



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA BIOLÓGICA**

**TÍTULO DE BIÓLOGO**

**Briófitos reófilos como indicadores de la contaminación del agua  
del Río Zamora de la ciudad de Loja**

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Autor: Vásquez Ojeda, Cristina Alejandra

Director: Benítez Chávez, Ángel Raimundo, M. Sc.

**LOJA – ECUADOR**

2015

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Director.

Ángel Raimundo Benítez Chávez.

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “Briófitos reófilos como indicadores de la contaminación del agua del Río Zamora de la ciudad de Loja”, realizado por Vásquez Ojeda Cristina Alejandra, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre del 2015

f).....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Vásquez Ojeda Cristina Alejandra declaro ser autora del presente trabajo de titulación: Briófitos reófilos como indicadores de la contaminación del agua del Río Zamora de la ciudad de Loja, de la Titulación de Biología, siendo Benítez Chávez Ángel Raimundo director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

**Autor:** Vásquez Ojeda Cristina Alejandra

**CI:** 1105025223

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser mi motor de vida, por permitir el suficiente entendimiento para discernir lo bueno que he recibido, por su infinito amor y bondad.

A mis padres Eduardo y Nila, por ser mi mayor fortaleza, mi apoyo incondicional, quienes han dado dirección a mi vida y han permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos, Santiago, Eduardo y María Belén, por ser un gran ejemplo de perseverancia y lucha para que cada día sea mejor.

A mi familia, que siempre estuvo pendiente, brindando apoyo incondicional.

A mis amigos entrañables, quienes siempre estuvieron formando sonrisas de soporte en días de luz y días grises.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Técnica Particular de Loja por haber puesto a disposición siempre lo necesario para mi formación como profesional.

A mis docentes, por la paciencia y sobre todo por los sabios conocimientos que me brindaron a lo largo de la carrera.

A M. Sc Ángel Benítez, por ser mi mentor en esta área de investigación, por sus enseñanzas, consejos y apoyo desde el comienzo, durante el trabajo y en la elaboración de este documento.

A Karen, Andrea, Jonathan, Fernando, Diego y Geovanny por su colaboración para llevar acabo la presente investigación.

## INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	viii
ABREVIATURAS .....	ix
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
1.1    Morfología de briófitos .....	6
1.1.1.    Características generales .....	6
1.1.2.    División de briófitos.....	8
1.1.2.1.    División Bryophyta (musgos).....	8
1.1.2.2.    División Marchantiophyta (hepáticas).....	9
1.1.2.3.    División Anthoceroophyta (antoceros).....	9
1.1.3.    Ciclo de vida .....	10
1.1.4.    Importancia.....	11
1.2.    Diversidad de briófitos .....	12
1.2.1.    Diversidad a nivel mundial .....	12
1.2.2.    Diversidad y distribución y estado de conservación de briófitos en el Ecuador	13
1.2.3.    Briófitos reófilos .....	13
1.3.    Briófitos como bioindicadores .....	14
1.3.1.    Concepto de bioindicador .....	14
1.3.2.    Tipos de bioindicador.....	14
1.3.3.    Estudios de briófitos como indicadores de contaminación en el Ecuador ...	15
1.4.    Objetivo general. ....	15
1.5.    Preguntas de investigación.....	15
CAPÍTULO 2.....	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1    Área de estudio. ....	17
2.2    Diseño y recolección de datos.....	18

2.3 Análisis de datos. ....	18
CAPITULO 3.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
3.1 Resultados. ....	21
3.3.1 Riqueza y diversidad de especies. ....	21
3.3.2 Composición y estructura de las comunidades de briófitos reófilos.....	22
3.2 Discusión.....	26
CONCLUSIONES .....	30
BIBLIOGRAFÍA .....	31
ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

**Tabla 1.** Características generales de briófitos.

**Tabla 2.** Análisis de varianza de la riqueza y diversidad (índice de Shannon-Weaver) de briófitos reófilos.

**Tabla 3.** Resultados del análisis multivariante de dos factores, basado en permutaciones (PERMANOVA) para briófitos reófilos.

**Tabla 4.** Resultados de la prueba PERMANOVA por pares entre zonas.

**Tabla 5.** Análisis de especies indicadoras (ISA).

**Figura 1.** Morfología de las briófitos.

**Figura 2.** Esquema del ciclo de vida de los briófitos.

**Figura 3.** Área de estudio.

**Figura 4.** Diagrama de cajas de la riqueza y diversidad mediante el índice de Shannon-Weaver de briófitos reófilos.

**Figura 5.** Análisis de escalamiento multidimensional (NMDS). Zonas de muestreo de las especies de briófitos reófilos a lo largo del río Zamora.

**Figura 6.** Dendrograma de los resultados del análisis TWISNPAN, con dos niveles de separación y tres grupos vegetales.



## ABREVIATURAS

**PERMANOVA:** Análisis Multivariante Permutacional.

**NMDS:** Escalamiento multidimensional no métrico.

**ISA:** Análisis de Especies Indicadoras.

**TWINSpan:** Análisis de Especies Indicadoras de dos Vías.

**SIMPER:** Porcentaje de Similitud

**ANOVA:** Análisis de Varianza.

**EPT:** Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

## RESUMEN

Los briófitos reófilos son considerados organismos bioindicadores, debido a que se adaptan a los ambientes acuáticos respondiendo a gradientes ambientales y por absorber nutrientes por toda la superficie; lo que los convierte en organismos modelo para evaluar la contaminación del agua por desechos orgánicos y metales pesados. A pesar de su gran importancia, en el país sólo se han realizado estudios para medir la calidad del agua mediante organismos bentónicos y en base a pruebas físico-químicas siendo metodologías de gran costo económico.

El estudio se realizó en el Río Zamora de la ciudad de Loja y el objetivo fue determinar cambios en la riqueza, composición y estructura de las comunidades de briófitos reófilos a lo largo del río. Los resultados demostraron que la riqueza y diversidad de especies disminuyó a medida que el agua del río ingresa a la ciudad; y la composición de especies fue significativamente diferente en la zona sur con respecto a las zonas centro y norte de la ciudad; relacionado con el proceso de urbanización en los lugares céntricos de la ciudad que implican mayor contaminación orgánica y afluentes de aguas residuales.

Palabras clave: briófitos reófilos, bioindicador, contaminación del agua, río urbano.

## **ABSTRACT**

The rheophilic bryophytes are considered bioindicator organisms, because they adapt to aquatic environments responding to environmental gradients and absorb nutrients across the surface; what makes them model organisms for assessing water contamination by organic waste and heavy metals. Despite its great importance in the country they have only been conducted to measure the quality of water by benthic organisms and based on physico-chemical testing methodologies being great economic cost.

The study was conducted in the Zamora River in the city of Loja and the objective was to determine changes in wealth, composition and structure of bryophytes reófilos communities along the river. The results showed that the species richness and diversity decreased as the river water enters the city; and species composition was significantly different in the south compared to the central and northern areas of the city; related to the process of urbanization in central locations in the city involving greater organic pollution and sewage effluents.

Keywords: rheophilic bryophytes, biological indicators, water contamination urban river

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación, titulada “Briófitos reófilos como indicadores de la contaminación del agua del Río Zamora de la Ciudad de Loja” se analizó la riqueza y composición de estos organismos, lo que permitió determinar los niveles de contaminación del río y, además, a largo plazo definir zonas de monitoreo de la microcuenca del río Zamora.

El trabajo está dividido en tres capítulos: en el capítulo uno se presenta el marco teórico que a su vez se subdivide en tres puntos importantes: morfología de briófitos, diversidad de briófitos y finalmente briófitos como bioindicadores. El capítulo dos incluye materiales y métodos, en donde se describe el área de estudio, metodología de muestreo y el análisis de datos. En el capítulo tres se presentan e interpretan los resultados obtenidos, para responder a las preguntas de investigación, además se sustenta la investigación con información secundaria relevante sobre el tema.

Gran parte de los análisis para medir la calidad del agua están basados en pruebas físico-químicas, siendo metodologías de alto costo económico, es por ello que con la presente investigación se promueve el uso de briófitos reófilos como una herramienta para determinar la contaminación de los ríos de las cuencas, trabajo pionero desarrollado en la Universidad Técnica Particular de Loja. La metodología aplicada está basada en varias investigaciones realizadas a nivel global. En base a esto, el objetivo general del presente proyecto investigativo fue “Determinar la riqueza y composición de briófitos reófilos relacionados con la contaminación del agua en el río Zamora de la ciudad de Loja”, y las preguntas de investigación se enfocaron en: ¿La riqueza de briófitos reófilos cambia a lo largo del río Zamora de la ciudad de Loja? y ¿La composición y estructura de las comunidades cambian a lo largo del río Zamora de la ciudad de Loja?

El trabajo de campo y laboratorio que se realizó durante la investigación se llevó a cabo gracias al apoyo de la Universidad Técnica Particular de Loja, la misma que colaboró con los insumos necesarios. Todas las actividades realizadas fueron tuteladas por el Director de tesis.

En cuanto a la metodología, se seleccionaron 10 puntos de muestreo a lo largo del río Zamora, en cada una de las localidades se establecieron 10 cuadrantes de 20 x 30 cm, en

cada cuadrante se registró la frecuencia y cobertura de briófitos que están apoyados en el suelo y rocas de las orillas del cauce del río, considerando como orilla 1 m a partir del margen del río.

Los análisis se enfocaron en la riqueza y diversidad mediante el Índice de Shannon (Shannon & Weaver, 1949). Los cambios en la riqueza y diversidad se determinaron con un análisis de varianza (ANOVA). La composición de las comunidades se determinó mediante un análisis multivariante de dos factores, basado en permutaciones (PERMANOVA) (Anderson et al., 2008), también un análisis de SIMPER (Clarke & Warwick, 1998) para identificar las especies que contribuyen a las diferencias en la composición de las comunidades. Se realizó un análisis de ordenación multidimensional (NMDS) para determinar la variabilidad de las comunidades a nivel de zonas. Además, para determinar las especies indicadoras se aplicó los análisis: ISA y TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis) (Hill, 1979) para identificar la mayor similitud en cuanto a la composición florística a nivel de grupos.

## **CAPÍTULO 1**

### **MARCO TEÓRICO**

## 1.1 Morfología de briófitos

### 1.1.1. Características generales.

Los briófitos son plantas diminutas que incluyen tres grupos principales: musgos (División Bryophyta), hepáticas (División Marchantiophyta) y antoceros (División Anthoceroophyta) y aunque estos tres linajes no forman un grupo monofilético, presentan caracteres reproductores y estructurales comunes (Medina, 2006) (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los briófitos.

	<b>HEPÁTICAS</b>	<b>ANTOCEROS</b>	<b>MUSGO</b>
Ramas	Se desarrollan de las células iniciales de la hoja o células internas del tallo.	Carecen de ramas.	Se desarrollan de la epidermis del tallo.
Hojas	En 2-3 filas, enteras o lobadas. Nervadura media ausente.	Carecen de hojas	Generalmente en espiral o enteras. Con o sin nervadura presente.
Células	Con varios cloroplastos pequeños. Cuerpos oleíferos generalmente presentes. Trígonos presentes.	Con 1-2 cloroplastos grandes. Carecen de cuerpos oleíferos. Carecen de trígonos.	Con varios cloroplastos pequeños. Carecen de cuerpos oleíferos. Carecen usualmente de trígonos.
Cuerpos aceitosos	Presentes	Carecen	Carecen
Rizoides	Unicelulares	Unicelulares	Multicelulares
Gametofito	Con hojas o taloides.	Taloides.	Con hojas, no taloides.

Esporofito	Crecen por una célula apical. Totalmente cubierto hasta la madurez por la caliptra y por órganos de protección (perianto, marsupio o involucre).	Crecen por una célula del meristemo basal. Parte basal cubierta por involucro. Carece de caliptra.	Crecen por una célula apical. Parte superior cubierta por la caliptra, no hay otros órganos de protección.
Seta	Frágil, se alarga después de la maduración de las esporas	Ausente	Rígida, se alarga antes de la maduración de las esporas
Maduración de las esporas	Sincrónica, antes del alargamiento de la seta	Asincrónica	Sincrónica, después del alargamiento de la seta
Cápsula	Redonda a cilíndrica, con una seta incolora y frágil o carece de seta. Dehiscencia por (1-) 4 valvas a la vez. Elátters presentes, columela presentes y peristoma ausente.	Cilíndrica a filiforme, carece de seta. Dehiscencia gradual por -2 valvas. Elátters y columela presentes, peristoma ausente.	Redonda a cilíndrica, seta pigmentada. Dehiscencia por un opérculo. Elátters ausentes. Columela y peristoma presente.
Protonema	Muy pequeño, taloide, produce solo un gametofito.	Muy pequeño, taloide, produce solo un gametofito.	Filamentoso, produce varios gametofitos.

Fuente: Gradstein et al., 2001; León-Yáñez et al., 2013.



### 1.1.2. División de briófitos.

Actualmente, musgos (División Bryophyta), hepáticas (División Marchantiophyta) y antoceros (División Anthocerophyta), todos presentan similar tamaño y ciclo de vida, la diferencia entre los tres grupos se encuentra en la morfología general y especialmente en la estructura (Figura 1) (Calzadilla et al., 2010).

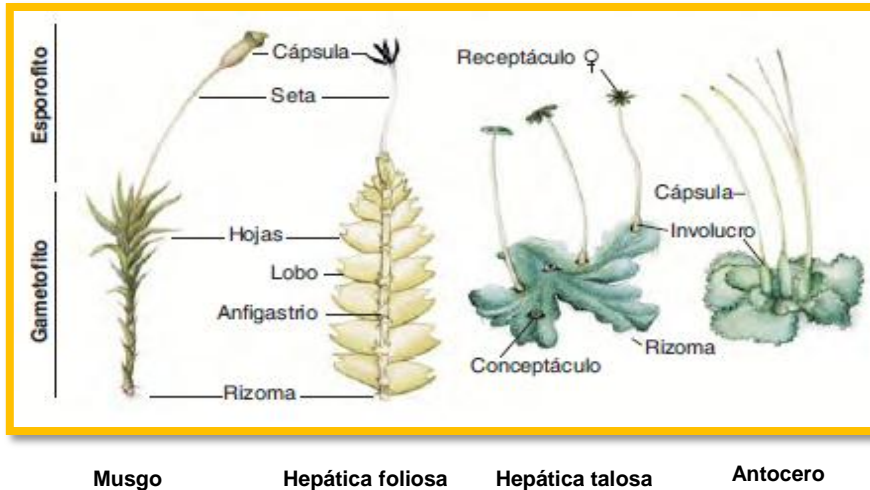


Figura 1. Morfología de los briófitos.  
Fuente: Calzadilla et al., 2010.

#### 1.1.2.1. División Bryophyta (musgos).

Se cataloga a los musgos como el grupo más numeroso y el más diverso de los briófitos (Delgadillo, 2003). Son plantas pequeñas, la mayoría mide entre 0,5 y 1 cm, se caracteriza por poseer una coloración variada, verde, verde-amarillentos, amarillo-rojiza, incluso de color negro; generalmente son organismos tolerantes a la sequía, pero crecen principalmente en lugares húmedos y de sombra, en diversos sustratos como rocas, barrancos, troncos, ramas de árboles, entre otros (Campos et al., 2008; León-Yáñez et al., 2013).

Pueden ser erectos (musgos acrocárpicos) o postrados (musgos pleurocárpicos), se los encuentra fijados al sustrato mediante sus rizoides pluricelulares, ramificados y con paredes transversales oblicuas (Barrera & Osorio, 2008; Rosalina, 2010).

Poseen gametofitos, siempre divididos en caulidios y filidios, esporofitos persistentes (Estébanez et al., 2011). Los filidios, se organizan de tres o más hojas a lo largo del tallo,

en su mayoría son largas lanceoladas, presentan un nervio llamado costa, es visible en la parte central, de longitud variable, percurrente o excurrente y en ciertos géneros, se encuentra ausente (Campos et al., 2008; León-Yáñez et al., 2013). La costa puede ser doble, en algunos musgos tropicales y en otros musgos se la observa cubierta por filamentos o lamelas (Delgadillo, 2003).

#### **1.1.2.2. División Marchantiophyta (hepáticas).**

Las hepáticas son plantas pequeñas al igual que los musgos de color variado; verde, verde-amarillento, verde-rojizo o marrón, crecen en diversos sustratos: rocas, suelo y sobre los troncos y ramas de los árboles y un grupo de ellas que crecen sobre las hojas de otras plantas (León-Yáñez et al., 2013). Presentan dos grupos diferenciados, por la morfología externa de sus gametofitos; talosas y foliosas. Las hepáticas talosas generalmente están postradas, como un listón, ramificado dicotómicamente, con una línea media de gran grosor y numerosos rizoides unicelulares en la superficie de contacto al sustrato; cuando se la identifica muy gruesa, entonces se habla de hepáticas talosas complejas o cuando es muy fina de hepáticas talosas simples, en cambio en las hepáticas foliosas, el gametofito se encuentra formando un tallo y hojas a ambos lados del tallo. (Delgadillo, 2003; Campos et al., 2008; Estébanez et al., 2011).

#### **1.1.2.3. División Anthoceroophyta (antoceros).**

Los antoceros a diferencia de los musgos y las hepáticas son menos diversos, según Gradstein et al., (2001) alrededor de 30 especies están descritas para el Neotrópico. Se distribuyen de preferencia en hábitats húmedos y sombríos, en el suelo o sobre rocas a lo largo de ríos, quebradas y en los bancos de carretera. Sin embargo algunos géneros crecen de forma epífita en árboles y en troncos (León-Yáñez et al., 2013). Morfológicamente son similares a las hepáticas talosas, pero se distinguen por la presencia de un único cloroplasto en cada célula y por la forma cilíndrica de crecimiento indeterminado de su esporófito (Rosalina, 2010). Se fijan al sustrato por rizoides lisos y unicelulares (Barrera & Osorio, 2008).

### 1.1.3. Ciclo de vida.

El ciclo de vida de los briófitos se caracteriza por presentar una generación gametofito (haploide o formadora de gametos) que es dominante, en relación a la generación esporofita (diploide o formadora de esporas), el esporofito pasa durante toda su vida conectado al gametofito (Rosalina, 2010; Barrera & Osorio, 2008).

La cápsula se abre para diseminar las esporas haploides dando lugar al protonema, el cual conformará a los gametofitos, estos gametofitos a la vez portarán los gametangios: anteridios produciendo espermatozoides y arquegonios produciendo ovocélulas, cuando la lluvia moja los gametangios maduros, los espermatozoides provistos de flagelos se conducen hacia la ovocélula que se encuentra en el interior del arquegonio produciendo la fecundación de la ovocélula u oosfera, el cigoto dará paso al esporofito inmaduro, el cual se desarrolla en el arquegonio y el esporofito ( $2n$ ) crecerá en dependencia del gametofito, y una vez alcanzada la maduración se diferenciará en seta y cápsula (Calzadilla et al., 2010). Dentro de la cápsula se encuentran los esporangios encargados de la producción de esporas haploides, de esta manera, el ciclo biológico habrá iniciado una vez más con una nueva generación gametofítica (Calzadilla et al., 2010; Glime, 2013; Ordoñez & Collado, 2003; Baroli, 2014) (Figura 2). También presentan propagación vegetativa a partir de yemas, fragmentos y tubérculos rizoidales (Glime, 2007).

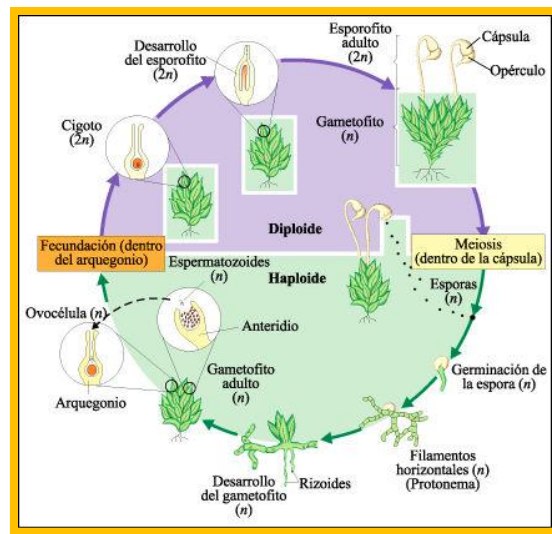


Figura 2. Esquema del ciclo de vida de los briófitos.  
Fuente: <http://es.slideshare.net/jaiomiguel/briofitas>

#### **1.1.4. Importancia.**

Los briófitos son poiquilohídricos, es decir pierden y ganan agua a través de las membranas celulares, de esta manera equilibran la cantidad de agua que disponen las células hacia el medio (Cubas, 2008).

Los factores que determinan la presencia de los briófitos en los cursos fluviales son la turbulencia, la fluctuación en el nivel del agua, la temperatura, la disponibilidad de carbono inorgánico y nutrientes minerales y la contaminación en sus distintas manifestaciones como la eutrofización, metales pesados, entre otros (Álvaro, 2001).

Los briófitos se comportan a menudo como pioneros en los ecosistemas, a lo que contribuye su capacidad de mantener la calidad del agua ya que son considerados como bioindicadores por su capacidad de acumular metales pesados, de captar nutrientes, y otras partículas para conformar su propio sustrato (Estébanez et al., 2011). En bosques tropicales, el suelo briofítico juega un papel primordial para el establecimiento de vegetación epífita (Pócs, 1982; Lafarge, 2002). También pueden regular la transferencia de nutrientes al ecosistema (Lafarge, 2002). En bosques, se considera a las capas briofíticas como fertilizantes de liberación lenta (Glime, 2007), ya que transfieren a lo largo de varios años los nutrientes retenidos a las capas subyacentes (Weber & Van Cleve, 1984). A esta regulación de los nutrientes puede contribuir la presencia de cianobacterias fijadoras de nitrógeno epífitas en los musgos, que a su vez controlan la abundancia y actividad de sus epífitos en función de la disponibilidad de nitrógeno en el ecosistema (De Luca et al., 2007).

Están presentes en el mantenimiento de las condiciones de humedad y temperatura en los ecosistemas. Los briófitos pueden acumular agua (como una esponja) hasta 15 veces su peso (Proctor, 2009), y en ecosistemas forestales pueden ser responsables hasta de un 50% del agua total captada (Price, 1982).

A pesar de jugar un papel importante en el establecimiento de plantas vasculares, también pueden competir exitosamente con éstas. Los estratos de briófitos construyen una barrera física que impide arraigar las plántulas germinadas (Zamfir, 2000), a veces limitando seriamente la expansión de plantas invasoras que colonizan ciertos espacios (Proctor, 2009).

Se conoce que las interacciones más frecuentes con animales se basan fundamentalmente en las propiedades aislantes y en la capacidad de retención de agua. Algunas aves los emplean para construir o tapizar nidos, pero, más frecuentemente, las comunidades briofíticas son empleadas como refugio para varios invertebrados y otros pequeños animales ya sean acuáticos o animales terrestres (Glime, 2007; Estébanez et al., 2011).

Además se ha visto que los briófitos sirven como bioindicadores de la contaminación y degradación del ambiente, ya que carecen de una cutícula protectora, por eso absorben agua y nutrientes directamente a través de toda su superficie, esta función no solo se la ha visto en bosques primarios, sino también en bosques perturbados, al formar alfombras terrestres dónde detienen el proceso de erosión, disminuyendo la escorrentía rápida y a su vez conservando el agua (Calzadilla et al., 2010).

Además han sido ampliamente utilizados a nivel global por su desarrollada capacidad de acumulación de contaminantes relacionados con metales pesados y contaminación orgánica (Peñuelas, 1994; Bargagli et al., 2002; Adamo et al., 2003; Szczepaniak & Biziuk, 2003; Delepee, 2004; Zechmeister et al., 2006; Samecka & Kempers, 2007; Sarmiento, 2011; Pacheco, 2012; Augusto et al., 2013; Jara et al., 2013 & Boltersdorf et al., 2014).

## **1.2. Diversidad de briófitos.**

### **1.2.1. Diversidad a nivel mundial.**

Se han identificado al rededor 15 000 especies de briófitos en el mundo, los musgos ocupan el primer lugar con 12 800; hepáticas aproximadamente 5 000 especies y, en menor cantidad los antoceros con 100 especies (Gradstein et al., 2001).

Son, por tanto, el segundo grupo de plantas terrestres más diverso, por delante de pteridófitos y gimnospermas, y sólo detrás de las angiospermas (Estébanez et al., 2011).

### **1.2.2. Diversidad, distribución y estado de conservación de briófitos en el Ecuador.**

Ecuador posee una amplia diversidad vegetal, abarca más de 17 000 especies de plantas vasculares y alrededor de 1600 plantas no vasculares, en cuanto a estas últimas Ecuador se considera uno de los países más diversos de los Andes tropicales, con 950 especies de musgos (Churchill, 1994; Churchill et al., 2000) y con alrededor de 700 especies de hepáticas (León-Yáñez et al., 2006).

Según el libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador de las 63 especies de briófitos tratadas, 41 no han podido ser evaluadas ya que existe muy poca información, 4 se consideran en Peligro Crítico, 1 en Peligro, 9 son Vulnerables, 2 Casi Amenazadas y 6 de Preocupación Menor. De estas especies, 26 se distribuyen dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), de las cuales 13 especies, todas hepáticas, están en Galápagos pero dos de ellas también se las encuentran en el continente (León-Yáñez et al., 2011).

Entre los géneros más diversos en Ecuador son *Plagiochila* (73 especies), *Lejeunea* (58 especies) y *Frullania* (55 especies).

### **1.2.3. Briófitos reófilos.**

Se los denomina briófitos reófilos ya que se encuentran relacionados con el agua, estos organismos se adaptan a los ambientes acuáticos a gradientes ambientales, como la corriente del agua y la fluctuación del nivel, de acuerdo a ello se los distingue en dos grupos de briófitos: acuáticos obligados, cuyas especies son aptas para tolerar solo un rango estrecho de fluctuación del nivel de agua y los llamados acuáticos facultativos, en cambio, toleran fluctuaciones considerables, están a menudo totalmente sumergidos en el agua y en algunos casos expuestas a periodos largos de desecación (Vitt & Glime, 1984).

### **1.3. Briófitos como bioindicadores**

#### **1.3.1. Concepto de bioindicador.**

Se llama bioindicador a una herramienta muy eficaz usada para observar a lo largo del tiempo si las condiciones del medio se alteran o permanecen constantes sin ningún tipo de cambio (García & Rubiano, 1984). Muchos bioindicadores son bioacumuladores, lo que permite detectar el contaminante con más facilidad que en el medio y aún después que el tóxico haya desaparecido del ambiente (Billoud et al., 2010).

#### **1.3.2. Tipos de bioindicador.**

Según Capó (2007), los bioindicadores pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios:

a) Según los grados de sensibilidad que muestran frente a estímulos ambientales, se clasifican en especies muy sensibles, sensibles, poco sensibles y resistentes.

b) Según la forma de respuesta a los estímulos se puede clasificar en:

- Detectores: bioindicadores que viven naturalmente en un área y que muestran respuestas tales como cambios de vitalidad, mortalidad, capacidad reproductora, entre otros, ante los cambios ambientales que se produzcan en su entorno.
- Explotadores: bioindicadores cuya presencia indica la probabilidad elevada de que exista una perturbación.
- Centinelas: se introducen artificialmente en un medio y funcionan como alarmas, porque detectan rápidamente los cambios, fundamentalmente para detectar contaminantes.
- Acumuladores: bioindicadores que por lo general son resistente a ciertos compuestos, al ser capaces de absorberlos y acumularlos en cantidades medibles.

c) Según el poder de cuantificar las respuestas, los bioindicadores pueden ser:

- Bioindicadores en sentido estricto: aquellos, que con su presencia o ausencia y abundancia, indican los efectos de un factor ambiental de forma cualitativa, positivo o negativo.
- Biomonitores: son especies que indican la presencia de contaminantes o perturbaciones de forma cualitativa y cuantitativa, porque sus reacciones son de alguna manera proporcionales al grado de contaminación o perturbación.

### **1.3.3. Estudios de briófitos como indicadores de contaminación en el Ecuador.**

A pesar de la gran importancia de estos organismos, en el Ecuador solo se han realizado estudios para medir la calidad del agua usando organismos bentónicos (Giacometti & Bersosa, 2006; Arce & Leiva, 2009; Medina & Andrade, 2009; Aguirre, 2011; Endara, 2012; Viteri, 2013). Además se ha realizado estudios usando los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica (Segura, 2013; Herrera & Peñafiel, 2013; Cango, 2015).

### **1.4. Objetivo general**

Determinar la riqueza y composición de briófitos reófilos relacionados con la contaminación del agua en el río Zamora de la ciudad de Loja.

### **1.5. Preguntas de investigación**

¿La riqueza de briófitos reófilos cambia a lo largo del río Zamora de la ciudad de Loja?

¿La composición y estructura de las comunidades cambian a lo largo del río Zamora de la ciudad de Loja?



## **CAPÍTULO 2**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1 Área de estudio.

El estudio se realizó en un tramo del río Zamora que atraviesa de la ciudad de Loja, provincia de Loja, en las coordenadas UTM WGS84 Z\_17S X = 696744 Y = 9561907; a 2.225 m s.n.m y una precipitación anual de 900 mm (Figura 3).

En el tramo del río Zamora de 15 Km de longitud se seleccionaron 10 localidades, distribuidas de la siguiente manera: Zona sur (micro cuenca El Carmen, puente del Barrio Zamora Huayco, Zamora Huayco) Zona centro (Estadio Reina del Cisne, Instituto Superior Tecnológico “Daniel Álvarez Burneo”, mercado Municipal Gran Colombia Mayorista, Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) y zona norte (Barrio “El Valle”, Unidad Educativa “Calasanz”, Restaurante Oro Mar, Parque Recreacional Jipiro “puente 1”, Parque Recreacional Jipiro “puente 2”).

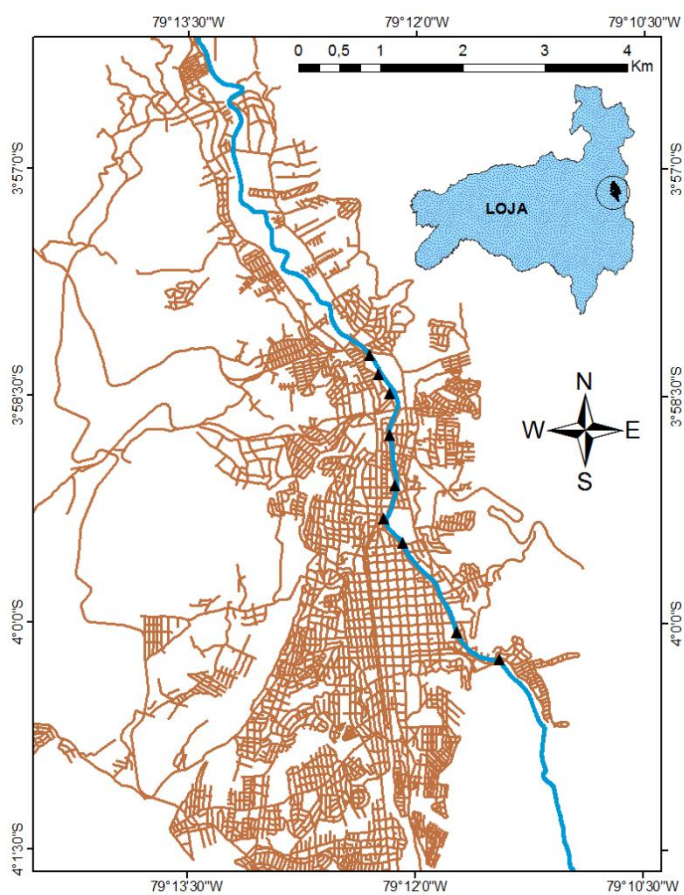


Figura 3. Área de estudio.  
Fuente: Autor, 2015.

## **2.2 Diseño y recolección de datos.**

En cada localidad se realizaron 10 cuadrantes de 20 x 30 cm, apoyados en el suelo de las orillas del cauce del río (Gradstein et al., 2001), considerando como orilla 1 m a partir del margen del río, en cada cuadrante se registró la presencia y cobertura de briófitos reófilos (Anexo 1).

Para la identificación taxonómica de las muestras se trabajó con diferentes bibliografías (Churchill & Linares, 1995; Uribe & Aguirre, 1997; Gradstein et al., 2001; Gradstein & Pinheiro da Costa 2003) y finalmente se las depositó en el Museo de Colecciones Biológicas de la Universidad Técnica Particular de Loja - Colección de líquenes y briófitos.

## **2.3 Análisis de datos.**

Se determinó la riqueza y diversidad de especies mediante el Índice de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949). Shannon ( $H'$ )  $H'=0$  cuando la muestra solo ha tenido una especie, y,  $H'$  fue máxima cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Paredes et al., 2004). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que evalúa las diferencias entre la media de grupos en base al test de scheffe de comparaciones múltiples (Scheffe, 1953).

Para analizar los cambios en la composición de especies de briófitos reófilos a lo largo del río, se realizó un análisis multivariante de dos factores basado en permutaciones (PERMANOVA), sobre los datos de cobertura de especies (Anderson et al., 2008). El diseño incluye dos factores, zona con tres niveles (norte, centro y sur), localidad con 10 niveles y 10 cuadrantes por localidad. Los datos de cobertura (% de briófitos reófilos por cada cuadrante) fueron transformados a  $\log_{10}(x + 1)$  para ver el aporte de las especies raras. Adicionalmente se realizó un PERMANOVA por pares, para determinar la disimilitud de especies entre zonas. Así mismo se realizó un análisis de ordenación multidimensional (NMDS) para determinar la variabilidad de las comunidades de briófitos reófilos a nivel de zonas, y para determinar que especies contribuyeron a establecer las diferencias se utilizó la técnica de análisis SIMPER (Clarke y Warwick, 1998). Para todas las pruebas, se permitió 999 permutaciones aleatorias bajo el modelo reducido y además se usó la

medida de distancia de Bray-Curtis. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico PRIMER 6.1.11 (Anderson et al., 2008).

Además se determinó que especies de briófitos reófilos podrían ser utilizados como indicadores de cada zona mediante el análisis de especies indicadoras (ISA), basado en la frecuencia y abundancia relativa de las especies (Dufrêne & Legendre, 1997). Los valores ISA van de 0 a 100, donde una especie es indicadora cuando los valores son cercanos a 100 y un patrón contrario cuando los valores son cercanos a cero. Los valores ISA fueron testados con el procedimiento de 1000 permutaciones de Monte Carlo, considerándose significativas las especies con un  $p$ -valor  $< 0.05$ . El ISA se calculó con la función *indval* del paquete *labdsv* (Robert, 2010), con el programa estadístico R. 2. 14.0. Finalmente se aplicó el análisis TWINSpan (Two Way Indicator Species Analysis) (Hill, 1979), para determinar la composición florística a nivel de grupos, TWINSpan agrupa las parcelas y las especies en base a la mayor similitud, e indica el grado de separación entre grupos con un eigenvalor que van de 0 a 1, mientras los valores más se acercan 1 existe mayor diferencia entre los grupos y contrario, cuando los valores se acercan a 0. Además se construirá un dendrograma con los resultados del TWINSpan. En el análisis se utilizó la escala de Braun-Blanquet con seis cortes de niveles de pseudoespecies (Hill & Šmilauer, 2005).

## **CAPÍTULO 3**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1 Resultados.

#### 3.3.1 Riqueza y diversidad de especies.

Se identificaron un total de 46 especies de briófitos reófilos a lo largo del tramo del río Zamora Huayco de la ciudad de Loja, distribuidos en 27 géneros y 19 familias. El ANOVA reveló que el número de especies de briófitos reófilos cambia a lo largo del gradiente de urbanización, con diferencias significativas entre, las zonas cercanas al centro de la ciudad que presentan mayor grado de urbanización (zona centro y norte), lo cual incide en la contaminación del río, respecto de la zona sur (Figura 4, Tabla 2). Similar patrón se observó en la diversidad de especies (Índice de Shannon-Weaver) donde la zona sur presentó mayor diversidad al compararla con las otras zonas (Tabla 2, Figura 4).

Tabla 2. Análisis de varianza de la riqueza y diversidad (índice de Shannon-Weaver) de briófitos reófilos.

<b>Riqueza</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>	
Zona	2	71.4	35.71	<b>9.633</b>	<b>0.00015 ***</b>	
Residuals	97	359.6	3.71			
<b>Diversidad</b>						
Zona	2	2.185	10.924	<b>6.131</b>	<b>0.00311**</b>	
Residuals	97	17.284	0.1782			
<b>Nivel de significancia:</b>	0	****	0.001	***	0.01	**
				0.05	!	0.1
				!	!	1

Fuente: Autor, 2015

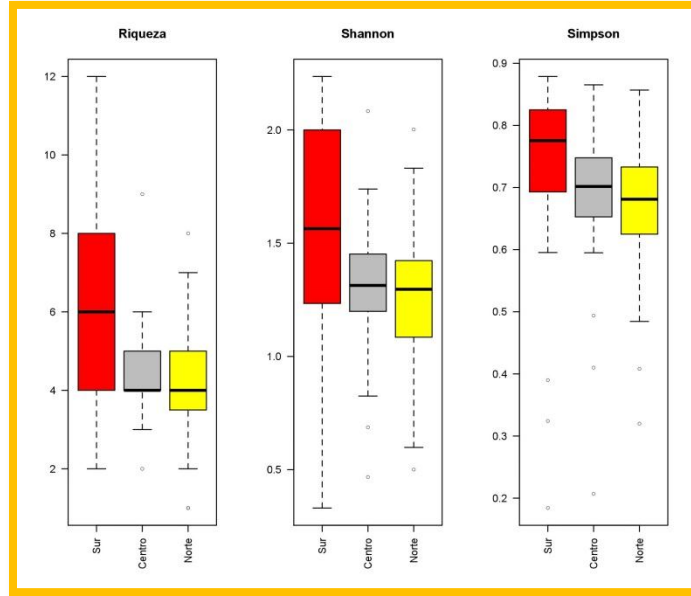


Figura 4. Diagrama de cajas de la riqueza y diversidad mediante el índice de Shannon-Weaver de briófitos reófilos.  
Fuente: Autor, 2015.

### 3.3.2 Composición y estructura de las comunidades de briófitos reófilos.

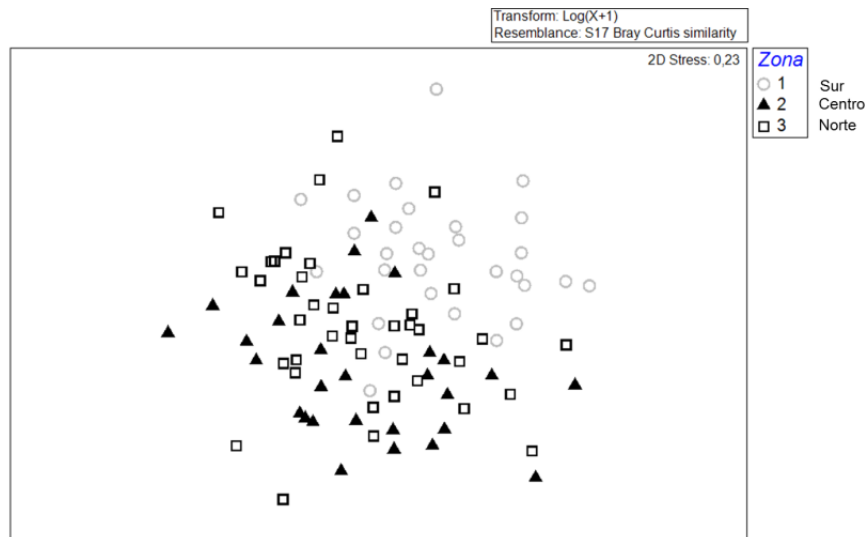
El análisis PERMANOVA demostró que las comunidades de briófitos reófilos variaron significativamente tanto a nivel de zona (Zo) como a nivel de localidad (Lo) (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados del PERMANOVA de dos factores para briófitos reófilos. Df (Grados de libertad); MS (Cuadrados medios); Estadístico F (Estadístico); P (P\_Valor).

<b>Factor</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>P</b>
<b>Zona</b>	2	37336	1,8734	0,019
<b>Localidad (Zona)</b>	7	69753	3,6141	0,001
<b>Residual</b>	90	248150		
<b>Total</b>	99	355240		

Fuente: Autor, 2015

El NMDS determinó un agrupamiento de especies de acuerdo a la similitud de de la zona centro y norte de la ciudad y una similitud baja con la zona sur, señalando una marcada separación entre composición de especies, es decir las comunidades de especies son diferentes entre estas zonas (Figura 5).



1. Figura 5. Análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) de las especies de briófitos reófilos a lo largo del río Zamora.  
Fuente: Autor, 2015.

En el análisis PERMANOVA por pares se estableció que existe una mayor disimilaridad entre la zona sur con respecto a las zonas más cercanas al centro de la ciudad (Zona centro y norte) (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de la prueba PERMANOVA por pares entre zonas; disimilitud (%), según el índice de Bray-Curtis) y nivel de significancia.

Zonas	Disimilaridad (%)	P
Zona Sur vs Zona Centro	88.78	0,032
Zona Centro vs Zona Norte	81.29	0,586
Zona Sur vs Zona Norte	86.89	0,026

Fuente: Autor, 2015.



El análisis SIMPER demostró que las siguientes especies presentaron un mayor porcentaje de contribución para establecer diferencias entre las comunidades de briófitos reófilos en todas las zonas: *Campylopus pauper* (Hampe) Mitt, *Fissidens elegans* Brid, *Fissidens weirii* Mitt, *Lophocolea bidentata* (L.) Dumort, *Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Dumort, *Marchantia chenopoda* L, *Marchantia polymorpha* L, *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk, *Platyhypnidium acuaticum* (A. Jaeger) M. Fleisch, *Riccia stenophylla* Spruce y *Sematophyllum* sp (ANEXO 2).

Se determinó 9 especies indicadoras de la zona sur, 3 especies en la zona norte y una en la zona centro, según el análisis de especies indicadoras (ISA) (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de especies indicadoras (ISA).

<b>Especies indicadoras</b>	<b>Zonas</b>	<b>Valor indicador</b>	<b>P-valor</b>
<i>Clasmatocolea vermicularis</i> Lehm.	Sur	12.9	0.0094
<i>Fissidens elegans</i> .	Norte	30.0	0.0265
<i>Fissidens serratus</i> Müller Hal.	Sur	18.9	0.0011
<i>Lophocolea bidentata</i>	Sur	68.0	0.0001
<i>Marchantia polymorpha</i> .	Centro	26.4	0.0420
<i>Monoclea gottschei</i> Lindb.	Sur	17.2	0.0071
<i>Sematophyllum adnatum</i>	sur	10.8	0.0439
<i>Neeioscyphus</i> sp.	sur	25.9	0.0003
<i>Noteroclada confluens</i> Taylor ex Hook. & Wilson.	sur	25.6	0.0005
<i>Pseudocrssidium</i> sp.	norte	15.0	0.0091
<i>Riccia stenophylla</i> .	norte	28.9	0.0070
<i>Rhodobryum huillense</i> (Welw. & Duby)	sur	28.0	0.0001
<i>Symphyogyna brongniartii</i> Mont.	sur	23.3	0.0003

Fuente: Autor, 2015.

El análisis TWISNPAN determinó que existen tres grupos vegetales a lo largo del área de estudio, el primer grupo separado del segundo y tercer grupo con un eigenvalor de 0.36 y de 0.38 respectivamente (Figura 6). El primer grupo se caracterizó por presentar especies exclusivas, tales como: *Lophocolea* sp, *Plagiochila laetevirens* Lindenb, *Symphyogyna brongniartii* entre otras, el segundo grupo se identificó especies como: *Leptoscyphus* sp., *Orthotrichum* sp y *Thuidium tomentosum* Schimp y finalmente en el tercer grupo *Pseudocrssidium* sp, sin embargo, se puede observar especies compartidas entre grupos y especies generalistas a lo largo del tramo del río (Anexo 3).

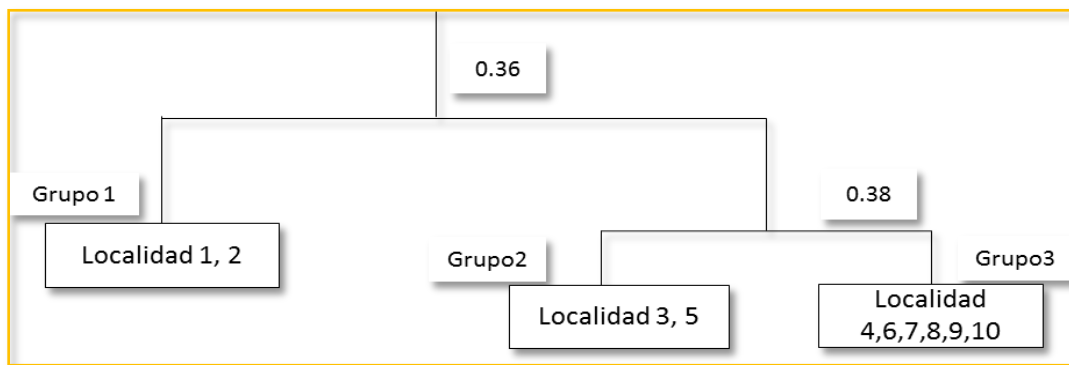


Figura 6. Dendrograma de los resultados del análisis TWISNPAN, con dos niveles de separación y tres grupos vegetales.  
Fuente: Autor, 2015.

### **3.2 Discusión.**

Los resultados señalaron cambios significativos en la riqueza y composición de las comunidades de briófitos reófilos relacionados con un gradiente de contaminación, que está ligado a un mayor grado de urbanización en las zonas del centro de la ciudad, que implican mayor contaminación del río por afluentes de aguas residuales.

El patrón encontrado para la riqueza y diversidad de briófitos reófilos es muy similar en cuanto a otros organismos (insectos, líquenes) en ecosistemas urbanizados, donde la riqueza total y diversidad de especies disminuye de forma drástica al incrementar el grado de urbanización (Carrera & Fierro, 2001; Iñiguez et al., 2014; Cango, 2015; Ochoa et al. en prensa). Así Carrera & Fierro (2001) en base al índice de Sensibilidad Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT) señalaron que las zonas altas (El Carmen y Zamora Huayco), donde existe una mayor riqueza y diversidad de especies, presentaron un bajo nivel de contaminación orgánica del agua, al comparar con las zonas del centro de la ciudad, debido a que la mayor diversidad de estos organismos está relacionada en gran parte por la abundancia de cobertura vegetal. Adicionalmente, durante el análisis de la calidad del agua, los parámetros físico-químicos determinaron que las localidades alejadas de la ciudad (El Carmen y Zamora Huayco) presentaron una baja contaminación y las zonas con mayor urbanización (zona centro y norte) mostraron un patrón contrario (Arce & Leiva, 2009), correlacionándose de esta manera con la riqueza y diversidad del presente trabajo.

Bajo esta premisa, los briófitos reófilos son más frecuentes y diversos en las zonas de la parte alta de la cuenca donde hay menos intervención humana, lo que se debe a que estas zonas conservan sus características naturales por su amplia vegetación y no existe una fuga de los colectores marginales que permiten que aguas negras fluyan hacia el río. Así, se ha documentado que hay mayor frecuencia y diversidad de especies de briófitos reófilos en sitios de corriente rápida y aguas limpias con una alta oxigenación; que también están relacionadas con las características del hábitat (temperatura, pH, turbidez) (Vivas et al., 2002; Ceschin et al., 2012; Poveda, 2014). Estas observaciones por tanto recalcan que estos organismos son sensibles a la mala calidad del agua, por ejemplo Francis & Hoggart (2009), presentaron que los briófitos son menos diversos y abundantes en las zonas céntricas de la ciudad del río Tamesis, debido a la presencia de una mayor área de paredes metálicas y cubiertas de madera en el cauce del río, en comparación con las zonas del río que presentan áreas libres de estos materiales.

Es importante mencionar, que en la presente investigación el cauce de ciertos sectores del centro de la ciudad está embaulado y por ende su vegetación es mínima, lo que implica menos hábitat y área disponible para el establecimiento de las especies. Similar observación se ha documentado en otros estudios, en donde se registra que en las partes más estrechas del río, aguas abajo del centro de la ciudad, la diversidad de briófitos es afectada negativamente ya que dependen del área del sustrato al que se adhieren (Francis & Hoggart, 2009; Downes et al., 2003).

La composición de las comunidades de briófitos reófilos también cambia significativamente en dicho gradiente, aumentando las diferencias conforme se ingresa a las zonas del centro y norte de la ciudad. Estas diferencias le atribuyen mayor frecuencia y cobertura de especies sensibles de briófitos reófilos a las zonas alejadas de la ciudad (zona sur), en donde existen menos asentamientos humanos, menor grado de urbanización y mayor cobertura vegetal, características que facilitan un hábitat adecuado para el establecimiento y desarrollo de estas especies. Este grupo de especies necesitan ambientes del río libre de contaminación, donde las aguas son correntosas, con mayor cantidad de oxígeno y más nutritivas fisiológicamente que las aguas río abajo (Gordillo & Jimbo, 2011), reafirmando así este patrón en trabajos observados por Ceschin et al., (2012); Scarlett & O'Hare (2006), donde manifiestan que la mayoría de especies de briófitos acuáticos prefieren aguas claras, oxigenadas con baja concentración de amonio y fosfatos. Así, en la zona sur se encontró un mayor número de especies sensibles representadas por *Symphyogyna brongniartii*, *Rhodobryum huillense*, *Plagiochila laetevierens*, *Monoclea gottschei*, *Neeioscyphus* sp y *Fissidens serratus*. Varios estudios documentan que estas especies son sensibles a cambios en la calidad del agua del río (Linares, 1986; Uribe & Aguirre, 1995; Linares & Churchill, 1997; Lagos et al., 2008).

Un patrón contrario se observó en las zonas centro y norte del río, que presentan altos niveles de contaminación, falta de oxígeno y mayor cantidad de desechos orgánicos, factores que limitan la capacidad de varias especies sensibles. Algunos autores describen a *Platyhypnidium acuaticum* y *Brachytecium rivulare* como especies características de ambientes abiertos, asociadas principalmente a la tolerancia de aguas ricas en nutrientes como nitratos y fosfatos, correlacionando su presencia con las malas condiciones del agua provocados por los vertidos urbanos (Allegrini, 2000; Scarlett & O'Hare, 2006; Lagos et al., 2008; Ceschin et al., 2012).

Es importante destacar que el establecimiento y crecimiento de este grupo de especies es relativamente común en las riberas de los ríos, sin embargo, la diversidad depende de las estrategias funcionales de las plantas como lo explica Laska (2001). Las especies encontradas tienen estrategias funcionales ruderales, una tendencia observada por Downes et al., (2003) para la vegetación urbana, donde reporta que estas especies se han adaptado a niveles altos de perturbación; y los nutrientes utilizables por inundaciones y depósitos ocasionales por actividades antropogénicas benefician su desarrollo. Como lo confirman varios autores, estas diferencias se deben a las frecuentes perturbaciones de los ríos urbanos, debido a una mayor concentración de asentamientos humanos, los cuales pueden verter a los mismos desechos orgánicos, fertilizantes o pesticidas provenientes de actividades domésticas, agrícolas o ganaderas, ocasionando de esta manera una modificación en las comunidades vegetales en los diferentes tramos fluviales (Downes et al., 2003; Arroyo & Encalada, 2010; Ladrera, 2012). En ésta investigación, dichas características se les atribuye a especies de las zonas bajas (centro y norte) tales como: *Platyhypnidium acuaticum*, *Marchantia polymorpha*, *Sematophyllum* sp y *Rhynchostegium scariosum*, las cuales se ha visto que son propias de lugares perturbados (Belland & Schofield, 1994; Linares & Churchill, 1997; Lagos et al., 2008; Ceschin et al., 2012).

Adicionalmente los análisis TWINSPLAN e ISA mostraron que en la zona sur *Clasmatocolea vermicularis*, *Fissidens serratus*, *Lophocolea bidentata*, *Monoclea gottschei*, *Noteroclada confluens*, *Symphyogyna brongniartii*, *Plagiochila laetevirens* y *Rhodobryum huillense* son indicadoras de aguas no contaminadas. En concordancia varias especies (*Lophocolea bidentata*, *Symphyogyna brongniartii*, *Monoclea gottschei*) se presentan con mayor frecuencia y abundancia en hábitats húmedos y sombríos de gran vegetación, siendo sensibles a cambios ambientales (Ruiz, 2003; Vargas et al., 2014).

En las zonas centro y norte de la ciudad, donde existe un mayor impacto por disturbios antropogénicos, se comparten de forma similar las especies (*Fissidens elegans*, *Riccia stenophylla*, y *Marchantia polymorpha*). Varias investigaciones registran la presencia de *Fissidens elegans* y *Pseudocrossidium* sp en zonas urbanas, mostrando un aumento en la supervivencia y en el crecimiento en medios alterados (Cambra et al., 2009). Se cree que estas especies son tolerantes a la contaminación, adaptadas a variaciones en su hábitat y condiciones de vida, lo cual las califica como especies indicadoras de una intensa actividad urbana (Heras & Soria, 1999; Gecheva & Yurukova, 2008; Cambra et al., 2009).

Cabe recalcar que existe la presencia de especies generalistas, que se distribuyen a lo largo del río, tales como: *Platyhypnidium acuaticum*, *Lophocolea heterophylla*, *Sematophyllum subsimplex*, *Marchantia polymorpha*, *Phaeoceros leavis*, *Fissidens weirii* y *Fissidens elegans*. De la misma manera se ha encontrado a *Platyhypnidium acuaticum* y *Sematophyllum subsimplex* en ambientes abiertos de poca vegetación y con presiones antrópicas (Ruiz, 2003; Lagos et al., 2008; Posada & López, 2011; Generadora Unión, 2012).

## CONCLUSIONES

La riqueza y diversidad de especies disminuye a medida que las aguas del río ingresan a la zona urbana, lo que está relacionado con la contaminación del agua debido al mayor grado de urbanización.

La composición y estructura de briófitos reófilos cambia significativamente en la zona sur con respecto a las zonas centro y norte del río, debido a que en la zona más alta (zona sur) hay menor concentración de asentamientos humanos y afluentes de aguas residuales, factores que están relacionados con la contaminación del agua.

El uso de organismos briofíticos se considera una herramienta de aplicación práctica, económica y eficaz para medir cambios en la contaminación del agua del río Zamora Huayco, debido a su activa sensibilidad y características fisiológicas relacionadas con cambios en el ambiente.

Se determinó especies indicadoras de zonas perturbadas (centro y norte) *Riccia stenophylla*, *Marchantia polymorpha* y no perturbadas (sur) con *Symphyogyna brongniartii*, que pueden ser utilizadas para medir el estado de salud de un ecosistema fluvial.

Se ha documentado por primera vez en Ecuador el uso de la riqueza y composición de las comunidades de briófitos reófilos como indicadores de contaminación del agua del río Zamora Huayco, lo que sustenta la aplicación de estos organismos como bioindicadores a nivel local debido a que estos han sido ampliamente utilizados en otros países por su desarrollada capacidad de acumulación de contaminantes relacionados con metales pesados y contaminación orgánica.

En base a los resultados obtenidos mediante la riqueza, diversidad y composición de especies en el área de estudio, el presente trabajo, deja un campo abierto para futuras investigaciones, en cuanto a la medición de la concentración de metales pesados, así como en el establecimiento de zonas de monitoreo a largo plazo de la calidad del agua del río.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adamo, P., Giordano, S., Vinigiani, R., Castalado, C. & Violante, U. (2003). Environmental Pollution, (122) 91-103.
- Aguirre, J. (2011). Validación de los Indicadores Biológicos (Macroinvertebrados) para el monitoreo de la Cuenca del río Yanuncay [trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Agropecuarias Ambientales. Universidad Politécnica Salesiana.
- Allegrini, M.C. (2000). The bryological flora and the chemical-physical characteristics of the water of the high course of the Sangro river (Abruzzo National Park). *Revista di Idrobiologia*, (39) 9–20.
- Álvaro, G. (2001). Contenido de nutrientes minerales y composición pigmentaria fotosintética en briófitos acuáticos: una perspectiva ecofisiológica. *Ecosistemas*, 10 (1) 26-27.
- Anderson, M.J., Gorley, R. & Clarke, K. (2008). *Permanova For PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods*, Plymouth, UK: PRIMER-E.
- Arce, M. & Leiva, C. (2009). Determinación de la Calidad de Agua de los Ríos de la Ciudad de Loja y Diseño de Líneas Generales de Acción para su Recuperación y Manejo [trabajo de grado]. Escuelas de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Arroyo, D. & Encalada, A. (2010). Evaluación de la calidad de Agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de Neblina Montano. Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. [trabajo de grado]. USFQ.
- Augusto, S., Máguas, C. & Branquinho, C. (2013). Guidelines for biomonitoring persistent organic pollutants (POPs), using lichens and aquatic mosses A review. *Environmental Pollution*, (180) 330-338.
- Baroli, I. (2014). Biodiversidad de Vegetales. Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental. Recuperado el 20 de julio del 2015 desde <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/objetos/biodiversidad-de-vegetales-P658.html>



- Bargagli, R., Monaci, F., Borghini, F., Bravi, C. & Agnorelli, C. (2002). Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former mining district in Italy. *Environmental Pollution*, (116) 279-287.
- Barrera, E. & Osorio, F. (2008). Briófitas: Musgos, Hepáticas Y Antocerotes. Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. [http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articles-45206\\_recurso\\_2.pdf](http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articles-45206_recurso_2.pdf)
- Belland R.J. & Schofield, W.B. (1994). The ecology and phytogeography of the bryophytes of Cape Breton, Hyghlands National Park, Canada. *Nova Hedwigia*, 59 (3-4) 257-309.
- Billoud, G., Clement, M & Vásquez, C. (2010). Bioindicadores de la contaminación del agua. *Jornadas de Investigación*.
- Boltersdorf, S., Pesch, R. & Werner, W. (2014). Comparative use of lichens, mosses and tree bark to evaluate nitrogen deposition in Germany. *Environmental Pollution*, (189) 43-53.
- Calzadilla, E., Aldana, C. & Churchill, S. (2010). Las Briofitas. *Revista de Bolivia Ecología*, 59 (3) 2-25.
- Cambra, J., Arnau, N., Velasco, E & Vieira, C. (2009). Red básica de macrófitos en la Cuenca del Ebro. MAE. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Barcelona. 10-20.
- Campos, S., Uribe, M. & Aguirre, C. (2008). Santa María, Líquenes, Hepáticas y Musgo. Serie de guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales, 3, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Cango, G. (2015). Briófitos y líquenes epífitos como organismos bioindicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja [trabajo de grado]. Área biológica. Ingeniería en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Capó, Marti. M. (2007). *Principios de Ecotoxicología*. Madrid: Editorial Tebar.
- Carrera, C. & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito, Ecuador.

- Ceschin, S., Aleffi, S., Savo, V. & Zuccarello, V. (2012). Aquatic bryophytes as ecological indicators of the water quality status in the Tiber River basin (Italy). *Ecological Indicators*, (14) 74-81.
- Churchill, S. P. (1994). The Mosses of Amazonian Ecuador. AAU Reports. Aarhus University Press, Aarhus, Denmark. (35) 211- 245.
- Churchill, S .P., Griffin D. & Muñoz J. (2000). A Checklist of the Mosses of the tropical Andean countries. *Ruizia*, (17) 1-203.
- Churchill, S.P. & Linares, E. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis*. Impreso en Colombia: Edit Guadalupe Ltda. pp 61-453
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (1998) Quantifying structural redundancy in ecological communities. *Oecologia*, (113) 278-289.
- Cubas, P. (2008). Briófitos (Musgos, Hepáticas y Antoceros). Recuperado el 17 de febrero del 2015, desde [http://www.aulados.net/Botanica/Curso Botanica/Briofitos/11 Briofitos texto.pdf](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Briofitos/11_Briofitos_texto.pdf).
- Delepée R., Hervé, P. & Hervé Le Bris. (2004). The bryophyte *Fontinalis antipyretica* Hedw. bioaccumulates oxytetracycline, flumequine and oxolinic acid in the freshwater environment. *Pub Med*, (1-3) 243-253.
- Delgadillo, C. (2003). Briofitas. Sociedad Latinoamericana de Briología. Recuperado el 15 de julio de 2015, desde <http://www.briolat.org/briofitas/>
- De Luca T., Zackrisson O., Gentili F., Sellstedt A. & Nilsson, M. (2007). Ecosystem controls on nitrogen fixation in boreal feather moss communities. *Oecologia*, (152) 121-130.
- Downes, B. J., Entwisle, T. J. & Reich, P. (2003). Effects of flow regulation on disturbance frequencies and in channel bryophytes and macroalgae in some upland streams. *River Research and Applications*, (19) 27–42.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, (3) 345–366.
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos : Pindo Mirador Alpayacu y Pindo Grande ; determinación de su calidad de agua, 3 (2) 33–41.

- Estébanez, B., Draper, I., Díaz de Atauri, R. & Medina Bujalance, R. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat., 2ª ép., 9.
- Francis, R. & Hoggart, S. (2009). Urban river wall habitat and vegetation: observations from the River. Thames through central London. *Urban Ecosyst*, (12) 465-485.
- García, L & Rubiano, O. (1984). Comunidades de líquenes como indicadores de niveles de calidad de aire en Colombia. *Medellín*, 8 (13) 73-90.
- Gecheva, G. & Yurukova, L. (2008). Chlorophyll Response of Aquatic Moss *Fontinalis Antipyretica* Hedw. to Cu, Cd And Pb contamination ex situ. *Proceedings of the Anniversary Scientific Conference of Ecology*, (1) 293-299.
- Generadora Unión. (2012). Proyecto Hidroeléctrico del río Chilí. Universidad Católica del Oriente.
- Giacometti, J. & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico*, (6) 17-32.
- Glime, J.M. (2007). Physiological ecology. Bryophyte ecology. (1). Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Recuperado el día 15 de enero del 2015, desde <http://www.bryoecol.mtu.edu/>.
- Glime, J. M. (2013). Sexual Strategies. Chapt. 3-1. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology*. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook 3-1-1 sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. Last updated 22 June 2013 and available at.
- Gordillo, S & Jimbo, M. (2011). Determinación de presencia de metales pesados e hidrocarburos aromáticos en los ríos Zamora Huayco y Jipiro, y su incidencia en la salud de los moradores del sector Saucos Norte. [trabajo de grado]. Químico-Biológicas. Universidad Nacional de Loja
- Gradstein, S.R., Churchill. S.P. & Allen, N. (2001). Guide to Bryophytes of Tropical America. The New York botanical garden: Edit Board Vol 86 pp. 5-570.
- Gradstein, S.R., Griffin, M., Morales, I. & Nadkarni, N. (2001). Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia*, (23) 203-212.

- Gradstein, S. R. & Pinheiro da Costa, D. (2003). The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. The New York botanical garden: Edit Board. Vol 97pp. 41-280
- Heras, P. & Soria, A. (1999). Musgos y Hepáticas Urbanos de la Ciudad de Vitoria-Gasteiz. 77-112.
- Herrera, T. & Peñafiel, H. (2013). Estudio Comparativo de Líquenes en el Área Urbana y Sitios Rurales de Vegetación Remanente de la Ciudad de Ibarra Imbabura, como Indicadores de la Calidad Atmosférica. [trabajo de grado]. Facultad De Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte.
- Hill, M.O. (1979). TWINSpan – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and the attributes. Cornell University, Department of Ecology and Systematics, Ithaca, New York, NY.
- Hill, M. & Šmilauer, P. (2005). Win TWINS, (2.3) 5-26.
- Iñiguez C., Leiva A., Georg H., Hampel H & Breuer L. (2014). Deforestation and Benthic Indicators: How Much Vegetation Cover Is Needed to Sustain Healthy Andean Streams?. Plos one, 9(8) 1-8.
- Jara, V., Funke, M., Peuthert, A. & Pflugmacher, S. (2013). b-N-Methylamino-L-alanine exposure alters defense against oxidative stress in aquatic plants *Lomariopsis lineata*, *Fontinalis antipyretica*, *Riccia fluitans* and *Taxiphyllum Barbieri*. Ecotoxicology and Environmental Safety, (88) 72-78.
- Ladrera, R. (2012). Estudio del estado ecológico de los cursos fluviales del Parque Natural Sierra de Cebollera (La Rioja) en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. [trabajo de máster]. Especialidad en Sistemas Terrestres y Acuáticos Continentales. Universidad de Barcelona.
- Lafarge, C. (2002). *Leucoloma* I: A revision of subgenus *Leucoloma* (Dicranaceae, Bryopsida) in Africa and Madagascar. The Bryologist, (105) 509-590.
- Lagos, M., Sáenz, F. & Morales, M. (2008) Briófitos Reófilos de tres Quebradas del páramo de Mamapacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). Acta biol. Colomb, 13 (1) 143 – 160.
- Laska, G. (2001). The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. Plant Ecology, (157) 77-99.

- Linares, E. & Churchill, S. 1997. Comunidades de briófitos reófilicos en un Caño de montaña, en San Francisco, Cundinamarca, Colombia. *Caldasia*, 19 (2) 323-329.
- Linares, E. (1986). Estudios taxonómicos y ecológicos de la brioflora en la franja altoandina de el Tablazo, Cundinamarca [trabajo de grado]. Bogotá, Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia.
- León-Yáñez S., Gradstein S.R. & Wegner C. (2006). Hepáticas (Marchantiophyta) y Antoceros (Anthocerotophyta) del Ecuador, catálogo. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- León-Yáñez, S.R., Gradstein, R., Castillo, J., Estrella, A. & Navarrete, H. (2013). Guía de briófitos comunes de los Andes de Quito. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- León-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara L., Ulloa Ulloa, C & Navarrete H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador (2ª ed.). Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Medina, M. (2006). Briófitos y líquenes de los páramos de Moyas y Los Pozos de Aquitania, Boyacá, p 19. Recuperado el 2 de febrero del 2015, desde [http://virtual.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/60](http://virtual.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/60).
- Medina, M. & Andrade, R. (2009). Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación [Disertación doctoral]. Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja.
- Mora, J. (2010). Briofitas. Recuperado el 20 de junio del 2015, desde <http://es.slideshare.net/jairomiguel/briofitas>.
- Ochoa, D., Cueva, A., Prieto, M., Aragón, G. & Benítez A. (En prensa). Cambios en la diversidad de líquenes epífitos relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Loja. *Caldasia*.
- Ordóñez, M. & Collado, M. (2003) Briófitos de la Reserva Natural Integral de Muniellos. Consejería de Medio Ambiente del Principado de Asturias, (KRK. Ed.). ISBN: 8496119351.

- Pacheco, E. (2012). Determinación del contenido de ácido ascórbico y la presencia de terpenos en un grupo de Briófitas propias de la zona amazónica de una dosis de Glifosato. [Trabajo de grado]. Ingeniería Industrial. Escuela Politécnica Nacional.
- Paredes, C., Lannacone, J. & Alvariño, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Rev. per. Ent.* (44)107-118.
- Peñuelas, J. (1994). Vegetación Briofítica acuática del río Muga y sus afluentes (Gerona). *Ecología*. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.
- Peñuelas J. (1984). La vegetación briofítica acuática del río Muga (Girona) *Actas II Congreso Español de Limnología*, Murcia. (in press).
- Pócs, T. (1982). Tropical forest bryophytes. In: A.J.E. Smith Ed. *Bryophyte ecology*. págs. 59-104.
- Posada, J. & López, M. (2011). Plantas Acuáticas del Altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia. Grupo de Limnología y recursos hídricos. Universidad Católica de Oriente.
- Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizada en el cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica. [trabajo de grado]. Universidad Técnica de Ambato.
- Price, H.H.T. (1982). Why are mosses eaten in cold environments only? *Oikos*, (38) 374-380.
- Proctor, M.C.F. (2009). Physiological ecology. En: Goffinet, B. & Shaw, A.J. *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, Cambridge. 237-268.
- Robert, B. 2010. Introducción a la probabilidad y estadística. Cengage Learning, (13) 1-7.
- Rosalina, G. (2010). Briófitos. Grupo de la Biodiversidad de Azores. Universidad de Azores. Recuperado el 5 de febrero del 2015, desde [http://www.pdfbook4u.com/download/Bri%C3%B3fitos\\_aHR0cDovL2NpdGEuYW5ncmEudWFjLnB0L2ZpY2hlaXJvcy9wdWJsaWNhY29lcy8xMjg3NDZlOD](http://www.pdfbook4u.com/download/Bri%C3%B3fitos_aHR0cDovL2NpdGEuYW5ncmEudWFjLnB0L2ZpY2hlaXJvcy9wdWJsaWNhY29lcy8xMjg3NDZlOD).

- Ruiz, C. (2003). Las comunidades de briófitos y su relación con la estructura de la vegetación fanerogámica, en el gradiente altitudinal de la Serranía del Perijá (Cesar – Colombia). *Tropical Bryology*, (24) 101-113.
- Samecka, A. & Kempers, A. (2007). Heavy Metals in Aquatic Macrophytes from Two Small Rivers Polluted by Urban, Agricultural and Textile Industry Sewages SW Poland, (53) 198-206.
- Sarmiento, D. (2011). Evaluación de la contaminación por metales pesados en muestras de musgo recolectadas durante el periodo febrero - marzo 2011. En la Estación Astántica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado. [trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Ciencias Químicas.
- Scarlett, P. & O'Hare, M. (2006). Community structure of in-stream bryophytes in English and Welsh rivers. *Hydrobiologia*, (553) 143-152.
- Scheffe, H. (1953). A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, (40) 87–104.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.
- Segura, S. (2013). Caracterización de la Contaminación Atmosférica en seis Parques Recreacionales del Distrito Metropolitano de Quito Mediante el uso De Bioindicadores. Facultad De Ingeniería En Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. [Trabajo de Grado]. Universidad Central del Ecuador.
- Szczepaniak, K. & Biziuk, M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and as indicators of metal pollution lichens. *Environmental Research*, (93) 221-230.
- Uribe, J. & Aguirre, J. (1995). Las especies colombianas del género *Symphyogyna* (Hepaticae: Pallavicinaceae). *Caldasia*, (17) 429-458.
- Uribe, J. & Aguirre, J. (1997). Clave para los géneros de hepáticas de Colombia. *Caldasia*. 19 (1-2) 13-27.
- Vargas, R. & Morales, E. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Univ. Sci*, 19 (3).

- Viteri, S. (2013). Evaluación de la contaminación por metales pesados en muestras de musgo recolectadas durante el período febrero – marzo 2011 en la Estación Antártica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado [trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Central del Ecuador.
- Vitt, H. & Glime, J. (1984) The Structural Adaptations of Aquatic Musci. *Lindbergia*, 10 (2) 95-110.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., Mellado, A., Prat, N., Alba-Tercedor, J., Álvarez, M., Bayo, M., Jáimez, Cuéllar, P., Suárez, M., Toro, M., Vidal, Abarca, M., Zamora, Muñoz, C. & Moyá, G. (2002). Aproximación multivariante en la explotación de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto Guadalmed. *Limnetica*, (21) 149-173.
- Weber, M.G. & Cleve, K. van. (1984). Nitrogen transformations in feather moss and forest floor layers of interior Alaska, U.S.A., black spruce (*Picea mariana*) ecosystems. *Can. J. Forest Res*, (14). 278-290.
- Zamfir, M. (2000). Effects of bryophytes and lichens on seedling emergence of alvar plants: evidence from greenhouse experiments. *Oikos*, (88) 603-611.
- Zechmeister, H., Hagedorn, H., Hohenwallner, D., Hanus-Ilnc, A. & Riss, A. (2006). Analyses of platinum group elements in mosses as indicators of road traffic emissions in Austria. *Atmospheric Environment*, (40) 7720-7732.



## **ANEXOS**

## ANEXO 1



Anexo 1. Recolección de datos

## ANEXO 2. Tabla del análisis SIMPER

	Z. sur	Z. centro		Z. sur	Z. norte		Z. centro	Z norte	
	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%	Av.Abund	Av.Abund	Contrib%
<i>Campylopus pauper</i>	0	0,69	2,99	0	0,48	2	0,69	0,48	5,4
<i>Fissidens elegans</i>	1,14	0,5	5,33	1,14	1,43	6,26	0,5	1,43	7,94
<i>Fissidens weirii</i>	0,4	0,56	3,54	0,4	0,54	3,42	0,56	0,54	5,07
<i>Lophocolea bidentata</i>	1,86	0,08	7,21	1,86	0	7,24			
<i>Lophocolea heterophylla</i>	0,08	1	4,3	0,08	0,85	3,94	1	0,85	7,25
<i>Marchantia</i>				0	0,82	3,47	0,67	0,82	6,48

chenopoda

<i>Marchantia polymorpha</i>	0,49	1,28	5,93	0,49	0,82	4,32	1,28	0,82	8,32
<i>Phaeoceros laevis</i>	0,92	0,49	4,67	0,92	0,63	4,99	0,49	0,63	5,28
<i>Platyhypnidium acuaticum</i>	1,04	0,52	5,59	1,04	0,96	6,43	0,52	0,96	6,96
<i>Riccia stenophylla</i>	0,21	0,71	3,6	0,21	1,19	5,18	0,71	1,19	7,5
<i>Sematophyllum sp.</i>	0,65	0,46	4,15	0,65	0,98	5,37	0,46	0,98	6,32

**ANEXO 3.** Tabla del análisis de Twisnpan

Localidades	1									
	3	5	9	6	7	8	0	4	1	2
11 <i>Leptoscyphus sp.</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 <i>Orthotrichum sp.</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
45 <i>Thuidium tomentosum</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31 <i>Pseudocrossidium sp</i>	-	-	1	-	-	3	4	-	-	-
10 <i>Lophocolea sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4
27 <i>Plagiochila laetevirens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
28 <i>Plagionium medium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
30 <i>Pottiacia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
41 <i>Symphyogyna brongniartii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3
42 <i>Thuidium delicatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
1 <i>Brachythecium aff. serrulatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
4 <i>Clasmatocolea vermicularis</i>	5	-	-	-	-	1	-	-	-	-
13 <i>Lophocolea connata</i>	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-
37 <i>Rhynchostegium riparoides</i>	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-
46 <i>Weissia controversa</i>	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-
3 <i>Campylopus pauper</i>	-	3	5	5	3	4	5	-	-	-
14 <i>Lophocolea heterophylla</i>	2	5	4	3	5	5	5	-	-	-
15 <i>Marchantia chenopoda</i>	-	5	6	3	1	5	-	-	-	-
34 <i>Rhodobryum beyrichanum</i>	-	-	4	2	3	-	4	-	4	-
38 <i>Rhynchostegium scariosum</i>	-	-	-	-	-	4	-	2	4	-
5 <i>Didymodon tophaceus</i>	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-
18 <i>Philonotis sp</i>	-	-	-	-	-	-	4	-	3	-
20 <i>Philonotis sp1</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-
6 <i>Dumortiera hirsuta</i>	-	-	-	-	4	-	4	-	5	-
2 <i>Campylopus sp.</i>	-	-	-	-	3	3	4	3	3	3
36 <i>Rhodobryum procerum</i>	-	-	-	5	-	-	-	-	-	4

8	<i>Fissidens serratus</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	5	-	1111
21	<i>Sematophyllum</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	1111
22	<i>Fissidens</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	1111
23	<i>Neeioscyphus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1	5	5	1111
35	<i>Rhodobryum huillense</i>	5	5	-	-	-	-	-	-	5	-	1000
43	<i>Thuidium peruvianum</i>	1	5	-	-	-	-	-	-	4	-	1000
44	<i>Thuidium</i> sp	-	2	-	-	-	-	-	-	2	3	1111
19	<i>Sematophyllum adnatum</i>	3	-	-	-	-	-	-	3	4	4	1111
12	<i>Lophocolea bidentata</i>	5	2	-	-	-	-	-	-	5	5	1110
32	<i>Ricardia amazónica</i>	3	3	-	-	-	-	3	-	2	-	0111
17	<i>Monoclea gottschei</i>	5	-	-	-	-	-	-	4	5	-	10
24	<i>Noteroclada confluens</i>	5	4	-	-	-	-	-	2	-	5	10
16	<i>Marchantia polymorpha</i>	4	5	-	5	5	4	5	4	-	3	001
39	<i>Sematophyllum</i> sp1	5	3	4	2	5	4	5	3	2	3	001
40	<i>Sematophyllum subsimplex</i>	3	3	5	3	3	-	2	3	-	3	001
7	<i>Fissidens elegans</i>	5	-	4	4	5	5	5	3	4	3	010
26	<i>Phaeoceros leavis</i>	5	2	4	2	1	-	5	4	4	4	0111
29	<i>Platyhypnidium acuaticum</i>	5	3	5	4	5	4	4	4	5	5	0111
33	<i>Riccia stenophylla</i>	1	-	-	5	5	5	4	4	2	2	010
9	<i>Fissidens weirii</i>	-	3	4	5	3	-	5	-	3	4	0110
		0	0	0	0	0	0	0	0			1 1
		0	0	1	1	1	1	1	1			
		0	0	0	0	0	1					
		0	1	1	1	1						