



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS

TEMA:

**ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS RÍOS DEL RECINTO LOS LAURELES, LA MANÁ –
ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Biodiversidad y Recursos Genéticos

Autor (a)

Vásquez Barba Ana Pamela

Tutor (a)

M.Sc. Tobes Sesma Ibon PhD

QUITO – ECUADOR

2021

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

Yo Ana Pamela Vásquez Barba declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS RÍOS DEL RECINTO LOS LAURELES, LA MANÁ – ECUADOR”, como requisito para optar al grado de Ingeniera en Biodiversidad y Recursos Genéticos 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 8 días del mes de febrero de 2021, firmo conforme:

Autor: Pamela Vásquez

Firma:

Número de Cédula: 1725492340

Dirección: Pichincha, Quito, Amagasi del Inca.

Correo Electrónico: pame_vas97@hotmail.com

Teléfono: 0984651448

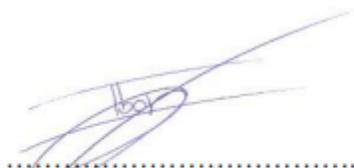
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS RÍOS DEL RECINTO LOS LAURELES, LA MANÁ – ECUADOR” presentado por Ana Pamela Vásquez Barba para optar por el Título de Ingeniera en Biodiversidad y Recursos Genéticos.

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, 8 de febrero de 2021

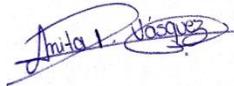


PhD. Ibon Tobes Sesma

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 Ingeniera en Biodiversidad y Recursos Genéticos, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 8 de febrero de 2021



.....
Ana Pamela Vásquez Barba

1725492340

APROBACIÓN LECTORES

El trabajo de Integración Curricular, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS RÍOS DEL RECINTO LOS LAURELES, LA MANÁ – ECUADOR, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Biodiversidad y Recursos Genéticos, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 17 de febrero de 2021

Dra. Nora Oleas



.....

Lector 1

MSc. Ana Sofía Falconí



.....

Lector 2

DEDICATORIA

Para Franklin, Silvana, Carolina, Bayardo, Anita e Isabella

AGRADECIMIENTO

Mediante este trabajo quiero dar las gracias a Dios y a mis padres Franklin y Silvana por permitirme culminar esta etapa tan linda en mi vida, a pesar de los momentos de preocupación que se presentaron en el camino, agradezco la paciencia, perseverancia y confianza que pusieron en mí, agradezco la emoción y atención que me transmitían sus rostros al contarles las anécdotas de cada salida de campo. Gracias por ser la fuerza que necesitaba cada vez que creía que no podía más. A mis hermanos Carolina y Bayardo por impulsarme a ser mejor cada día, por compartir risas y llantos y por sus acogedores abrazos que transmiten un sentimiento de paz.

A mi abuelita querida Anita, por enseñarme tantos valores, el amor y respeto a la naturaleza sin duda los adquirí cuando tomadas de la mano abrazábamos los árboles junto a su casita de campo. Gracias por convertirme en la mujer de la cual ahora se siente orgullosa.

Infinitas gracias a mi tutor Ibon Tobes, por permitirme realizar este trabajo de titulación bajo su guía, su dedicación y paciencia, gracias por sus enseñanzas a lo largo de la carrera, y sobre todo gracias por enseñarme como debe ser una persona y profesional de calidad. Gracias al Bosque Privado El Jardín de los Sueños por abrirme las puertas y brindarme la ayuda necesaria para poder realizar la fase de campo de este trabajo.

A mis compañeros, por los buenos y malos momentos compartidos en las aulas de clase, pero sobre todo gracias por las aventuras y un sin número de historias y anécdotas que dejan los momentos en el campo. A Jordi por sus consejos, sus chistes, y por enseñarme que en la vida debemos arriesgarnos aunque las cosas no salgan bien, siempre se aprende. ¡Gracias, amigo!

Por último, a la Universidad Tecnológica Indoamérica y los docentes que conforman la Facultad de Ciencias del Medio Ambiente por compartir conmigo sus conocimientos, dedicación y amor a la ciencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. <i>Objetivo general</i>	10
1.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
2. MÉTODOS	11
2.1. <i>Área de estudio</i>	11
2.2. <i>Caracterización ecológica de los cuerpos de agua</i>	13
2.2.1. <i>Monitoreo de parámetros fisicoquímicos</i>	13
2.2.2. <i>Caracterización hidrológica</i>	14
15	
2.2.3. <i>Caudal</i>	15
2.3. <i>Indicadores de calidad de hábitat de ríos</i>	16
2.4. <i>Monitoreo e identificación de macroinvertebrados</i>	18
2.4.1. <i>Índice ABI (Andean Biotic Index)</i>	19

2.5.	<i>Análisis de componentes principales (PCA)</i>	20
3.	RESULTADOS.....	21
3.1.	<i>Análisis fisicoquímicos</i>	21
3.2.	<i>Caracterización hidromorfológica</i>	21
3.3.	<i>Calidad del sistema fluvial y hábitat de ribera.</i>	22
3.4.	<i>Análisis de componentes principales (PCA)</i>	24
3.4.1.	<i>Valores de varianza de componentes principales</i>	24
3.4.2.	<i>Interpretación de la figura</i>	25
3.5.	<i>Diversidad y composición de las comunidades de macroinvertebrados</i>	26
*	No se asignó puntuación ABI ya que, no se logró identificar la familia.	28
4.	DISCUSIÓN.....	28
5.	CONCLUSIONES	31
6.	RECOMENDACIONES.....	32
7.	LITERATURA CITADA	32
8.	ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros fisicoquímicos utilizados en el muestro.	14
Tabla 2	Categorías de estado ecológico del cauce propuestas por el IHF. La calidad del sistema fluvial es evaluada en función a la diversidad de hábitats.	17
Tabla 3.	Rango de la calidad del hábitat de ribera, propuestos para el QBR-And.	18
Tabla 4.	Parámetros ambientales de los sitios de estudio	22
Tabla 5.	Resultados del índice IHF realizado en la zona de estudio.	23
Tabla 6.	Resultados del índice QRB-And realizado en la zona de estudio.	24
Tabla 7.	Datos estadísticos de la varianza.	25

Tabla 8. Diversidad y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados.....	27
Tabla 9. Puntuación del Andean Biotic Index (ABI) para los puntos de muestreo.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación de la zona de estudio y de los principales cuerpos de agua.	11
Figura 2. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en el recinto Los Laureles	13
Figura 3. Diseño de la toma de datos de velocidad, profundidad, tipo de substrato y sombra de los puntos de muestreo.	15
Figura 4. Diseño de la toma de datos del caudal en cada punto de muestreo.....	16
Figura 5. Análisis de componentes principales de parámetros fisicoquímicos hidrológicos y ecológicos de los sitios de estudio.	26

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS

**TEMA: ANÁLISIS ECOLÓGICO DE LOS RÍOS DEL RECINTO LOS LAURELES, LA
MANÁ – ECUADOR**

AUTOR: Ana Pamela Vásquez Barba

TUTOR: Ibon Tobes Sesma, PhD.

RESUMEN EJECUTIVO

Los ríos son ecosistemas importantes que dotan de agua dulce a los seres vivos, siendo este un recurso indispensable para la vida, sin embargo, se han visto afectados por un sin número de actividades antrópicas como: ganadería, monocultivos, aguas grises, crianza de cerdos y represas. Estas actividades degradan los ecosistemas y causan contaminación en las cuencas hidrográficas, lo que provoca que el agua no sea apta para el consumo humano y por ende una mala calidad de agua afecta a la salud de las personas. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar y comparar los ecosistemas acuáticos del recinto los Laureles integrando parámetros físicoquímicos, hidromorfológicos y ecológicos y evaluar su estado de conservación y la calidad ecológica de sus ríos. Para ello se establecieron nueve puntos de muestreo y dos de los puntos fueron considerados puntos control ubicados dentro del bosque privado El Jardín de los Sueños. Se realizó una caracterización ecológica de los ríos integrando el monitoreo de parámetros físicoquímicos (temperatura, pH, conductividad), caracterización hidromorfológica (anchura, profundidad, velocidad, tipo de sustrato y sombra), caudal, indicadores de la calidad de hábitat de ríos (IHF, QBR-And) y por último se realizó el monitoreo e identificación de macroinvertebrados usando la técnica de recolección instantánea con red de patada. Los resultados indican que tres ríos cuentan con un pH alto y su agua no es apta para el consumo. Los ríos son lentos y poco profundos. Los indicadores de la calidad de hábitat demuestran que hay baja diversidad de hábitats y alteraciones fuertes en cinco puntos de muestreo, no se realizaron análisis con los macroinvertebrados por la poca cantidad de individuos que se encontró. Se recomienda un nuevo muestreo con macroinvertebrados para completar los datos y evaluar la calidad del agua. Nuestra investigación da una idea para comprender este sistema fluvial y podría usarse para futuras decisiones de gestión y planes de conservación de ecosistemas de agua dulce.

Descriptor: macroinvertebrados, contaminación, parámetros físicoquímicos e hidromorfológicos, índices calidad ecológica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS

THEME: “RECINTO LOS LAURELES” RIVERS ECOLOGICAL ANALYSIS, LA MANÁ”, ECUADOR.

Author: Ana Pamela Vásquez Barba

Tutor: Ibon Tobes Sesma, PhD.

ABSTRACT

Rivers are important ecosystems that provide fresh water and sustain human life and ecosystems worldwide. However, they have been historically affected by a great variety of anthropic activities such as livestock, monocultures, waste water and dams. These activities damage ecosystems and cause pollution in river basins, making the water not recommended for human consumption and affecting people's health. The objective of this research is to characterize and compare aquatic ecosystems in “Recinto Los Laureles” by integrating physicochemical, hydromorphological and ecological parameters to evaluate their state of conservation and ecological quality. To that end, nine sampling points were established and two of the sites were considered control points located within “El Jardín de los Sueños” private forest. An ecological characterization of the rivers was carried out integrating physicochemical parameters (temperature, pH, conductivity), hydromorphological characterization (width, depth, water speed, type of substrate and shade), flow and river habitat quality indexes (IHF & QBR-And). Additionally, a monitoring and identification of macroinvertebrates was carried out using a kick net. Our results show that three rivers have high pH and therefore their water is not suitable for consumption. The rivers in the area are slow and shallow. The indicators of habitat quality show that there is medium and low diversity of river habitat and important and strong alterations for the majority of the sites, except from the control localities were registered. Human impact is more significant on sites close to the village, on the lowlands of the basin. No analysis was performed with macroinvertebrates due to the small number of individuals found. New sampling with macroinvertebrates is recommended to complete the data and evaluate water quality. Our research gives an insight for understanding this river system and could be used for future management decisions and conservation plans of freshwater ecosystems.

Keywords: macroinvertebrates, rivers, contamination, parameters physicochemical and hydromorphological.

REVIEWED BY: MSc. Roilys Jorge Suárez Abrahante



1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son considerados ecosistemas de gran importancia, ya que abastecen de agua dulce a los seres vivos y la distribuyen a lo largo de la tierra, siendo así un recurso indispensable. Son también hogar para una gran diversidad de especies que viven estrechamente vinculadas a ellos. Sin embargo, estos ecosistemas se han visto afectados por causas antrópicas como el crecimiento de la población, la industrialización, la urbanización, el cambio en el uso del suelo, descarga de aguas grises no tratadas y residuos sólidos ya sea domésticos o industriales (Yee-Batista 2013). Esto ha originado el deterioro de los sistemas hídricos, alterando así las condiciones naturales de la calidad y cantidad de agua de los ríos, haciendo que no esté disponible o no sea apta para su uso (Machado et al., 2018).

Según el Índice Planeta Vivo de la WWF (2016), las especies de agua dulce a nivel mundial han disminuido un 81% entre 1970 y 2012 por amenazas como: contaminación de las aguas, pérdida y degradación de hábitat, construcción de infraestructuras como represas o extracciones de agua no sostenibles. La contaminación de los ríos provoca que disminuya la calidad ambiental del ecosistema, causa alteraciones en la integridad ecológica y afectaciones en la salud humana (Gómez, 2014). Esto implica que cualquier actividad que se realice en el territorio de la cuenca tendrá un impacto tanto ambiental, cultural, social y político (Toro- Valdez, 2017).

En Ecuador el mal manejo de las aguas contaminadas y la incorrecta eliminación de los residuos son la principal causa de contaminación ambiental afectando significativamente la calidad del agua del país (Farinango et al., 2019). Según Rodríguez (2018), se tienen evidencias de que en altitudes por debajo de los 2 000 metros sobre el nivel del mar, varios ríos en Ecuador se encuentran contaminados por desechos de actividades industriales, agricultura, ganadería y falta de sistemas de tratamiento de aguas servidas. El crecimiento de la frontera agrícola, es de gran importancia para la matriz económica del Ecuador, sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos, plaguicidas, fungicidas y herbicidas tiene grandes impactos ambientales sobre los ríos (Naranjo, 2017; Damanik-Ambarita et al., 2016).

En este trabajo hemos centrado nuestra atención en los bosques húmedos occidentales del Ecuador pertenecientes al Chocó andino, los cuales forman parte del *hotspot* de los Andes Tropicales y del *hotspot* Chocó-Daríen que se extienden desde Panamá, a lo largo del Pacífico colombiano, y se adentran en el noroccidente del Ecuador (Pínango y Jazmith, 2020). El Chocó es una de las zonas más importantes del mundo para su conservación por sus altos índice de biodiversidad, sin embargo, esta zona se está enfrentando a fuertes presiones causadas por la deforestación por el avance de la frontera agrícola, la ganadería, los monocultivos, minería y crecimiento poblacional (Machado, 2018). Organizaciones como WWF trabajan conjuntamente con comunidades indígenas y rurales en proyectos de conservación y desarrollo sostenible para que se logre crear áreas protegidas y evitar los impactos que sufren actualmente (Umajinga y Fabían, 2019).

En el cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, se desarrolla un proyecto denominado Bosque Privado El Jardín de los Sueños (BPJS). El objetivo principal de este proyecto es la conservación de especies de flora y fauna de los bosques húmedos occidentales del Ecuador, además de que desempeña un importante papel en protección de las microcuencas del territorio. Así también el BPJS ha incitado el desarrollo de proyectos de conservación en la comunidad aledaña el recinto Los Laureles, a través de programas de voluntariado y educación ambiental, turismo científico, desarrollo personal y permacultura. Estas iniciativas brindan más oportunidades de desarrollo para los pobladores con rumbo hacia la conservación y el aprovechamiento correcto de los recursos naturales (Torres López, 2019).

El recinto Los Laureles no dispone hasta la fecha de abastecimiento de agua potable y tampoco existen juntas de agua que faciliten el acceso y manejo de los recursos hídricos. Los habitantes locales dependen de los ríos y quebradas de su territorio para conseguir el agua con sus propios medios. Esto lo hacen a través de tomas distribuidas por las microcuencas aledañas a sus hogares. Es por ello que la conservación del agua de calidad y en cantidad en la red hidrográfica de su entorno es de vital importancia para la subsistencia de la comunidad. Sin embargo, con la expansión de la frontera agrícola, se suscitan a diario en el territorio actividades antrópicas como: el cultivo de orito y cacao, pastizales para la cría del ganado y la cría de cerdos que por lo general

se encuentran cerca de fuentes de agua, ocasionando alteración directa en la calidad del agua debido a las descargas de materia orgánica (Rhoades et al., 2006). Estas actividades han llevado a la degradación y contaminación de los recursos hídricos lo que se ha convertido en una problemática ambiental y social.

Como complemento a las acciones de conservación que se han venido ejecutando en el recinto Los Laureles gracias al impulso de BPJS, es importante tener datos que nos brinden información sobre el estado actual de las fuentes hídricas de las cuales la gente está haciendo uso, por ello es prioritario conocer su estado ecológico y su grado de alteración antrópica. El estado ecológico se puede definir como la calidad de la composición y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, bajo condiciones físicas, biológicas y químicas en ausencia o presencia de alteraciones externas. Así mismo, conocer la calidad del agua permite identificar si su uso es aceptable o no, además conocer los factores físicos, biológicos y químicos permiten estimar si no se encuentran alterados o permiten mantener un equilibrio en el sistema hídrico (Osorio, 2018).

Los análisis fisicoquímicos han sido determinantes en estudios de calidad de agua, los parámetros que se evalúan guardan relación con los contaminantes potenciales, que pueden estar presentes en el agua superficial del área de estudio y permiten determinar cualitativamente el estado del agua. Los parámetros fisicoquímicos que se evalúan en cada sitio de muestreo son: potencial de hidrógeno (pH) una medida que mediante una escala que va de 1-14 demuestra la acidez de una muestra de agua cuando se tiene valores menores de 7 y alcalinidad con valores mayores de 7 (Yáñez, 2018); la conductividad eléctrica, que determina la capacidad que posee una solución para transportar una corriente eléctrica; la temperatura, que es de gran importancia ya que puede modificar la solubilidad de sustancias y cuyos cambios pueden indicar alteraciones de origen antrópico. (Zhen-Wu, 2010).

La calidad de un ecosistema fluvial también depende de su integridad hidrológica, de lo bien conservado o alterado que se encuentre el espacio por el que discurren los ríos. Las condiciones

físicas y características del río, su hidrología, son también determinantes para evaluar la calidad del ecosistema y son un complemento importante para evaluar el estado ecológico (Villamarín et al., 2014). Algunos de los parámetros más importantes y usados para una caracterización hidrológica son: anchura del cauce, velocidad del agua, profundidad, tipo de substrato, extensión de superficie sombreada del cauce y caudal (Armantrout, 1998).

Además de los parámetros físicoquímicos e hidrológicos, para facilitar la rápida evaluación de la integridad ecológica de un río se han desarrollado diversos índices basados en sencillas encuestas que deben ser rellenas por los muestreadores en las zonas de muestreo (Acosta et al., 2009; Palma et al., 2009). La información obtenida a través de estos índices nos permite detectar impactos ambientales, los cuales complementarán la interpretación del estado ecológico efectuada a través del biomonitoreo usando macroinvertebrados y datos físicoquímicos. Según Palma et al. (2009) el índice de calidad de ribera andina (QBR-And) y el índice de hábitat fluvial (IHF) son los índices más utilizados para evaluar la calidad ecológica del hábitat fluvial y de su ribera a través de una metodología intuitiva, robusta y de bajo coste. La información obtenida a través de estos índices es de gran relevancia al considerar que un entorno natural en buen estado repercute directamente en la calidad ecológica de la cuenca en términos de calidad de agua y ecosistema asociado (Acosta et al., 2009).

Por último, según Roldán-Pérez (2016) para conocer el estado ecológico de los diferentes sistemas hídricos, también es importante el uso de indicadores biológicos para evaluar la calidad del agua. Los indicadores biológicos más utilizados son los macroinvertebrados acuáticos, viven en el fondo de los ríos adheridos a troncos, rocas, hojarasca y se los denomina como macroinvertebrados ya que son invertebrados cuyo tamaño va de 0.5 mm a 5.0 mm lo que hace posible diferenciarlos a simple vista. Su uso es importante debido a que son abundantes, su distribución es amplia, los ciclos de vida son largos, varían poco genéticamente, son fáciles de recolectar e identificar, responden rápidamente a cambios ambientales y la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos.

El uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos permite conocer el estado del agua utilizando índices bióticos los cuales se aplican para medir la contaminación del agua. Los índices bióticos que se basan en puntajes son uno de los métodos de biomonitoreo más utilizado para sintetizar grandes cantidades de datos del monitoreo ambiental (Roldán-Pérez, 2016). Estos índices asignan puntuaciones altas o bajas a los taxones (identificados generalmente a nivel de familia o género) dependiendo de su nivel de sensibilidad o tolerancia frente a la contaminación (Ríos-Touma et al., 2014). El Andean Biotic Index (ABI) es uno de los índices que se aplican para poder determinar la calidad de agua de un determinado lugar y que está adaptado a la diversidad de macroinvertebrados presente en los Andes tropicales.

1.1. Objetivo general

El objetivo de este proyecto es caracterizar y comparar los ecosistemas acuáticos del recinto los Laureles (La Maná) integrando parámetros físicoquímicos, hidromorfológicos y ecológicos.

1.2. Objetivos específicos

- I. Evaluar la calidad del hábitat fluvial y de las riberas en relación a los usos del territorio.
- II. Evaluar la calidad ambiental de los ríos, a través del empleo de indicadores físicoquímicos y biológicos (macroinvertebrados) en los sitios de estudio.
- III. Conocer la diversidad y composición de las comunidades de macroinvertebrados y las relaciones con la calidad ambiental y el hábitat fluvial.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el recinto Los Laureles, que se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi, Cantón La Maná, Parroquia Guasaganda (Torres- López, 2019). Esta área pertenece a la Zona Subtropical de la provincia de Cotopaxi, y su formación vegetal se describe como Bosque Siempre Verde Piemontano de la Cordillera Occidental. Se encuentra a una altitud de 436 m.s.n.m. con una temperatura media anual de 18-24 °C (Figura 1) (Torres- López, 2019).

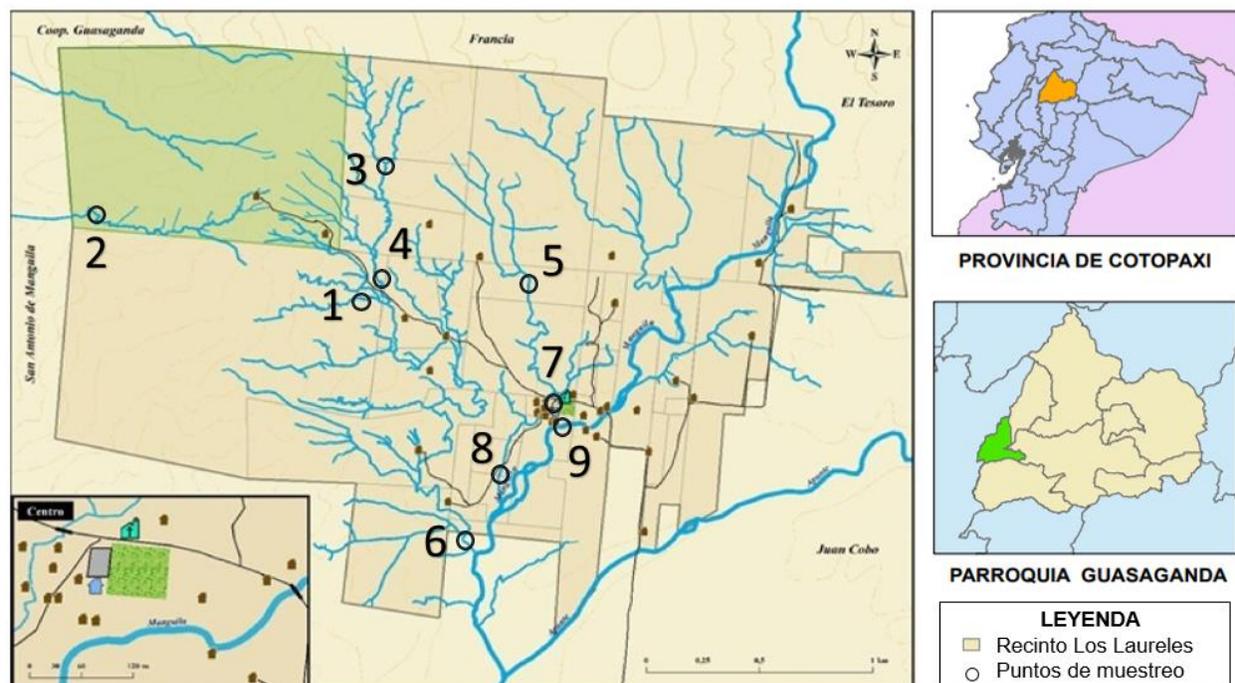


Figura 1. Mapa de la ubicación de la zona de estudio y de los principales cuerpos de agua. Cada punto café representa una casa y el rectángulo verde es el territorio ocupado por el Bosque Privado Jardín de los Sueños. En la parte inferior izquierda se muestra en detalle el centro del recinto Los Laureles. Beriain et al. (en prep.)

El área de estudio se ve conformada por la presencia de varios grupos étnicos (indígenas, afrodescendientes y mestizos), que tuvieron que migrar hacia las estribaciones andinas incluida la

bioregión del Chocó por las leyes de reforma agraria y colonización que se dio en Ecuador en 1964. Debido a estas migraciones se promovió la tala de los bosques para ampliar la frontera agrícola. Este proceso de migración promovió la explotación y un manejo insostenible de los recursos naturales por parte de los colonos mestizos, afectando así la calidad de vida de las personas y la biodiversidad. Ocurrió todo lo contrario con los indígenas y afrodescendientes que ya habitaban la región costera, cuya cultura se basa en la conservación de su territorio para garantizar la disponibilidad de recursos a largo plazo (Beriain et al., en prep).

Estos procesos de colonización, deforestación y explotación de los recursos naturales han generado impactos durante las últimas décadas y sus consecuencias han afectado a las cuencas hidrográficas del territorio. Es por ello que los ríos en el recinto Los Laureles se han visto afectados por el aumento de la población y sus actividades productivas. La principal actividad es la agricultura, y a los impactos generados por la pérdida de bosques nativos hay que sumar el impacto causado por el uso recurrente de pesticidas en los cultivos. La fumigación es una práctica realizada sin control ni precaución (incluso se fumigaba por encima de los ríos) lo que ha provocado que los cuerpos de agua sean contaminados por agroquímicos. En cuanto a las actividades ganaderas, en los pastizales destinados al pastoreo del ganado, este podía circular libremente por los afluentes de agua para beber, provocando así una fuente de contaminación fecal y orgánica. Lo mismo ocurre con la cría de cerdos, estos producen efluentes altamente contaminantes que son vertidos directamente en los ríos (Beriain et al., en prep).

Para estudiar el sistema hídrico del recinto se establecieron nueve puntos de muestreo distribuidos en los diversos cuerpos de agua del territorio, buscando obtener una información representativa del sistema completo. Dos de los puntos de muestreo fueron puntos de control seleccionados porque no presentaban repercusiones de actividades antrópicas, el segundo punto de control se encuentra dentro del Bosque Privado El Jardín de los Sueños, mientras los siete puntos restantes se ven alterados por actividades antrópicas, generadas por el monocultivo de orito, cacao, la presencia de ganado, criaderos de cerdos y descarga de aguas grises. (Figura 2) (Anexo 1).

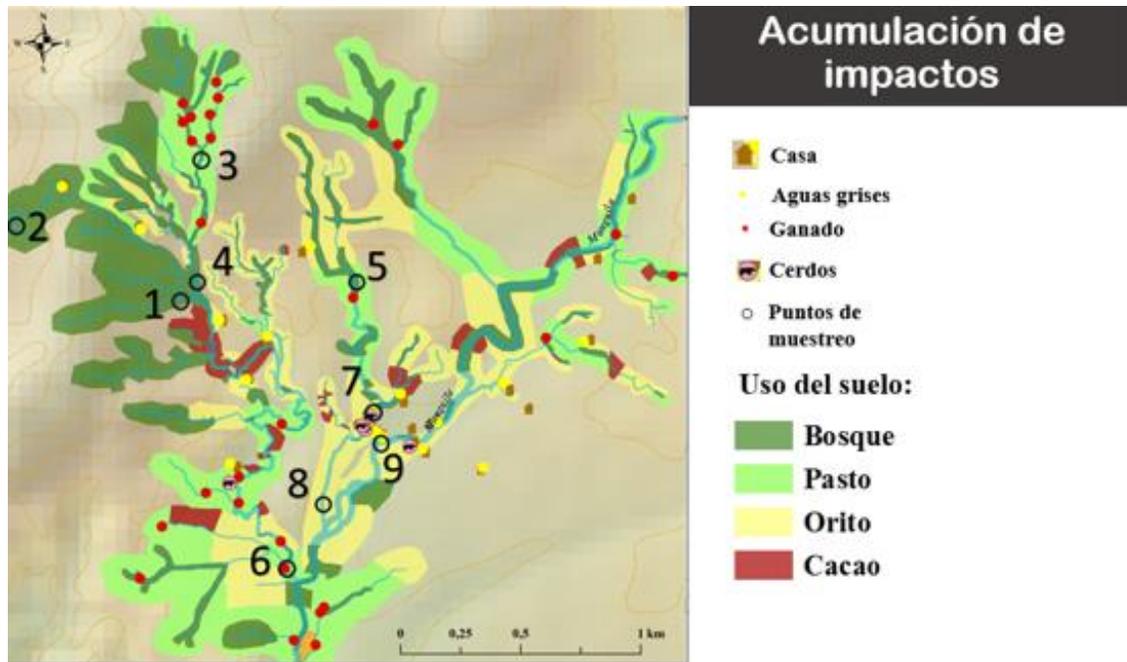


Figura 2. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en el recinto Los Laureles, usos del territorio aledaño a los ríos y lugares con impactos antrópicos (Berriain et al. en prep.).

2.2. Caracterización ecológica de los cuerpos de agua

La caracterización ecológica de los ríos depende de una compleja relación de componentes fisicoquímicos, hidrológicos y ecológicos, y el análisis conjunto de estos componentes nos permite conocer nuestro sitio de estudio de una forma integradora. Estos estudios son de gran importancia ya que también permiten conocer los efectos a largo plazo que puede causar el cambio climático (Muñoz et al., 2014).

2.2.1. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos se realizó en cada uno de los puntos de muestreo de los sitios de estudio seleccionados con el objetivo de caracterizar el hábitat fluvial. En la Tabla 1 se especifica el parámetro, el equipo y el procedimiento empleado para cada factor evaluado.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos utilizados en el muestro.

Parámetros fisicoquímicos		
Parámetro	Equipo	Procedimiento
pH	Medidor de Ph HI98130	Sumergir la sonda del multiparámetro limpia en el agua a muestrear. Los resultados de las mediciones se registran en la hoja de campo.
Temperatura	YSI Pro30	
Conductividad		

2.2.2. *Caracterización hidrológica*

La caracterización hidrológica se llevó a cabo siguiendo la metodología propuesta por Armantrout (1998). Se tomaron datos de anchura del cauce, velocidad del agua, profundidad, y tipo de sustrato. Los tipos de sustrato se categorizaron como finos (<2 mm), gravas (2–64 mm), guijarros (65–256 mm) o rocas (>256 mm). En los ríos con anchura mayor a un metro los datos se obtuvieron a través de cuatro transectos distribuidos de forma equidistante a lo largo del tramo muestreado (Figura 3A). En cada transecto se registraron datos en un cuarto, la mitad y tres cuartos del ancho del cauce. En total se tomó información en doce puntos en cada sitio de muestreo. En los ríos con anchura menor o igual a un metro, en lugar de cuatro transectos con tres puntos, las doce muestras se distribuyeron a lo largo del río en un transecto paralelo al cauce (Figura 3B). Todos los datos se registraron en la hoja de campo. (Anexo 2)

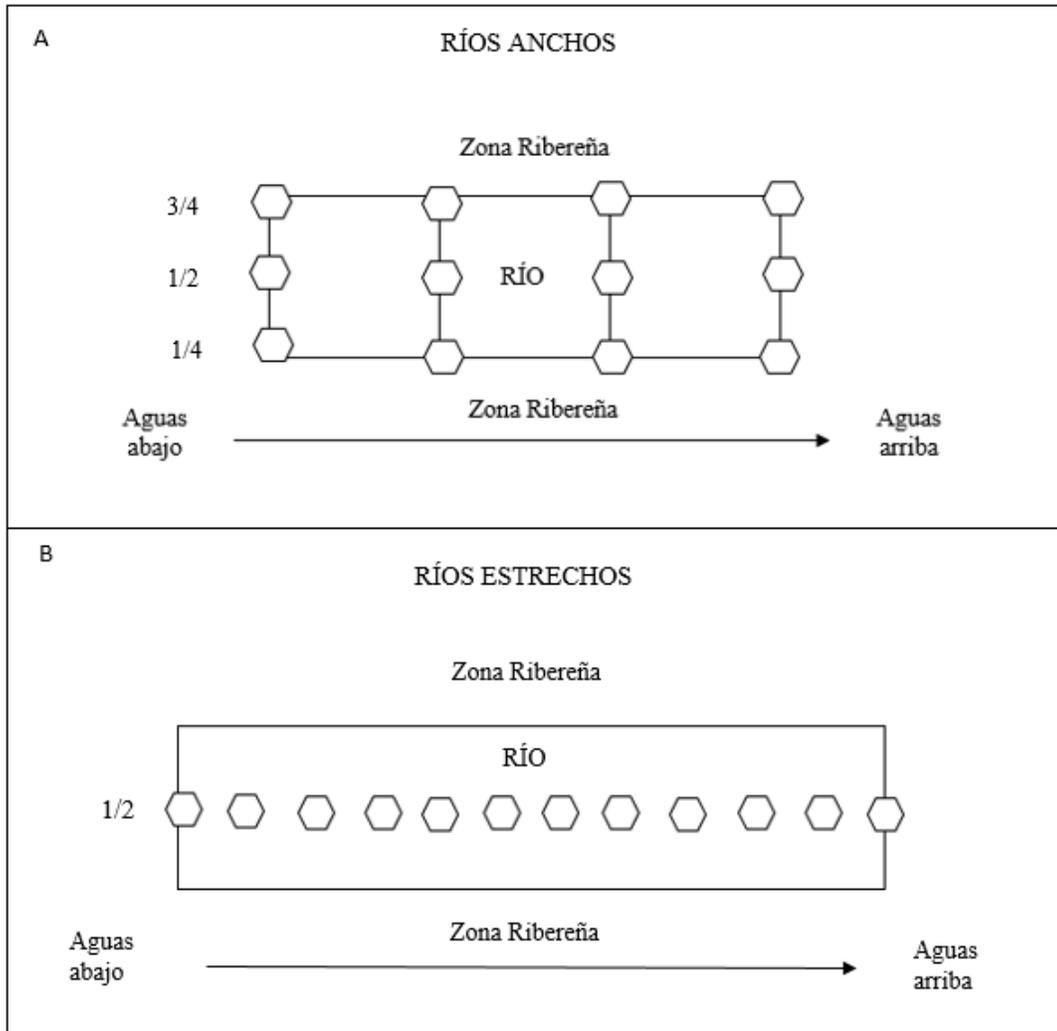


Figura 3. Diseño de la toma de datos de velocidad, profundidad, tipo de sustrato y sombra de los puntos de muestreo.

2.2.3. Caudal

Los datos del caudal se realizaron mediante la técnica de dilución de sal, que consiste en agregar sal en un balde con agua del río con una medida de volumen conocida y medir su conductividad para conocer la concentración de sal en el balde. Esta solución se agrega en una corriente a una distancia de 10 m aguas arriba y los datos de la concentración resultante de sal se miden como conductividad eléctrica en un punto aguas abajo del punto de inyección donde ya se encuentra

completamente mezclada con el flujo. Esto crea una solución salina *in situ* que luego se dispersa en el flujo con la ayuda de la turbulencia en la columna de agua. La velocidad a la que la sal es arrastrada por el río nos permite estimar el caudal. Los datos se tomaron cada diez segundos hasta que los valores de conductividad eléctrica recuperaron su valor inicial. (Figura 4). El caudal (Q) se calcula utilizando la ecuación $Q = M/A$, donde M es la masa de sal (en gramos) y A es el área bajo de concentración a lo largo del tiempo (en $g \cdot s / m^3$) y el resultado final lo obtenemos en unidades de m^3/s (Moore, 2004).

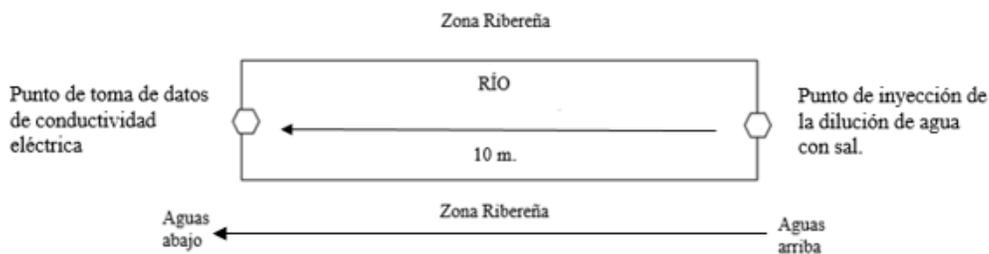


Figura 4. Diseño de la toma de datos del caudal en cada punto de muestreo.

2.3. Indicadores de calidad de hábitat de ríos

Para determinar la calidad ecológica de los ríos se empleó la metodología elaborada por Acosta et al. (2009). Esta se aplicó para la sección del río en el cual se hizo la caracterización hidrológica, considerando una longitud de unos 100 metros. El índice de hábitat fluvial (IHF) que analiza siete aspectos del ecosistema con la guía de un sencillo formulario (Anexo 3): 1) inclusión en los rápidos: nos indica la presencia de materiales finos provenientes de procesos de erosión o degradación a nivel de cuenca fluvial y evalúa también la pérdida de hábitats en el interior del cauce; 2) frecuencia de rápidos: sirve para evaluar la naturalidad del cauce y también es un indicador de diversidad de hábitats; 3) composición del sustrato: valora la heterogeneidad sustratos y la diversidad de hábitats que ofrece; 4) régimen de velocidad y profundidad: evalúa la diversidad de hábitats en función de la existencia de zonas profundas, someras, con aguas rápidas y lentas; 5)

porcentaje de sombra: valora la cubierta vegetal circundante y la protección que esta aporta al cauce y los hábitats fluviales; 6) elementos de heterogeneidad: considera elementos como presencia de troncos, ramas o raíces sumergidas, que aportan mayor diversidad de hábitats; 7) cobertura de vegetación acuática: evalúa la diversidad vegetal dentro del cauce como indicador de diversidad de hábitats y nichos tróficos.

Para cada uno de estos aspectos del ecosistema se asigna una puntuación y el valor obtenido de la suma de todos ellos nos dará la evaluación de la calidad ecológica. Los valores del IHF van desde el 0 a 100 y proponen cinco categorías de integridad ecológica. Los valores por debajo de 40 indican serias limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de una comunidad bentónica diversa, mientras que puntuaciones por encima de 90 indican una alta diversidad de hábitats que está relacionada con una excelente calidad ecológica (Tabla 2).

Tabla 2 Categorías de estado ecológico del cauce propuestas por el IHF. La calidad del sistema fluvial es evaluada en función a la diversidad de hábitats.

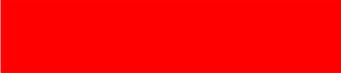
Nivel de calidad	IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	>90	
Alta diversidad de hábitats	71 – 90	
Diversidad de hábitats media	50 – 70	
Baja diversidad de hábitats	31 – 49	
Muy baja diversidad de hábitats	<30	

Acosta et al. (2009)

Para el monitoreo del hábitat de ribera se empleó el protocolo de evaluación de calidad bosque de ribera (QBR-And) de Acosta et al. (2018). Este índice funciona de una forma similar al IHF, con un formulario a través del cual asignar puntuaciones a distintos aspectos de la franja riparia (Anexo 4). Se consideró el mismo transecto evaluado con el IHF. El QBR-AND es una adaptación del

índice desarrollada para el contexto andino y toma a consideración cuatro componentes: 1) grado de cubierta vegetal de la zona de ribera: evalúa el porcentaje de cobertura vegetal presente en ambas orillas para el transecto muestreado; 2) estructura de la cubierta vegetal: valora la estructura de la franja vegetal considerando si se trata de comunidades leñosas, arbustivas, herbáceas, y cómo están distribuidas; 3) calidad de la cubierta vegetal: valora la presencia de especies nativas y penaliza la presencia de especies introducidas; 4) grado de naturalidad del canal fluvial: valora posibles alteraciones físicas en el cauce debidas a infraestructura humana u otro tipo de intervención antrópica. Para cada uno de los cuatro componentes se otorga una puntuación entre 0 y 25. La sumatoria de los puntajes de cada componente determina la calidad de la vegetación ribereña, con un rango que va de 0 a 100 (Tabla 3).

Tabla 3. Rango de la calidad del hábitat de ribera, propuestos para el QBR-And.

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

Acosta et al. (2009)

2.4. Monitoreo e identificación de macroinvertebrados

Para el monitoreo de macroinvertebrados se utilizó la técnica de recolección instantánea con red de patada, la cual tiene una malla de 0,5 mm y está sujeta a un palo de 1,50 m de largo. Mediante esta técnica se remueven los sustratos del fondo del río, donde se encuentran los macroinvertebrados, que son capturados en la red por la acción de la corriente que los arrastra a su interior (Machado et al., 2018).

En cada punto de muestreo se definió un transecto de 30 m de longitud, donde se realizaron 20 *kicks* o patadas para tomar muestras de macroinvertebrados. Esta metodología nos permite obtener una muestra representativa del tramo del río seleccionado, ya que podemos distribuir los *kicks* por los distintos micro-hábitats presentes. Además, nos permite estimar abundancias en función al esfuerzo de muestreo, en este caso los *kicks* efectuados. La colección de muestras se inició aguas abajo, remontando el río, con el fin de evitar perturbaciones en los macroinvertebrados sensibles al movimiento de agua y de sedimentos. Por este mismo motivo, los muestreos de macroinvertebrados fueron los primeros que se llevaron a cabo en cada transecto.

Al finalizar cada *kick* se vació el sustrato capturado en la red en fundas ziploc, separando y limpiando los trozos de piedras, madera y hojas grandes. Por último en cada funda se colocó su respectiva identificación. Para conservarlos durante el transporte al laboratorio se fijaron en etanol al 95%. En el laboratorio se colocaron las muestras en una bandeja plástica blanca, se limpiaron y se separaron los macroinvertebrados para ser observados en un estereoscopio y poder identificarlos hasta el nivel taxonómico de familia utilizando la clave taxonómica de macroinvertebrados bentónicos sudamericanos (Domínguez y Fernández, 2009).

2.4.1. Índice ABI (*Andean Biotic Index*)

El índice ABI es una adaptación andina del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), el índice de referencia internacional para la evaluación de calidad de aguas a través del estudio de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. El ABI se aplica en las estribaciones andinas que sobrepasan los 2 000 msnm, debido a que la altura restringe la distribución de las especies es probable que se encuentren menos macroinvertebrados (Ríos-Touma et al., 2014). El ABI se utiliza para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos andinos. Aunque nuestra área de estudio se encuentre por debajo de la altura propuesta por el índice, al tratarse de un ajuste realizado en los Andes ecuatorianos, lo consideramos por ser la adaptación

que mejor se corresponde con la diversidad de especies del territorio estudiado. Este índice asigna valores que va del 1 al 10 a cada familia que se registra en el muestreo en función del grado de tolerancia a la contaminación: el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y 10 a las más sensibles. El puntaje que se obtiene de la suma del índice ABI es un indicador que determina la calidad de agua del río (Roldán, 2003).

2.5. Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales es un método estadístico multivariante que permite la visualización de datos complejos gracias a representaciones gráficas bidimensionales (Lepš y Šmilauer, 2003). En nuestro caso, los puntos de muestreo se ven distribuidos en una gráfica en función a la influencia de las variables ambientales incluidas, según la varianza explicada por estas variables y en función a lo parecidas o diferentes que sean las características del punto de muestreo en relación a ellas. Estas variables se ven representadas como vectores y el tamaño del vector es proporcional a la varianza que explica cada variable. Los vectores más largos tendrán mayor influencia en la distribución de los puntos de muestreos en el plano de la gráfica. Cada vector se divide en dos componentes en los ejes X y Y, lo que nos da una idea de la influencia que ejercerá cada variable en cada uno de los dos ejes., Una variable con un vector vertical explicará toda su varianza en el eje Y, mientras que un vector horizontal tendrá toda su variabilidad expresada en el eje X. Un vector con 45° de inclinación, tendrá la misma cantidad de varianza en cada uno de los dos ejes.

Para nuestros análisis ingresamos las siguientes variables: caudal, profundidad, anchura, porcentaje de guijarros, gravas, finos y rocas, temperatura del agua, conductividad, velocidad del agua, pH y los valores del IHF y QBR. En función a la influencia de las variables expresadas como vectores, los puntos de muestreo se agruparán cuando compartan características similares y se relacionarán con las variables que los hayan desplazado por los cuatro cuadrantes de la gráfica. Los datos que se utilizan para el PCA fueron transformados usando $\ln(x + 1)$ para normalizarlos,

para que puedan ser comparables entre sí los datos que son medidos en escalas diferentes (Ringnér, 2008).

3. RESULTADOS

3.1. Análisis fisicoquímicos

Mediante los análisis fisicoquímicos realizados hemos encontrado que el potencial de hidrógeno (pH) de los ríos se encuentra en la mayoría de ellos en rangos permisibles para su consumo humano y uso doméstico (Tabla 4). Los valores establecidos por el Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA, 2015) están entre un pH de 6 y 9. Sin embargo, encontramos que el punto 5, punto 7 y punto 8 muestran una alcalinidad del agua debido a que sus valores alcanzan un pH de 9,30; 9,20 y 9,30 respectivamente, sobrepasando el límite superior recomendado por el TULSMA, y convirtiendo esta agua en no apta para el consumo humano. En cuanto a la conductividad eléctrica se encontró un rango de valores entre 61-122 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo el control 1 donde se presenta la conductividad más alta con 122,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la conductividad más baja presento el punto 5 con 61.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La temperatura se mantuvo en un rango de 21-23 °C.

3.2. Caracterización hidromorfológica

Por medio de la caracterización hidrológica hemos encontrado que la anchura de la mayoría de los ríos varía entre 1 y 4 m. Sin embargo, el río del punto 9 sobresale siendo el más ancho con 5.75 m. En cuanto a la profundidad y velocidad media de los ríos se encuentran en un rango entre 6-13 cm y 0.20-0.80 m/s respectivamente, lo que indica que son ríos lentos y poco profundos. Destaca el punto 9 que es el río más veloz (0.80 m/s) y profundo (13.9 cm) del área de estudio. Con respecto al caudal, el punto 9 tiene el caudal más alto con 29.94 m^3/s y el punto 5 tiene el caudal más bajo con 1.00 m^3/s . Por último los tipos de substrato que sobresalen en el control 1, control 2 y punto 9 son finos y guijarros con un 35% y gravas y rocas con 15%, en el punto 3, punto 4 y punto 5 son

gravas con un 70% y rocas con el 30%, en el punto 6 y punto 8 son gravas con 50%, guijarros con 35% y rocas con el 15% y en el punto 7 con un 35% de finos y guijarros y 30% de gravas.

Tabla 4. Parámetros ambientales de los sitios de estudio

Puntos de muestreo	Control 1	Control 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9
Altitud (msnm)	457	514	536	467	422	396	401	394	393
pH	7,40	7,90	8,50	8,30	9,30	8,40	9,20	9,30	8,67
Conductividad eléctrica (µs/cm)	122,7	93,4	121,3	101,2	61,3	77,0	61,5	66,3	86,6
Temperatura (°C)	21,8	21,5	21,6	22,2	21,8	23,3	22,6	22,8	23,8
Caudal (m³/s)	1,94	2,52	1,57	5,59	1,00	2,01	2,29	4,11	29,94
Anchura (m)	1,37	3,3	2,0	3,8	2,0	4,0	2,0	4,0	5,75
Profundidad (cm)	8,0	13,7	10,8	13,3	9,6	9,4	6,3	10,3	13,9
Velocidad (m/s)	0,20	0,35	0,29	0,67	0,20	0,55	0,20	0,37	0,80
Finos	35	35	0	0	0	0	35	0	35
Gravas	15	15	70	70	70	50	30	50	15
Guijarros	35	35	0	0	0	35	35	35	35
Rocas	15	15	30	30	30	15	0	15	15

3.3. Calidad del sistema fluvial y hábitat de ribera.

Según los indicadores de calidad de hábitat fluvial (IHF), el control 1 y control 2 obtuvieron un puntaje de 74 y 73 respectivamente ubicándose en el rango de “alto nivel de diversidad de hábitats” (Tabla 5). Este puntaje no alcanzó los valores máximos debido a que en los parámetros de composición del substrato, regímenes de velocidad/profundidad, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, la puntuación fue baja. En cuanto al punto 3, punto 4, punto 5 y punto 9, obtuvieron un puntaje de 54, 51, 55 y 57 respectivamente ubicándose en el rango de “calidad de diversidad de hábitats media”. Su puntaje fue bajo en los parámetros de composición del substrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática. Por último, el punto 6, punto 7 y punto 8 obtuvieron un puntaje de 48, 37 y 47 respectivamente, ubicándose en el rango de “calidad de baja diversidad de hábitats”. En estos puntos se obtuvo una puntuación baja en todos los parámetros medidos. (Tabla 5)

Tabla 5. Resultados del índice IHF realizado en la zona de estudio.

Puntos de muestreo	IHF	Nivel de calidad
Control 1	74	Alta diversidad de hábitats
Control 2	73	Alta diversidad de hábitats
Punto 3	54	Diversidad de hábitats media
Punto 4	51	Diversidad de hábitats media
Punto 5	55	Diversidad de hábitats media
Punto 6	48	Baja diversidad de hábitats
Punto 7	37	Baja diversidad de hábitats
Punto 8	47	Baja diversidad de hábitats
Punto 9	57	Diversidad de hábitats media

En cuanto al índice QBR-And, el control 1 obtuvo un puntaje de 80 ubicándose en el nivel de calidad de vegetación ligeramente perturbada- calidad buena (Tabla 6). Esta puntuación se dio debido a que tuvo un puntaje bajo en las secciones del índice de grado cubierta de la zona de ribera y estructura de la cubierta. En cuanto al control 2 que obtuvo un puntaje de 95 y se ubica en el mismo nivel de calidad que el anterior, este tuvo un puntaje bajo en la sección del índice de grado de cubierta de la zona de ribera.

El punto 3 y punto 4 obtuvieron un puntaje de 75 y 65 respectivamente y se ubican en el nivel de calidad de inicio de alteración importante-calidad intermedia, ya que en las secciones del índice de grado de cubierta de la zona de ribera, estructura de la cubierta y calidad de la ribera obtuvieron un puntaje bajo.

Por último, el punto 5, punto 6, punto 7, punto 8 y punto 9 obtuvieron un puntaje de 35, 35, 30, 30 y 45 respectivamente, teniendo un nivel de calidad de alteración fuerte- mala calidad, debido a que en las secciones del índice de cubierta de la zona de ribera, estructura de la cubierta y calidad de la ribera obtuvieron un puntaje bajo (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del índice QRB-And realizado en la zona de estudio.

Puntos de muestreo	QBR	Nivel de calidad
Control 1	80	Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena
Control 2	95	Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena
Punto 3	75	Inicio de alteración importante. Calidad intermedia
Punto 4	65	Inicio de alteración importante. Calidad intermedia
Punto 5	35	Alteración fuerte. Mala calidad
Punto 6	35	Alteración fuerte. Mala calidad
Punto 7	30	Alteración fuerte. Mala calidad
Punto 8	30	Alteración fuerte. Mala calidad
Punto 9	45	Alteración fuerte. Mala calidad

3.4. Análisis de componentes principales (PCA)

Para obtener una visión general de las características ambientales de los puntos de muestreo y conocer las similitudes y diferencias existentes entre ellos de una forma sencilla e integradora, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) (Figura 5).

3.4.1. Valores de varianza de componentes principales

En la Tabla 7 se observa que en el eje 1 o también denominado eje x explica un 63% de la varianza y el eje 2 o eje y explica un 14 %. Es decir, la gráfica PCA manifiesta un 77% de la varianza, estos porcentajes explican una distribución sólida de los parámetros evaluados.

Tabla 7. Datos estadísticos de la varianza.

PC	Eigenvalue	% variance
1	1,21217	63,436
2	0,279148	14,609
3	0,258646	13,536
4	0,126681	6,6296
5	0,0191161	1,0004
6	0,0117848	0,61673
7	0,00304056	0,15912
8	0,000270416	0,014152

3.4.2. Interpretación de la figura

El análisis de componentes principales (PCA) de la figura 5 nos muestra una distribución en el espacio de los puntos de muestreo en un plano formado por el eje x y el eje y. La disposición de los puntos de muestreo responde a la influencia de las variables analizadas (pH, conductividad eléctrica, temperatura, caudal, anchura, velocidad, profundidad y tipos de substrato) y los índices aplicados (IHF y QBR-And).

Se observa que hay seis variables (finos, caudal, guijarros, velocidad, anchura y cantos) que son las que mayor variabilidad explican, y cuya influencia es determinante para distribuir y agrupar los puntos de muestreo en la gráfica. El cuadrante inferior derecho explica que el control 1, control 2 y punto 7 tienen características ambientales similares, influenciadas sobre todo por un mayor porcentaje de finos, caudales bajos, y también un menor porcentaje de rocas y gravas. En el cuadrante superior derecho encontramos en solitario al punto 9, caracterizado principalmente por ser el de mayor caudal, el que más guijarros presenta, el más ancho y el más veloz de los lugares caracterizados. El cuadrante superior izquierdo agrupa pegados al eje y al punto 6 y punto 8, indicando que comparten características ambientales muy similares. En este caso, se diferencian del resto por tener mayor caudal y anchura (aunque menores que el punto 9) y por mayor presencia de rocas. El punto 4, que también aparece en este cuadrante, presenta características similares a las mencionadas para el punto 6 y 8, solo que el caudal y la anchura son menores. Por último, en el cuadrante inferior izquierdo se agrupan el punto 3 y punto 5, indicando que tienen características

ambientales similares. Se diferencian del resto por tener pocos guijarros y velocidades, anchuras y caudales menores.

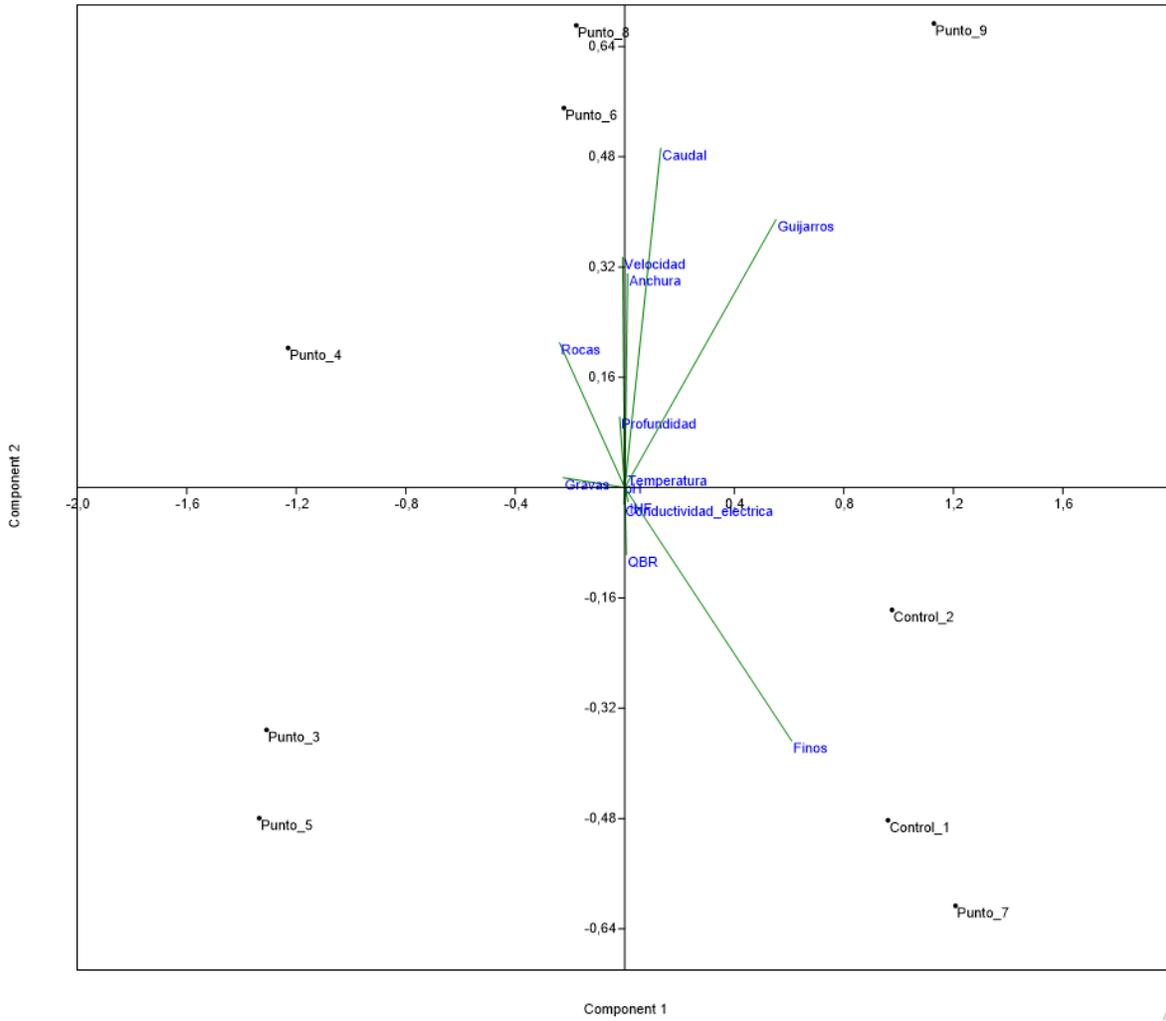


Figura 5. Análisis de componentes principales de parámetros fisicoquímicos hidrológicos y ecológicos de los sitios de estudio.

3.5. Diversidad y composición de las comunidades de macroinvertebrados

Se colectó un total de 40 individuos distribuidos en 8 órdenes, 12 familias y 7 géneros (Anexo 5), de los cuales, los 3 individuos se identificaron a nivel de orden, 27 individuos a nivel de familia y 10 individuos hasta nivel de género (Tabla 8).

Para la aplicación del ABI se les asignó la respectiva puntuación establecida por el índice, sin embargo, no se puede realizar una evaluación adecuada de la calidad del agua a través de esta metodología ya que el número de individuos colectados es muy bajo.

Tabla 8. Diversidad y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	Abundancia	Puntuación ABI
Control 1	Díptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	5
	Díptera	Chironomidae	sp.	2	2
	Díptera	Ceratopogonidae	sp.	1	4
Control 2	Trichoptera	Leptoceridae	sp.	1	8
	Trichoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	5
Punto 3	Coleóptera	Elmidae	<i>Disersus</i>	1	5
	Coleóptera	Elmidae	<i>Pharceonus</i>	1	5
	Coleóptera	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	1	5
	Plecóptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	1	10
Punto 4	Plecóptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	1	10
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	sp.	1	10
	Díptera	Chironomidae	sp.	1	2
	Coleóptera	Elmidae	sp.	1	5
	Díptera	Tipulidae	sp.	1	5
	Trichoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	5
	Díptera	Tipulidae	sp.	2	5
Punto 5	Díptera	Ceratopogonidae	sp.	1	4
	Díptera	Chironomidae	sp.	5	2
Punto 6	Díptera	Limonidae	sp.	1	4
	Trichoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	5
	*Trichoptera		sp.	1	
Punto 7	Díptera	Chironomidae	sp.	3	2
	Díptera	Ceratopogonidae	sp.	1	4
	Díptera		sp.	2	2
Punto 8	Oligochaeta		sp.	2	2
	Díptera	Limonidae	sp.	1	4
Punto 9	Odonata	Coenagrionidae	sp.	1	6
	Hemíptera	Naucoridae	sp.	1	5
	Hemíptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	1	5

Díptera	Limonidae	sp.	1	4
Díptera	Chironomidae	sp.	2	2

* No se asignó puntuación ABI ya que, no se logró identificar la familia.

Tabla 9. Puntuación del Andean Biotic Index (ABI) para los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Sumatoria ABI
Control 1	11
Control 2	13
Punto 3	25
Punto 4	37
Punto 5	9
Punto 6	11
Punto 7	6
Punto 8	6
Punto 9	22

4. DISCUSIÓN

Considerando el rango altitudinal del territorio estudiado, desde los 393 m en el punto 9, hasta los 536 en el punto 3, podemos hacer una lectura de las microcuencas a pequeña escala. De esta forma, podríamos decir que el punto 3 (536 m), control 2 (514 m), punto 4 (467) y control 1 (457 m), son los más elevados, se distribuyen a lo largo de la loma que domina el territorio y representarían las cabeceras de los ríos, la cuenca alta. Por otro lado, tenemos el resto de los puntos de muestreo, desde el punto 5 (422 m), hasta el punto 9 (393 m) que serían parte de la cuenca baja, ubicados en la parte del territorio que presenta menos desnivel en el terreno. Esta consideración nos ayuda a entender mejor la distribución de los usos del territorio, ya que al ser los puntos de la cuenca alta aquellos ubicados en la loma, son también los que mayor pendiente tienen y los que menos expuestos han estado a las actividades humanas por ser menos accesibles. Es por ello que todavía mantienen grandes remanentes de bosque, y por eso se estableció ahí el bosque privado Jardín de los Sueños, en la zona mejor conservada del territorio.

Esto se ve claramente reflejado en las puntuaciones obtenidas con el QBR-And. Este índice destaca la buena calidad del bosque de ribera de los puntos dentro del BPJS (95 y 80), seguidos con una calidad inferior de los puntos 3 y 4 (75 y 65), ya situados fuera del bosque privado pero todavía dentro de la cuenca alta, y aunque muestran alteraciones humanas todavía conservan bosques de ribera. Los puntos de la cuenca baja han sufrido mayor presión antrópica, principalmente debido a los cultivos y pastos que se extienden hasta la misma orilla del río y que han diezmando considerablemente los bosques de ribera. Las puntuaciones del QBR-And para los puntos de la cuenca baja varían desde los 45 para el punto 9, hasta los 30 de los puntos 7 y 8.

Al considerar las puntuaciones del IHF, la interpretación resulta similar. Los dos puntos dentro del BPJS obtienen las puntuaciones más altas (74 y 73), mientras que el resto de los puntos de muestreo tienen puntuaciones medias (puntos de muestreo 3, 4, 5 y 9; 57 a 51 puntos para el IHF), o bajas (puntos de muestreo 6, 7 y 8; 48 a 37 puntos para el IHF). Por ello, parece claro que los ríos más cercanos al pueblo, ubicados en las zonas bajas de la cuenca, se han visto más afectados por las actividades humanas que aquellos de la cuenca alta situados en la loma que domina el territorio, y que resulta más inaccesible para su explotación. Aunque la puntuación para los puntos de control ha sido buena, al tratarse de ríos de pequeña entidad y en zonas de cabecera, es normal que su diversidad de hábitat no sea muy elevada.

Esta relación entre la altitud, la pendiente, la accesibilidad del territorio, los usos del suelo y los impactos acumulados sobre los ríos ha sido descrita previamente por muchos estudios y responde a un patrón habitual de aprovechamiento del territorio y afectación a los ecosistemas fluviales (Lujan et al., 2014; Tobes et al., 2016; Miranda et al., 2018).

Otro punto importante a tener en cuenta es el potencial de hidrógeno (pH), este parámetro es importante ya que, dependiendo de su valor, permite identificar si existen niveles de toxicidad (Perez-López, 2016). El pH de los puntos 5, 7 y 8 sobrepasa el límite permisible para aguas de

consumo humano y uso doméstico que va de 6 -9 según el TULSMA (2015), lo que refleja aguas alcalinas por lo tanto el uso y consumo de este recurso no es apto. En la figura 2 presentada anteriormente se puede ver que estos puntos se encuentran influenciados por la cría de ganado, cerdos, monocultivos, viviendas y aguas grises, lo que demuestra que estas actividades están contaminando los ríos (Tobes et al., 2016).

En cuanto a la temperatura, los puntos dentro del BPJS tienen una temperatura similar (21.8°C y 21.5°C) y el punto 9 resulto ser el punto con la temperatura más alta (23.8 °C). Dado esto, la exposición directa de la luz y las temperaturas altas en los ríos pueden determinar la productividad primaria y dinámica metabólica de los organismos que hacen uso de esta agua, lo cual, sumado a la contaminación orgánica acumulada puede derivar en problemas de afectación a la calidad del agua por aparición de procesos de eutrofización (Terneus et al., 2012). Teniendo en cuenta que los ríos de nuestra área de estudio son poco profundos y que esto favorece el calentamiento del agua y reduce el volumen para la dilución de cualquier contaminante, el riesgo de eutrofización se intensificará en caso de aumentar la cantidad de carga orgánica de origen antrópico (Contreras et al., 2017).

La velocidad media de los nueve ríos muestreados se mantuvo por debajo de 1 m/s demostrando así, que en general los ríos del territorio son lentos. Esta variable determina el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados, ya que velocidades muy altas sobrepasando los 3.5 m/s impiden el asentamiento de individuos por su fuerza de arrastre y velocidades muy bajas limitan la oxigenación del río, haciendo que no sean hábitats favorables para los macroinvertebrados (Paredes et al., 2004). Por ello, las velocidades medidas se encuentran en un rango óptimo para las comunidades de invertebrados acuáticos. Además, aunque la velocidad no sea muy elevada, todos los ríos fluyen lo suficiente como para mitigar el riesgo de eutrofización mencionado anteriormente.

En el caso de los indicadores biológicos, es importante resaltar que el esfuerzo y la experiencia de las personas en el muestro puede determinar el éxito o fracaso del proyecto. En esta investigación no se contó con la experiencia necesaria para realizar un buen muestreo de macroinvertebrados en campo, ya que se trató de la primera experiencia de muestreos para la investigadora principal del estudio. Además, otro factor importante que puede afectar los muestreos son las precipitaciones en temporada lluviosa, según estudios realizados por Giacometti y Bersosa (2006), el número de especies e individuos fue significativamente más alto en la estación seca que en la estación lluviosa ya que las lluvias hacen que aumente el caudal y la velocidad, arrastrando así los individuos. Debido a lo mencionado anteriormente durante la etapa del muestreo se pudo presenciar precipitaciones antes y durante el muestreo, se cree que esto de alguna manera pudo afectar la composición de los macroinvertebrados que pudieron haber sido arrastrados por las crecidas previas al trabajo de campo

Sin embargo, con las especies colectadas se pudo identificar que algunos organismos pueden presentar distintos niveles de tolerancia, dependiendo el grado de contaminación del agua, es decir algunas especies pueden ser más sensibles que otras (Terneus et al., 2012). Si bien es cierto que por el número de especies colectadas no se pueden hacer análisis, de todas formas se les asigno la puntuación del índice ABI siguiendo el protocolo (Tablas 8 y 9).

5. CONCLUSIONES

Mediante el índice de calidad IHF, se concluye que siete puntos de muestreo presentan calidades medias y bajas, esto se puede relacionar a las actividades antrópicas que se llevan a cabo cerca de los ríos, impidiendo así el desarrollo de elementos que incrementan la heterogeneidad del hábitat y favorezcan el desarrollo de las comunidades bióticas. En cuanto al índice QBR-And también evidenció siete ríos con calidad intermedia y mala, lo que indica que los impactos por las actividades antrópicas se ven latentes en las orillas de los ríos afectando la calidad de agua y las comunidades de macroinvertebrados. En los puntos de muestreo 5, 7 y 8, según el potencial de

hidrogeno medido, el agua no es apta para su consumo. El muestreo de los macroinvertebrados se vio perjudicado por condiciones ambientales y falta de experiencia en la realización de los muestreos. Sin embargo, se logró tener un estimado de la composición y diversidad. Por último, a excepción de los puntos que se encuentran dentro del BPJS, los siete puntos restantes están influenciados por ganado, crianza de cerdos, monocultivo de orito, cacao y aguas grises, actividades que afecta al estado ecológico de los ríos.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un segundo muestreo de macroinvertebrados que permita así obtener datos acerca de la calidad de agua que se tiene en el recinto Los Laureles y que se realicen durante la época seca y lluviosa para poder tener un estudio completo acerca de la composición de macroinvertebrados de la zona. Esta investigación da una idea para comprender este sistema fluvial y podría usarse para futuras decisiones de gestión y planes de conservación de ecosistemas de agua dulce. Es importante promover el desarrollo de actividades que ayuden a la conservación de las fuentes hídricas, charlas informativas a los habitantes sobre las consecuencias tanto en el ecosistema y la salud de las personas, que traen consigo las actividades antrópicas que se realiza cerca de los ríos.

7. LITERATURA CITADA

Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y 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(1), 35-64.

Acosta, R., Hampel, H., González, H. y Mosquera, P. (2018). *Protocolo de Evaluación de la Integridad Ecológica de los Ríos de la Región Austral del Ecuador*. ETAPA–EP. SENAGUA–DHS. Universidad de Cuenca.

- Armantrout, N. B. (1998). Glossary of aquatic habitat inventory terminology. Bethesda (MD): American Fisheries Society.
- Contreras, J. y Botello, M. (2017). Diagnóstico espacio temporal de las variables abióticas y bióticas, que afectan la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos, presentes en un ecosistema lotico. *Respuestas*, 22(1), 112-128.
- Damanik.-Ambarita, M., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Nguyen, T., Forio, M. y Goethals, P. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 57, 27-59. <http://doi.org/10.1016/j.limno.2016.01.001>
- Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Giacometti, J. y Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2: 17-32.
- Gómez, H. (2014). Evaluación de ecosistema ripario en una subcuenca del Sistema Cutzamala [Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de México] México D.F.

- Farinango, K., Romero, D., Jácome, G., Benavides, D. y Navarrete, H. (2019). Evaluación de la calidad del agua del río Pita (Ecuador), implicación para la conservación de la vida acuática y silvestre. *infoANALÍTICA*, 7(2), 71-93. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i2.104>
- Lepš, J. y Šmilauer, P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. University Press, Cambridge, UK.
- Lujan, N., Roach, K., Jacobsen, D., Winemiller, K., Vargas, V., Ching, V. y Maestre, J. A. (2013). Aquatic community structure across an Andes-to-Amazon fluvial gradient. *Journal of Biogeography*, 40(9), 1715–1728. <http://doi.org/10.1111/jbi.12131>
- Machado, V., Granda, R. y 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>
- Miranda, R., Tobes, I., Gaspar, S. y Peláez-Rodríguez, M. (2018). Patterns in the distribution of fish assemblages and their association with habitat variables in the Suaza River on its way through the Cueva de los Guácharos National Park, Colombia. *Écoscience*, 25(1), 85-95.
- Moore, R. (2004). Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement: Part 1. *Streamline Watershed Management Bulletin*, 7(4), 20-23.

Muñoz, A., Macías, S. y García, M. (2014). Informe de caracterización Hidrológica. Recuperado el 4 de enero de 2021. Tomado de www.ambiente.gob.ec

Naranjo, A. (2017). *La Otra Guerra: Situación de los Plaguicidas en Ecuador*. Acción Ecológica <http://www.swissaid.org.ec/>

Osorio, T. (2018). Evaluación de la calidad del agua de la subcuenca del Río Temascaltepec, mediante el uso de indicadores biológicos. [Tesis de Pregrado en Agronomía zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México]

Paredes, C., Iannacone, J., y Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista peruana de Entomología*, 44, 107-118.

Palma, A., Figueroa, R. y Ruiz, V. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*, 73(1), 57-63. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100009>

Pérez-López, Esteban. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>

Pinango, P. y Jazmith, J. (2020). Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas productivos en la Reserva de Biosfera Chocó Andino [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica].

Ringnér, M. (2008). What is principal component analysis?. *Nature biotechnology*, 26(3), 303-304.

Ríos-Touma, B., Acosta, R. y Prat, N. (2014). Índice Biótico Andino (ABI): tolerancia revisada a los valores de contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del desempeño del índice. *Revista de Biología Tropical*, 62 (Supl. 2), 249-273.

Rodríguez, C., Aráuz, A., y Álvarez, L. (2018). Metabolismo urbano en la ciudad de Baeza, Ecuador. Análisis de sus flujos del agua. *Bitácora Urbano-Territorial*, 28(3), 131-141.
<https://dx.doi.org/10.15446/bitacora.v28n3.72183>

Roldán, G. (2003). La bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

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), 254-274.
<http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Rhoades, R., Zapata, X. y Aragundy, J. (2006). El cambio climático en Cotacachi. En Desarrollo con identidad: comunidad, cultura, y sustentabilidad en los Andes.

Terneus, E., Hernández, K., y Racines, M. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza-Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31-45.

Tobes, I., Gaspar, S., Peláez-Rodríguez, M. y Miranda, R. (2016). Spatial distribution patterns of fish assemblages relative to macroinvertebrates and environmental conditions in Andean piedmont streams of the Colombian Amazon. *Inland Waters*, 6(1), 89-104.

Torres-López, Á. (2019). Plan de manejo del Bosque Privado El Jardín de los sueños localizado en el recinto Los Laureles, parroquia La Maná, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi [Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Toro-Valdez, M. (2017). Estado ecológico de los ríos Atacames y Sua mediante el análisis de la comunidad fitoplanctónica (Tesis Doctoral, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).

Umajinga, M., y Fabián, J. (2019). El Trabajo Social y la Vinculación con la Mancomunidad de la Bio-región del Chocó Andino del Noroccidente de Quito (MCA), en el período Abril–Agosto 2018 [Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador].

Villamarín, C., Prat, N. y 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://dx.doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>

WWF. (2016). Índice Planeta Vivo. World Wildlife Fund. Recuperado el 29 de diciembre de 2020. Tomado de <https://wwf.panda.org/es/>

TULSMA. (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Libro VI. Anexo 1.

Yáñez, S. (2018). Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura (año 2017). [Tesis Pregrado, Universidad Central del Ecuador].

Yee-Batista, C. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF – AIF. Recuperado el 29 de diciembre de 2020. Tomado de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

Zhen-Wu, B. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). *Cuadernos de Investigación UNED*, 2(1), 45-61.

8. ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de los puntos de muestreo del recinto Los Laureles

CONTROL 1	CONTROL 2
	
PUNTO 3	PUNTO 4
	
PUNTO 5	PUNTO 6



PUNTO 7



PUNTO 8



PUNTO 9



Anexo 2. Tabla de caracterización hidrológica.

Río: Localidad: N°: Fecha:

	Transecto 1			Transecto 2			Transecto 3			Transecto 4		
Características												
Anchura (m)												
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4
Veloc. media (m/sg)												
Velocidad máx.												
Profundidad (cm)												
Tipo de substrato (*)												

Anexo 3. Índice de hábitat fluvial (IHF)

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
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 (una categoría)
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 (una categoría)
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 (sumar categoría)
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
	<i>somero</i> : < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
	<i>lento</i> : < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
		TOTAL (una categoría)
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
		TOTAL (una categoría)
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 (una categoría)
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 (sumar categoría)
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		

Anexo 4. Índice de calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And).

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



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)		

Anexo 5. Fotos e identificación de macroinvertebrados

Orden Díptera	
<p>Familia: Tipulidae Género: <i>Tipula</i></p>	
<p>Familia: Chironomidae Género: indeterminado</p>	
<p>Familia: Ceratopogonidae Género: indeterminado</p>	
<p>Familia: Limoniidae Género: indeterminado</p>	
Orden: Trichoptera	

Familia: Leptoceridae
Género: indeterminado



Familia: Ptilodactylidae
Género: *Anchytarsus*

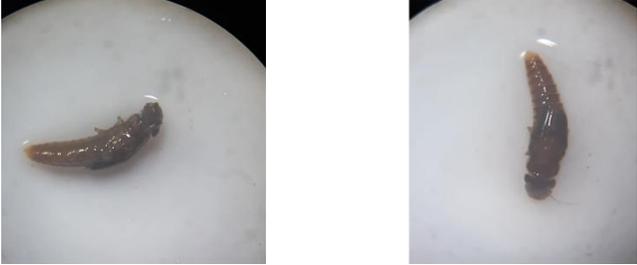


Indeterminado



Orden: Coleóptera

<p>Familia: Elmidae Género: <i>Disersus</i></p>	
<p>Familia: Elmidae Género: <i>Pharceonus</i></p>	
<p>Familia: Elmidae Género: <i>Heterelmis</i></p>	
<p>Familia: Elmidae Género: indeterminado</p>	
<p>Orden: Plecóptera</p>	

<p>Familia: Perlidae Género: <i>Anacroneturia</i></p>		
<p>Orden Ephemeroptera</p>		
<p>Familia: Leptophlebiidae Género: indeterminado</p>		
<p>Orden: Oligochaeta</p>		
<p>Indeterminado</p>		
<p>Orden Odonata</p>		
<p>Familia: Coenagrionidae Género: indeterminado</p>		
<p>Orden: Hemiptera</p>		

Familia: Naucoridae
Género: *Limnocoris*



Familia: Naucoridae
Género: indeterminado

