



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Forestal

### Evaluación de indicadores ecológicos asociados a ecosistemas riparios en la microcuenca El Carmen de la Hoya de Loja

Trabajo de Titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Forestal

#### AUTOR:

Joseph Alexander Quevedo Ruiz

#### DIRECTORA:

Ing. Natalia Soledad Samaniego Rojas, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 28 de agosto de 2023

Ing. Natalia Soledad Samaniego Rojas Mg. Sc.

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado el proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de indicadores ecológicos asociados a ecosistemas riparios en la microcuenca El Carmen de la Hoya de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal** de la autoría del estudiante **Joseph Alexander Quevedo Ruiz**, , con cédula de identidad Nro. **0704669811**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:

**NATALIASOLEDAD  
SAMANIEGO ROJAS**

Ing. Natalia Soledad Samaniego Rojas Mg. Sc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Joseph Alexander Quevedo Ruiz**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mí Trabajo de Titulación, en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:** 

**Cédula de Identidad:** 0704669811

**Fecha:** 21 de marzo del 2024

**Correo electrónico:** joseph.quevedo@unl.edu.ec; josephr895@gmail.com

**Celular:** 0991642631

**Carta de autorización por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo **Joseph Alexander Quevedo Ruiz**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de indicadores ecológicos asociados a ecosistemas riparios en la microcuenca El Carmen de la Hoya de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiún días del mes de marzo del dos mil veinticuatro.

**Firma:**



**Autor:** Joseph Alexander Quevedo Ruiz

**Cédula:** 0704669811

**Dirección:** La Argelia, Loja

**Correo electrónico:** joseph.quevedo@unl.edu.ec

**Celular:** 0991642631

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora de Trabajo de Titulación:** Ing. Natalia Soledad Samaniego Rojas, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de manera muy especial a mis padres Maricza Ruiz y Freddy Quevedo, por ser mi fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su amor y sacrificio han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito; a mis hermanas Selene y Fernanda, a mi hermano Justin y a mi sobrino Samael, por brindarme su amor y aliento en cada paso que he dado. Su apoyo ha sido un pilar en mi trayectoria.

Con mucho aprecio y cariño.

*Joseph Alexander Quevedo Ruiz*

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Loja y a mis docentes de la carrera de Ingeniería Forestal, por impartir conocimiento con dedicación y pasión, guiándome en mi aprendizaje y formación académica.

A la Ing. Natalia Samaniego Rojas Mg. Sc., directora de mi Trabajo de Titulación, por sus conocimientos, esfuerzos y tiempo invertido en la culminación de esta meta, así como por su constante apoyo.

Al PhD. Alonso Cartuche, por su apoyo en la clasificación taxonómica de especímenes de Fitobentos. Su experiencia y conocimiento han sido de gran ayuda en mi investigación. Agradezco sinceramente su disposición para colaborar y compartir su experiencia.

A los miembros del Proyecto de Restauración y dinámica de los ecosistemas andino-amazónicos del sur del Ecuador del Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad (CITIAB), por la aportación de sus conocimientos en unidades hidrográficas.

A mis amigos y compañeros, por su colaboración y tiempo dedicado en la toma de datos en campo, su apoyo ha sido fundamental en este proyecto.

Al PhD. Carlos Iñiguez, por facilitarme el uso de sus equipos en el laboratorio de ecología tropical y servicios ecosistémicos (ECOSSLab) de la Universidad Técnica Particular de Loja.

***Joseph Alexander Quevedo Ruiz***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vii</b>
Índice de Tablas .....	xí
Índice de Figuras .....	xii
Índice de Anexos .....	xiii
<b>1 Título</b> ....	<b>1</b>
<b>2 Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract .....	3
<b>3 Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4 Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1 Cuenca hidrográfica.....	6
4.2 Clasificaciones de las cuencas hidrográficas .....	6
4.2.1 <i>Por su tamaño</i> .....	6
4.2.2 <i>Por el sitio de desembocadura</i> .....	7
4.2.2.1 Cuenca endorreica .....	7

4.2.2.2	Cuenca exorreica .....	7
4.2.2.3	Cuenca arreica .....	8
4.3	Zonas de una cuenca .....	8
4.3.1	<i>Parte alta o zona de recarga</i> .....	8
4.3.2	<i>Parte media o zona de amortiguamiento</i> .....	8
4.3.3	<i>Parte baja o desembocadura</i> .....	9
4.4	Indicadores ecológicos en microcuencas hidrográficas.....	9
4.5	Índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos .....	9
4.5.1	<i>Índice de diversidad alfa de Shannon</i> .....	9
4.5.2	<i>Índice de Margalef (<math>D_{Mg}</math>)</i> .....	10
4.5.3	<i>Índice de equitatividad de Pielou (<math>J'</math>)</i> .....	10
4.6	Vegetación riparia como un indicador ecológico en microcuencas hidrográficas ..	10
4.6.1	<i>Métodos para estudios ecológicos en zonas riparias</i> .....	11
4.6.1.1	Muestreo de vegetación riparia .....	11
4.6.1.2	Evaluación del muestreo de vegetación riparia.....	11
4.7	Comunidades de perifiton como un indicador ecológico en microcuencas hidrográficas .....	13
4.7.1	<i>Métodos para evaluar las comunidades de perifiton</i> .....	14
4.8	Sistemas socio ecológicos en microcuencas hidrográficas.....	14
4.9	Río como un continuo en cuencas hidrográficas .....	14
4.10	Estudios similares realizados en vegetación riparia y perifiton.....	15
<b>5</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>17</b>



5.1	Área de estudio .....	17
5.2	Metodología para la caracterización de la estructura y la composición florística en zonas riparias de la hoya de Loja.....	17
5.2.1	<i>Metodología para el análisis de datos para la caracterización de la estructura, composición florística y cobertura del dosel en zonas riparias de la hoya de Loja .....</i>	<i>19</i>
5.2.1.1	Parámetros estructurales.....	19
5.3	Metodología para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja.....	20
5.3.1	<i>Metodología para el análisis de las muestras en laboratorio para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton.....</i>	<i>21</i>
5.3.2	<i>Identificación taxonómica de comunidades de perifiton .....</i>	<i>21</i>
5.4	Metodología para la determinación de los índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos .....	22
5.4.1	<i>Índice Shannon- Wiener.....</i>	<i>22</i>
5.4.1	<i>Índice de Margalef (<math>D_{Mg}</math>).....</i>	<i>23</i>
5.4.2	<i>Índice de equitatividad de Pielou (<math>J'</math>).....</i>	<i>23</i>
<b>6</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>24</b>
6.1	Resultados para la caracterización de la estructura y composición florística en ecosistemas riparios de la unidad hidrográfica El Carmen.....	24
6.1.1	<i>Caracterización de la composición florística para obtención de la abundancia arbórea.....</i>	<i>24</i>
6.1.2	<i>Caracterización estructural del estrato arbóreo para obtención del DAP, área basal, clases diamétricas y parámetros estructurales.....</i>	<i>25</i>

6.2	Resultados para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en la microcuenca El Carmen .....	28
6.2.1	<i>Caracterización de las comunidades de perifiton para obtención de la abundancia de microorganismos .....</i>	<i>28</i>
6.3	Resultados de la determinación de los índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos .....	29
<b>7</b>	<b>Discusión .....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>35</b>
<b>11</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>45</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las cuencas por su tamaño .....	7
Tabla 2. Hoja de campo para la colecta de datos del estrato arbóreo .....	19
Tabla 3. Interpretación del índice de Shannon .....	22
Tabla 4. Interpretación del índice de Margalef .....	23
Tabla 5. Interpretación del índice de equitatividad de Pielou .....	23
Tabla 6. Composición florística de las zonas conservadas e intervenidas en el área de estudio de la microcuenca El Carmen .....	24
Tabla 7. Área basal de los transectos de las áreas conservada e intervenida .....	26
Tabla 8. Parámetros estructurales de las especies principales del componente arbóreo del área conservada de la microcuenca El Carmen .....	27
Tabla 9. Parámetros estructurales de las especies principales del componente arbóreo del área intervenida de la microcuenca El Carmen. ....	27
Tabla 10. Composición de microorganismos, en relación con la familia, género e individuos .....	28
Tabla 11. Índices de biodiversidad de las áreas conservada e intervenida .....	29
Tabla 12. Coordenadas UTM 17S de los transectos establecidos en la microcuenca El Carmen .....	47
Tabla 13. Parámetros estructurales de todas las especies del componente arbóreo del área conservada de la microcuenca El Carmen.....	48
Tabla 14. Parámetros estructurales de todas las especies del componente arbóreo del área intervenida de la microcuenca El Carmen.....	49
Tabla 15. Cobertura dentro y fuera de cada transecto de la microcuenca El Carmen .....	49
Tabla 16. Identificación del phylum y género de las comunidades de perifiton.....	52

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del estudio en la microcuenca El Carmen .....	17
Figura 2. Diseño de transectos para representar la estructura y composición de florística.....	18
Figura 3. Diseño de los sitios/punto de muestreo para la caracterización la diversidad de las comunidades de perifiton .....	20
Figura 4. División de la cámara de conteo .....	21
Figura 5. Abundancia de individuos por familia.....	25
Figura 6. Abundancia de individuos por especie .....	25
Figura 7. Área basal en metros cuadrados por hectárea en las clases diamétricas para la microcuenca El Carmen .....	26
Figura 8. Abundancia de individuos por Phylum en la microcuenca El Carmen .....	28
Figura 9. Abundancia de individuos por género .....	29

## **Índice de Anexos**

Anexo 1. caracterización de la estructura y la composición florística en zonas riparias de la hoya de Loja.....	45
Anexo 2. Toma de datos dasométricos, Plaqueo, señalización de árboles medidos en las parcelas y toma de cobertura del dosel.....	46
Anexo 3. Toma de parámetros estructurales de estrato arbóreo .....	47
Anexo 4. caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja .....	50
Anexo 5. Identificación de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja .....	52
Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen/Abstract .....	58

## **1 Título**

**Evaluación de indicadores ecológicos asociados a ecosistemas riparios en la microcuenca  
El Carmen de la Hoya de Loja**

## 2 Resumen

La vegetación riparia y las comunidades de perifiton cumplen un papel fundamental en los procesos de transferencia de energía, materia e información que se dan por medio de las cadenas tróficas. La investigación se realizó en la microcuenca El Carmen, con el objetivo de caracterizar la vegetación riparia y las comunidades de perifiton, para lo cual se estimaron índices de biodiversidad como el índice de importancia (IVI), índice de diversidad alfa de Shannon, índice de Margalef, el índice de equitatividad de Pielou. Los índices se aplicaron en dos áreas del estudio, un área conservada y otra área intervenida. Para cada área se establecieron cinco transectos de 25 \* 5 m, en donde se realizó el inventario de la vegetación riparia y se tomaron muestras de sustratos (piedras) cada cinco metros (por parcela) para el análisis biológico de células de perifiton. En la vegetación riparia se tomaron datos dasométricos como la altura (h), diámetro a la altura del pecho (> 5 cm de DAP a 1,30 m), mientras que, para las comunidades de perifiton, después de recolectar las muestras de sustratos, se las trasladó al laboratorio, donde, se contabilizaron e identificaron diatomeas hasta el nivel de género. Se identificaron 39 especies vegetales (168 individuos), la mayor riqueza se registró en el área conservada (32 especies); por otro lado, en las comunidades de perifiton se identificaron 13 géneros (4225 individuos), donde la mayor riqueza se registró en el área conservada (12 géneros). Para la diversidad de vegetación riparia y comunidades de perifiton se obtuvieron valores moderados (> 2) y un valor de diversidad alto en el caso de la vegetación riparia del área conservada (> 3,6). Las especies más abundantes en el área conservada fueron *Meriania tomentosa*, *Palicourea heterochroma*, *Meriania sp*, *Delostoma integrofolium*, *Eugenia valvata* con valores de importancia simplificado (%) de: 8,15; 7,42; 6,32; 5,70; 5,23 respectivamente. En el área intervenida las especies arbóreas con mayor abundancia fueron: *Alnus acuminata*, *Myrcianthes sp*, *Aphelandra acanthifolia* Hook, *Gynoxys cf laurifolia*, *Hedyosmun scabrum*. Los géneros de las comunidades de perifiton que presentaron mayor abundancia fueron: Spirogyra, Coccoid, Hannaea, Gomphonema y Mougeotia.

**Palabras clave:** vegetación riparia, comunidades de perifiton, índices de biodiversidad, cuenca altoandina.

## Abstract

Riparian vegetation and periphyton communities play a fundamental role in the energy, matter, and information transfer processes that occur through trophic chains. The research was conducted in the El Carmen micro-watershed to characterize the riparian vegetation and periphyton communities, for which biodiversity indexes were estimated, such as the importance index (IVI), Shannon's alpha diversity index, Margalef's index, and Pielou's equitability index. The indices were applied in two areas of the study, a conserved area and a disturbed area; on the other hand. For each area, five 25 \* 5 m transects were established, where the riparian vegetation was inventoried, and substrate samples (stones) were taken every five meters (per plot) for biological analysis of periphyton cells. In the riparian vegetation, dasometric data such as height (h), diameter at breast height (> 5 cm DBH at 1.30 m), while, for the periphyton communities, after collecting the substrate samples, they were transferred to the laboratory, where, diatoms were counted and identified down to the genus level. Thirty-nine plant species (168 individuals) were identified, with the highest richness in the conserved area (32 species); on the other hand, 13 genera (4225 individuals) were identified in the periphyton communities, with the highest richness in the conserved area (12 genera). For the diversity of riparian vegetation and periphyton communities, moderate values were obtained (> 2) and a high diversity value in the case of riparian vegetation in the conserved area (> 3.6).

The most abundant species in the conserved area were *Meriania tomentosa*, *Palicourea heterochroma*, *Meriania sp*, *Delostoma integrofolium*, *Eugenia valvata* with simplified importance values (%) of: 8.15; 7.42; 6.32; 5.70; 5.23 respectively. In the disturbed area, the most abundant tree species were: *Alnus acuminata*, *Myrcianthes sp*, *Aphelandra acanthifolia* Hook, *Gynoxys cf laurifolia*, *Hedyosmun scabrum*. The genera of the periphyton communities with the highest abundance were: Spirogyra, Coccoid, Hannaea, Gomphonema, and Mougeotia.

**Keywords:** riparian vegetation, periphyton communities, biodiversity indices, high Andean watershed.



### 3 Introducción

Las actividades humanas, como la minería, la producción agropecuaria y los procesos de urbanización, representan una importante fuente de contaminación que provoca la degradación de los ecosistemas riparios, estos ecosistemas son aquellos que se encuentran en la interfase de ecosistemas terrestres y acuáticos (Cecon, 2017) . Los ecosistemas riparios son franjas de vegetación que filtran y purifican el agua, controlan la erosión del suelo, regulan el flujo de agua, proporcionan refugio y alimento para muchas especies, y actúan como corredores biológicos que permiten la dispersión de plantas y animales a lo largo de los cursos de agua (Romero et al., 2014). Estas franjas también pueden incluir bancos y pantanos dentro de la llanura de inundación, que es esencial para el sistema acuático debido a los beneficios que proporcionan, pues actúan como filtro de la contaminación no puntual y puntual (Mendoza et al., 2014).

Por otro lado, las comunidades de perifiton son organismos que responde rápidamente a los cambios ambientales y tienen la capacidad de absorber sustancias contaminantes en el agua. Por esta razón, la acción de los contaminantes altera su estructura y funciones, lo que hace destacar su importancia en la evaluación de la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos (Montoya y Aguirre 2013). Sin embargo, existe muy poca información sobre las comunidades de perifiton y su relación con la zona riparia. Esto puede deberse a que la investigación en este campo es relativamente nueva y aún está en desarrollo. A pesar de esto, algunos estudios como el de Yaguana y Cartuche (2022), han demostrado que el perifiton desempeña un papel importante en la calidad del agua y puede servir como un indicador biológico (Cajamarca et al., 2021).

La vegetación riparia y las comunidades de perifiton cumplen un papel importante en los procesos de transferencia de energía, materia e información que se da por medio de las cadenas tróficas, por lo tanto, se los puede utilizar como indicadores biológicos, puesto que observando su estructura se determina si un ecosistema esta alterado o conservado (Vilches et al., 2016). Existe una fuerte relación entre la vegetación del sistema ripario y las comunidades de perifiton, debido a la presencia de vegetación en las zonas riparias que reduce la temperatura del agua y mejora los niveles de oxígeno ayudando a regular el ingreso de la luz solar al cauce mediante su efecto de sombra del dosel, lo que beneficia y permite el desarrollo del perifiton (Cruz et al., 2015).

La microcuenca El Carmen de la Hoya de Loja es un área de importancia local, pues suministra más del 40 % del agua potable utilizada por Loja (Zapata et al., 2013) (Pérez et al.

2014), en esta microcuenca se ha observado que existe una densa vegetación arbórea y arbustiva que se encuentra conectada al espacio ripario y muestra signos de regeneración natural (Ayora, 2016). Estudios realizados por Santin et al., (2018) indican que, El Carmen muestra una estructura vegetal visiblemente en buen estado, esto se debe a que los suelos de los bosques en la zona de estudio presentaron indicadores físico- químico bajo parámetros normales que influyen de manera positiva en la composición y estructura de la vegetación y por ende de los bosques.

Esta investigación determina la estructura riparia y la diversidad del perifiton, proporcionando información valiosa para futuros estudios. De acuerdo con Mosquera y Martínez (2022), los resultados obtenidos destacan la estructura y composición florística de las zonas riparias y las comunidades de perifiton, siendo fundamentales para comprender y evaluar la salud de los ecosistemas riparios. Además, orienta a incorporar medidas de conservación y contribución al conocimiento científico.

### **Objetivo general**

- Contribuir con información científica-técnica sobre indicadores ecológicos, para comprender sobre la estructura y composición florística y la diversidad de comunidades de perifiton existentes en la microcuenca El Carmen.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar la estructura y composición florística en zonas riparias de la microcuenca El Carmen.
- Caracterizar la diversidad de las comunidades de perifiton existentes en zonas riparias de la microcuenca El Carmen.

## **4 Marco teórico**

### **4.1 Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica, según Jumbo (2015), es una zona natural en la que el agua procede de las precipitaciones y forman un curso de agua principal, que provienen de un sistema de cursos de agua definidos por la topografía, también son unidades naturales que sirven de base territorial para la articulación de procesos de gestión, promoviendo el desarrollo integral y sustentable; es importante tener en cuenta que las cuencas hidrográficas más grandes son más complejas desde el punto de vista geomorfológico; esta condición puede dificultar la planificación y la ejecución de prácticas conservacionistas por los agentes de extensión.

Las cuencas andinas, como menciona Ramírez (2015), son sistemas hidrológicos que se originan en los páramos, unos ecosistemas de alta montaña que captan y regulan el agua. Esta agua es vital para las poblaciones y actividades humanas que se desarrollan en las zonas bajas de la región andina.

La cuenca tiene un papel importante en el abastecimiento de agua, consumo humano, actividades agropecuarias, sustentabilidad económica, bienestar de comunidades locales, conservación y calidad del agua. Reconocer la dinámica hidrológica, ecosistémica, cultural y social e institucional de las cuencas, implica, conocer donde vivimos y de donde provienen los recursos y servicios ambientales de los que nos beneficiamos, el agua, la biodiversidad, el suelo, los bosques y las selvas; cumplen funciones y se relacionan a partir del elemento agua, que abarca una red de arroyos y ríos (Ríos et al., 2013).

### **4.2 Clasificaciones de las cuencas hidrográficas**

Las cuencas hidrográficas se clasifican de varias formas; tomando en cuenta las características físicas de la misma;

#### ***4.2.1 Por su tamaño***

Según Vásconez et al. (2019), para Ecuador se establece las siguientes clasificaciones observadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las cuencas por su tamaño

Cuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )
Muy grande	> 5000
Grande	2500 a 5000
Intermedia grande	500 a 2500
Intermedia pequeña	250 a 500
Pequeña	25 a 250
Muy pequeña	< 25

Vásconez et al., (2019)

#### **4.2.2 Por el sitio de desembocadura**

Si el cuerpo hídrico de la unidad hidrográfica desemboca en el océano o en un lago o no desemboca en ningún lado, según Ibáñez et al. (2013), se clasifican de la siguiente manera:

##### **4.2.2.1 Cuenca endorreica**

Una cuenca endorreica es una región geográfica donde el agua que llega por precipitación o escorrentía no tiene salida superficial hacia el mar, sino que se acumula en depresiones cerradas formando lagos, lagunas o salares. Estos cuerpos de agua pueden ser permanentes o temporales, dependiendo del balance entre la entrada y la salida de agua. La salida de agua se produce principalmente por evaporación o infiltración, lo que provoca un aumento de la salinidad y la concentración de minerales. Las cuencas endorreicas se pueden encontrar en cualquier clima, pero son más frecuentes en zonas áridas o semiáridas, donde la evaporación supera a la precipitación.

##### **4.2.2.2 Cuenca exorreica**

Las cuencas exorreicas son sistemas hidrográficos abiertos, es decir, que sus ríos principales drenan sus aguas hacia el océano, formando parte del ciclo hidrológico global. Estas cuencas se alimentan principalmente de las precipitaciones y el deshielo, y presentan una gran diversidad de formas, tamaños y características según el clima, la geología y la vegetación de cada región. Las cuencas exorreicas ocupan la mayor parte de la superficie terrestre y se clasifican en siete grandes cuencas que corresponden a los siete océanos y mares más extensos del planeta: Atlántico, Pacífico, Índico, Mediterráneo, Caribe, Ártico y Antártico. En Ecuador la mayor cantidad de cuencas son de este tipo, y se dividen entre la vertiente del Pacífico y del Amazonas (Vásconez et al., 2019).

### **4.2.2.3 Cuenca arreica**

Las cuencas arreicas son un tipo de cuenca hidrográfica que no posee ningún tipo de conexión aparente con ríos o flujo de agua que muevan el líquido estancado dentro de la propia cuenca. Los movimientos de agua en las cuencas hidrográficas arreicas suelen ser muy diferentes a los de una cuenca común. En una cuenca común el agua se mueve a través de ríos que mantienen un flujo constante. En las cuencas arreicas, el agua se evapora del terreno o se filtra por debajo de la tierra, causando así su desaparición. Las aguas de estas cuencas no se conectan con mares, sino que simplemente aparentan desaparecer del terreno.

## **4.3 Zonas de una cuenca**

Según la ubicación de la microcuenca, se pueden identificar tres zonas de importancia relevantes:

### **4.3.1 Parte alta o zona de recarga**

Según Figueredo (2019), la forma de la cuenca en la parte alta de un río puede variar dependiendo de la geología del área. En algunos casos, la cuenca puede tener una forma de V, mientras que en otros casos puede tener una forma de U. En la parte alta de un río, el área de drenaje suele ser relativamente pequeña, ya que el río está en su etapa inicial y aún no ha recibido afluentes significativos. Además, la longitud del río en esta zona tiende a ser corta, ya que el río acaba de nacer. La pendiente del terreno en esta zona suele ser pronunciada, lo que permite que el agua fluya con mayor velocidad.

### **4.3.2 Parte media o zona de amortiguamiento**

Cartaya et al., (2016) menciona que, en la parte media de un río, la forma de la cuenca puede ser más amplia y menos profunda en comparación con la parte alta. El área de drenaje en esta zona es mayor que en la parte alta, ya que el río ha recibido afluentes significativos. Además, la longitud del río en la parte media puede ser más larga que en la parte alta, ya que el río ha tenido tiempo para crecer y recibir afluentes adicionales. La pendiente del terreno en esta zona puede ser menos pronunciada que en la parte alta, lo que permite que el agua fluya con menor velocidad.

### **4.3.3 Parte baja o desembocadura**

En la parte baja de un río, la forma de la cuenca puede ser más amplia y plana en comparación con las partes alta y media. Esto se debe a que el río ha tenido tiempo para depositar sedimentos y formar llanuras aluviales. Además, el área de drenaje en esta zona es mayor que en las partes alta y media, ya que el río ha recibido afluentes significativos a lo largo de su recorrido. La longitud del río en la parte baja también puede ser más larga que en las partes alta y media, ya que el río ha tenido tiempo para crecer y recibir afluentes adicionales. La pendiente del terreno en esta zona es generalmente menor que en las partes alta y media, lo que permite que el agua fluya con menor velocidad. En la parte baja de un río, se practican diversas actividades como la agricultura, la ganadería, la industria y la construcción de viviendas. Estas actividades son importantes para la economía y el desarrollo de las poblaciones establecidas en el área (Cotler et al., 2013).

## **4.4 Indicadores ecológicos en microcuencas hidrográficas**

Un indicador ecológico permite describir y analizar un aspecto de importancia del estado de los ecosistemas; también contribuyen con información científica sustentada sobre las condiciones y tendencias ambientales de una cuenca. Los indicadores ecológicos son una herramienta de importancia que contribuye a la información para actores y tomadores de decisiones, que gestionan el ambiente oportunamente a nivel nacional, regional y local (Hinojosa et al., 2022).

## **4.5 Índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos**

### **4.5.1 Índice de diversidad alfa de Shannon**

Se utiliza Shannon y otras medidas de complejidad para evaluar la diversidad de especies en comunidades ecológicas. Aunque su comprensión puede ser difícil y sus valores no son comparables, el índice de Shannon se utiliza frecuentemente en estudios de diversidad. Se suelen realizar pruebas estadísticas para comparar la diversidad entre comunidades, como la “t” de Hutcheson o intervalos de confianza obtenidos mediante técnicas de remuestreo. Además de las diferencias estadísticamente significativas, es importante conocer la magnitud de la diferencia en diversidad entre comunidades. El índice de Shannon no tiene un comportamiento lineal, por lo que se emplean diferentes métodos para evaluar la diferencia de diversidad entre comunidades. Por ejemplo:

Si una comunidad A tiene una diversidad mayor que la comunidad B, se puede decir que A tiene una cantidad de diversidad a veces mayor que B o que B tiene un porcentaje de diversidad en comparación con A.

#### **4.5.2 Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ )**

Según Campo y Duval (2014), es una forma sencilla de medir la biodiversidad de los ecosistemas ya que proporcionan datos de riqueza de vegetación u otro organismo. Este mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra. Este índice se utiliza comúnmente en estudios de biodiversidad y conservación para comprar la diversidad entre diferentes sitios, ya que, solo considera la riqueza de especies y no tiene en cuenta otros aspectos importantes de la biodiversidad, como la abundancia y distribución. El Índice de Margalef podría cuantificar esta diferencia en diversidad, pero en un sentido general, cuando decimos que una comunidad tiene una diversidad mayor que otra, estamos hablando de la variedad de formas de vida presentes en cada comunidad sin especificar una relación exacta en términos de cantidad o porcentaje.

#### **4.5.3 Índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ )**

Según Nahuelpi (2018), evidencia la diversidad estructural de los tipos de bosques y se utiliza para medir la proporción de la diversidad observada en cada estación de muestreo con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, mientras que valores más bajos señalan dominancia de una o pocas especies.

### **4.6 Vegetación riparia como un indicador ecológico en microcuencas hidrográficas**

Según señala el estudio de Carrasco et al. (2014), la vegetación en las zonas riparias se desarrolla a lo largo de los márgenes del agua, generando un microclima húmedo que favorece la coexistencia simbiótica de diversas especies de fauna y flora. Este entorno propicia una relación mutuamente beneficiosa a lo largo del cuerpo hídrico.

La vegetación riparia es una parte importante de los sistemas fluviales y proporciona múltiples funciones socio - ecológicas. La vegetación riparia modifica las condiciones de caudal y los procesos sedimentarios. Desde el punto de vista químico, la vegetación de riparia mantiene los ciclos biogeoquímicos en los ríos (Morocho et al., 2018). Un ejemplo es su efecto amortiguador que mejora la calidad del agua en cuencas afectadas por contaminación. En cuanto a biología, la vegetación riparia es muy rica y diversa, ayudando a aumentar la

biodiversidad regional. Este rol biológico también se relaciona con las funciones de corredor y hábitat, la temperatura y la entrada de materia orgánica, entre otras (Dugdale et al., 2018).

En los ecosistemas acuáticos, algunas de estas funciones moderan los impactos locales de cambios globales, como los cambios en las condiciones de temperatura de los ríos (Kristensen et al., 2015). La vegetación riparia contribuye a la provisión de servicios ecosistémicos culturales y marca la identidad del paisaje (ej. recreación, espiritualidad, inspiración) (Dufour y Rodriguez, 2019).

#### ***4.6.1 Métodos para estudios ecológicos en zonas riparias***

##### **4.6.1.1 Muestreo de vegetación riparia**

El transecto es una banda de muestreo diseñada y dimensionada, sobre la que se procede a la recopilación de datos previamente definidos. Se basa en el análisis minucioso de una determinada superficie. Esta técnica se utiliza en estudios del medio natural como método de toma de datos de campo, destacando la estimación de la cobertura de especies arbustivas y la abundancia de especies (Saldise et al., 2015). Además, se evidencian estudios donde se aplican indicadores para obtener el estado de conservación de hábitats, Simón et al. (2013), utilizó transectos para establecer un indicador relativo a la estructura del dosel y al tamaño de los árboles por transecto en bosques.

##### **4.6.1.2 Evaluación del muestreo de vegetación riparia**

Los siguientes parámetros estructurales pueden utilizarse para la evaluación de vegetación, según Aguirre (2013), estos parámetros permiten analizar y comprender la estructura de un determinado sistema o ecosistema:

**Densidad absoluta (D):** El número de individuos de una especie o de todas las especies dividido por la superficie estudiada se conoce como densidad. Se puede calcular tomando muestras de áreas representativas sin contar a todos los residentes. Este parámetro nos da información sobre la concentración de individuos en un espacio específico, lo que puede ser útil para comprender la distribución y abundancia de las especies en un ecosistema.

**Densidad relativa (DR):** La densidad relativa de una especie vegetal es una medida que permite determinar su abundancia en relación al número total de individuos en la población. El resultado se obtiene dividiendo el número de individuos de la especie en cuestión por el número total de individuos de todas las especies presentes en el área estudiada. Esta medida es



crucial para comprender la distribución de una especie y su impacto en un ecosistema, y puede ayudar en la toma de decisiones sobre la conservación y el manejo de recursos naturales.

**Frecuencia relativa (FR):** La presencia o ausencia de una especie en cada unidad de muestreo se puede determinar mediante la frecuencia de esa especie en un muestreo. es una medida de la probabilidad promedio de encontrar al menos un individuo de esa especie en cada unidad de muestreo. En ecología, se expresa como la proporción de áreas donde hay al menos un individuo de esa especie. El tamaño de las parcelas y el patrón espacial de distribución de la especie son factores que pueden influir en las estimaciones al calcular la frecuencia. La frecuencia aumenta con el tamaño de la parcela, pero la frecuencia disminuye con la distribución de la especie más agregada. La comprensión de la distribución y la abundancia de las especies en un área de estudio depende de esta información.

**Dominancia relativa (DmR):** El valor de una especie en un área se mide por el porcentaje de biomasa que contribuye en relación con la biomasa total. Se calcula dividiendo el área muestreada por el área basal del conjunto de individuos de una especie. El área basal se calcula multiplicando 0,7854 por el cuadrado del diámetro a la altura del pecho (DAP). La biomasa y la abundancia numérica de una especie determinan su dominancia. Este cálculo es válido para árboles y arbustos. Estas medidas ayudan a comprender el impacto relativo de una especie en la estructura y composición de un ecosistema, así como su impacto en la comunidad vegetal y los procesos ecológicos.

**Índice de valor de importancia (IVI):** El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia relativa de una especie en una comunidad. Las especies con el IVI más alto son dominantes ecológicamente, lo que significa que consumen más nutrientes, ocupan más espacio físico y controlan una mayor proporción de energía que fluye en el sistema. Este índice permite comparar el peso ecológico de cada especie en su ecosistema. La Dominancia Relativa (DR), la Frecuencia Relativa (FR) y la Densidad Relativa (DmR) son parámetros que se utilizan para calcular el IVI. Estas medidas ayudan a comprender el papel de una especie en la estructura y funcionamiento de la comunidad y su influencia en el equilibrio y la dinámica del ecosistema.

#### **4.7 Comunidades de perifiton como un indicador ecológico en microcuencas hidrográficas**

El perifiton o diatomeas son una compleja comunidad de organismos acuáticos que se adhieren a rocas, madera y otras superficies sumergidas en cuerpos hídricos, lo que nos ayuda a comprender cómo funcionan los ecosistemas acuáticos o lóticos (Betancur et al., 2016). Son algas unicelulares microscópicas formadas por una pared celular compuesta por silicatos, la mayoría de las especies son autótrofas fotosintéticas, constituyendo casi la mitad de la biomasa fito planctónica, estos organismos habitan en casi todos los ambientes acuáticos (Lora et al., 2020). La importancia del perifiton es que son los productores primarios en los sistemas acuáticos, responsables del 45 % de la producción primaria mariana aproximadamente y el 20 % a nivel global de la producción primaria (Kirkham et al., 2017).

El perifiton, como dicen Bojorge y Cantoral (2016), son el principal punto de entrada de energía en los ecosistemas fluviales gracias a su capacidad fotosintética, genera compuestos orgánicos esenciales para la cadena trófica cuando transforman los compuestos químicos inorgánicos en compuestos orgánicos, que son aprovechados por otros organismos de otros niveles tróficos superiores, además tienen un papel en los ciclos biogeoquímicos, retención de nutrientes, formación y estabilidad de sedimentos, y servicios ecosistémicos. Esta función destaca su importancia en el funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas acuáticos (Tovar et al., 2021).

Como menciona Vilches et al. (2016), las comunidades de perifiton son ricas en especies y cada especie tiene su rango de tolerancia y sensibilidad ambiental particulares que sirven como indicadores de la calidad del recurso agua y de procesos de contaminación que afectan a los ecosistemas; ya que poseen algunas características como la imposibilidad de evadir la contaminación al estar adheridos a un sustrato y la capacidad de colonizar rápidamente después de haber sido perturbada por acción externa (Cajamarca et al., 2021). Por esta razón se utilizan en estudios como indicadores de calidad del agua. También, estos estudios tienen precisión estadística puesto que existen diferentes índices diatomológicos (índice de polusensibilidad específica (IPS) y el Índice Biológico de Diatomeas (IBD), entre otros) que se basan en la identificación de un mínimo de 400 individuos por muestra, haciendo que el error en la estimación de la composición de comunidades de perifiton sea menor que 10 %, facilitando la precisión y fiabilidad de este método de determinación de calidad del agua (Cantonati et al., 2021).

#### **4.7.1 Métodos para evaluar las comunidades de perifiton**

La evaluación de estas comunidades de ser posible se la hace a nivel de especies, sin embargo, también pueden realizarse a nivel de género; en caso de no ser posible identificar el perifiton a nivel de especies, se puede asignar una clasificación alternativa como "sp1" o "sp2". Esto permite mantener una categorización adecuada y facilita el estudio y análisis de la comunidad. También en la identificación de estas comunidades se pueden utilizar imágenes de referencia e información ecológica, para la comprobación descrita de las especies (Samanez et al., 2014). Israde et al. (2023), afirman cómo utilizar y medir las comunidades ecológicas mediante indicadores de diversidad, usaron la metodología para medir la diversidad de especies en comunidades mediante el uso de números efectivos de especies. Estos números permiten obtener una interpretación intuitiva y fácilmente comparable de la diversidad de especies.

#### **4.8 Sistemas socio ecológicos en microcuencas hidrográficas**

La cuenca hidrográfica es el área de tierra que drena agua hacia un río o lago específico. Según Dofour y Rodriguez (2019), las zonas riparias están estrechamente vinculadas a las cuencas hidrográficas, ya que actúan como corredores ecológicos que conectan los ecosistemas acuáticos y terrestres dentro de una cuenca. Estas áreas desempeñan un papel fundamental en la protección de la calidad del agua, ya que filtran los contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua.

Las zonas riparias también están conectadas con los sistemas socioecológicos (Cerón et al., 2019). Los sistemas socioecológicos son sistemas complejos que involucran interacciones entre las personas y su entorno natural. Las zonas riparias proporcionan servicios ecosistémicos clave para las comunidades humanas, como el suministro de agua dulce, la producción de alimentos y la recreación. Además, estas áreas pueden ser utilizadas para actividades agrícolas sostenibles y turismo ecológico, lo que contribuye al bienestar humano y económico (Walteros y Castaño, 2018).

#### **4.9 Río como un continuo en cuencas hidrográficas**

El río como un continuo (RCC) comprende todo el sistema fluvial como una serie de gradientes físicos y ajustes bióticos asociados que se integran continuamente mediante la fluidez del río. Esto indica a un sistema de ríos cuya conectividad longitudinal es la distancia de todo lo largo de un río principal. A medida que el gradiente físico cambia desde el punto más alto hasta el

más bajo, también lo hacen los sistemas químicos y las comunidades biológicas, entre ellas las comunidades de perifiton (Dodds y Maasri, 2022).

El RCC es un término ecológico importante asociado a de los ríos debido a su evaluación integral de la estructura y función de los ecosistemas riparios o lóticos. Donde se vincula los atributos físicos y geomorfológicos de los ríos con los patrones de la biodiversidad, los rasgos funcionales y la dinámica del metabolismo (Doretto et al., 2020).

El concepto de continuidad se basa en la idea de que el curso de agua es un ecosistema abierto que está en constante interacción con la orilla y que inicia desde el nacimiento hasta la desembocadura del río, donde hay un constantemente cambio en el ecosistema. La base de este cambio gradual de las condiciones físicas, como la anchura, la profundidad, el agua, las características del caudal, la temperatura y la complejidad del agua ocurre en toda la continuidad del río (Lalremsanga, 2021).

#### **4.10 Estudios similares realizados en vegetación riparia y perifiton**

En Colombia en el estudio de Lozano et al. (2019), se realizaron investigaciones en la ciudad de Villavicencio, donde hay 15 humedales cubiertos por bosques y 15 humedales con vegetación herbácea. Se descubrieron 467 morfotipos de algas, 165 especies de diatomeas, dando como resultado que la zona riparia o ribereña y el carbono orgánico total estaban relacionados con la composición de diatomeas.

Por otra parte, el estudio de Yaguana y Cartuche (2022), que se llevó a cabo en el río Malacatos en el cantón Loja, examinó cómo el estado de conservación de las zonas riparias afecta la diversidad, riqueza y productividad de las comunidades de perifiton, que son indicadores biológicos de las condiciones ambientales. Se determinaron tres áreas de estudio: una que tenía vegetación riparia nativa, una que estaba semi conservada y una parte del área urbana que carecía de vegetación riparia. Se descubrió que las áreas con vegetación nativa y semi conservada tenían una mayor diversidad y equitatividad, mientras que el área urbana tenía una diversidad y equitatividad más bajas, con la dominancia de pocos géneros de perifiton. La ecología del perifiton fue influenciada por la conservación de la vegetación riparia y, por lo tanto, a la calidad del agua. Estos hallazgos demuestran lo crucial de evaluar la capacidad de los ecosistemas acuáticos utilizando indicadores biológicos para mantener un sistema ecológico integrado, balanceado y adaptable.

En otro estudio de Cartuche et al. (2023), investigaron el impacto de la vegetación riparia en la composición de la comunidad de perifiton en siete arroyos como del sur de Ecuador. El estudio examina cómo la degradación de la vegetación riparia afecta la composición, abundancia y diversidad de las comunidades de perifiton en arroyos de montaña tropical.

También en la investigación de Lozano et al. (2019), realizada en humedales en Colombia, cuyo objetivo fue investigar cómo la vegetación riparia afecta la estructura de perifiton en los humedales de la región. Los investigadores compararon 15 humedales con cobertura boscosa en su zona riparia con otros 15 humedales que tenían vegetación herbácea en su zona riparia, luego estudiaron la diversidad de perifiton en ambos humedales y llevaron a cabo análisis estadísticos para determinar qué factores ambientales estaban relacionados con la composición del perifiton, los resultados mostraron un total de 467 morfotipos de algas con una predominancia de la clase Zygnematophyceae, Bacillariophyceae y Chloriphyceae, por otro lado se identificaron 165 morfoespecies de diatomeas, siendo los géneros Eunotia y Pinnulaaria los más representativos. En resumen, el estudio concluye que la vegetación riparia desempeña un papel importante en la estructura y diversidad de las comunidades de perifiton presentes en los humedales. Además, el tipo de cobertura de vegetación riparia (boscosa o herbácea) puede tener un impacto significativo en la composición del perifiton en ecosistemas acuáticos.

## 5 Metodología

### 5.1 Área de estudio

La microcuenca “El Carmen” se encuentra ubicada al este de la ciudad de Loja, en el sector Zamora Huayco del cantón y provincia de Loja; con un área total de 1134 ha, la temperatura va desde 12 y 14 °C y se ubica en las coordenadas 9553249,80 al norte y 704707,50 al este, con un rango altitudinal de 2200 - 3400 m s.n.m. Ver Figura 1.

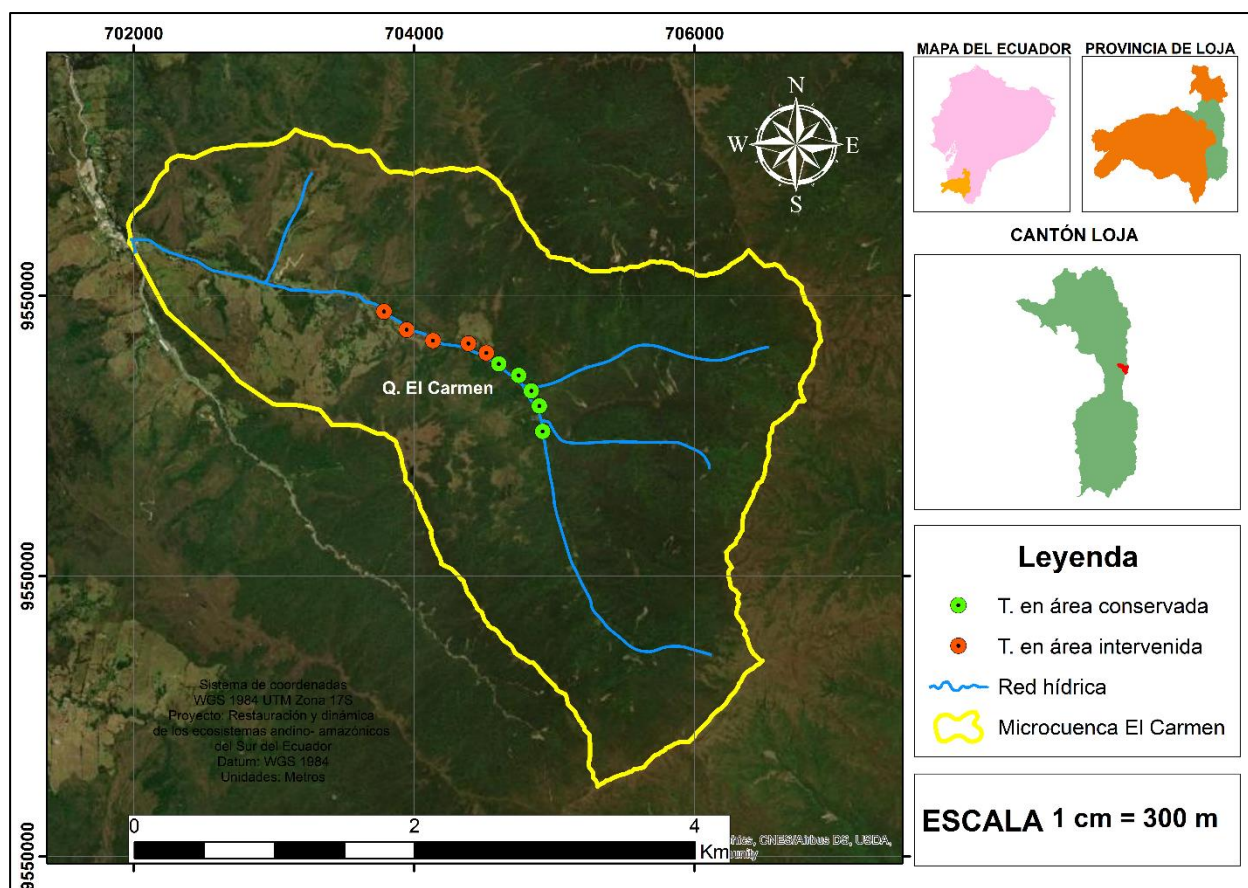


Figura 1. Mapa de ubicación del estudio en la microcuenca El Carmen

### 5.2 Metodología para la caracterización de la estructura y la composición florística en zonas riparias de la hoya de Loja

La instalación de los transectos se realizó en la ribera del río. Se instaló un total de 10 transectos dentro de la microcuenca El Carmen; cinco transectos en la zona conservada y otros cinco en la zona con intervención, cada uno de estos transectos tuvo las siguientes medidas 25 m \* 5 m (125 m<sup>2</sup>). También, se estableció una distancia de 5 a 10 metros desde el transecto hacia el cauce para evitar la influencia de la vegetación sobre la morfología del cauce (mantener esta distancia puede ayudar a asegurar que se está observando los efectos naturales del cauce

en lugar de los efectos de la vegetación circundante), Además, se consideró una distancia mínima de 100 metros entre cada transecto para evitar el efecto borde erosión (Espinoza y González, 2015).

Para las zonas de confluencia entre dos cauces, se agregaron 50 metros adicionales a la distancia mínima de 100 metros entre cada transecto, con el objetivo de reducir el efecto de mezcla y las posibles alteraciones en la confluencia de los ríos, donde causan mezcla de aguas dando a lugar a la sedimentación, cambios en la flora y fauna, turbulencias y corrientes, cambios en la calidad del agua por nutrientes o contaminantes y el cambio del curso del río en un período largo de tiempo por la erosión (Espinoza y González, 2015). Para la instalación de los transectos, se utilizaron tubos de PVC y cuerda para establecer el transecto permanente orientados con una brújula, para posteriormente obtener los datos de las variables dasométricas de la vegetación riparia. (Ver Figura 2).

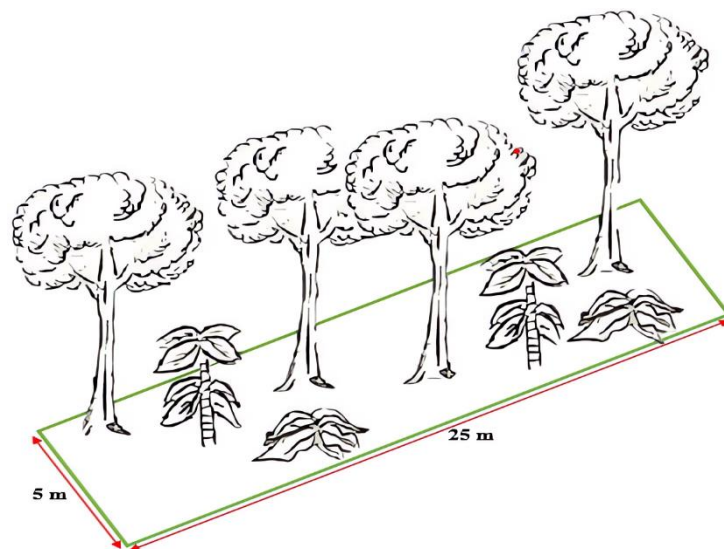


Figura 2. Diseño de transectos para representar la estructura y composición de florística

Para la colección de los datos de las variables dasométricas, primero se realizó un inventario y se plaqueó los individuos del estrato arbóreo a 1,50 m desde el nivel del suelo. Los diámetros a la altura del pecho (DAP) registrados son mayores o iguales a 5 cm, el uso de estas clases diamétricas de 5 cm en la vegetación riparia se debe a que los árboles con un DAP de 5 cm o más pueden ser importantes para la estructura y la función de las zonas riparias, de igual manera estabilizan las orillas de los ríos y previenen la erosión del suelo (García, 2014). Se realizó el inventario considerando las variables expuestas en la Tabla 2.

El estado ecológico y de conservación de las masas forestales se puede evaluar mediante el análisis de la distribución de clases diamétricas, además, se han utilizado para estudiar el

dinamismo de las poblaciones forestales, su relación con los factores ambientales y su respuesta a la gestión (Vega et al., 2022).

Tabla 2. Hoja de campo para la colecta de datos del estrato arbóreo

N°	Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	H (m)	Observaciones

### 5.2.1 Metodología para el análisis de datos para la caracterización de la estructura, composición florística y cobertura del dosel en zonas riparias de la hoya de Loja

En la identificación de especies del estrato arbóreo, se recolectó muestras botánicas fértiles de las especies que no eran posible la identificación en campo, para posteriormente identificarlas en el herbario de “LOJA” Reinaldo Espinosa perteneciente a la Universidad Nacional de Loja.

La información colectada en campo y procesada, permitió utilizar las variables dasométricas registradas para calcular los parámetros estructurales del bosque ripario, incluyendo el índice de importancia y el área basal.

#### 5.2.1.1 Parámetros estructurales

Respecto a los datos obtenidos de las variables dasométricas del estrato arbóreo del área riparia de la microcuenca, se calculó la densidad absoluta (D), densidad relativa (DR), frecuencia relativa (FR) dominancia relativa (DmR) e índice valor importancia (IVI) para las zonas conservadas. Se usaron las fórmulas propuestas por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), Pielou (1975).

$$\text{Densidad absoluta (D) \#ind/m}^2 = \frac{\text{No.total de individuos por especie}}{\text{total del área muestreada}}$$

$$\text{Densidad Relativa (DR)\%} = \frac{\text{No.total de individuos por especie}}{\text{No.total de individuos}} * 100$$

$$\text{Frecuencia Relativa (Fr)} = \frac{\text{Número de parcelas en las que está la especie}}{\text{Sumatoria de las frecuencias de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Dominancia Relativa (DmR)\%} = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Índice Valor de Importancia (IVI)\%} = \frac{\text{DR+DmR+FR}}{3}$$



### 5.3 Metodología para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja

Para la identificación del perifiton, primero se eligieron áreas de muestreo accesibles, estables y sin riesgos de daño personal (Samanez et al., 2014). Junto al transecto ya establecido, se encontró un total de cinco sitios de muestreo cada cinco metros como se observa en la Figura 3, se seleccionó unidades muestrales de sustrato (piedras) al azar en la orilla del río, con presencia de flujo laminar y expuestas a la luz solar.

Una vez seleccionados los sustratos se tomó las muestras, con ayuda de una jeringa de 20 ml, con agua del cauce y un cepillo, se procedió a sustraer la parte de la piedra que estuvo expuesta al sol y al mismo tiempo se vertió agua sobre la misma. El líquido que se escurrió en el proceso, se lo colectó en frascos de 100 ml debidamente etiquetados para su traslado a laboratorio. Se procuró mantener una temperatura de 4° a 8 °C para mantener la cadena de frío y preservar la muestra (Rimarachín, 2014).

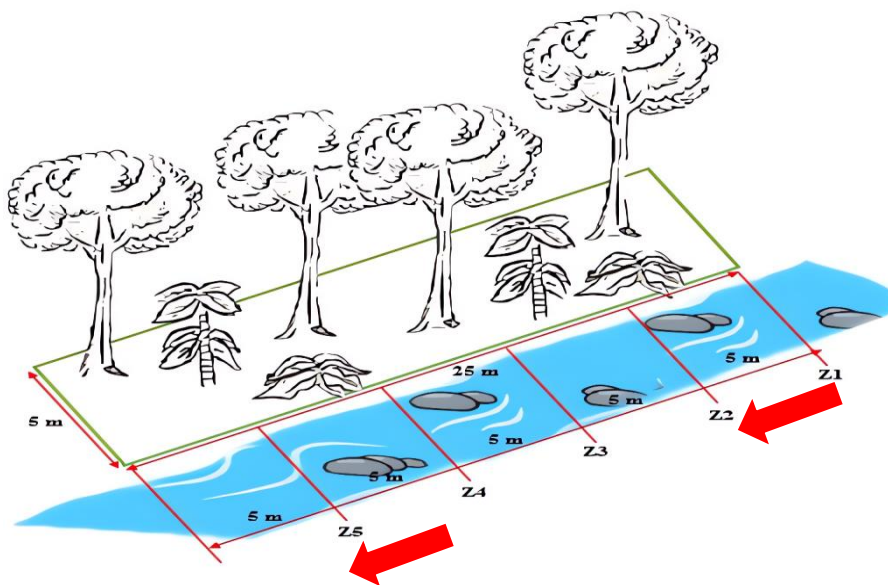


Figura 3. Diseño de los sitios/punto de muestreo para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton

Este proceso se repitió hasta obtener todas las muestras de los 10 transectos establecidos. Para conservar las muestras colectadas, se utilizó 1 ml de Lugol (2 % = 1 ml/ 100 ml de muestra) y se las cubrió con papel aluminio; ubicando las muestras en un lugar fresco y sin exposición a la luz solar para su preservación. Para esta metodología se implementó el protocolo propuesto por Lemly y Dimmick (1982), que sirve para la conservación de muestras de perifiton.

### 5.3.1 Metodología para el análisis de las muestras en laboratorio para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton

El análisis posterior se realizó en el Laboratorio de Ecología Tropical y Servicios Ecosistémicos (ECOSSLab) del Área Biológica, de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), en el cual se utilizó el microscopio de marca Axiolabs 5, la cámara axiocam 208 color y el software Labscope.

En la identificación de las comunidades de perifiton se implementó la metodología de Guzman y Leiva (2017), en la que se requirió una pipeta de 10 ml y 10 tubos tipo falcon de 50 ml. Para homogeneizar la muestra se agitó suavemente el frasco y luego se extrajo una alícuota de 10 ml de las cinco muestras, combinándolas en un tubo. En total, se obtuvo un total de 10 tubos falcon, cada muestra fue compuesta de cinco combinaciones recogidas en las parcelas, las cuales fueron agitadas, se extrajo una submuestra de 1 ml para distribuirla en 1000  $\mu$ l en una cámara de recuento Sedgewick Rafter de 50 \* 20 \* 1 mm (1 cm<sup>3</sup>). De las 1000 celdas de la cámara de recuento se seleccionaron 30 celdas para contar los especímenes presentes en cada una de las celdas, las 30 celdas seleccionadas se muestran en la Figura 4. Posteriormente, se creó un registro con la cantidad de los especímenes observados en cada celda de la cámara de recuento, obteniendo el total de cada espécimen por transecto de estudio.

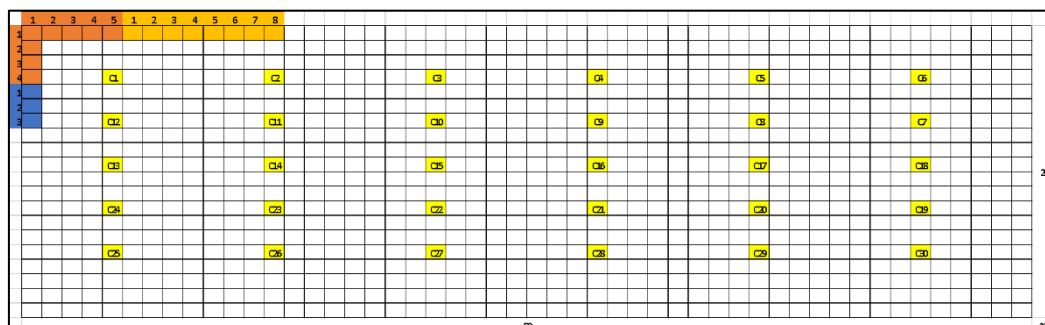


Figura 4. División de la cámara de conteo

### 5.3.2 Identificación taxonómica de comunidades de perifiton

Se utilizó microfotografías con escala de 50  $\mu$ m para las células de perifiton y se aplicó claves morfométricas desarrolladas por Yaguana y Cartuche (2022) y estudios taxonómicos realizados como el de Céspedes (2014), llevaron a cabo una identificación preliminar de los géneros de las comunidades de perifiton. La posterior información se validó con análisis de expertos.

## 5.4 Metodología para la determinación de los índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos

Se evaluó los indicadores ecológicos de la zona riparia y de las comunidades de perifiton con los diferentes índices de biodiversidad: Shannon- Wiener, Margalef y Equitatividad de Pielou. Para determinar los índices de diversidad y riqueza en el estudio, se utilizó el software Past 3.17 de Hammer et al., (2001).

### 5.4.1 Índice Shannon- Wiener

Propuesto por Shannon y Wiener (1949), es ampliamente utilizado para evaluar la diversidad de especies en un área determinada. Siguiendo las recomendaciones de Aguirre (2013), se calculó la diversidad utilizando la siguiente fórmula proporcionada por este autor. Se utilizó Excel para aplicar la fórmula de Shannon y tabular los datos recopilados. Posteriormente, estos datos se introdujeron en el software PAST para su análisis. Este proceso permitió verificar y confirmar los resultados obtenidos para la diversidad de la vegetación y de las comunidades de perifiton en las áreas conservadas e intervenidas.

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$
$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\ln p_i)$$

#### Donde:

H' = Índice de Shannon

p<sub>i</sub> = proporción de individuos del género i respecto al total de individuo

n<sub>i</sub> = número de individuos del género i

N = número de todos los individuos de todos los géneros

ln = logaritmo natural

Para la interpretación de los resultados se usó la siguiente escala descrita en la Tabla 3, tomado de Aguirre (2019):

Tabla 3. Interpretación del índice de Shannon

Rango	Significado
0 – 1,35	Diversidad baja
1,36 – 3,5	Diversidad media
> 3,6	Diversidad alta

### 5.4.1 Índice de Margalef ( $D_{Mg}$ )

Mide la biodiversidad de los ecosistemas ya que proporcionan datos de riqueza de vegetación u otro organismo. Siguiendo las recomendaciones de Campo y Duval (2014), se calculó la diversidad utilizando la siguiente fórmula proporcionada por los autores, en la Tabla 4 se describió la interpretación.

$$D_{Mg} = S - 1/\ln(N)$$

**Donde:**

S= número de especies.

N=número total de individuos.

Tabla 4. Interpretación del índice de Margalef

Rango	Significado
< 2	Diversidad baja
2 a 5	Diversidad media
> 5	Diversidad alta

### 5.4.2 Índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ )

Evidencia la diversidad estructural de los tipos de bosques y se utiliza para medir la proporción de la diversidad observada en cada estación de muestreo con relación a la máxima diversidad esperada. Siguiendo las recomendaciones de Nahuelpi (2018), se calculó la equitatividad utilizando la siguiente fórmula proporcionada por este autor y en la Tabla 5 se describió la interpretación.

$$J' = H'/H'máx$$

**Donde:**

H': Índice de Shannon (diversidad observada).

H'máx: Índice máximo de Shannon (diversidad esperada).

Tabla 5. Interpretación del índice de equitatividad de Pielou

Rango	Significado
0	Ausencia de uniformidad
1	Igualmente abundantes

## 6 Resultados

### 6.1 Resultados para la caracterización de la estructura y composición florística en ecosistemas riparios de la unidad hidrográfica El Carmen

#### 6.1.1 Caracterización de la composición florística para obtención de la abundancia arbórea

Como indica la Tabla 6 en la microcuenca El Carmen se registró 168 individuos con un DAP mayor o igual a 5 cm, pertenecientes al estrato arbóreo, agrupados en 39 especies, 32 géneros y 22 familias.

Tabla 6. Composición florística de las zonas conservadas e intervenidas en el área de estudio de la microcuenca El Carmen

Zonas	N° Individuos por zonas	Riqueza de Familias	Riqueza de Géneros	Riqueza de Especies	Familias mejor representadas	N° de especies de las familias mejor representadas	Especies más Abundantes
Conservada	107	19	27	32	Melastomataceae	39	<i>Meriania tomentosa</i>
					Rubiaceae	14	<i>Palicourea heterochroma</i>
					Lauraceae	11	
Intervenida	61	13	14	16	Myrtaceae	22	<i>Myrcianthes sp</i>
					Betulaceae	13	
					Acanthaceae	8	<i>Alnus acuminata</i>

Las familias más representativas con base en la abundancia en los transectos fueron: Melastomataceae con 40 individuos, Myrtaceae con 27, Rubiaceae y Betulaceae con 15 cada una. Ver Figura 5.

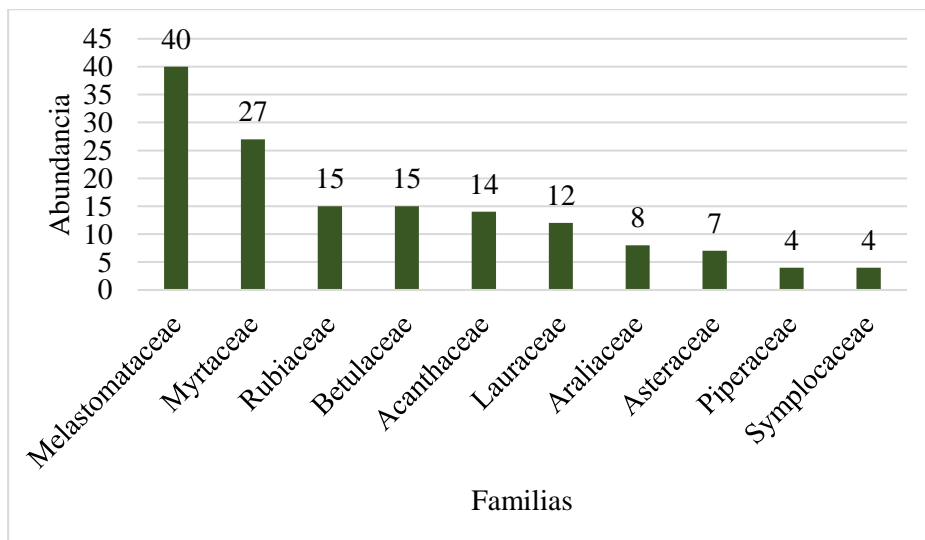


Figura 5. Abundancia de individuos por familia

De las 22 familias analizadas, se encontró que 10 de las primeras familias más abundantes estaban compuestas por un total de 146 individuos, lo que representa el 86,9 % del total de individuos. Por otro lado, las restantes 12 familias tenían igual o menos de 4 individuos cada una, y en conjunto representaron el 13,1 % de todos los individuos.

Las diez especies más abundantes fueron *Myrcianthes sp* (19 individuos, 11,3 %), *Meriania tomentosa* (16 individuos, 9,5 %), *Alnus acuminata* (15 individuos, 8,9 %), *Aphelandra acanthifolia* Hook (14 individuos, 8,3 %), *Palicourea heterochroma* (9 individuos, 5,4 %), *Gynoxys cf laurifolia* (7 individuos, 4,2 %), *Meriania sp* y *Miconia sp* (6 individuos cada una, 3,6 % respectivamente), *Eugenia valvata* (endémica) y *Palicourea amethystina* (5 individuos cada una, 3 %). Ver Figura 6.

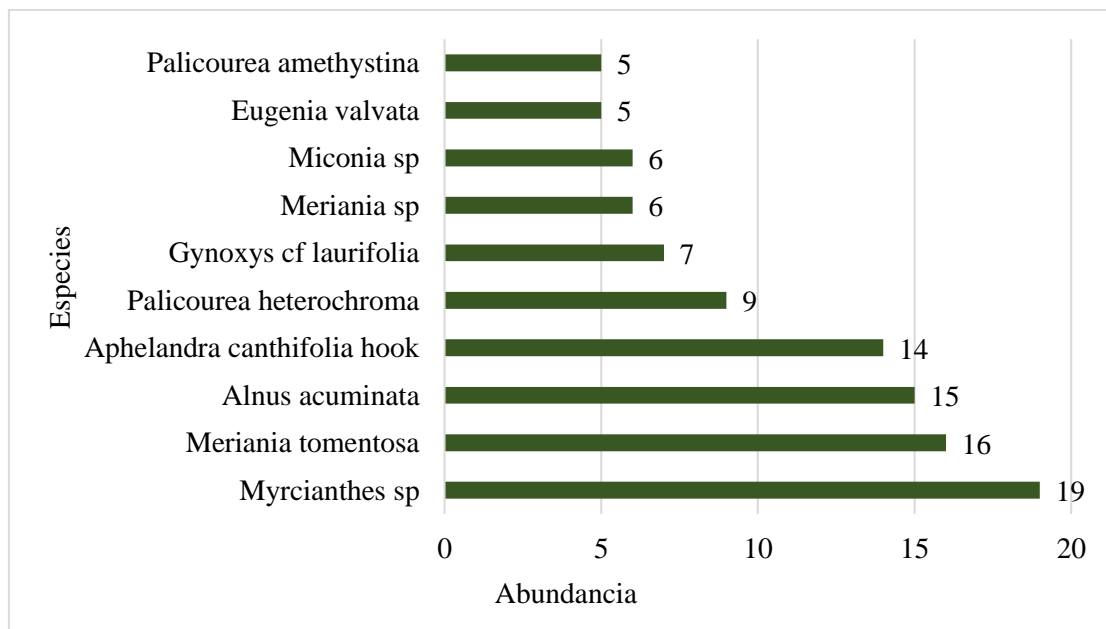


Figura 6. Abundancia de individuos por especie

### **6.1.2 Caracterización estructural del estrato arbóreo para obtención del DAP, área basal, clases diamétricas y parámetros estructurales**

Se registraron los valores del área basal por hectárea en los transectos del estrato arbóreo de la microcuenca El Carmen, tanto en el área conservada como en la intervenida, donde el área conservada tuvo un área basal de 102,47 m<sup>2</sup>/ha y el área con intervención 92,31 m<sup>2</sup>/ha. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Área basal de los transectos de las áreas conservada e intervenida

N° de transecto	N° de individuos por transecto	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
<b>Conservado</b>		
1	31	19,19
2	18	9,53
3	12	12,41
4	19	22,5
5	27	38,84
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>102,47</b>
<b>Intervenido</b>		
6	24	18,43
7	6	16,93
8	4	13,35
9	20	33,96
10	7	9,64
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>92,31</b>
<b>Total general</b>	<b>168</b>	<b>194,78</b>

En los 10 transectos instalados, los árboles registrados se agruparon en cinco clases diamétricas donde la mayor área basal del área conservada se encuentra en la cuarta clase (IV) entre los 20,1 a 25 cm de DAP, con 38,58 m<sup>2</sup>/ha de área basal. En el área intervenida se encuentra en la quinta clase (V) mayores a 25,1 cm de DAP, que corresponde a 38,94 m<sup>2</sup>/ha de área basal. Ver Figura 7.

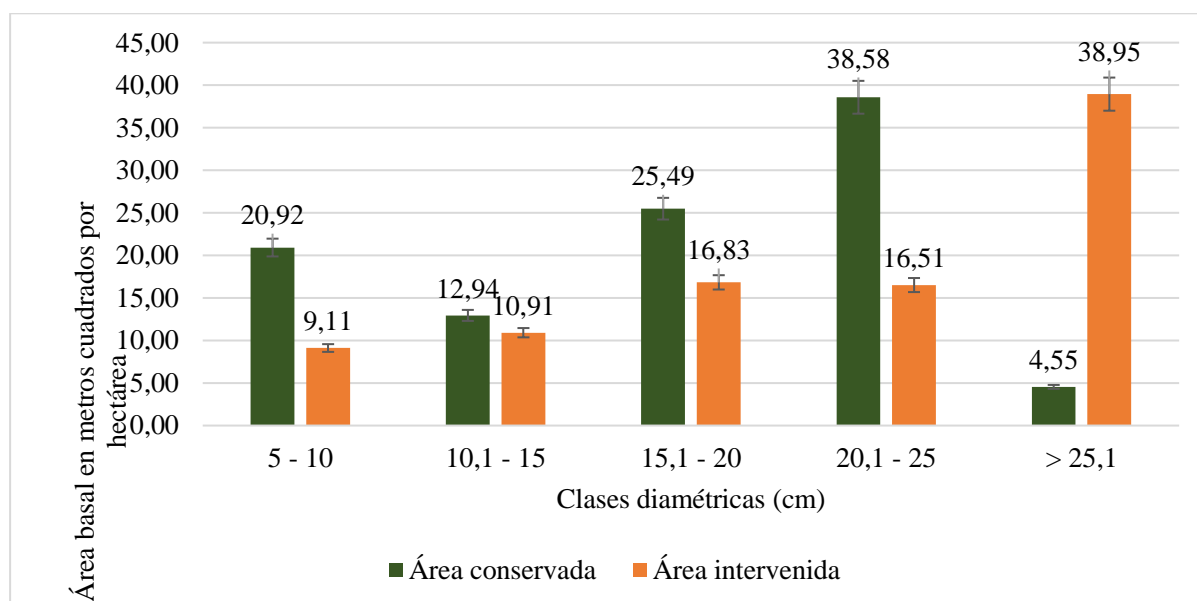


Figura 7. Área basal en metros cuadrados por hectárea en las clases diamétricas para la microcuenca El Carmen

Los parámetros estructurales del estrato arbóreo de las cinco parcelas (1-5) del área conservada de la microcuenca (ver en la Tabla 8), mostraron que las especies más abundantes y ecológicamente importantes fueron: *Meriania tomentosa*, *Palicourea heterochroma*, *Meriania sp*, *Delostoma integrifolium*, *Eugenia valvata*, con un índice de valor de importancia de: 8,15; 7,42; 6,32; 5,70; 5,23 respectivamente.

Tabla 8. Parámetros estructurales de las especies principales del componente arbóreo del área conservada de la microcuenca El Carmen

<b>Especies</b>	<b>Abundancia</b>	<b>DR (%)</b>	<b>DmR (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Meriania tomentosa</i>	16	14,95	3,49	6	8,15
<i>Palicourea heterochroma</i>	9	8,41	7,84	6	7,42
<i>Meriania sp</i>	6	5,61	9,36	4	6,32
<i>Delostoma integrifolium</i>	4	3,74	9,37	4	5,70
<i>Eugenia valvata</i>	5	4,67	5,01	6	5,23
<i>Palicourea amethystina</i>	4	3,74	3,64	8	5,13
<i>Miconia sp</i>	5	4,67	6,29	4	4,99
<i>Panopsis polystachya</i>	4	3,74	9,10	2	4,95
<i>Aphelandra acanthifolia</i> Hook	6	5,61	2,88	6	4,83
<i>Meliosma sp</i>	4	3,74	3,26	6	4,33

Mientras que, los parámetros estructurales del estrato arbóreo de los cinco transectos (6-10) del área intervenida de la microcuenca (ver en la Tabla 9), muestran que las especies más frecuentes son: *Alnus acuminata*, *Myrcianthes sp*, *Aphelandra acanthifolia* Hook, *Gynoxys cf laurifolia*, *Hedyosmun scabrum*. con un índice de valor de importancia simplificado mayor al 4 %.

Tabla 9. Parámetros estructurales de las especies principales del componente arbóreo del área intervenida de la microcuenca El Carmen.

<b>Especies</b>	<b>Abundancia</b>	<b>DR (%)</b>	<b>DmR (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Alnus acuminata</i>	13	21,31	39,36	16,67	25,78
<i>Myrcianthes sp</i>	19	31,15	32,05	5,56	22,92
<i>Aphelandra canthifolia</i> hook	8	13,11	3,01	5,56	7,23
<i>Gynoxys cf laurifolia</i>	5	8,20	7,71	5,56	7,15
<i>Hedyosmun scabrum</i>	3	4,92	3,37	5,56	4,62
<i>Roupala monosperma</i>	1	1,64	4,74	5,56	3,98
<i>Eucalyptus glóbulos</i>	2	3,28	2,84	5,56	3,89
<i>Symplocus sp</i>	2	3,28	2,08	5,56	3,64
<i>Nectandra laurel</i>	1	1,64	2,35	5,56	3,18
<i>Eucalyptus saligna</i>	1	1,64	0,85	5,56	2,68



## 6.2 Resultados para la caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en la microcuenca El Carmen

### 6.2.1 Caracterización de las comunidades de perifiton para obtención de la abundancia de microorganismos

Como indica la Tabla 10 en la microcuenca El Carmen se registró 4225 microorganismos pertenecientes a las comunidades de perifiton, agrupados en 13 géneros y 2 *Phylums*.

Tabla 10. Composición de microorganismos, en relación con la familia, género e individuos

	N° de <i>Phylums</i>	N° de géneros	N° de microorganismos
Perifiton	2	13	4225

El *Phylum* más representativo con base en la abundancia en los transectos fue: Chlorophyta con 2733 microorganismos; seguido por Bacillariophyta con 1492, lo que representa el 64,7 % y el 35,3 % respectivamente. Ver Figura 9.

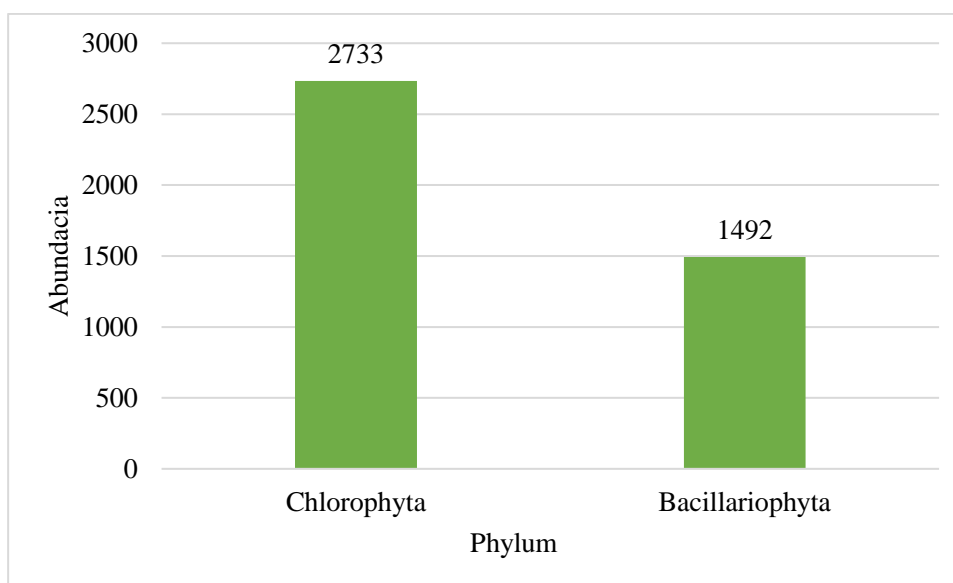


Figura 8. Abundancia de individuos por *Phylum* en la microcuenca El Carmen

Los cinco géneros más abundantes fueron: Spirogyra (1368 microorganismos, 32,4 %), Coccoid (1214 microorganismos, 28,7 %), Hannaea (1020 microorganismos, 24,1 %), Gomphonema (204 microorganismos, 4,8 %) y Mougeotia (106 microorganismos, 2,5 %). Ver Figura 10

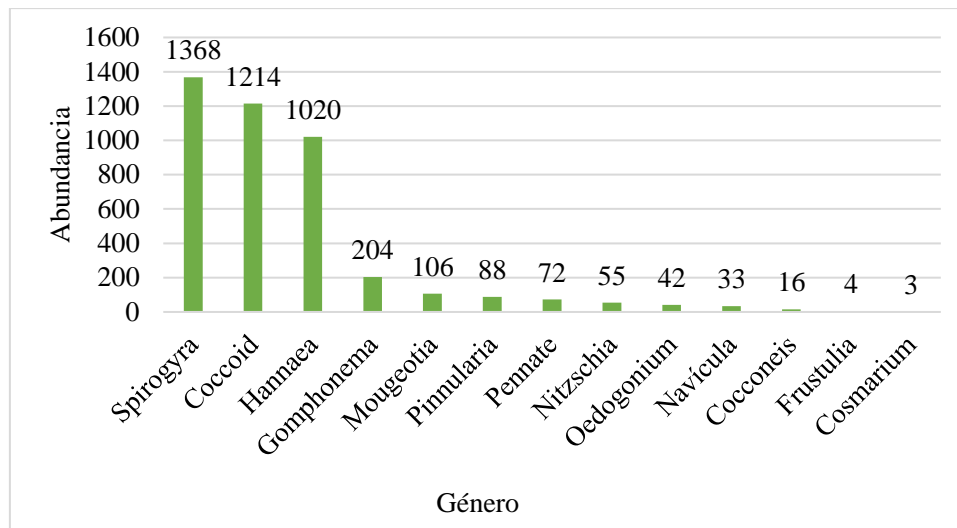


Figura 9. Abundancia de individuos por género

### 6.3 Resultados de la determinación de los índices de biodiversidad para la evaluación de los indicadores ecológicos

En la Tabla 11, se presentan los resultados de los índices de diversidad de Shannon-Wiener, Margalef, Equitatividad de Pielou y la cobertura del dosel para las dos áreas, una conservada y otra intervenida, donde se evaluó la vegetación riparia y las comunidades de perifiton. Los índices de Shannon, Margalef y Equitatividad para el perifiton en el área conservada fueron 2,37; 4,39; 0,66 respectivamente, lo que indicó una conservación media y una uniformidad moderada entre los géneros presentes. Sin embargo, el área intervenida mostró índices de Shannon y Margalef de 2,67 y 3,79 respectivamente, lo que sugirió una conservación media, pero con una mayor uniformidad debido a la dominancia de pocos géneros. Estos datos se interpretaron según los rangos de cada índice en las Tablas 3, 4 y 5.

Tabla 11. Índices de biodiversidad de las áreas conservada e intervenida

Área	Ecosistema	Abundancia	Shannon_ H	Margalef_ D	Equitability_ J
Conservado	Vegetación riparia	107	3,68	10,49	0,94
Intervenido		61	2,36	4,14	0,82
Conservado	Comunidades de perifiton	2911	2,37	4,39	0,66
Intervenido		1314	2,67	3,76	0,79

## 7 Discusión

La microcuenca El Carmen ha demostrado un nivel medio de conservación, evidenciado tanto en la vegetación arbórea como en las comunidades de perifiton presentes en las zonas riparias de las áreas conservadas e intervenidas. Los índices de Shannon-Wiener, que oscilan entre 1,36 y 3,5; junto con los índices de Margalef, con valores entre 2 y 5, y la Equitatividad de Pielou, con valores cercanos a 1, corroboran este nivel medio de conservación. Estos hallazgos, concuerdan con lo que menciona Daufour y Rodríguez (2019), que proporcionan una visión valiosa de la salud y la resiliencia de la vegetación riparia y las comunidades de perifiton.

En este contexto, las zonas riparias tienen un microclima húmedo que favorece la coexistencia simbiótica de diversas especies de fauna y flora (Carrasco et al., 2014), en esta zona se encontraron 168 individuos arbóreos con un DAP mayor o igual a 5 cm, 32 especies en el área conservada y 16 en el área intervenida. Como menciona Capa (2019), estos individuos no solo reflejan la cantidad, sino también la diversidad de especies en el área y la importancia de la microcuenca El Carmen como un ecosistema diverso y valioso desde el punto de vista ecológico.

Por otra parte, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) del área conservada, la especie *Meriania tomentosa* correspondió al mayor porcentaje con 8,15 % del IVI; y en contraste con el área intervenida, la presencia abundante de una especie, específicamente *Alnus acuminata* llegó a tener un valor de DAP mayor que las demás especies, lo que resultó en un aumento de su IVI y una disminución correspondiente del IVI de las otras especies.

Al analizar las familias arbóreas más representativas, se observó que Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae y Betulaceae fueron las más abundantes en términos de número de individuos. La presencia de Melastomataceae, conocida por su ecología de germinación y su interacción con las aves frugívoras, junto con Myrtaceae, importante para el almacenamiento de carbono, sugiere un ecosistema con un nivel adecuado de conservación (Ordóñez et al., 2022). Además, la presencia de Rubiaceae, que proporciona hábitat y alimento para una variedad de organismos, y Betulaceae, conocida por su capacidad de fijación de nitrógeno (Haq et al., 2021), refuerza esta afirmación. Esto sugiere un adecuado nivel de conservación de la microcuenca, ya que estas familias desempeñan un papel importante en la estructura y composición de los bosques, de acuerdo con estudios previos de Aguirre (2017); Uvidia et al., (2022) que también identificaron estas familias en bosques montanos con buena conservación. Por lo tanto, se reafirma el buen estado de conservación de la microcuenca.

Por otro lado, los resultados de las comunidades de perifiton en la microcuenca El Carmen mostraron una mayor dominancia de los *phylums* Chlorophyta y Bacillariophyta. Estos *phylums* representaron una importante cantidad de abundancia en los microorganismos registrados, respectivamente. Según Baylón et al., (2018), menciona que la presencia de estos *phylums* representa un buen estado de conservación del cuerpo de agua. Como menciona Lozano et al., (2019), son más tolerantes a la entrada de luz, y este factor, puede afectar a la composición y diversidad del perifiton.

La vegetación riparia puede reducir la cantidad de sedimentos y contaminantes que entran al río, proporcionando un hábitat más limpio y saludable para estos *phylums* (Cartuche et al. 2023). Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Baylón et al., (2018), que destacó la importancia de la vegetación riparia para el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, ya que aporta materia orgánica. Aunque este estudio presenta diferencias con el de Urrutia et al., (2017), donde se identificaron diferentes géneros de perifiton y se registraron distintas abundancias, ambos estudios coinciden en subrayar el papel crucial que desempeñan las comunidades de perifiton en la salud y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.

A medida que el rango altitudinal cambia de 2153 hasta 3416 m s.n.m. en la microcuenca El Carmen (Arteaga et al., 2013), también lo hacen los sistemas químicos y las comunidades biológicas, entre ellas las comunidades de perifiton (Dodds y Maasri, 2022). En la microcuenca El Carmen, se destacaron cinco géneros en las comunidades de perifiton: Spirogyra, Coccoid, Hannaea, Gomphonema y Mougeotia. Estos géneros, por su abundancia, son fundamentales para la estructura y dinámica de los ecosistemas acuáticos. Buendia et al. (2015), menciona que en la identificación de géneros de perifiton, muchas especies comparten características ecológicas similares. No obstante, expertos como Blanco et al. (2013), que realizaron estudios identificando especies, observaron que, para obtener evaluaciones biológicas más precisas, es fundamental llevar a cabo la identificación a nivel de especie.

En la vegetación riparia, se observaron diferencias significativas en la composición y estructura entre el área conservada e intervenida de la microcuenca. En el área conservada, se encontró una diversidad de especies como *Meriania tomentosa*, *Palicourea heterochroma*, *Meriania sp*, *Delostoma integrofolium*, y *Eugenia valvata*, una especie endémica. Estas especies pueden ser indicadoras de un ecosistema saludable y bien conservado debido a su sensibilidad a las alteraciones ambientales (Aguirre, 2017).

Por otro lado, en el área intervenida, predominaron especies como *Alnus acuminata* y *Myrcianthes sp*, las cuales han demostrado tener una mayor resiliencia a condiciones modificadas debido a la contaminación antrópica, como menciona Cardoso et al. (2013), estas especies son indicadoras de áreas perturbadas o intervenidas, ya que pueden tolerar y adaptarse a condiciones de estrés ambiental, como la contaminación y la alteración del hábitat

Un estudio realizado por Cortés et al., (2020) en Potrero Grande, Chipaque, Colombia, encontró que la intervención humana resultó en una disminución de la diversidad de especies en el Bosque Andino. De manera similar, otro estudio realizado por Sandino, (2017) en la microcuenca Tierra Amarilla, Nicaragua, se encontró que las áreas intervenidas tenían una menor diversidad de especies vegetales por actividades antrópicas. En este contexto, es importante destacar el papel crucial que juegan la vegetación riparia y las comunidades de perifiton como indicadores ecológicos de estos ecosistemas. La vegetación riparia aporta materia orgánica, regula el agua y proporciona hábitat para la vida silvestre (Dugdale et al., 2018). Las comunidades de perifiton, por otro lado, contribuyen a la diversidad biológica (Haq et al., 2021).

Estos hallazgos resaltan la importancia de la conservación y el manejo adecuado de los bosques para preservar la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas forestales. Este hecho es respaldado por varios estudios que han demostrado que la intervención humana puede alterar significativamente la composición y estructura de los bosques.

## 8 Conclusiones

- El área conservada exhibe una mayor riqueza y diversidad en comparación con el área intervenida, sin embargo, existe una diversidad media en la vegetación riparia y en las comunidades de perifiton de ambas áreas. En el caso de la vegetación riparia, esta diversidad media se atribuye principalmente a los diámetros de las especies y su área basal por hectárea. En cuanto a las comunidades de perifiton, la diversidad media se debe a la presencia similar de 11 especímenes en las dos áreas.
- Las especies que tienen un IVI significativamente mayor, son indicativos de conservación, por su capacidad de poder adaptarse a una variedad de condiciones ambientales y suelos pobres en nutrientes, como *Meriana tomentosa* (8,15 %) en el área conservada y *Alnus acuminata* (25,78 %) en el área intervenida.
- La diversidad de las comunidades de perifiton es un claro indicativo de la recuperación y conservación de la microcuenca. Ya que, se registró una notable riqueza y diversidad de especímenes similares en ambas áreas, lo que sugiere una recuperación del ecosistema en el área intervenida.

## **9 Recomendaciones**

- Investigar sobre los impactos positivos y negativos que puedan causar las actividades antrópicas, ampliando la cantidad de transectos instalados para la obtención de mejores resultados.
- Para todo estudio de este tipo, utilizar la cobertura del dosel, con el objetivo de conocer si la cobertura de la zona riparia influye en las comunidades de perifiton.
- Mejorar la identificación en las comunidades de perifiton a nivel de especies, de modo que la identificación a nivel de especie permita una mayor discriminación y comprensión de las comunidades de perifiton presentes en el agua, lo que es valioso para una evaluación más completa de la calidad del recurso hídrico.

## 10 Bibliografía

- Abril, R., López Anabel, & Reyes, J. (2017). Influencia del dosel y sotobosque en pérdida de suelo por escorrentía en bosque de realce. Scielo. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000200002)
- Aguirre, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medidic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Aguirre, Z. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543–556. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>
- Aguirre, Z. (2019). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja.
- Arteaga, J., Ayala, G., Briseño, J., Gonzalez, J., Grnada, A., Luzuriaga, R., & Vasquez, C. (2013). Microcuencas abastecedoras de agua para la ciudad de Loja. [https://www.academia.edu/10910728/Microcuencas\\_abastecedoras\\_de\\_agua\\_para\\_la\\_ciudad\\_de\\_Loja](https://www.academia.edu/10910728/Microcuencas_abastecedoras_de_agua_para_la_ciudad_de_Loja)
- Ayora Ordóñez, M. F. (2016). Caracterización de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de microcuencas intervenidas y de referencia del cantón Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/14414>
- Baylón Coritoma, M., Roa Castro, K., Libio Sánchez, T., Tapia Ugaz, L., Jara Pena, E., Macedo Prada, D., Salvatierra Sevillano, A., & Dextre Rubina, A. (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecología Aplicada*, 17(1), 119–132. <https://doi.org/10.21704/REA.V17I1.1180>
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., De Godos, I., Bécares, E., Muñoz, R., Guzman, H., Vargas, V., & Soto, R. (2013). New diatom taxa from high-altitude Andean saline lakes. *Diatom Research*, 28(1), 13–27. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2012.734528>
- Bojorge, M., y Cantoral, E. (2016). La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiológica*, 26(1), 1–8. <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n1/0188-8897-hbio26-01-00001.pdf>



- Buendia, M., Tavera, R., & Novelo, E. (2015). Florística y ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de xochimilco-tláhuac, México. *Botanical Sciences*, 93(3), 531–558. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.148>
- Cajamarca, N., Gaona, L., Jimenez, N., Acosta, M., & Camargo, L. (2021). Diversidad de perifiton como indicador de calidad de agua en Caño Barandas, Reserva Natural El Diamante de las Aguas, Guaviare, Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 143–153. <https://doi.org/10.47499/revistaacsb.v1i33.243>
- Campo, A., & Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 34(2), 25–42. [https://doi.org/10.5209/REV\\_AGUC.2014.V34.N2.47071](https://doi.org/10.5209/REV_AGUC.2014.V34.N2.47071)
- Cantonati, M., Zorza, R., Bertoli, M., Pastorino, P., Salvi, G., Platania, G., Prearo, M., & Pizzul, E. (2021). Recent and subfossil diatom assemblages as indicators of environmental change (including fish introduction) in a high-mountain lake. *Ecological Indicators*, 125. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107603>
- Capa, K. (2019). Análisis del estado de conservación de zonas riparias en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la Hoya de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21585/1/Karina%20Liseth%20Capa%20Cobos.pdf>
- Cardoso, P., Rigal, F., Fattorini, S., Terzopoulou, S., & Borges, P. (2013). Integrating Landscape Disturbance and Indicator Species in Conservation Studies. *plos one*, 8(5), e63294. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063294>
- Carrasco, S., Hauenstein, E., Peña, F., Bertrán, C., Tapia, J., & Vargas, 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 - Botanica*, 71(1), 1–9. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432014000100002>
- Cartaya, S., Zurita, S., & Mantuano, R. (2016). Propuesta de corredores ecológicos y zonas de amortiguamiento como medidas para restaurar la conectividad del hábitat de la especie *Cuniculus paca* en Ecuador. *Ambiente y Desarrollo*, 20(39), 69. <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd20-39.pcez>

- Cartuche, A., Manoylov, K., Ibelings, B., Venail, P., & Aguirre, N. (2023). Changes in periphyton communities with land use in tropical mountain streams from Loja (Ecuador). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2945251/v1>
- Castillo, F. A. J. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE*, 6(4), 81–97. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.80>
- Ceccon, E. (2017, December). Resiliencia, resistencia, elasticidad y fragilidad de los ecosistemas ribereños de montaña. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/321886568\\_Capitulo\\_vii\\_resiliencia\\_resistencia\\_elasticidad\\_y\\_fragilidad\\_de\\_los\\_ecosistemas\\_riberenos\\_de\\_montana](https://www.researchgate.net/publication/321886568_Capitulo_vii_resiliencia_resistencia_elasticidad_y_fragilidad_de_los_ecosistemas_riberenos_de_montana)
- Cerón, V., Vargas, G., Figueroa, A., & Restrepo, I. (2018). El enfoque de sistemas socio ecológicos en las ciencias ambientales. *Universidad Del Norte*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/SU10082928>
- Céspedes, E. (2014). Análisis taxonómico de las principales especies de diatomeas (Bacillariophyceae) en seis sitios en la cuenca del río Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. En *Escuela De Historia: Vol. I*. 58 <http://www.biologia.ucr.ac.cr/TesisLic/EdwinCespedesVargas.pdf>
- Cortés Ballén, L., Camacho Ballesteros, S., & Matoma Cardona, M. (2020). Estudio de la composición y estructura del bosque andino localizado en Potrero Grande, Chipaque (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1). <https://doi.org/10.31910/RUDCA.V23.N1.2020.1483>
- Cotler, H., Galindo, A., González Ignacio, Pineda, R., & Ríos, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. In *semarnat* (Primera). <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- Cruz, B., Gaspari, F., Rodríguez, A., Carrillo, F., & Téllez, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 23, 26–34. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67441039004>
- Cuyckens, G., Malizia, L., & Blundo, C. (2015). Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña

- (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). *Madera Bosques*, 21(3), 137–148.  
<https://doi.org/10.21829/MYB.2015.213463>
- Daufour, S., & Rodríguez, P. (2019). Definición del concepto de zona riparia y vegetación de ribera: principios y recomendaciones. 20. <https://converges.eu/resources/riparian-zone-riparian-vegetation-definition-principles-and-recommendations/>
- Dodds, W., & Maasri, A. (2022). The River Continuum Concept. *Encyclopedia of Inland Waters*, Second Edition, 2, 237–243. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00105-5>
- Doretto, A., Piano, E., & Larson, C. (2020). The river continuum concept: Lessons from the past and perspectives for the future. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(11), 1856–1864. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0039/asset/images/large/cjfas-2020-0039f3.jpeg>
- Dufour, S., & Rodríguez, P. (2019). Definición del concepto de zona riparia y vegetación de ribera: principios y recomendaciones. <https://converges.eu/resources/riparian-zone-riparian-vegetation-definition-principles-and-recommendations/>
- Dugdale, S. J., Malcolm, I. A., Kantola, K., & Hannah, D. M. (2018). Stream temperature under contrasting riparian forest cover: understanding thermodynamics and heat exchange processes. *Science of The Total Environment*, 610–611, 1375–1389. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.198>
- Eguiguren, P., Ojeda, T., Maita, J., Samaniego, N., & Aguirre, N. (2022). Vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas de alta montaña abastecedoras de agua en la Región Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(1), 43–53. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i1.1324>
- Espinoza, M., & González, J. (2015). Estudio de bifurcaciones en ríos. <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1781/HC-1510.1.pdf?sequence=1>
- Farfán, F. (2019). Descripción de la estructura del dosel arbóreo. *Ciencia, Tecnología e Innovación Para La Caficultura Colombiana*. [https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1102/1/AVT\\_501.pdf](https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1102/1/AVT_501.pdf)

- Figueredo, J. (2019). Metodología para determinar zonas de recarga hídrica en municipios o comunidades con recursos financieros limitados. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34946/Figueredopanjorgeluis2019.pdf.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- García, R. (2014). Evaluación de condiciones actuales del corredor ripario del río Chisacá (Bogotá, Colombia) con el fin de identificar estrategias para su restauración. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 181. <https://doi.org/10.22490/21456453.1336>
- Guzman Valqui, B. K., & Leiva Tafur, D. (2017). Diatomeas como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas - Perú. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i1.220>
- Hammer, O., Hrapner, D., & Ryan, P. (2001). (PDF) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. [https://www.researchgate.net/publication/259640226\\_PAST\\_Paleontological\\_Statistics\\_Software\\_Package\\_for\\_Education\\_and\\_Data\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/259640226_PAST_Paleontological_Statistics_Software_Package_for_Education_and_Data_Analysis)
- Haq, Z., Khan, S. M., Shah, S. A., & Abdullah. (2021). Ecosystem Services of Himalayan Alder. *Ecological Intensification of Natural Resources for Sustainable Agriculture*, 429–459. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4203-3\\_12/cover](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4203-3_12/cover)
- Hernández, J., & Carrillo Sandra. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/332706185\\_Sobre\\_el\\_uso\\_adecuado\\_del\\_coeficiente\\_de\\_correlacion\\_de\\_Pearson\\_definicion\\_propiedades\\_y\\_suposiciones](https://www.researchgate.net/publication/332706185_Sobre_el_uso_adecuado_del_coeficiente_de_correlacion_de_Pearson_definicion_propiedades_y_suposiciones)
- Hinojosa, M., Hernández, M., Otazo, E., & Acevedo, O. (2022). Indicadores de sustentabilidad a nivel cuenca. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 10(19), 1–10. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.8204>
- Ibáñez, J., Fuster, R., Mancilla, G., & Silva, K. (2013). Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36817/S2014205\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36817/S2014205_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Israde, I., García, M., & González, Z. (2023). Diatom assemblages from different environments of the Acoolco Caldera associated to hydrothermal and anthropogenic activity. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4). <https://doi.org/10.1007/S10661-023-11125-9>
- Kirkham, A. R., Richthammer, P., Schmidt, K., Wustmann, M., Maeda, Y., Hedrich, R., Brunner, E., Tanaka, T., Van Pée, K. H., Falciatore, A., y Mock, T. (2017). A role for the cell-wall protein silacidin in cell size of the diatom *Thalassiosira pseudonana*. *ISME Journal*, 11(11), 1–13. <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.100>
- Kristensen, P. B., Kristensen, E. A., Riis, T., Alnoee, A. B., Larsen, S. E., Verdonschot, P. F. M., & Baattrup-Pedersen, A. (2015). Riparian forest as a management tool for moderating future thermal conditions of lowland temperate streams. *Inland Waters*, 5(1), 27–38. <https://doi.org/10.5268/IW-5.1.751>
- Lalremsanga, H. (2021). River continuum concept. Department of Zoology. [https://www.researchgate.net/publication/351782397\\_River\\_continuum\\_concept](https://www.researchgate.net/publication/351782397_River_continuum_concept)
- Lemly, A.D. y Dimmick, J.F. (1982). Structure and dynamics of zooplankton communities in the littoral zone of some North Caroline lakes. *Hidrobiologia*. 88(3):299-307.
- López-Delgado, E. I., Vásquez-Ramos, J. I., Villa-Navarro, F. I., & Reinoso-Florez, G. I. (2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, ISSN-e 1909-4841, Vol. 1, No. 10, 2015, 1(10), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5644630&info=resumen&idioma=SPA>
- Lozano, S., Vásquez, C., Rivera, C., Zapata, A., & Ortiz, M. (2019). Efecto de la vegetación riparia sobre el fitoperifiton de humedales en la Orinoquía colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 67–85. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69086>
- Lozano, S., Vásquez, C., Rivera, C., Zapata, A., & Ortiz, M. (2019). Efecto de la vegetación riparia sobre el fitoperifiton de humedales en la Orinoquia Colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 67–85. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69086>
- Lozano, S., Vásquez, C., Rivera, C., Zapata, A., & Ortiz, M. (2019). Effect of the riparian vegetation on the phytoperiphyton of wetlands in the Colombian Orinoquía. *Acta Biologica Colombiana*, 24(1), 67–85. <https://doi.org/10.15446/ABC.V24N1.69086>

- Mendoza Cariño, M., Quevedo Nolasco, A., Bravo Vinaja, Á., Flores Magdaleno, H., de la isla de Bauer, M. de L., Gavi Reyes, F., & Zamora Morales, B. P. (2014). Estado ecológico de ríos y vegetación ribereña en el contexto de la nueva ley general de aguas de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(4), 429–436. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Mendoza, H. (2013). Patrones de riqueza específica de las familias melastomataceae y rubiaceae en la cordillera oriental, Colombia, norte de los Andes y consideraciones para la conservación. *Colombia Forestal*, 15(1), 5–54. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-07392012000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392012000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Montoya, Y., & Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 16(3), 91–117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169429726007>
- Morocho, F., Santin, J., Ruiz, L., Alvarado, V., & Rengel, E. (2018). Evaluación de la calidad de las riberas en cuencas prioritarias del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador. *Bosque Latitud Cero*. [https://www.researchgate.net/publication/331523729\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_las\\_riberas\\_en\\_cuencas\\_prioritarias\\_del\\_canton\\_Loja\\_provincia\\_de\\_Loja\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/331523729_Evaluacion_de_la_calidad_de_las_riberas_en_cuencas_prioritarias_del_canton_Loja_provincia_de_Loja_Ecuador)
- Mosquera, Z., & Martínez, L. (2022). Variación espacial de la comunidad de algas del perifiton en quebradas de la cuenca del río San Juan, Chocó, Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178), 192–205. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1593>
- Mueller-Dombois, D., y Ellenberg, H. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. In *Geographical Review* (Vol. 66, Issue 1, p. 114). <https://doi.org/10.2307/213332>
- Muñoz, L. (2013). Uso de Densiómetro Concavo. *El Blog Forestal*. <https://mluisforestal.wordpress.com/2013/04/08/uso-de-densio metro-concavo/#comments>
- Nahuelpi, M. (2018). Indicadores de diversidad vegetal según niveles diferenciales de degradación para el tipo forestal siempre verde en la cordillera de la costa y de los andes, Chile.

[https://www.researchgate.net/publication/351275369\\_indicadores\\_de\\_diversidad\\_vegetal\\_segun\\_niveles\\_diferenciales\\_de\\_degradacion\\_para\\_el\\_tipo\\_forestal\\_siempreverde\\_en\\_la\\_cordillera\\_de\\_la\\_costa\\_y\\_de\\_los\\_andes\\_chile](https://www.researchgate.net/publication/351275369_indicadores_de_diversidad_vegetal_segun_niveles_diferenciales_de_degradacion_para_el_tipo_forestal_siempreverde_en_la_cordillera_de_la_costa_y_de_los_andes_chile)

Ordóñez, C. A., Messeder, J. V., Mancipe, C., Calderón, M., & Silveira, A. O. (2022). Seed Germination Ecology in Neotropical Melastomataceae: Past, Present, and Future. *Systematics, Evolution, and Ecology of Melastomataceae*, 707–733. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99742-7\\_32/cover](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99742-7_32/cover)

Perez, P., Toro, B., & Hernandez, E. (2014). Relación entre la comunidad de fitoperifiton y diferentes fuentes de contaminación en una quebrada de los andes colombianos: relación fitoperifiton y contaminación ambiental. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/273523987\\_Relacion\\_entre\\_la\\_comunidad\\_de\\_fitoperifiton\\_y\\_diferentes\\_fuentes\\_de\\_contaminacion\\_en\\_una\\_quebrada\\_de\\_los\\_andes\\_colombianos\\_relacion\\_fitoperifiton\\_y\\_contaminacion\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/273523987_Relacion_entre_la_comunidad_de_fitoperifiton_y_diferentes_fuentes_de_contaminacion_en_una_quebrada_de_los_andes_colombianos_relacion_fitoperifiton_y_contaminacion_ambiental)

Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: concepto y experiencias. 338. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/17713>

Ramírez, J. (2015). Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca de río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador [Universidad Nacional de La Plata]. <https://pdfs.semanticscholar.org/71b2/ea4e116785a639b599f4700d3e204289365b.pdf>

Rimarachín, V. (2014). Ecosistemas de aguas continentales del Perú. *Métodos de Colecta, Identificación y Análisis de Comunidades Biológicas*, 26–37. <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>

Rios, E., Cotler, H., & Gonzalez, I. (2013). Cuencas hidrográficas. *Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/280938710\\_Cuencas\\_hidrograficas\\_Fundamentos\\_y\\_perspectivas\\_para\\_su\\_manejo\\_y\\_gestion](https://www.researchgate.net/publication/280938710_Cuencas_hidrograficas_Fundamentos_y_perspectivas_para_su_manejo_y_gestion)

- Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Saldise, G., Natividad, G., Corral, G., López, M., & Rodrigálvarez, A. (2015). Teoría y práctica del transecto como método de inventario para el Sabinar.
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H., Correa, V., & Hidalgo, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. *MINAM*, 1.
- Sandino, S. (2017). Caracterización biofísica de la Microcuenca Tierra Amarilla. *El Porvenir*. [https://www.academia.edu/42251319/Caracterizaci%C3%B3n\\_biof%C3%ADsica\\_de\\_la\\_Microcuenca\\_Tierra\\_Amarilla](https://www.academia.edu/42251319/Caracterizaci%C3%B3n_biof%C3%ADsica_de_la_Microcuenca_Tierra_Amarilla)
- Santin, J., Alvarado, V., & Rengel, E. (2018, December). Evaluación de la calidad de las riberas en cuencas prioritarias del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/329923524\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_las\\_riberas\\_en\\_cuencas\\_prioritarias\\_del\\_canton\\_loja\\_provincia\\_de\\_loja\\_ecuador](https://www.researchgate.net/publication/329923524_Evaluacion_de_la_calidad_de_las_riberas_en_cuencas_prioritarias_del_canton_loja_provincia_de_loja_ecuador)
- Shannon, C. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: Illinois UP.
- Simón, J.C., García, R., Del Barrio, G., Ruiz, A., Márquez, S., Sanjuán, M.E. 2013. Diseño de una metodología para la aplicación de indicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 318 pp. <http://hdl.handle.net/10261/179380>
- Suqui, A., Célleri, R., Crespo, P., & Carrillo, G. (2021). Interacciones entre índice de área foliar, densidad del dosel y precipitación efectiva de un bosque de *polyepis reticulata* ubicado en un ecosistema de páramo. *La Granja*. <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.04>
- Tovar, N., Gaona, L., Jimenez, N., Acosta, M., & Camargo, L. (2021). Diversidad de Perifiton como indicador de calidad de agua en Caño Barandas, Reserva Natural El Diamante de las Aguas, Guaviare, Colombia. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 143–153. <https://doi.org/10.47499/REVISTAACCB.V1I33.243>



- Urrutia, R., Almanza Viviana, Basualto, S., & Parra, O. (2017). Análisis de fitoplancton en muestras de agua. <https://snia.mop.gob.cl/sad/CQA5735.pdf>
- Uvidia, K., Salazar, L., & Bonilla, S. (2022). Caracterización de fragmentos de bosque montano en un escenario de transición urbana. *CienciAmérica*. <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/396/865>
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas hidrográficas. *Universidad Politécnica Salesiana*, 1, 15–114. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>
- Vega, A., Rivas, S., Corral, J., & Diéguez, U. (2022). Vista de modelación de las estructuras diamétricas en bosques naturales de Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1187>
- Vilches, C., Casco, M. A., & Giorgi, A. (2016). El perifiton como indicador de contaminación difusa: el caso de la cuenca superior del río Reconquista (Buenos Aires, Argentina). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 51(4), 579–595. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-23722016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Walteros, J., & Castaño, J. (2018). Reconociendo nuestros ríos como sistemas socio ecológicos. *Iniciativa desde la ciencia ciudadana. Simposio Regional de Biología*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21983.97449>
- Yaguana, R., & Cartuche, V. (2022). Variación de diatomeas (Bacillariophyta) en un gradiente del estado de conservación de ribera del río Malacatos, Loja- Ecuador. *cedamaz*, 12(2). <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i2.1626>
- Zapata, S., Benavides, H., Carpio, C., & Willis, D. (2013). The economic value of basin protection to improve the quality and reliability of potable water supply: the case of Loja, Ecuador. *Water Policy*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.2166/WP.2011.007>

## 11 Anexos

Anexo 1. caracterización de la estructura y la composición florística en zonas riparias de la hoya de Loja

Reconocimiento del área



Instalación de parcelas



Anexo 2. Toma de datos dasométricos, Plaqueo, señalización de árboles medidos en las parcelas y toma de cobertura del dosel



Identificación del estrato arbóreo



## Toma de datos de la cobertura del dosel



## Anexo 3. Toma de parámetros estructurales de estrato arbóreo

Tabla 12. Coordenadas UTM 17S de los transectos establecidos en la microcuenca El Carmen

<b>Puntos con GPS</b>				
<b>Coordenadas UTM 17S</b>				
N° de transecto	Estado	Altitud (m. snm)	E	N
1	Conservado	2336	704918	9553032
2	Conservado	2341	704894	9553214
3	Conservado	2335	704837	9553321
4	Conservado	2324	704746	9553431
5	Conservado	2309	704605	9553513
6	Intervenido	2300	704516	9553592
7	Intervenido	2288	704388	9553659
8	Intervenido	2269	704135	9553680
9	Intervenido	2249	703947	9553757
10	Intervenido	2236	703785	9553887

Tabla 13. Parámetros estructurales de todas las especies del componente arbóreo del área conservada de la microcuenca El Carmen

<b>Especies</b>	<b>Abundancia</b>	<b>DR (%)</b>	<b>DmR (%)</b>	<b>FR (%)</b>	<b>IVI (%)</b>
<i>Meriania tomentosa</i>	16	14,95	3,49	6	8,15
<i>Palicourea heterochroma</i>	9	8,41	7,84	6	7,42
<i>Meriania sp</i>	6	5,61	9,36	4	6,32
<i>Delostoma integrofolium</i>	4	3,74	9,37	4	5,70
<i>Eugenia valvata</i>	5	4,67	5,01	6	5,23
<i>Palicourea amethystina</i>	4	3,74	3,64	8	5,13
<i>Miconia sp</i>	5	4,67	6,29	4	4,99
<i>Panopsis pdystachya</i>	4	3,74	9,10	2	4,95
<i>Aphelandra canthifolia hook</i>	6	5,61	2,88	6	4,83
<i>Meliosma sp</i>	4	3,74	3,26	6	4,33
<i>Schefflera sp</i>	3	2,80	7,37	2	4,06
<i>Ocotea sp</i>	5	4,67	5,11	2	3,93
<i>Aniba muca</i>	4	3,74	1,23	6	3,66
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	2	1,87	6,65	2	3,51
<i>Alnus acuminata</i>	2	1,87	4,31	2	2,73
<i>Gynoxys cf laurifolia</i>	2	1,87	3,37	2	2,41
<i>Schefflera acuminata</i>	3	2,80	1,41	2	2,07
<i>Cybianthus peruvianus</i>	3	2,80	0,75	2	1,85
<i>Nectandra laurel</i>	2	1,87	1,19	2	1,69
<i>Morella pubescens</i>	1	0,93	1,94	2	1,63
<i>Weinmania glabra</i>	2	1,87	0,93	2	1,60
<i>Piper bogotense</i>	2	1,87	0,81	2	1,56
<i>Delostoma integrifolia</i>	2	1,87	0,59	2	1,49
<i>Tournefortia fuliginosa</i>	2	1,87	0,56	2	1,47
<i>Symplocus sp</i>	2	1,87	0,53	2	1,47
<i>Turpinia occidentalis</i>	1	0,93	1,08	2	1,34
<i>Cyathea plicata</i>	1	0,93	0,64	2	1,19
<i>Cavendishia bracteata</i>	1	0,93	0,34	2	1,09
<i>Joosia dielsiana</i>	1	0,93	0,31	2	1,08
<i>Saurauia bullosa</i>	1	0,93	0,24	2	1,06
<i>Weinmania sp</i>	1	0,93	0,22	2	1,05
<i>Ilex hualgayoca loizeau</i>	1	0,93	0,19	2	1,04
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 14. Parámetros estructurales de todas las especies del componente arbóreo del área intervenida de la microcuenca El Carmen

Especies	Abundancia	DR (%)	DmR (%)	FR (%)	IVI (%)
<i>Alnus acuminata</i>	13	21,31	39,36	16,67	25,78
<i>Myrcianthes sp</i>	19	31,15	32,05	5,56	22,92
<i>Aphelandra canthifolia hook</i>	8	13,11	3,01	5,56	7,23
<i>Gynoxys cf laurifolia</i>	5	8,20	7,71	5,56	7,15
<i>Hedyosmun scabrum</i>	3	4,92	3,37	5,56	4,62
<i>Roupala monosperma</i>	1	1,64	4,74	5,56	3,98
<i>Eucalyptus glóbulos</i>	2	3,28	2,84	5,56	3,89
<i>Symplocus sp</i>	2	3,28	2,08	5,56	3,64
<i>Nectandra laurel</i>	1	1,64	2,35	5,56	3,18
<i>Eucalyptus saligna</i>	1	1,64	0,85	5,56	2,68
<i>Miconia sp</i>	1	1,64	0,60	5,56	2,60
<i>Euphorbia laurifolia</i>	1	1,64	0,24	5,56	2,48
<i>Turpinia occidentalis</i>	1	1,64	0,21	5,56	2,47
<i>Palicourea amethystina</i>	1	1,64	0,21	5,56	2,47
<i>Piper aduncum</i>	1	1,64	0,19	5,56	2,46
<i>Piper bogotense</i>	1	1,64	0,18	5,56	2,46
Total	61	100	100	100	100

Tabla 15. Cobertura dentro y fuera de cada transecto de la microcuenca El Carmen

Transecto	Punto	Variable	N	S	E	W	Total	%	Apertura (*1,04)	Cobertura (*1,04)	Cobertura final (%)
T1	DP	Apertura	14	9	4	17	44	11,00	11,44		88,56
	FP	Apertura	80	60	24	20	184	46,00	47,84		52,16
T2	DP	Apertura	17	7	20	3	47	11,75	12,22		87,78
	FP	Apertura	72	60	76	56	264	66,00	68,64		31,36
T3	DP	Apertura	10	8	11	7	36	9,00	9,36		90,64
	FP	Apertura	47	72	34	64	217	54,25	56,42		43,58
T4	DP	Apertura	18	37	6	20	81	20,25	21,06		78,94
	FP	Apertura	80	29	14	20	143	35,75	37,18		62,82
T5	DP	Apertura	6	13	12	26	57	14,25	14,82		85,18
	FP	Apertura	26	10	40	31	107	26,75	27,82		72,18
T6	DP	Apertura	11	16	14	7	48	12,00	12,48		87,52
	FP	Apertura	48	8	33	6	95	23,75	24,70		75,30
T7	DP	Cobertura	50	40	42	33	165	41,25		42,90	42,90

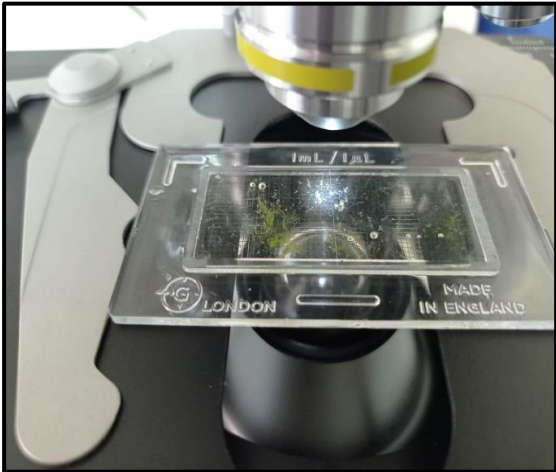
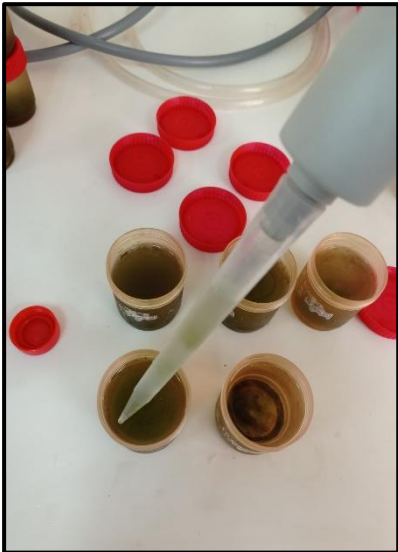
	FP	Cobertura	34	32	22	42	130	32,50		33,80	33,80
T8	DP	Cobertura	25	57	40	57	179	44,75		46,54	46,54
	FP	Cobertura	45	21	27	25	118	29,50		30,68	30,68
T9	DP	Cobertura	55	52	34	53	194	48,50		50,44	50,44
	FP	Cobertura	3	64	14	48	129	32,25		33,54	33,54
T10	DP	Cobertura	43	48	38	63	192	48,00		49,92	49,92
	FP	Cobertura	76	36	52	68	232	58,00		60,32	60,32

#### Anexo 4. caracterización de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja

##### Recolección y traslado de perifiton



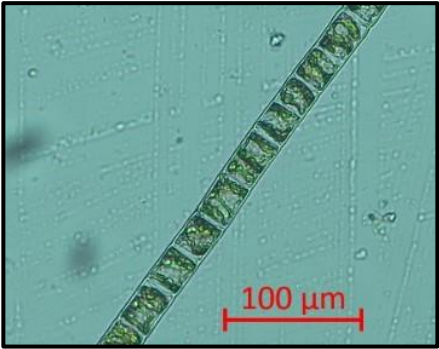
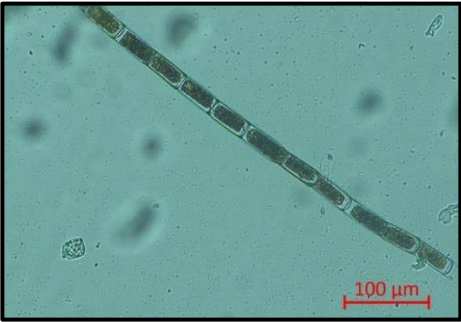
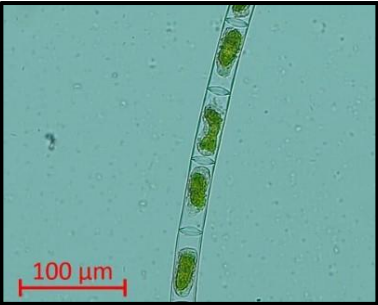

Análisis posterior se realizó en el laboratorio

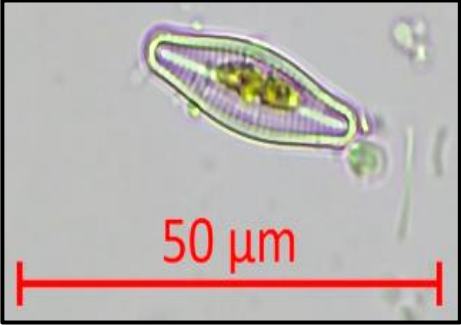
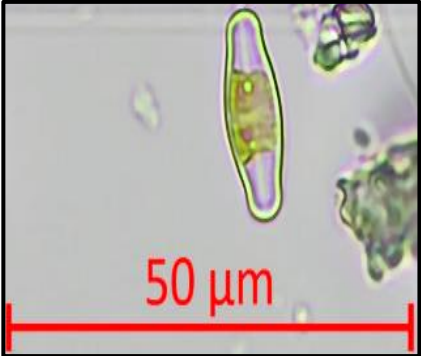
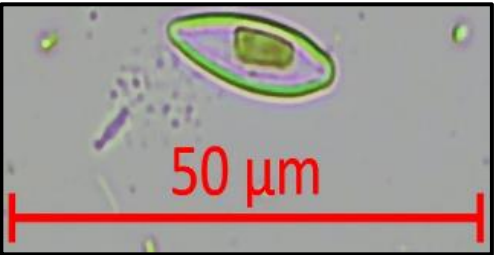
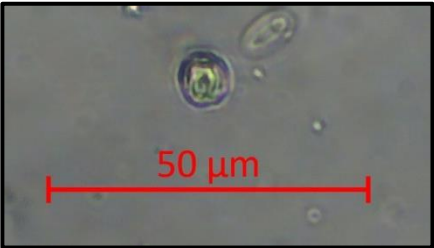


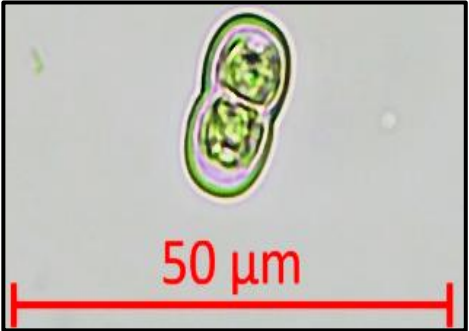
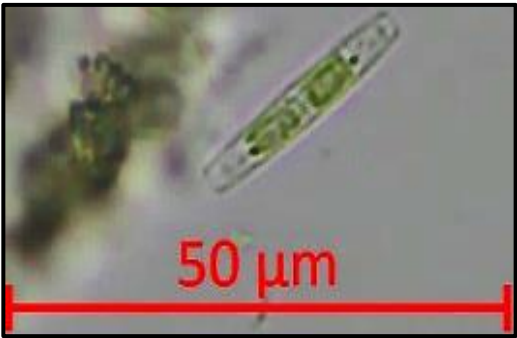
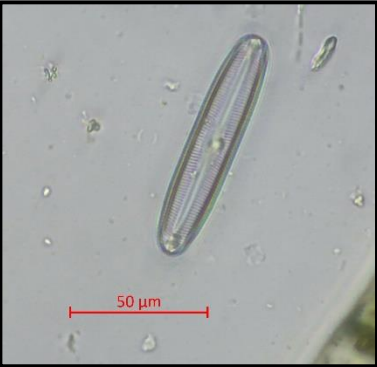
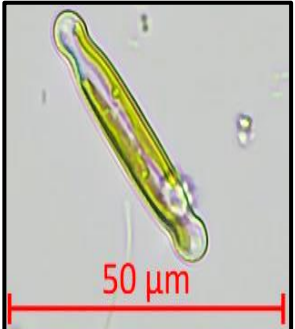


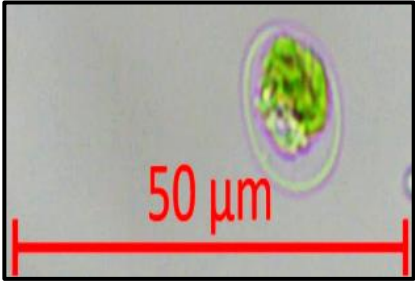

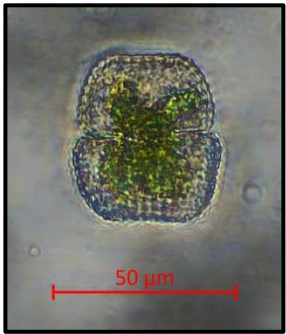
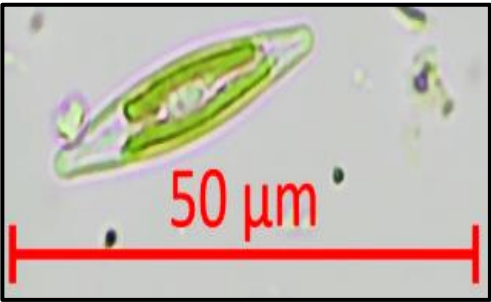
Anexo 5. Identificación de la diversidad de las comunidades de perifiton en zonas riparias de la hoya de Loja


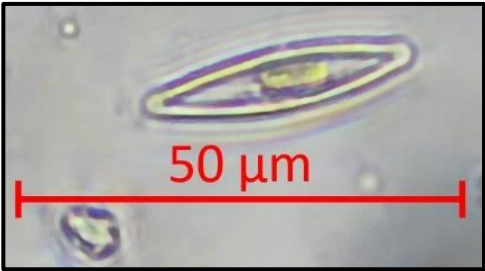
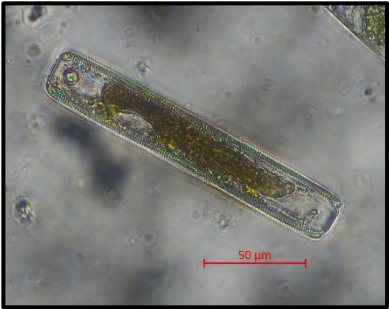
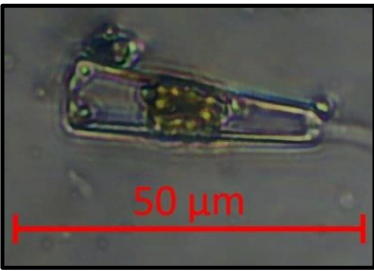
Tabla 16. Identificación del *phylum* y género de las comunidades de perifiton


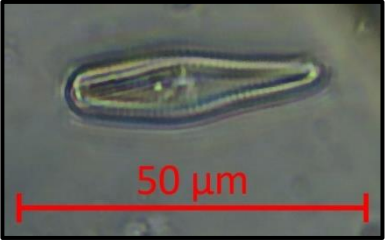
N°	specimen	<i>Phylum</i>	Género
1		Chlorophyta	Spirogyra sp
2		Chlorophyta	Oedogonium sp
3		Chlorophyta	Mougeotia sp
4		Bacillariophyta	<i>Hannaea arcus</i>

N°	specimen	<i>Phylum</i>	<b>Género</b>
5		Bacillariophyta	Navícula sp1
6		Bacillariophyta	Navícula sp2
7		Bacillariophyta	Gomphonema parvulum
8		Chlorophyta	Coccoid

N°	specimen	<i>Phylum</i>	<b>Género</b>
9		Chlorophyta	Coccoid
10		Bacillariophyta	<i>Nitzschia</i> sp
11		Bacillariophyta	Pinnularia sp1
12		Bacillariophyta	Pinnularia sp2

N°	specimen	<i>Phylum</i>	<b>Género</b>
13		Bacillariophyta	Cocconeis
14		Bacillariophyta	Frustulia sp1
15		Chlorophyta	Cosmarium sp
16		Bacillariophyta	Navicula sp3

N°	specimen	<i>Phylum</i>	<i>Género</i>
17		Bacillariophyta	Frustulia sp. 2
18		Bacillariophyta	Gomphonema sp2
19		Bacillariophyta	<i>Pinnularia sp3</i>
20		Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp2</i>

N°	specimen	<i>Phylum</i>	<i>Género</i>
21		Bacillariophyta	<i>Pinnularia sp2</i>
22		Bacillariophyta	<i>Gomphonema sp2.</i>

Anexo 6. Certificación de traducción del Resumen/Abstract

Lic. Jordy Christian Granda F., Mgs.  
0967352473  
[Chris-gra1993@hotmail.com](mailto:Chris-gra1993@hotmail.com)  
Loja – Ecuador

Loja, 19 de marzo de 2024

El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal,

**CERTIFICA:**

Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **Joseph Alexander Quevedo Ruiz**, con cedula de ciudadanía No. **0704669811**, cuyo tema de investigación se titula: **Evaluación de indicadores ecológicos asociados a ecosistemas riparios en la microcuenca El Carmen de la Hoya de Loja**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

***English is a piece of cake!***



Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.  
**ENGLISH PROFESSOR**

