5	4	5	5			
Limonidae		4	4		4	4			
Ceratopogonidae			4	4	4	4			
Dixidae			4		4	4			
Psychodidae			4	4	4	3			
Dolichopodidae			4	4		4			
Stratiomyidae			4	4	4	4			
Empididae			4	4	4	4			
Chironomidae		2	2	2	2	2			
Culicidae			2	2	2	2			
Muscidae			4	2		2			
Ephydriidae			2		2	2			
Athericidae			10		10	10			
Syrphidae			1		1	1			

Nota: (Ríos-Touma *et al.*, 2014)

Anexo 11. Clases de Estado Ecológico del índice ABI en Ecuador.

ABI Ecuador	
Muy bueno	> 96
Bueno	59 - 96
Moderado	35 - 58
Malo	14 - 34
Pésimo	< 14

Nota: (Acosta *et al.*, 2009) (Gamarra *et al.*, 2017)

Anexo 12. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP-Col.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodaetlyidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptoplebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Nota: Rodán, 2003 en Roldán-Pérez, (2016).

Anexo 13. Clasificación de las aguas, significado ecológico de acuerdo al índice BMPW/Col

Clase	Calidad	BMWP-Col	Significado
<i>I</i>	Buena	> 150, 120 -101	Agua muy limpias a limpias
<i>II</i>	Aceptable	61 - 100	Agua ligeramente contaminadas
<i>III</i>	Dudosa	36 - 60	Agua moderadamente contaminadas
<i>IV</i>	Critica	16-35	Agua muy contaminadas
<i>V</i>	Muy critica	< 15	Agua fuertemente contaminadas

Nota: Rodán, 2003 en Durán, (2016).

Anexo 14. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice EPT

EPT		
0,75 - 1	75% - 100%	Muy buena
0,50 - 0,7	50% - 74%	Buena
0,25 - 0,4	25% - 49%	Regular
0 - 0,2	0% - 24%	Mala

Nota: (Carrera & Fierro, 2001)

Anexo 15. Clasificación de las aguas de acuerdo al índice adaptado para el río Ambato

Correlación de Pearson		Calidad índice adaptado	
Valores	Relación	Calidad	Adaptado
0 - 0,25	Nula	Buena	> 98
0,26 - 0,50	Débil	Aceptable	64 - 97
0,51 - 0,75	Moderada a fuerte	Dudosa	39-63
0,76 - 1	Perfecta	Crítica	17-38
Martínez <i>et al.</i> , (2009)		Muy crítica	< 16

Nota: Elaboración propia

Anexo 16. Tabla colimétrica adaptado de Trama *et al.*, (2020); tomado de Acosta *et al.*, (2009).

IHF		Qbr-And			ABI			ECOSTRIAND		
Nivel de calidad	Rango	Nivel de calidad	Rango	Color	Nivel de calidad	Rango	Color	QBR -And >75	QBR -And 45 - 75	QBR -And < 45
Valores óptimos de calidad	>75	Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. Estado natural	> 96		Muy Bueno	> 96		Muy bueno	Bueno	Regular
Valores intermedios de calidad	45-75	Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena	76 - 95		Bueno	59 - 96		Bueno	Regular	Malo
		Inicio de alteración importante. Calidad intermedia	51 - 75		Moderado	35 - 58		Regular	Malo	Pésimo
valores bajos de calidad	<45	Alteración fuerte. Mala calidad	26 - 50		Malo	14 - 34		Malo	Pésimo	Pésimo
		Degradación extrema. Calidad pésima	< 25		Pésimo	< 14		Pésimo	Pésimo	Pésimo

Los rangos para el índice ABI fueron adaptados con los valores expresados para Ecuador.

Anexo 17. Rango de calidad del IHF

IHF	Nivel de calidad
> 90	Muy alta diversidad de hábitats
71 - 90	Alta diversidad de hábitats
50 - 70	Diversidad de hábitats media
31 - 49	Baja diversidad de hábitats
< 30	Muy baja diversidad de hábitats

Nota: Acosta *et al.*, (2009)

Anexo 18. Índice de hábitat fluvial (IHF) (Adaptado de Pardo *et al.*, 2002)

1. Inclusión rápidos			Puntuación
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.		10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.		5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%		0
Total			
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25		4
	Sólo pozas		2
Total			
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
	% Bloques y piedras	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Cantos y gravas	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Arena	1 - 10%	2
		> 10%	5
	% Limo y arcilla	1 - 10%	2
		> 10%	5
Total			
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
somero: < 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10
lento: < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías		8
	Sólo 2 de las 4		6
	Sólo 1 de las cuatro		4
Total			
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10
	Totalmente en sombra		7
	Grandes claros		5
	Expuesto		3
Total			
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
	Hojarasca	> 10% ó < 75%	4
		< 10% ó > 75%	2
	Presencia de troncos y ramas		2
	Raíces expuestas		2
	Diques naturales		2
Total			
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
	% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
	% Pecton	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
	% Fanerógamas	10 - 50%	10
		< 10% ó > 50%	5
		Ausencia absoluta	0
Total			
Puntuación final (suma de las puntuaciones anteriores)			

Anexo 19. Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación	
		Observador	
		Fecha	
Grado de cubierta de la zona de ribera			Puntuación bloque 1
Puntuación			
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)		
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera		
+10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total		
+5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%		
-5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%		
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%		
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)			Puntuación bloque 2
Puntuación			
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %		
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %		
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %		
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %		
+10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %		
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %		
+5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.		
-5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %		
-5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad		
-10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %		
Calidad de la cubierta			Puntuación bloque 3
Puntuación			
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos		
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas		
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas		
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas		
+10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.		
+5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas		
-5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas		
-10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas		
Grado de naturalidad del canal fluvial			Puntuación bloque 4
Puntuación			
25	el canal del río no ha estado modificado		
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		
0	río canalizado en la totalidad del tramo		
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río		
-10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		
-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes		
-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado		
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)			

Nota: Acosta *et al.*, (2009)

Anexo 20. Rangos de calidad de conservación de la vegetación de ribera propuestos para el QBR-And

QBR-And	Nivel de calidad
≥ 96	Vegetación de ribera sin alteraciones. calidad muy buena. estado natural
76-95	Vegetación ligeramente perturbada. calidad buena
51-75	Inicio de alteración importante. calidad intermedia
26-50	Alteración fuerte. mala calidad
≤ 25	Degradación extrema. calidad pésima

Nota: Acosta *et al.*, (2009)

Anexo 21. Escala metodológica del Manual de planificación para la Conservación de Áreas para análisis de factores antrópicos

	PCA		Calidad
Contribución	3,1 - 4	Muy alta	Actividad antrópica es un contribuyente a muy grande de degradación en el área de estudio
	2,1 - 3	Alta	Actividad antrópica es un contribuyente a grande de degradación en el área de estudio
	1,1 - 2	Media	Actividad antrópica es un contribuyente moderado de degradación en el área de estudio
	0-1	Baja	Actividad antrópica es un contribuyente pequeño de degradación en el área de estudio
Irreversibilidad	3,1 - 4	Muy alta	Los impacto de la actividad antrópica en el área de estudio son permanentes o cuando las dificultades (tiempo, costo, capacidades técnicas) son demasiados altos
	2,1 - 3	Alta	Los impacto de la actividad antrópica en el área de estudio es reversible, se encuentra en los márgenes de lo posible y requiere un elevado costo de tiempo y dinero
	1,1 - 2	Media	Los impacto de la actividad antrópica en el área de estudio, requiere periodo de tiempo y costo moderado
	0 - 1	Baja	Las dificultades, costo y tiempo permiten una fácil reversión de los impactos de las actividades antrópicas

Nota: Granizo *et al.*, (2006)

Anexo 22. Criterios para obtener el valor combinado de contribución e irreversibilidad

Irreversibilidad	Contribución			
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo
Muy alto	Muy alto	Alto	Alto	Medio
Alto	Muy alto	Alto	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Medio	Bajo	Bajo

Nota: Granizo *et al.*, (2006)

Anexo 23. Grupos tróficos funcionales

Categoría	Símbolo	Descripción
Fragmentadores	F	Se alimentan de materia orgánica particulada gruesa (CPOM)
Colectores - Filtradores	CF	Grupo especial de recolectores que filtran en la columna de agua (UFPOM y DOM)
Colector - Recolector	CR	Consumen materia orgánica particulada fina (MOPF)
Raspador	R	Son herbívoros y se alimentan de perifitón
Predadores	P	Se alimentan de otros organismos vivos

Nota: Cummins *et al.*, (2005)

Anexo 24. Coeficiente de correlación de Pearson

	NMP	DBO	DQO	NH4	PT	NO3	NO2	SO4-2	Ca	Mg	Cond	DT	OD	NTU
Hyalellidae		-0.506		-0.584										
Sphaeriidae				-0.553										
Simuliidae				-0.533										
Chironomidae					-0.491		-0.491			-0.496				
Blephariceridae	-0.944				0.902	0.927	0.920		0.883	0.915	-0.773	-0.791		0.576
Culicidae	-0.890				0.979	0.990	0.988		0.964	0.986	-0.772	-0.796		0.638
Ceratopogonidae	-0.804													
Tipulidae	-0.841													
Dolichopodidae	-0.759	0.627		0.585	0.999	0.992	0.994		0.998	0.995	-0.670	-0.700		0.729
Tabanidae	-0.803	0.667		0.621	0.994	0.984	0.984		0.998	0.986	-0.621	-0.653	-0.541	0.782
Empididae	-0.968				0.720	0.759	0.746		0.695	0.739	-0.703	-0.712		
Cripopterygidae	-0.927				0.552	0.599	0.583		0.525	0.574	-0.613	-0.616		
Hydrobiosidae	-0.965				0.693	0.734	0.721		0.668	0.713	-0.690	-0.698		
Glossosomatidae	-0.911	0.541			0.965	0.971	0.967		0.960	0.965	-0.687	-0.714		0.718
Limnephilidae	-0.971				0.797	0.832	0.821		0.774	0.814	-0.738	-0.751		
Leptoceridae	-0.919				0.938	0.958	0.952		0.920	0.949	-0.778	-0.798		0.604
Hydroptilidae	-0.859											0.382		
Anomalopsychidae	-0.906				0.950	0.968	0.963		0.933	0.960	-0.778	-0.800		0.613
Scirtidae	-0.962				0.681	0.722	0.709		0.655	0.701	-0.683	-0.691		
Elmidae	-0.847										-0.501			
Leptohyphidae	-0.731		0.515											
Baetidae				-0.545										
Hebiidae	-0.797	0.524			0.995	1.000	0.999		0.984	0.999	-0.754	-0.780		0.655
Dugesidae	-0.697													
Hypogastruridae	-0.872	0.562		0.505	0.984	0.987	0.985		0.979	0.984	-0.697	-0.725		0.718
Isotomidae	0.987	0.996	0.994		0.974	0.993	-0.765	-0.791		0.647				
Chironomidae	-0.807	0.974	0.971	0.961	0.766	0.704	0.711	0.759	0.816	0.721			-0.923	0.958
Lamproleptidae	-0.740		-0.901											
Physidae		0.847	0.995	0.873				0.997			0.656	0.624	-0.920	0.710
Tubificidae		0.729	0.990	0.768				0.965			0.778	0.751	-0.824	0.556

Nota: Alvaro Acosta, 2022

Anexo 25. Puntuación dada a los puntos de muestreo del río Ambato en el índice IHF

1. Inclusión rápidos			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	10					
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5		5	5			
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0				0	0	0
Total								
2. Frecuencia de rápidos								
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	10					
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8		8	8			
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6					6	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río > 25	4				4		
	Sólo pozas	2						
Total								
3. Composición del substrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)								
	% Bloques y piedras	1 - 10%	2	2				2
		> 10%	5		5	5	5	5
	% Cantos y gravas	1 - 10%	2					2
		> 10%	5	5	5	5	5	5
	% Arena	1 - 10%	2		2	2	2	2
		> 10%	5	5				
	% Limo y arcilla	1 - 10%	2		2	2	2	2
		> 10%	5	5				
Total								
4. Regímenes de velocidad / profundidad								
somero: < 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10					
lento: < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías		8	8				
	Sólo 2 de las 4		6		6	6		6
	Sólo 1 de las cuatro		4			4		4
Total								
5. Porcentaje de sombra en el cauce								
	Sombreado con ventanas		10					
	Totalmente en sombra		7					
	Grandes claros		5	5	5	5	5	5
	Expuesto		3					
Total								
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)								
	Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	0	0	0	0	
		< 10% ó > 75%	2					0
	Presencia de troncos y ramas		2	2	2	2	2	2
	Raíces expuestas		2	2	2	2	2	2
	Diques naturales		2					
Total								
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)								
	% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	10				
		< 10% ó > 50%	5		5		5	5
		Ausencia absoluta	0			0		0
	% Pecton	10 - 50%	10					
		< 10% ó > 50%	5	5	5	5	5	5
		Ausencia absoluta	0					
	% Fanerógamas	10 - 50%	10	10				
		< 10% ó > 50%	5					
		Ausencia absoluta	0		0	0	0	0
Total								
Puntuación final (suma de las puntuaciones anteriores)			79	52	47	41	45	30

Nota: Trabajo de campo, 2021

Anexo 26. Puntuación dada a los puntos de muestreo del río Ambato en el índice QBR-And

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		Estación							
		Observador							
		Fecha							
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1		M1	M2	M3	M4	M5	M6
Puntuación									
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)								
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera								
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera								
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera								
+10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total			5	5	5	5	5	5
+5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%								
-5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%								
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%								
Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		Puntuación bloque 2							
Puntuación									
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %								
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %								
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %								
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %								
+10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %			15	15	15	15	15	20
+5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %								
+5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.								
-5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %								
-5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad								
-10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %								
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3							
Puntuación									
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos								
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas								
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas								
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas								
+10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.			20	15	15	15	20	15
+5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas								
-5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas								
-10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas								
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4							
Puntuación									
25	el canal del río no ha estado modificado								
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal								
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río								
0	río canalizado en la totalidad del tramo								
-10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río			25	15	20	15	20	15
-10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río								
-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes								
-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado								
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)				65	50	55	50	60	55

Nota: Trabajo de campo, 2021

Anexo 27. Valorización de la contribución e irreversibilidad en los puntos de muestreo.

Actividad antrópica	La Esperanza (M1)		Valor global	
	Contribución	Irreversibilidad		
Actividad Turística	1,4	2,6	2,00	Medio
Actividad Agrícola	1,5	1,8	1,65	Medio
Actividad Pecuaria	2,6	3,5	3,05	Muy alto
Actividad Piscícola	1,8	1,6	1,70	Medio
Agropecuaria mixto	1,9	2	1,95	Medio
Desviación de caudal	0	0	0,00	Bajo
Extracción de material pétreo	0,8	1,5	1,15	Medio
Asentamiento humano	0,7	1	0,85	Bajo
Total	1,34	1,75	1,54	Medio

Calamaca(M2)				
Actividad antrópica	Contribución	Irreversibilidad	Valor global	
Actividad Turística	1,2	1,8	1,5	Medio
Actividad Agrícola	1	1,6	1,3	Medio
Actividad Pecuaria	1,9	2,5	2,2	Alto
Actividad Piscícola	0,8	0,9	0,85	Bajo
Agropecuario mixto	2,3	3	2,65	Alto
Desviación de caudal	2	2,8	2,4	Alto
Extracción de material pétreo	0	0	0	Bajo
Asentamiento humano	2,3	3,5	2,9	Medio
Total	1,44	2,01	1,73	Medio

Tilulún (M3)				
Actividad antrópica	Contribución	Irreversibilidad	Valor global	
Actividad Turística	2,8	3	2,9	Alto
Actividad Agrícola	1,7	2,6	2,15	Alto
Actividad Pecuaria	2,6	3	2,8	Alto
Actividad Piscícola	2	1,4	1,7	Medio
Agropecuario mixto	2,8	3	2,9	Alto
Desviación de caudal	0	0	0	Bajo
Extracción de material pétreo	0,6	1,8	1,2	Medio
Asentamiento humano	2	2,6	2,3	Alto
Total	1,8125	2,175	1,99375	Medio

La Delicia (M4)				
Actividad antrópica	Contribución	Irreversibilida	Valor global	
Actividad Turística	1,8	0,9	1,35	Medio
Asentamiento humano	4	4	4	Muy alto
Total	2,9	2,45	2,675	Alto

Pishilata (M5)				
Actividad antrópica	Contribución	Irreversibilidad	Valor global	
Actividad Turística	0,7	1,2	0,95	Bajo
Actividad Agrícola	3,6	3,2	3,4	Muy alto
Actividad Pecuaria	3,2	3,8	3,5	Muy alto
Actividad Piscícola	2,9	2,6	2,75	Alto
Agropecuario mixto	3,6	3,9	3,75	Muy alto
Desviación de caudal	0	0	0	Bajo
Extracción de material pétreo	0	0	0	Bajo
Asentamiento humano	3,8	4	3,9	Muy alto
Total	2,23	2,34	2,28	Alto

Las Viñas (M6)				
Actividad antrópica	Contribución	Irreversibilidad	Valor global	
Actividad Turística	1,7	2,4	2,05	Medio
Actividad Agrícola	3,2	3,4	3,3	Muy alto
Actividad Pecuaria	3,7	2,6	3,15	Muy alto
Actividad Piscícola	0	0	0	Bajo
Agropecuario mixto	3,6	3,7	3,65	Muy alto
Desviación de caudal	3	2,6	2,8	Alto
Extracción de material pétreo	4	4	4	Muy alto
Asentamiento humano	3	3,8	3,4	Muy alto
Total	2,8	2,8	2,8	Alto

Nota: Trabajo de campo, 2021

Anexo 28. Estructura trófica de las familias encontradas en el río Ambato

Familia	Grupo trófico		Bibliografía
Sphaeriidae	Colector-Filtrador	CF	(Ode, 2003)
Lumbricidae	Colector-Recolector	CR	(Roldán, 1996).
Hypogastruridae	Colector-Recolector	CR	(Baquero & Jordana, 2015a
Isotomidae	Colector-Recolector	CR	(Carrasco <i>et al.</i> , 2020)
Physidae	Raspador	R	(Usme <i>et al.</i> , 2013)
Glossiphoniidae	Predador	P	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Elmidae	Colector-Recolector	CR	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Scirtidae	Raspador	R	(Ode, 2003)
Blephariceridae	Raspadores	R	(Monzón <i>et al.</i> , 1991b)
Ceratopogonidae	Colector-Filtrador .	CF	(Ode, 2003)
Culicidae	Raspadores	R	(Más <i>et al.</i> , 2009)
Chironomidae	Colector-Recolector	CR	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Dolichopodidae	Predador	P	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Empididae	Predador	P	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Simuliidae	Colector-Filtrador	CF	(Ode, 2003); (Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Tipulidae	Fragmentador	F	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Tabanidae	Predador	P	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Baetidae	Colector-Recolector	CR	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Leptohyphidae	Raspador	R	(Flowers & de la Rosa, 2010)
Hebridae	Predador	P	(Llano <i>et al.</i> , 2016)
Gripopterygidae	Fragmentador	F	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Anomalopsychidae	Raspador	R	(Holzenthal, <i>et al.</i> , 2017)
Glossosomatidae	Raspador	R	(Monzón <i>et al.</i> , 1991b)
Hydrobiosidae	Predador	P	(Lanza <i>et al.</i> , 2000)
Hydroptilidae	Raspador	R	(Lanza <i>et al.</i> , 2000)
Leptoceridae	Colector-Filtrador	CF	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Limnephilidae	Fragmentador	F	(Cummins <i>et al.</i> , 2005); (Ode, 2003)
Hyaellidae	Fragmentador	F	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Tubificidae	Colector-Recolector	CR	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)
Dugesiiidae	Predador	P	(Cummins <i>et al.</i> , 2005)

Nota: Alvaro Acosta, 2022