



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Briófitos y líquenes epífitos como organismos bioindicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Cango Paccha, Geovanny Patricio.

DIRECTOR: Benitez Chavez, Angel Raimundo, MSc.

LOJA-ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Magister.

Angel Raimundo Benitez Chavez.

DOCENTE DE LA TITUALCIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **“Briófitos y líquenes epífitos como organismos biondicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja”**, realizado por: **Cango Paccha Geovanny Patricio**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 23 Febrero de 2015

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Geovanny Patricio Cango Paccha declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: "Briófitos y líquenes epífitos como organismos bioindicadores de la calidad del aire de la ciudad de Loja", de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental, siendo: Angel Raimundo Benitez Chavez, director (a) 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. 67 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 que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f.

Autor: Geovanny Patricio Cango Paccha.

Cédula: 1104990898

DEDICATORIA

A Dios por darme fortaleza, amor, fe y sabiduría. Con inmenso cariño a mi madre Sra. Carmen Esperanza. Por todo su apoyo inquebrantable en todos los aspectos de mi vida, por orientarme con sus consejos y ser un claro ejemplo de superación.

A mis hermanas Carmen y María, por su cariño, comprensión y dedicación diaria, su apoyo incondicional en mi superación. A mi sobrina Andrea quien ha sido mi inspiración.

Y todos quienes aportaron con un granito de arena para culminar una etapa de vital importancia en mi vida personal y profesional.

Cogito ergo sum

(Rene Descartes)

Geovanny Patricio Cango Paccha.

AGRADECIMIENTO

Expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Sección de Ecología y Sistemática, por brindarme la oportunidad de trabajar en los diferentes proyectos que han servido para mi formación como profesional.

En especial al Ing. Ángel Benítez, por todo su apoyo como docente y amigo, por su aporte, teórico y científico para el desarrollo del presente trabajo de investigación, y ser un ejemplo de perseverancia, preparación y dedicación que es el camino al éxito.

A todo el personal del Museo de Colecciones Biológicas UTPL, quien de una u otra manera fue aportaron en la culminación del presente trabajo

A Karla Sotomayor; Sarahi Jaramillo; Claudia Sánchez; Ximena Cueva; Vanessa Patiño y Diego Ochoa; por su colaboración en el trabajo de campo, ya que han aportado con un granito de arena para culminación de la presente investigación.

Finalmente a María Luisa Santín; María Fernanda Burneo y Lindaly Tapia, que han sido una parte importante en la realización de este trabajo por su apoyo incondicional mil gracias.

Geovanny Patricio Cango Paccha

INDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
CARATULA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE TABLAS.	vii
INDICE DE FIGURAS.	vii
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I: Marco teórico.....	5
1.1. Contaminación ambiental.	6
1.2. Contaminación en la ciudad de Loja.	6
1.3. Bioindicadores ambientales.	7
1.4. Briófitos.	9
1.5. Líquenes.	12
CAPITULO II: Materiales y métodos	14
2.1. Área de estudio.	15
2.2. Diseño y recolección de datos.....	16
2.3. Análisis de datos.....	16
CAPITULO III: Resultados y discusión.	18
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES.....	27

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	28
ANEXOS.	33

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Diferencias morfológicas y anatómicas generales entre el grupo de briofitas.	10
Tabla 2 Composición por líquenes zonas y estaciones.	21
Tabla 3. Diferencia de composición entre zonas.	22

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Estaciones de muestreo a lo largo del Rio Zamora.	15
Figura 2. Riqueza de especies de Briófitos y Líquenes.	19
Figura 3. Índice de Pureza Atmosférica (IPA).....	20
Figura 4. Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM).	20
Figura 5. Número de especies sensibles a la contaminación atmosférica.	21
Figura 6. Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de especies en cada uno de los árboles de las diferentes zonas.....	23

RESUMEN

Líquenes y briófitos epífitos han sido ampliamente estudiados como bioindicadores de la contaminación del aire en las zonas urbanas, debido a sus características morfológicas y fisiológicas, dependen de fuentes de nutrientes aéreas y están completamente expuestos a los contaminantes presentes en el medio. En este trabajo se evaluó la calidad del aire en once estaciones de muestreo de la urbe, donde se registró la presencia y cobertura de líquenes y briófitos epífitos sobre árboles de *Salix humboldtiana*. Se determinó los niveles de contaminación mediante el Índice de Pureza Atmosférica (IPA), se establecieron diferencias en la composición de especies entre las zonas con un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y un análisis multivariante basados en permutaciones (PERMANOVA). Los resultados del IPA, NMDS y PERMANOVA mostraron la existencia de una mayor calidad del aire, en las zonas norte y sur de la ciudad, por otra parte en las zonas céntricas donde existe un mayor tráfico vehicular se observa un patrón contrario. Las comunidades de líquenes y briófitos epífitos resultaron ser excelentes indicadores biológicos para detectar zonas de mayor y menor contaminación.

Palabras claves: Bioindicadores; Briófitos; Contaminación del aire; Diversidad; Epífitos., IPA; Líquenes; Loja.

ABSTRACT

Epiphytic lichens and bryophytes have been extensively studied as bioindicators of air pollution due to their morphological and physiological features, dependent of air nutrient sources and are completely exposed to contaminants present in the medium. In the present work we evaluated air quality in eleven sampling stations of the city, where was recorded the presence and coverage of epiphytic lichens and bryophytes on *Salix humboldtiana* trees. Were determined the pollution levels by the Index of Atmospheric Purity (IPA), were established differences in the composition of species from areas with a non-metric multidimensional analysis (NMDS), in addition was performed a multivariate analyzes based on permutations (PERMANOVA). The results of IPA, NMDS and PERMANOVA analisis showed the existence of better environmental quality in the north and south areas of the city. On the other hand, the central area, where the vehicular traffic is higher, presented poor air cuality. Epiphytic lichen and bryophytes communities are found to be excellent biological indicators to detect areas of higher and lower pollution.

Key Words: Air pollution; bioindicators; bryophytes; epiphytes; lichens; Loja; IAP; diversity and.

INTRODUCCIÓN.

El incremento de la emisión de compuestos tóxicos al aire, en las últimas décadas es un problema en aumento en los países en vía de desarrollo, como resultado del crecimiento urbano e industrial (Rubiano, 1987). La calidad del aire es un factor importante para determinar las condiciones adecuadas para los asentamientos en los centros urbanos (PNUMA et al., 2007; Rojas, 2010). Así, el crecimiento poblacional, industrial y el aumento del parque automotriz dentro de la urbe implica mayor demanda de recursos, lo que da como resultado una mayor generación de desechos y un incremento en la contaminación del medio (García & Guerrero, 2006).

Según el Plan Nacional de la Calidad del Aire del Ecuador (PNUD, 2008), la contaminación atmosférica se ha identificado como uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas en el mundo, debido a factores como la actividad industrial, el incremento del parque automotor, el uso de tecnologías deficientes, transporte, mala calidad de los combustibles y el crecimiento urbanístico no planificado (PNUD, 2008). La ciudad de Loja en los últimos años ha experimentado un acelerado aumento de la urbanización y desarrollo, que han generado impactos ambientales dentro de la urbe, donde la contaminación del aire constituye uno de los principales problemas ambientales (Nagua & Montalvo, 2004; PNUMA et al., 2007). Sin embargo, los pocos estudios de calidad ambiental dentro de la ciudad son escasos lo que no han permitido determinar exactamente el estado actual de la calidad del aire de la urbe, debido a que los diferentes estudios relacionados con el monitoreo, caracterización y evaluación de la calidad del aire son costosos y conllevan demasiado tiempo en su ejecución (Chaparro & Aguirre, 2002). Nagua & Montalvo, (2004), dentro de su estudio de contaminación ambiental en la urbe, afirman que los puntos críticos de mayor contaminación, es donde existe un mayor congestionamiento vehicular, provocando consigo una mayor concentración de PM 2,5 que sobrepasa la norma Ecuatoriana de Calidad del Aire. La falta de estudios de indicadores ambientales dentro de la urbe no ha permitido determinar los efectos de esta problemática por cuánto cuesta atender los problemas derivados de la contaminación.

Líquenes y briófitos epífitos han sido ampliamente utilizados como bioindicadores de la contaminación del aire (Méndez & Fournier, 1980; Monge-Nájera et al., 2002; Santoni & Lijteroff, 2006; Simijaca-Salcedo et al., 2014), debido a sus características morfológicas y fisiológicas (organismos poiquilohídricos), carecen de mecanismos que regulen la captación y pérdida de agua y temperatura (Nash, 1996; Gradstein et al., 2001), de forma que están en estrecha

relación con el ambiente (Gauslaa et al., 2001; Lohmus et al., 2006) y dependen de fuentes de nutrientes aéreas y están completamente expuestos a los contaminantes presentes en el aire (Rubiano, 1987; Izco, 2000; Kett et al., 2008). Por estas razones son considerados adecuados indicadores ambientales debido a las siguientes características: 1) crecen en una gran variedad de hábitats, 2) son especies bioacumuladoras, 3) son sensible a los cambios del medio y 4) los líquenes viven por ciclos considerables en el tiempo (Hawksworth et al., 2005).

Varios estudios sostienen que los altos valores de los Índices de Pureza Atmosférica (IPA), diversidad de briófitos y líquenes se pueden registrar en áreas libres de contaminantes (Lijteroff et al., 2009). Adicionalmente se ha documentado que el IPA y la diversidad de estos organismos responden a los niveles de contaminación provenientes de otras fuentes como industrias y parque automotor (García et al., 1999; Canseco et al., 2006; Anze et al., 2007; Giordani, 2007; Aspiazu et al., 2008; Fugal et al., 2008; Policnik et al., 2008; Riquelme, 2008; Rojas, 2010; Käffer et al., 2011; Meyer et al., 2012; Rincon, 2012). Pero los estudios en Ecuador aún son escasos (Segura, 2013). Para lo cual la presente investigación busca determinar de manera indirecta la calidad del aire a lo largo de diferentes zonas de la ciudad de Loja usando briófitos y líquenes epífitos como bioindicadores, que permitirán identificar focos de contaminación atmosférica y dejar establecido zonas de monitoreo en la urbe.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.

1.1. Contaminación ambiental.

Se conoce como contaminación ambiental a la presencia de sustancias tóxicas en el ambiente sólidas, líquidas o gaseosas, que son de origen natural o antropogénico, que alteran la calidad del ambiente dando consigo cambios en la temperatura, clima y pueden causar daños en la salud de los seres vivos (Cockerman & Shane, 1994; Segura, 2013).

Consecuencias de la contaminación ambiental.

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas que se están evidenciando en el planeta, y está causando problemas a la salud de los seres vivos ya que el aumento de *smog* está alterando la calidad del aire (Solis & Lopez, 2003; Segura, 2013).

Los problemas de las emisiones industriales o domésticas, tienen efectos inmediatos a nivel local o regional, que afectan a la atmósfera y repercuten en el clima del planeta. (Marbán et al., 1999), teniendo consecuencias en el bienestar del ser humano como: el incremento de enfermedades graves y crónicas del sistema respiratorio en niños jóvenes, adultos y ancianos, lo cual reduce la esperanza de vida y la capacidad de respuesta de los niños en la escuela (Cárdenas, 2004). Estas afectaciones se complican con enfermedades por contenido de plomo en la sangre en quienes están más expuestos a esta contaminación (Cárdenas, 2004).

Segura, (2013) afirma que la contaminación del aire afecta en la productividad de las empresas y del personal, causando ausentismo en los puestos de trabajo, llevando consigo costos de diagnóstico, tratamiento y cura de la enfermedad, en muchos casos siendo incluso necesario algunos días de hospitalización, por lo tanto generando días laborables perdidos por enfermedad.

1.2. Contaminación en la ciudad de Loja.

En la ciudad de Loja la contaminación ambiental es uno de los principales problemas ambientales, el aumento del parque automotor, el mal manejo de los residuos, el uso y el mal manejo de sustancias tóxicas en las diferentes actividades humanas, domésticas e industriales están dando como resultado dentro de la urbe diferentes tipos de contaminación: Acústica, suelo, agua y aire (PNUMA, 2012).

Contaminación atmosférica.

El acelerado proceso de urbanización y desarrollo que experimentó la ciudad durante las últimas décadas, generó importantes impactos ambientales entre los que se destacan: contaminación del aire, ocupación de grandes áreas verdes por urbanizaciones, destrucción de la cobertura vegetal, contaminación de los ríos y quebradas (PNUMA et al., 2007; Municipio de Loja, 2012).

El aumento del parque automotor y la concentración de las actividades en el centro de la urbe son actualmente las principales fuentes de contaminación, que están provocando el incremento de gases tóxicos y, por ende la alteración la calidad del aire (PNUMA et al., 2007; Municipio de Loja, 2012). Estas actividades además generan otro tipo de impactos como: ruido, vibraciones, caos en el tránsito y transporte urbano.

En consumo de combustibles fósiles por el transporte urbano constituye en el principal foco contaminante, ya que estos vehículos utilizan combustible menos refinados y generan mayor concentración de CO₂ y partículas de plomo estos causan enfermedades respiratorias y cancerígenas en la población de la urbe (PNUMA et al., 2007). A pesar de esto los niveles de contaminación del aire aún no son graves, debido al limitado desarrollo industrial, la inexistencia de un aeropuerto y otras fuentes importantes de polución.

La contaminación atmosférica está trayendo consigo cambios y alteraciones en el clima de la urbe, causando daños a la población; enfermedades respiratorias y provocando daños económicos en las producciones agrícolas entre otras (PNUMA et al., 2007; Municipio de Loja, 2012).

1.3. Bioindicadores ambientales.

Los bioindicadores ambientales son organismos o comunidades que responden a alteraciones ambientales que nos permiten detectar contaminantes con mayor facilidad, no existe una definición única para los indicadores ambientales estos conceptos varían de acuerdo a los objetivos que se quiera responder (Segura, 2013).

Un bioindicador ambiental es un parámetro que proporciona información para describir el estado del ambiente o área (OCED, 2006). Son organismos que se relacionan directamente con los

efectos ambientales (antrópicos o naturales), cuya presencia nos da información sobre ciertas características (físicoquímicas, biológicas y ecológicas), del medio (Hawksworth, 2005).

Un indicador debe ser: exacto y específico, comprensible, fácil de interpretar y sensible a los cambios (Hawksworth, 2005). Su utilización radica en que son instrumentos de medición que nos permiten monitorear el estado y variación de los recursos naturales, identificar y cuantificar el impacto de los contaminantes sobre dichos organismos vivos (OCED, 2006; Segura, 2013).

Tipos de bioindicadores ambientales.

Capó, (2007) y Segura, (2013) los clasifican atendiendo diferentes criterios, según la sensibilidad que muestran frente a los cambios del medio estos se los clasifican en especies muy sensibles, sensibles, poco sensibles y resistentes.

Capó, (2007) y Segura, (2013) los clasifican además de acuerdo como responden a los estímulos; de la siguiente manera:

Detectores: Individuos que viven naturalmente en el área y muestran cambios en su vitalidad, mortalidad, abundancia y capacidad reproductiva, por los cambios que se dan en su medio.

Explotadores: Individuos que de forma más o menos repentina, se hacen abundantes en el medio, por la falta de competidores, que han sido eliminados por las perturbaciones que se da en el medio.

Centinelas. Individuos sensibles, que se introducen artificialmente en el medio y funcionan como alarmas, ya que son los primeros en verse afectados al estar en contacto con un contaminante.

Acumuladores. Se los determina a ciertos bioindicadores acumuladores ya que son capaces de absorber y almacenar cantidades medibles de algún contaminante.

Biomonitores. Indican la presencia de contaminantes o perturbaciones en el medio no solo de forma cualitativa sino también de forma cuantitativa.

Las especies biomonitores son las que indican la presencia de contaminantes, así mismo, pueden ser pasivos (son naturales en la zona que se esté considerando), o activos (son introducidos por el hombre mediante trasplantes) (Capó, 2002).

Importancia de bioindicadores ambientales.

La importancia de los indicadores ambientales radica en establecer la situación actual del medio y evaluar el desempeño de las políticas ambientales que están encaminadas al desarrollo sustentable (Capó, 2002). Estos deben proporcionar la suficiente información de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas, para entender claramente el fenómeno que se está tratando (OCDE, 2006). El valor de los indicadores descansa precisamente que debe responder a cambios del ambiente y las actividades humanas (OCDE, 2006).

1.4. Briófitos.

Los briófitos son organismos pequeños que habitan en ambientes muy variados, desde cerca del nivel del mar hasta las elevaciones más altas, en las selvas o en los desiertos, pero su vida siempre está íntimamente ligado al agua (Delgadillo & Cárdena, 1990). Su ciclo de vida incluye dos fases: el gametofito y el esporofito (Delgadillo, 1990). Cada una de ellas tiene atributos morfológicos y biológicos que señalan a los briófitos como un grupo muy importante en la evolución del reino vegetal (Delgadillo, 2002). Estos individuos son plantas terrestres no vasculares, organismos muy sensibles a los factores que impactan negativamente sobre el medio natural y contribuyen con la biomasa y productividad en el medio (Slack, 1988).

División de briófitos.

Los briófitos se encuentran divididos en tres categorías musgos, hepáticas y antoceros (Tabla 1) (Delgadillo, 2002).

Musgos. Existen alrededor de 12500 especies alrededor del mundo y son el grupo más numeroso y el más diverso de las briofitas (Delgadillo, 2002). Son plantas pequeñas que crecen siempre asociadas en grandes cantidades, estas habitan en bosques húmedos y suelos pantanosos, también se las encuentra en bosques secos (Cox et al., 2010).

Hepáticas. Existen alrededor de 6500 a 7000 especies de hepáticas, estos individuos son estructuralmente menos complejos que los musgos, la mayor diversidad se muestra en

ciertos bosques tropicales y algunas de ellas son frecuentes sobre las hojas de plantas vasculares (Delgadillo, 2002).

Antoceros. Existe alrededor de 200 a 250 especies alrededor del mundo, estos individuos constituyen la división más reducida debido a la gran uniformidad de caracteres morfológicos, que no se corresponde con la diversidad filogenética del grupo (Delgadillo, 2002; Villarreal et al., 2010).

Tabla 1. Diferencias morfológicas y anatómicas generales entre el grupo de briofitas.

DIFERENCIAS GENERALES ENTRE EL GRUPO DE BRIOFITAS.			
Características	Antoceros	Hepáticas	Musgos
Protonema	Indistinto	Filamentos cortos	Taloide, filamentoso o masivo
Gametofito	Taloide	Taloide o folioso	Folioso
Cloroplastos	Uno o pocos, con pirenoide	Numerosos, sin pirenoide	Numerosos, sin pirenoide
Rizoides	Lisos, unicelulares	Lisos o trabeculados, unicelulares	Lisos o papilosos, multicelulares, con paredes oblicuas
Hojas	Ausentes	Bilobadas	Rara vez lobadas, costadas
Parafisos	Ausentes	Ausentes	Presentes
Seta	Ausente	Presente	Presente
Estomas	Presentes	Ausentes	Presentes
Columela	Presente	Ausentes	Presente
Dehiscencia de la cápsula	Por valvas	Por valvas	Por un opérculo
El tejido esporógeno produce	Pseudoelaterios + esporas	Elaterios + esporas	Esporas
Peristoma	Ausente	Ausente	Presente

DIFERENCIAS GENERALES ENTRE EL GRUPO DE BRIOFITAS.			
Características	Antoceros	Hepáticas	Musgos
Caliptra	Ausente	En la base del esporofito	En el ápice del esporofito

Fuente. Delgadillo, 2002.

Diversidad de briófitos.

Delgadillo, (2002), afirma que existen alrededor de 20000 especies briofitas registradas a nivel mundial, estos individuos son el segundo grupo más importante de plantas verdes. Estos organismos habitan en ambientes muy variados, desde cerca del nivel del mar hasta las elevaciones más altas, en las selvas o en los desiertos, aunque la mayor parte de su vida siempre está íntimamente ligada al agua.

En Ecuador la flora de briófitas es muy diversa, aunque aún existen pocos estudios se han reportado 950 especies de musgos y 700 especies de hepáticas (Benítez & Gradstein, 2011).

Briófitos como organismos bioindicadores.

Las plantas no vasculares se utilizan como bioindicadores pues poseen propiedades que las hacen adecuadas para el seguimiento de los contaminantes del aire (Poikolainen, 2004). Los briófitos hace más de treinta años son consideradas como buenos bioindicadores, entre ellos, los musgos epífitos ya que son sensibles al dióxido de azufre y a otros contaminantes atmosféricos como el ozono, fluoruros volátiles, etc (Poikolainen, 2004).

Vanderpoorten & Hallingback (2009) ofrecen un resumen de estudios de las perturbaciones en los briófitos, que abarcan la fragmentación de suelos agrícolas, la explotación forestal, la acumulación de contaminantes y el cambio climático.

Una de las líneas de estudio con mayor ámbito de expansión en la actualidad es el uso de briófitos en bioindicación que se dio a principios de siglo XX en donde se proponía el uso de briófitos como bioindicadores de contaminación (Cajander, 1926), estos organismos presentan efectos secundarios sufridos por diferentes contaminantes que son acumulados en su cuerpo vegetativo (Albert, 2005).

1.5. Líquenes.

Los líquenes son una asociación de un hongo (*micobionte*) y un alga (*fotobionte*) (Burgart et al., 2002). Están íntimamente relacionados entre sí que se comportan y reproducen como un organismo único independiente (Redon, 1985). El hongo se encarga de proteger al alga de las radiaciones directas del sol, brindarle agua y sales minerales mientras que el alga realiza la fotosíntesis y proporciona nutrientes (Literoff et al., 2009).

División de líquenes.

Los líquenes por su aspecto externo han sido clasificados en tres grupos bien definidos (Barreno, 1997; Literoff et al., 2009 y Burgart et al., 2013).

Crustáceos. Siempre en estrecho contacto con el sustrato del cual no se pueden separar sin ser destruidos. Carecen de córtex inferior o de órganos de sujeción: se sujetan al sustrato por medio de la médula o de un hipotalo.

Foliosos. Generalmente laminares, tendidos sobre el sustrato, estratificado, con organización dorsoventral y cara inferior diferenciada. Sus lóbulos son separables del sustrato al cual pueden estar muy o laxamente adheridos, pero siempre constan de algún órgano de sujeción como rizinas.

Fruticulosos. Sobresalen siempre, al sustrato que sujetan a veces por una mínima superficie, discos basales o hapterios. Por lo general son distintamente ramificados, con aspecto de pequeños arbustos o bien con lóbulos que se estrechan y alargan profundamente. En ocasiones son cortos y casi simples. Pueden ser erectos, colgantes, ascendentes.

Diversidad de líquenes.

A nivel mundial se han descrito alrededor de 14000 especies de líquenes (Barreno, 2003). Estos organismos se los puede encontrar distribuidos en los polos hasta los trópicos, desde zonas a nivel del mar, hasta en los picos de las montañas, y sobre todo tipo de superficie o sustrato desde suelo, rocas, cortezas de árboles, incluso hasta en las espaldas de insectos vivos (Barreno & Pérez, 2003; Cubas et al., 2010; Segura, 2013).

Para Ecuador se han registrado un aproximado de 930 especies, donde los géneros más representados son: *Cladonia*; *Hypotrachyna*; *Porina*; *Leptogium* y *Heterodermia*. (Prieto et al., en revisión).

Líquenes como organismos bioindicadores.

Los primeros indicios se dieron a partir del siglo XIX, en donde se los empezó a ver como especies indicadoras del medio, pero no fue hasta 1960 que se descubrió que estos individuos absorben el dióxido de azufre del medio, aproximadamente un 30%, debido a que al estar expuestos a varias repeticiones de sustancias tóxicas llegan a bioacumular dicho contaminante el cual influye negativamente e impide cumplir su rol ecológico (fotosíntesis, fijación de nitrógeno) (Hawksworth, 2005; Froehlich, 2006). Estos procesos llegan a causar daños en la estructura física (deformaciones) de estos organismos hasta provocar la muerte del mismo (Hawksworth, 2005; Froehlich, 2006). A partir de eso se empezó a tomar en cuenta a los organismos líquénicos como bioindicadores de la calidad ambiental ya que son sensibles al dióxido de azufre (SO₂) y gases fluorados (F) (Froehlich, 2006).

Los líquenes son usados como indicadores de radiación U-V (Rubio et al., 2002), también poseen reacciones de tolerancia al contaminante (Barreno, 1997), características que los destacan como bioindicadores por excelencia.

Los líquenes se utilizan para monitoreo de contaminación atmosférica, tanto como indicadores de reacción visible (demuestran síntomas visibles frente a una cantidad determinada de tóxicos) o como indicadores de acumulación (no muestran daños visibles frente a una determinada cantidad de tóxicos, pero los acumulan en sus tejidos) (Rubio et al., 2002). Además, pueden ser utilizados para monitoreo pasivo (análisis de indicadores en sus hábitats naturales) o para monitoreo activo (introducción de especies desde un hábitat no contaminado a un área de observación que se presume contaminada) (Rubio et al., 2002). Los líquenes epífitos se consideran como los mejores bioindicadores de la contaminación atmosférica ya que las características de las cortezas sobre las que habitan son constantes para cada especie, constituyendo así un sustrato homogéneo (Steubing et al., 2001).

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio.

El estudio se realizó en la ciudad de Loja, en la región sur de Ecuador, localizada a $03^{\circ} 39' 55''$ y $04^{\circ} 30' 38''$ de latitud Sur; y, $79^{\circ} 05' 58''$ y $79^{\circ} 05' 58''$ de longitud Oeste, a 2200 m s.n.m. La superficie aproximada es de 10.790 km² equivalente al 4% de la superficie del país, con un rango de temperatura media anual de 16° a 24° C (Municipio de Loja, 2012). Las estaciones de muestreo se ubicaron a lo largo del río Zamora (Figura 1), debido a que es un claro ejemplo de un transecto lineal que cruza la ciudad desde la parte norte y sur, en donde se puede evidenciar diferentes niveles de contaminación (tráfico vehicular, zonas verdes, población).

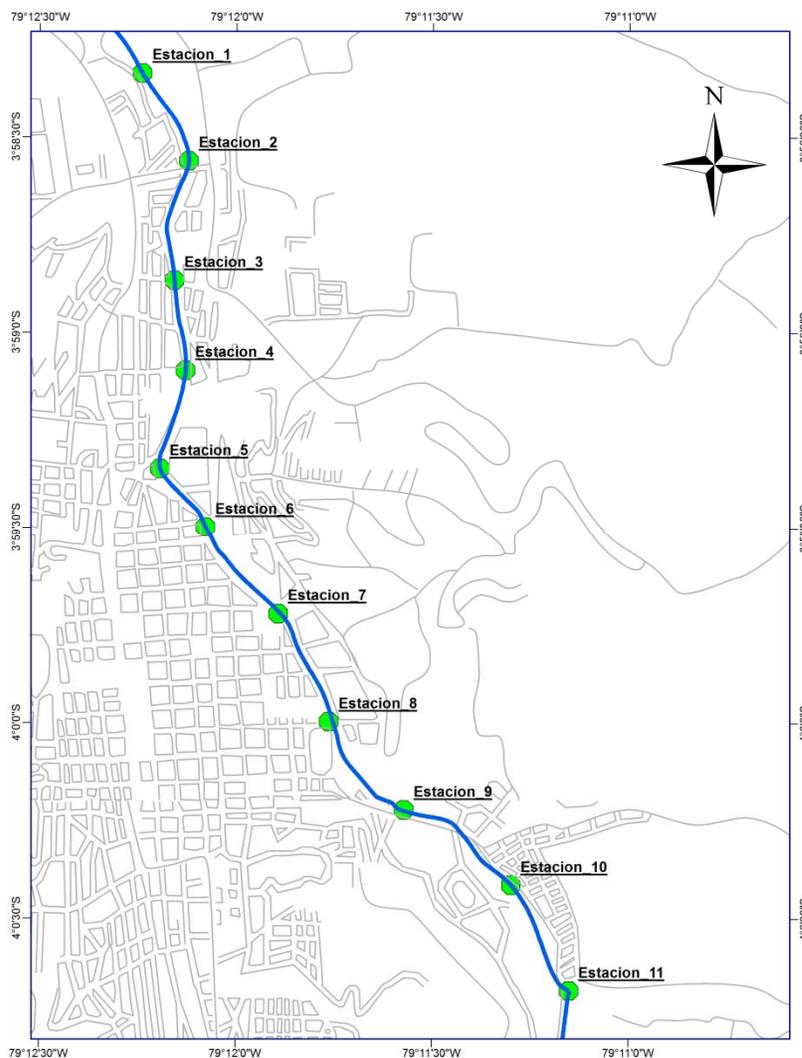


Figura 1. Estaciones de muestreo a lo largo del Río Zamora.

2.2. Diseño y recolección de datos.

En cada uno de las estaciones se seleccionaron 10 árboles de *Salix humboldtiana* Willd o árboles con características similares (*Jacaranda mimosifolia* D. Don. y *Alnus acuminata* O. Kuntze), con la finalidad de homogenizar el sustrato por cuanto el crecimiento de briófitos y líquenes epífitos depende de las características del hospedero (Riquelme, 2008). Los forófitos seleccionados tuvieron al menos 22 cm de DAP, con 20 grados de inclinación y sin daños en su corteza vegetal. En cada árbol se registró la frecuencia y cobertura de líquenes y briófitos en un área de 20 x 50 cm dividida en 40 cuadrículas de 5 x 5 cm, apoyada verticalmente sobre el tronco del árbol a una altura de 1 m del suelo (Calatayud & Sanz, 2000) (Anexo 5). Las muestras fueron tratadas, secadas a temperatura ambiente, montadas e ingresadas en el Museo de colecciones biológicas de la Universidad Técnica Particular de Loja – Colección de líquenes y briófitos.

2.3. Análisis de datos.

La calidad del aire en cada uno de las estaciones se determinó con el índice de pureza atmosférica (IPA), propuesto por Le Blanc & De Sloover, (1970), y con el índice de pureza atmosférica modificado (IPAM) presentado por Rubiano, (1983), se llegó a determinar la calidad del aire, tomando en cuenta la frecuencia, cobertura, el número de forófitos por estación y el factor de tolerancia de cada especie (A_j , E_j , C_i , F_i y Q_i), con el que se llegó a determinar las especies sensibles y tolerantes a la contaminación, que ha sido aplicado en diversas investigaciones (Lijteroff & Santoni, 2002; Giordani et al., 2012).

El factor de tolerancia Q_i se relaciona con el número de especies asociadas y con el número de estaciones en la que la especie i este presente. El factor Q_i es inversamente proporcional a la tolerancia a la contaminación.

Formula IPA.

$$IPA = \frac{\sum f}{N}$$

f = porcentaje de especies.

N = número de árboles muestreados por estación (10)

Formula IPAM.

El IPAM se calculó en base a las siguientes formulas:

$$Q_i = \sum_j \frac{A_j - 1}{E_j}$$

En la cual:

Q_i : factor de resistencia de la especie i

A_j : número de especies presentes en cada estación donde se encuentre i

E_j : número de estaciones donde se halle i

$$IPA_j = \sum \frac{Q_i \times f_i}{n} \times C_i$$

En la cual:

C_i : Cobertura relativa de la especie i en la estación j

F_i : frecuencia de la especie i (número de forófitos de la estación j en que aparece la especie i)

n: número de forófitos censados en la estación j.

Las diferencias en la composición de especies y los efectos de variabilidad se realizó entre zonas (Zona1_Norte (E1; E2 y E3) Zona2_Centrica (E4; E5; E6; E7 y E8) y Zona3_Sur (E9; E10 y E11)). Además, se realizó un análisis multivariante de dos factores basado en permutaciones (PERMANOVA) sobre los datos de cobertura de las especies. Adicionalmente se utilizó un PERMANOVA por pares para determinar la similitud de especies entre zonas, con la medida de distancia de Bray-Curtis. También se utilizó un análisis de ordenamiento bidimensional (NMDS). Los análisis se realizaron con el paquete estadístico PRIMER 6.1.11 (Anderson et al., 2008).

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Riqueza

En la ciudad de Loja se registró un total de 82 especies, de las cuales 12 son briófitos y 70 líquenes. (Anexo 1). Las familias más representativas fueron: Parmeliaceae (19), Physciaceae (14), Usneaceae (5) y el resto de familias con menos de 5 especies (Anexo 2). Las estaciones que mostraron mayor riqueza fueron las estaciones norte y sur (E1, E2, E10 y E11), mientras que en las estaciones céntricas de la urbe la riqueza de especies disminuyó considerablemente (Figura 2).

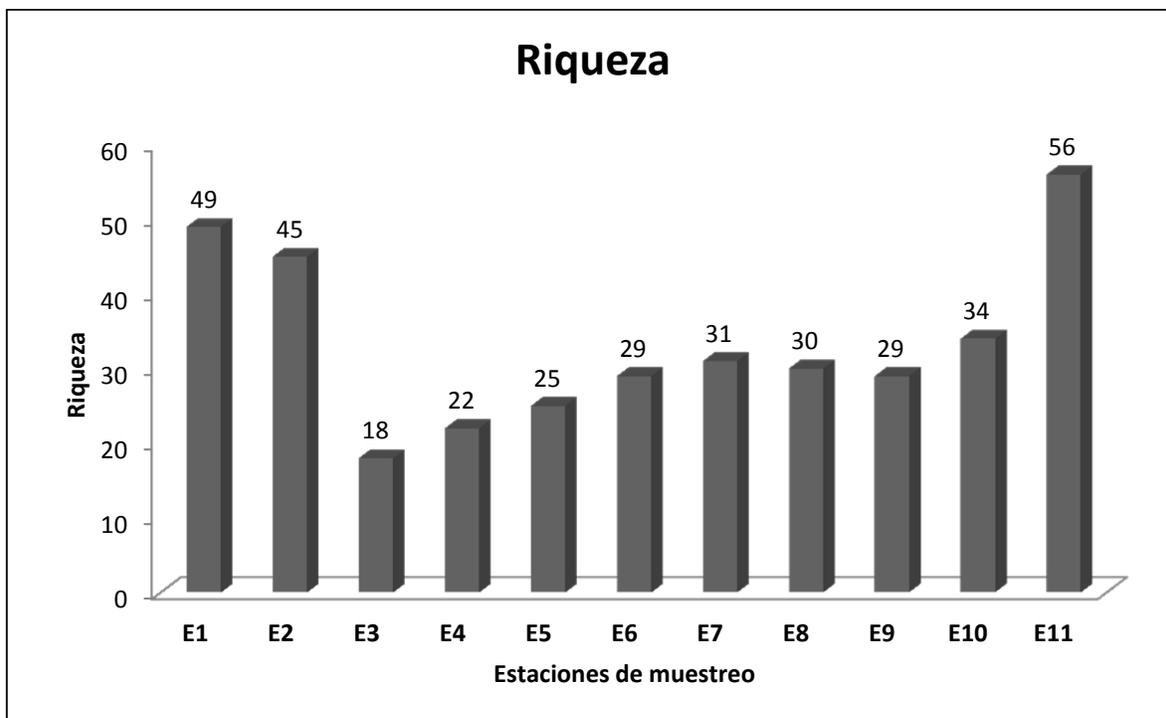


Figura 2. Riqueza de especies de briófitos y líquenes.

Índice de pureza atmosférica (IPA).

Los valores altos del IPA e IPAM se registraron en las estaciones norte (E1 y E2) y sur (E10 y E11) de la urbe mientras que en las estaciones céntricas se presentaron valores bajos, relacionados con la contaminación atmosférica (Figura 3; Figura 4).

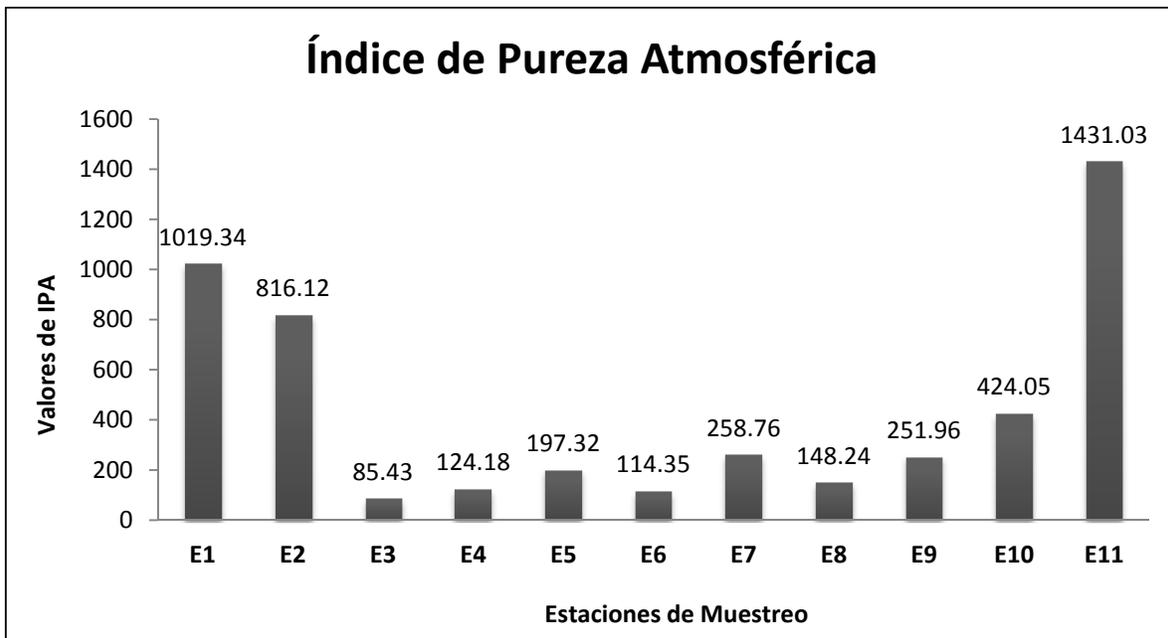


Figura 3. Índice de Pureza Atmosférica (IPA).

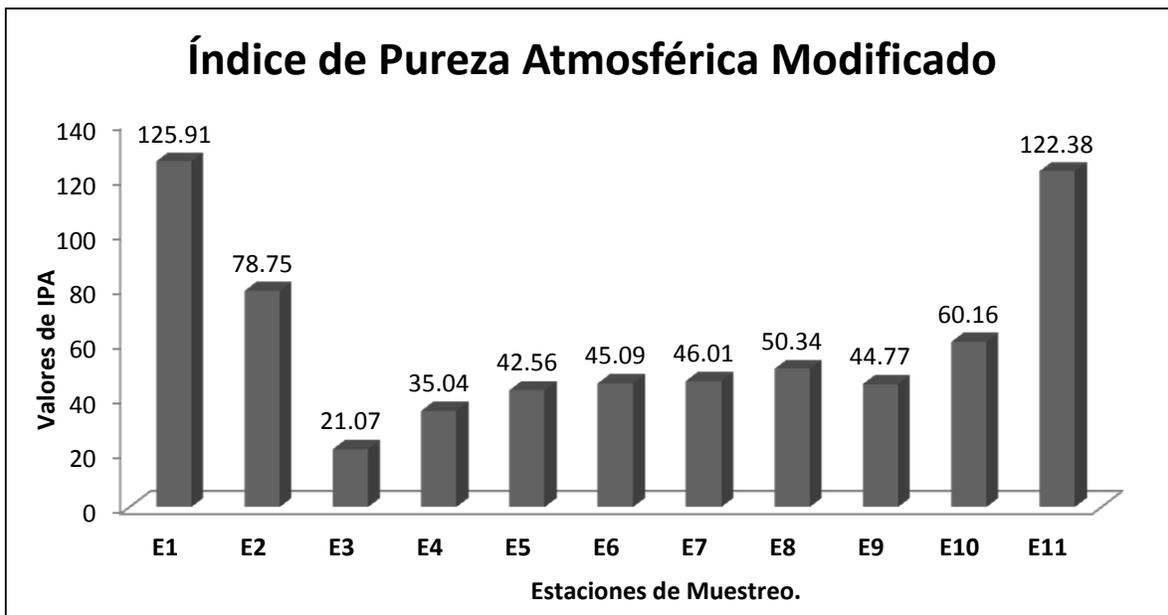


Figura 4. Índice de Pureza Atmosférica Modificado (IPAM).

Factor de tolerancia (Q_i)

El factor Q_i es inversamente proporcional a la tolerancia a la contaminación. De acuerdo a los valores obtenidos del análisis Q_i , ubican a: *Pseudocyphellaria aurata*; *Pseudocyphellaria crocata*; *Leptogium milligranum*, *Leptogium azureum*; *Sticta fuliginosa* y *Metzgeria consanguínea*, como especies sensibles. Y a: *Candelaria concolor*; *Zelometeorium recurvifolium*; *Parmotrema arnoldii*; *Punctelia rudecta*; *Phaeophyscia hispidula* y *Frullania ericoides*, como especies tolerantes a la contaminación (Anexo 3 y Anexo 4).

Especies sensibles a la contaminación atmosférica.

Se registró un mayor número de especies sensibles en las estaciones norte (E1 y E2) y sur (E10 y E11), que van desde 6 hasta 11 especies y en las estaciones centrales la riqueza disminuye considerablemente (Figura 5).

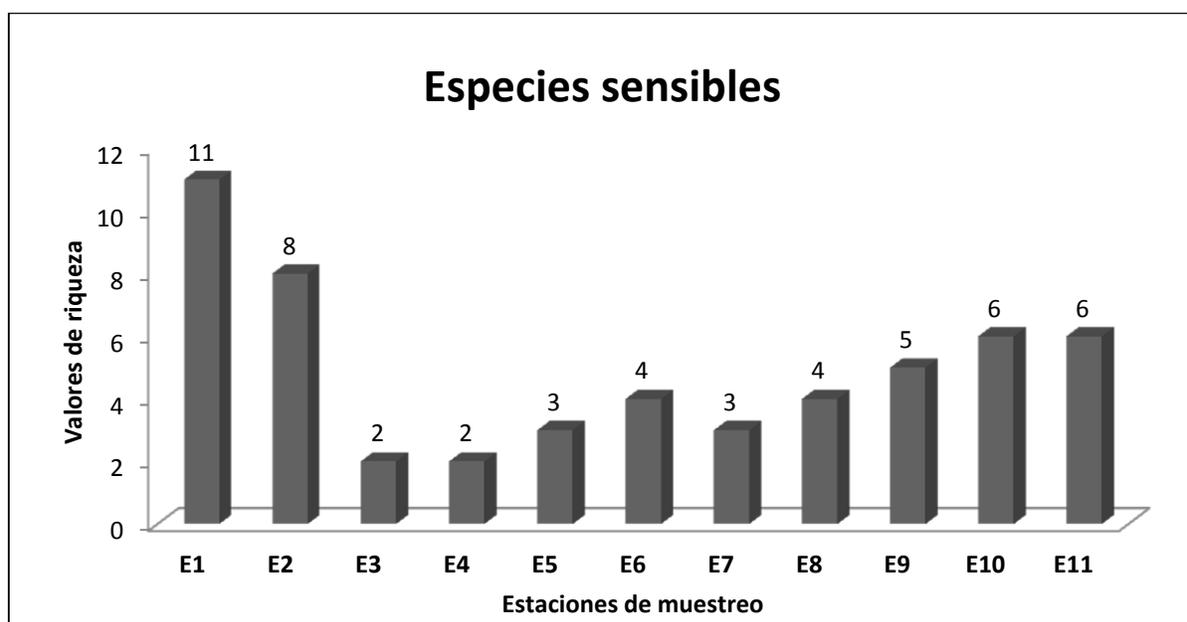


Figura 5. Número de especies sensibles a la contaminación atmosférica.

Análisis multivariantes y escalamiento multidimensional.

La composición de líquenes y briófitos según el análisis multivariante se estructura acorde a diferentes escalas y determinando un elevado porcentaje de la variabilidad por la zona y estación (Tabla 2).

Tabla 2 Composición por líquenes zonas y estaciones.

Factor	df	MS	Estadístico-F	P_V	CV (%)
Zona	2	11722	1.9951	0.014	14.116

Estaciones (Zona)	8	6134.9	5.0776	0.001	22.829
Error	92	1208.5			34.763

df (Grados de libertad); MS (Cuadrados medios); Estadístico F (Estadístico); P_V (P_Valor); CV (Coeficiente de variación).

Los análisis de similitud por pares muestran diferencias significativas en la composición de líquenes y briófitos entre las zonas más alejadas y las céntricas (Tabla 3). Entre las zonas norte y sur (Zona1_Norte vs Zona3_Sur) en donde el nivel de contaminación es menor, no se detectaron diferencias significativas; estos resultados nos ayudan a determinar que existe una relación con los resultados del IPA (Tabla 3).

Tabla 3. Diferencia de composición entre zonas.

Factor	Disimilaridad	P_Valor
Zona1_Norte vs Zona2_Centrica	61.49	0.025
Zona1_Norte vs Zona3_Sur	60.09	0.603
Zona2_Centrica vs Zona3_Sur	61.87	0.037

Permanova.

El escalamiento multidimensional (NMDS) en base a la composición de especies mostró un agrupamiento de los árboles de la Zona1_Norte y Zona3_Sur, ya que estas zonas presentan una mayor similitud en especies, y también por mostrar niveles bajos de contaminación, a diferencia de la Zona2_Centrica donde los niveles de contaminación son altos (Figura 6).

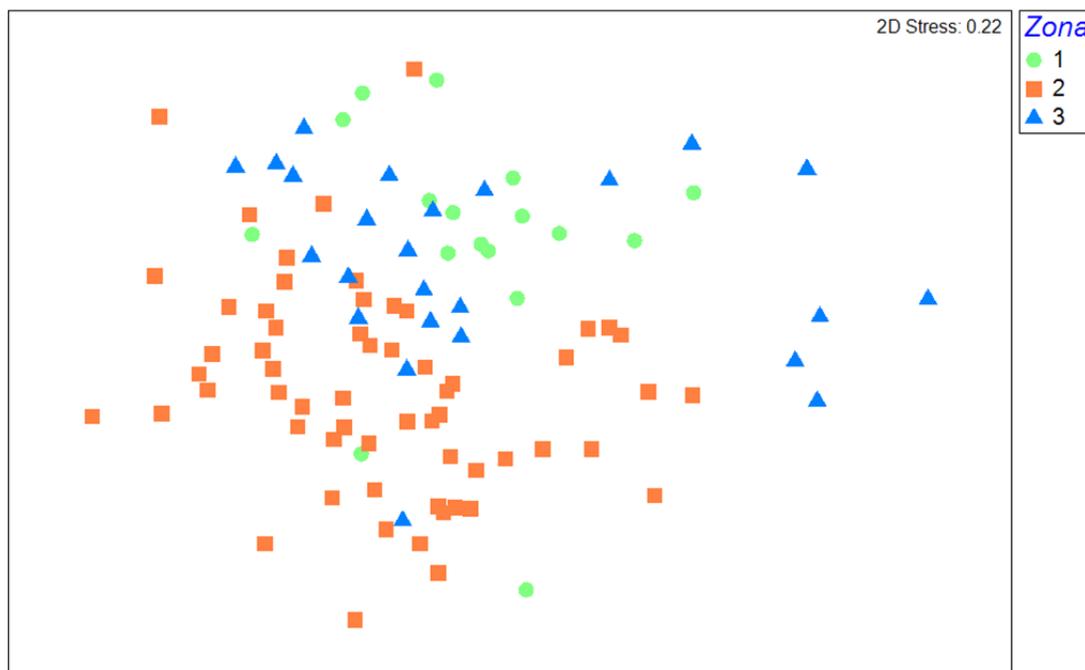


Figura 6. Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de especies en cada uno de los árboles de las diferentes zonas.

DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que existe una gran diferencia en la diversidad de líquenes y briófitos de las estaciones norte y sur en comparación a las estaciones céntricas que están relacionados con el incremento del tráfico vehicular.

Varios estudios han documentado que la riqueza de especies disminuye a medida que se ingresa a las zonas centrales de la ciudad debido a la contaminación por fuentes móviles (Gries, 1999; Rubiano, 2002; Kaffer et al., 2011; Segura, 2013). Estos resultados concuerdan con las observaciones en donde se registró una mayor riqueza de especies en las estaciones norte y sur de la ciudad a diferencia de las estaciones centrales que mostraron un patrón contrario. Así mismo se ha registrado que las familias con mayor número de especies fueron Parmeliaceae, Physciaceae y Usneaceae, las cuales han sido reportadas en otras investigaciones como las familias más representativas de las zonas urbanas (Kaffer et al., 2011; Segura, 2013; Simijaca-Salcedo et al., 2014).

Varias investigaciones han registrado que las zonas céntricas de la urbe presentan valores bajos del IPA, relacionados con una mayor contaminación debido a las diferentes actividades comerciales, industriales y el aumento del parque automotor (Canseco et al., 2006; Anze et al., 2007; Lijteroff et al., 2009; Käffer et al., 2011), mientras que las zonas que se encuentran alejadas del centro de la urbe presentan una mejor calidad del aire (Rubiano, 1990; Lijteroff & Santoni, 2002; Canseco et al., 2006; Käffer et al., 2011; Giordani et al., 2012). Estos estudios corroboran nuestros resultados obtenidos en donde se registraron valores altos del IPA e IPAM en las estaciones norte y sur, un patrón contrario se evidenció en las estaciones centrales.

Los análisis multivariantes y NMDS mostraron que existen una diferencia significativa entre la zona céntrica y las zonas norte y sur, estos resultados concuerdan con los estudios de Conti & Cecchetti, 2001 y Käffer et al., 2011, que señalan que los cambios en la composición de las comunidades de líquenes y briófitos, están asociados con la contaminación atmosférica, en donde existe una correlación negativa entre la diversidad de briófitos y líquenes y la concentración de contaminantes, principalmente SO₂. Es así que, cuando los niveles de contaminación atmosférica son bajos, los líquenes se desarrollan adecuadamente sobre troncos de árboles, suelo y rocas, sin embargo en lugares contaminados se observa que la cobertura y abundancia de algunas especies tienden a disminuir o incluso desaparecen (Méndez & Fournier 1980; Giordani, 2007).

Los resultados del factor de tolerancia (Q_i) establece que las especies: *Metzgeria consanguínea*, *Leptogium sp.*, *Leptogium azureum*, *Leptogium phyllocarpum*, *Leptogium coralloideum*, *Normandina pulchella*, *Myelochroa lindmanii*, *Sticta sp.*, *Sticta fuliginosa*, *Teloschistes chrysophthalmus*, *Hypotrachyna lívida*, *Pseudocyphellaria aurata*, *Pseudocyphellaria crocata* en el grupo de especies sensibles a la contaminación atmosférica. Las mismas que han sido reportadas por: (Rubiano, 1990; Deltoro et al., 1999; Lijteroff, 2002; Canseco et al., 2006; Käffer et al., 2011; Giordani et al., 2012; Segura, 2013), llegando a corroborar los resultados de la presente investigación.

Deltoro et al., (1999); Gombert et al., (2006); Kranner et al., (2008). Afirman que las especies tienen diferentes niveles de tolerancia a los contaminantes y por ende algunas especies pueden sobrevivir en ambientes contaminados de forma severa y otras desaparecen debido a elevada sensibilidad que muestran ante estos eventos. Bajo esta premisa varios estudios han determinado la sensibilidad de algunas especies a los contaminantes ambientales (CO_2 , SO_2), entre las que están: *Pseudocyphellaria aurata*, *Pseudocyphellaria crocata*, *Leptogium milligranum*, *Leptogium azureum* y *Sticta fuliginosa* (Rubiano, 1990; Lijteroff & Santoni, 2002; Canseco et al., 2006; Käffer et al., 2011; Giordani et al., 2012; Segura, 2013). En el presente trabajo, se ha verificado la presencia de estas especies en las estaciones norte y sur de la urbe, las mismas que mostraron un alto valor de (Q_i), lo cual presumiblemente evidencia niveles bajos de contaminación ambiental en estas zonas.

Por otra parte, en las zonas centrales se registró una mayor frecuencia de *Candelaria concolor*, *Parmotrema arnoldii*, *Punctelia rudecta* y *Phaeophyscia hispidula*, las mismas que mostraron valores bajos del factor de tolerancia (Q_i), ubicándolas como especies tolerantes a la contaminación. Las mismas han sido reportadas para este tipo de zonas por tener una mayor tolerancia a la contaminación (Rincón, 2012). Santoni & Lijteroff, (2006) asegura que la depreciación en la calidad del aire va ligada a la disminución y desaparición de algunas especies sensibles que son reemplazadas por especies más tolerantes a los contaminantes.

CONCLUSIONES

Mediante los resultados del IPA e IPAM y las especies encontradas como bioindicadores de la contaminación atmosférica, se pudo observar que la ciudad de Loja presenta una mejor calidad del aire en las zonas norte y sur en comparación a las zonas céntricas que se ven relacionadas con el aumento del parque automotor.

La riqueza y composición de especies fue diferente en cada una de las estaciones, por lo que se considera que a medida que se ingresa a la zona periférica la composición de especies está siendo afectada considerablemente, y algunas especies van desapareciendo y siendo predominantes organismos resistentes y tolerantes a los cambios.

Los (NMDS) y análisis multivariantes, corroboran los resultados de IPA e IPAM y riqueza de especies, al documentar que las zonas norte y sur son las que muestran mayor similitud, determinándolas como zonas de mejor calidad del aire, en comparación a las zonas céntricas que muestran una mala calidad del aire, que se ven afectadas por la circulación del parque automotor, que influyen en la presencia de estos organismos y en la calidad del aire de la ciudad de Loja.

El factor de tolerancia (Q_i), determino como especies sensibles a: *Metzgeria consanguínea*, *Leptogium sp*, *Leptogium milligranum*, *Leptogium azureum*, *Leptogium phyllocarpum*, *Leptogium coralloideum*, *Normandina pulchella*, *Myelochroa lindmanii*, *Sticta sp*, *Sticta fuliginosa*, *Teloschistes chrysophthalmus*, *Hypotrachyna lívida*, *Pseudocyphellaria aurata* y *Pseudocyphellaria crocata*.

El factor de tolerancia (Q_i), determino a las especies *Candelaria concolor*, *Parmotrema arnoldii*, *Punctelia rudecta* y *Phaeophyscia hispidula*, como especies tolerantes a la contaminación.

El uso de las comunidades de briófitos y líquenes como bioindicadores ha mostrado ser una alternativa rápida, eficiente y de bajo costo para la evaluación de la calidad del aire.

RECOMENDACIONES.

Es importante que para la realización de estos estudios, se cuente con un profesional que disponga de los conocimientos necesarios sobre morfología y fisiología de líquenes y briófitos, a fin de evitar errores al momento de muestrear.

Es necesario complementar los estudios de calidad del aire a través de bioindicadores (líquenes y briófitos), con análisis físico-químicos de las estructuras de estos organismos, para detectar: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), plomo y otros contaminantes presentes, ya que estos organismos son bioacumuladores. Estos análisis permitirán obtener mayor información más completa.

En vista de que la zona de estudio, constituye un transecto lineal, se debe fijar puntos estratégicos de muestreo para monitorear anualmente la calidad de aire siguiendo esta metodología para aportar mayor información en la evaluación de la calidad de aire de la urbe.

Buscar la participación del gobierno seccional en el estudio de estos organismos ya que demostraron ser organismos eficientes para determinar la calidad del aire en los centros urbanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Albert, P. (2005). The Limits and Frontiers of Desiccation-Tolerant Life. *Integrative and Comparative Biology* 45: 685-695.

Anderson, M. J., R. N. Gorley, And K. R. Clarke. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods, Plymouth, UK: PRIMER-E.

Anze R., Franken M., Zaballa M., Pinto M., Zeballos G., Cuadros M. Á., Canseco Á., De la Rocha A., Estellano V.H. & Del Granado S. (2007). Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*. 1: 54–74.

Aspiazu J. L., Cervantes J., Ramírez J., López R., Ramos R., Muñoz P. & Villaseñor P. (2008). Temporal and spatial trends studied by lichen analysis: atmospheric deposition of trace elements in Mexico. *Revista Mexicana de Física*. 53: 87–96.

Barreno, E., & Perez, S. (2003). Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. Oviedo: KRK Ediciones.

Benitez, A., & Gradstein, G. (21 de 06 de 2011). Sociedad Latinoamericana de Brioliquenica. Recuperado el 27 de 06 de 2014, de <http://briologia.blogspot.com/2011/06/briofitas-del-ecuador.html>

Brunialti, G. & Giordani, P. 2003. Variability of lichen diversity in a climatically heterogeneous area. *Lichenologist* 35: 55-69.

Bungartz, F; Yáñez. A; Nugra F & Ziemmeck, F. (2013). Guía rápida de líquenes de las Islas Galapagos. Fundacion Charles Darwin. Version 3.

Capó, M. (2002). Principios de ecotoxicología. In *Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente* (pp. 128-139). Madrid: McGraw-Hill.

Cajander, A.K. 1926. The theory of forest types. *Acta Forest. Fenn.* 29: 1–108.

Cárdenas, E. (2004). Contaminación atmosférica y medios de transporte en la ciudad de Toluca. México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Canseco A., Anze R. & Franken M. (2006). Comunidades de líquenes: indicadores de la calidad del aire en la ciudad de La Paz, Bolivia. *ACTA NOVA*. 3: 286-307. Recuperado de <http://www.ucbcba.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v3n2/v3.n2.Canseco.pdf>.

Chaparro M, Aguirre J. (2002). Hongos liquenizados. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C. p. 220.

Cockerham, L., & Shane, B. (1994). *Basic Environmental Toxicology*. Boca Raton: CRC.

- Conti, M. E. & Cecchetti, G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environ. Pollut* 114: 471-492.
- Cox, C.J., Goffinet, B., Wickett, N.J., Boles, S.B. & Shaw, A.J. 2010. Moss diversity: a molecular phylogenetic analysis of genera. *Phytotaxa*, 9: 175-195.
- Cubas, Nuñez, Crespo, & Divakar. (2010). Líquenes: que son y su uso como bioindicadores. GEMM.
- Delgadillo, C. (2002). Sociedad Latinoamericana de Briología. Recuperado el 26 de 06 de 2014, de <http://www.briolat.org/briofitas/>
- Delgadillo M., C. & A. Cárdenas S. 1990. Manual de Briofitas. Cuadernos 8. México, D.F.: Instituto de Biología, UNAM. Pp. 135.
- DeToro, V.I., Gimeno, C., Calatayud, A. & Barreno, E. (1999). Effects of SO₂ fumigations on photosynthetic CO₂ exchange, chlorophylla fluorescence emission and antioxidant enzymes in the lichens *Evernia prunastri* and *Ramalina farinacea*. *Physiologia Plantarum* 105: 648-654.
- Froehlich A. (2006). A look at Willamette valley air quality using lichen communities as bioindicators. *Research Based Learning* 49, 377-389.
- Fugal A., Saiki M., Marcelli M. & Saldiva, P. (2008). Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. *Environmental Pollution*. 151: 334-340.
- Gauslaa, Y., Ohlson, M., Solhaug, K.A., Bilger, W. & Nybakken, L. (2001). Aspect-dependent high-irradiance damage in two transplanted foliose forest lichens, *Lobaria pulmonaria* and *Parmelia sulcata*. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1639–1649.
- García P, M.ros R & Guerra J. (1999). Briófitos como bioindicadores de calidad botánica en zonas áridas del sudeste español: Sierras de filabres, cabrera, alhamilla y cabo de gata (Almería, España). *Acta Botánica Malacitana* 24: 113-131.
- García S. & Guerrero M. (2006). Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*. 35: 45-57.
- Giordani P. (2007). Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution A case study from Italy. *Environmental Pollution*. 146: 317-323.
- Gradstein, S.R., Churchill, S. P. & Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 86:1–577.
- Hawksworth L; Iturriaga T & Crespo A; (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*. 22: 71-82.
- Izco J. (2000). *Botánica*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid. 906 pp.

Lijeteroff, R., Lima, L., & Prieri, B. (2009). UNAM. Recuperado el 10 de 01 de 2014, de <http://www.journals.unam.mx/index.php/rica/article/viewFile/21588/21602>.

Jaramillo, M., & Botero, L. (2010). Comunidades liquénicas como bioindicadores de calidad de aire en el Valle de Aburrá. *Revista Gestión y Ambiente*, 97-110

Lijeteroff R., Lima L. & Prieri B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25: 111-120.

Lohmus, P., Rosenvald, R. & Lohmus, A. (2006). Effectiveness of solitary retention trees for conserving epiphytes: differential short-term responses of bryophytes and lichens. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1319–1330.

Käffer, M., Azevedo, S., Alves, C., Camejo, V., Fachel, J, & Ferrão V. (2011) Corticolous lichens as environmental indicators in urban areas in southern Brazil, *Ecological Indicators* 1319–1332.

Kranner, I., Beckett, R., Hochman, A. & Nash, T. 2008. Desiccation-Tolerance in Lichens: A review. *The Bryologist.* 111: 576-593.

Kett A, Dong S, Andrachuk H, & Craig B; (2008). Aprendiendo con Líquenes :Uso de Líquenes Epifitos como Indicadores Biológicos de Contaminación del Aire.

Marbán, L., et al. (1999) : " Contaminación con Metales Pesados en un Suelo de la Cuenca del Río Reconquista". *Ecología Austral.* Vol. 9 Nº 1-2. Pp. 15-19.

Méndez O. & Fournier L.A. (1980). Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical.* 28: 31-39.

Méndez, V. H., & Monge, J. (2011). El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial. *Biocenosis*, 25(1-2), 51-67.

Meyer, C., Bernard, N. Franchi, M., Gilbert, F., Moskura, M (2010). Using “bryophytes and their associated testate amoeba” microsystems as indicators of atmospheric pollution *Ecological Indicators* 13: 144–151

Ministerio de Medio Ambiente. (2010). Plan Nacional de la Calidad del Aire. Recurado el 10 de 10 de 2014, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

Monge-Najera, J., González, M.I., Rossi, M.R. y Méndez-Estrada, V.H. (2002). Twenty years of lichen cover change in a tropical habitat (Costa Rica) and its relation with air pollution. *Revista de Biología Tropical* 50: 309-319.

Municipio de Loja, G. (2012). GAD Municipal de Loja. Recuperado el 01 de 12 de 2013, de <http://www.loja.gob.ec/files/docman/diagnostico.pdf>.

Nagua, M & Montalvo J. (2004). Identificación y Evaluación de impactos ambientales generados por fuentes móviles, que afectan la calidad del aire, en la zona urbana consolidada de la ciudad de Loja., Tesis de Ingeniero en Medio Ambiente. Loja: Universidad Nacional de Loja.

OCED, Organization for Economic Co-operation and Development (2006), Environment at a Glance, Environmental Indicators, Paris.[<http://www.oecdbookshop.org/oecd/display.asp?sf1=identifiers&lang=EN&st1=972005081> p1.

Poikolainen, J. (2004). Mosses, Epiphytic lichens and tree bark as biomonitors for air pollutants—specifically for heavy metals in regional surveys. Oulu: Oulu University Press.

Policnik H., Simoncic P. & Batic F. (2008). Monitoring air quality with lichens: A comparison between mapping in forest sites and in open areas. Environmental Pollution. 151: 395–400.

PNUMA, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, GEO Loja. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2008GEOLoja.pdf>.

Pnud. (2008). Con el auspicio de: Hechos de Callejon, 46(Reintegración Comunitaria), 2–20.

Prieto, M., G. Cevallos, Y. González, A. Benítez and G. Aragón. Checklist of lichens from mainland Ecuador. En revisión.

Rincon J. (2012). Líquenes como bioindicadores en el monitoreo de la calidad del aire. Universidad Industrial de Santander. Colombia.

Riquelme, F. (2008). Evaluación Del Uso De Líquenes Como Indicadores Biológicos De Contaminación Atmosférica En La Quebrada De La Plata, Región Metropolitana. Universidad De Chile. Facultad De Ciencias Forestales Escuela De Ciencias Forestales. Departamento De Manejo De Recursos Forestales.

Rojas N. (2010). Aire y Problemas Ambientales de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C.

Rubiano LJ. (1987). Delimitación de áreas de isocontaminación en Cali y Medellín utilizando líquenes como bioindicadores. Pérez Arbelaezia; 1(4):7-41.

Santoni C. & Lijteroff R. (2006). Evaluación de la calidad del aire mediante el uso de bioindicadores en la provincia de san Luis, Argentina. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 22 (1): 49-58.

Slack, N.Y. (1988). The ecological importance of lichens and bryophytes. En: T. Nash y V. Wirth, eds. Lichens, bryophytes and air quality, pp. 23-54. J. Cramer, Berlin. 289 pp.

Segura, S., (2013). Caracterización De La Contaminación Atmosférica En Seis Parques Recreacionales Del Distrito Metropolitano De Quito Mediante El Uso De Bioindicadores. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental. Universidad Central Del Ecuador.

Simijaca-Salcedo DF, Vargas-Rojas DL, Morales-Puentes ME. (2014). Uso de organismos vegetales no vasculares como indicadores de contaminación atmosférica urbana (Tunja, Boyacá, Colombia). Acta biol. Colomb. 9 (2):221-232.

Solis, L., & López, J. (2003). Principios básicos de la Contaminación Ambiental. México.

Vanderpoorten, A. & Hallingbäck, T. (2009). Conservation biology of bryophytes. In: Goffinet, B. & Shaw, A.J. Eds. Bryophyte biology, 2nd edition, pág. 487-532.

Villarreal, J.C., Cargill, D.C., Hargb org, A., Söderström, L. & Renzaglia, K.S. 2010. Hornwort diversity: Patterns, causes and future work. Phytotaxa, 9: 150-166.

ANEXOS.

Anexo 1. Listado de especies de briófitos y líquenes de la urbe de Loja.

LÍQUENES
<i>Anisomeridium sp.</i>
<i>Bacidia sp1</i>
<i>Bulbothrix coronata</i> (Fée) Hale.
<i>Bulbothrix goebelii</i> (Zenker) Hale.
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.
<i>Chapsa sp1</i>
<i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi.
<i>Everniastrum catawbiense</i> (Degel.) Hale ex Sipman
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale
<i>Graphis sp1</i>
<i>Haematomma sp</i>
<i>Heterodermia albicans</i> (Pers.) Swinscow & Krog
<i>Heterodermia granulifera</i> (Ach.) W.L. Culb.
<i>Heterodermia leucomela</i> (L.) Poelt
<i>Heterodermia sp.</i>
<i>Hyperphyscia sp.</i>
<i>Hypotrachyna livida</i> (Taylor) Hale.
<i>Lecanora sp1</i>
<i>Lecanora sp2</i>

LÍQUENES
<i>Lecanora sp3</i>
<i>Lepraria sp1</i>
<i>Leptogium azureum</i> (Sw. ex Ach.) Mont.
<i>Leptogium coralloideum</i> (Meyen & Flot.) Vain.
<i>Leptogium milligranum</i> Sierk
<i>Leptogium phyllocarpum</i> (Pers.) Mont.
<i>Leptogium sp</i>
<i>Myelochroa lindmanii</i> (Lynge) Elix & Hale
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor
<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale
<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale
<i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale
<i>Parmotrema conferendum</i> Hale
<i>Parmotrema mellissii</i> (C.W. Dodge) Hale
<i>Parmotrema rampoddense</i> (Nyl.) Hale
<i>Parmotrema sp1</i>
<i>Parmotrema sp2</i>
<i>Pertusaria sp1</i>
<i>Phaeographis sp1</i>
<i>Phaeophyscia limbata</i> (Poelt) Kashiw.
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.
<i>Physcia atrostriata</i> Moberg

LÍQUENES
<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.
<i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge
<i>Punctelia riograndensis</i> (Lynge) Krog
<i>Punctelia rudecta</i> (Ach.) Krog
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog
<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.
<i>Pseudocyphellaria crocata</i> (L.) Vain.
<i>Pyxine</i> aff. <i>solediota</i> (Ach.) Mont.
<i>Pyxine</i> sp1
<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) Krog & Swinscow
<i>Ramalina complanata</i> (Sw.) Ach.
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach
<i>Ramalina leptocarpha</i> Tuck
<i>Ramalina obtusata</i> (Arnold) Bitter.
<i>Rimelia reticulata</i> (Taylor) Hale
<i>Rinodina</i> sp.
<i>Sticta fuliginosa</i> (Dicks.) Ach.
<i>Sticta</i> sp
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Beltr.
<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.
<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman
<i>Usnea</i> sp1
<i>Usnea</i> sp2

LÍQUENES
<i>Usnea sp3</i>
<i>Usnea sp4</i>
<i>Usnea sp5</i>
BRIÓFITOS
<i>Bryum argentatum</i> Müll. Hal.
<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi
<i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont.
<i>Frullania aff ericoides</i> (Nees) Mont.
<i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont.
<i>Metzgeria consanguinea</i> Schiffn.
<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Stephani
<i>Sematophyllum loxense</i> (Hook.) Mitt.
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch
<i>Tortula amphidiacea</i> (Müll. Hal.) Broth.
<i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Gaertn., Meyer, & Scherb.
<i>Zelometeorium recurvifolium</i> (Hornsch.) Manuel

Anexo 2. Riqueza de familias, géneros y especies de briófitos y líquenes.

Familia	Genero	Especie
BACIDIACEAE	<i>Bacidia</i>	<i>Bacidia sp1</i>
BRYACEAE	<i>Bryum</i>	<i>Bryum argentatum</i> Müll. Hal.
CANDELARIACEAE	<i>Candelaria</i>	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold
COLLEMATAACEAE	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium azureum</i> (Sw. ex Ach.) Mont.
		<i>Leptogium coralloideum</i> (Meyen & Flot.) Vain.

Familia	Genero	Especie
COLLEMATACEAE	<i>Leptogium</i>	<i>Leptogium milligranum</i> Sierk
		<i>Leptogium phyllocarpum</i> (Pers.) Mont.
		<i>Leptogium sp</i>
FRULLANIACEAE	<i>Frullania</i>	<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi
		<i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont.
		<i>Frullania aff. ericoides</i> (Nees) Mont.
GRAPHIDACEAE	<i>Graphis</i>	<i>Graphis sp1</i>
	<i>Phaeographis</i>	<i>Phaeographis sp1</i>
HAEMATOMMATACEAE	<i>Haematomma</i>	<i>Haematomma sp</i>
LECANORACEAE	<i>Lecanora</i>	<i>Lecanora sp1</i>
		<i>Lecanora sp2</i>
		<i>Lecanora sp3</i>
LEJEUNEACEAE	<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont.
		<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Stephani
LOBARIACEAE	<i>Pseudocyphellaria</i>	<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.
		<i>Pseudocyphellaria crocata</i> (L.) Vain.
	<i>Sticta</i>	<i>Sticta fuliginosa</i> (Dicks.) Ach.
		<i>Sticta sp</i>
METEORIACEAE	<i>Zelometeorium</i>	<i>Zelometeorium recurvifolium</i> (Hornsch.) Manuel
	<i>Metzgeria</i>	<i>Metzgeria consanguinea</i> Schiffn.
MONOBLASTIACEAE	<i>Anisomeridium</i>	<i>Anisomeridium sp.</i>
PARMELIACEAE	<i>Bulbothrix</i>	<i>Bulbothrix coronata</i> (Fée) Hale.
		<i>Bulbothrix goebelii</i> (Zenker) Hale.

Familia	Genero	Especie	
PARMELIACEAE	<i>Everniastrum</i>	<i>Everniastrum catawbiense</i> (Degel.) Hale ex Sipman	
	<i>Flavopunctelia</i>	<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale	
	<i>Hypotrachyna</i>	<i>Hypotrachyna livida</i> (Taylor) Hale.	
	<i>Myelochroa</i>	<i>Myelochroa lindmanii</i> (Lyngae) Elix & Hale	
	<i>Parmelia</i>	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	
	<i>Parmotrema</i>		<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale
			<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale
			<i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale
			<i>Parmotrema conferendum</i> Hale
			<i>Parmotrema mellissii</i> (C.W. Dodge) Hale
			<i>Parmotrema rampoddense</i> (Nyl.) Hale
			<i>Parmotrema sp1</i>
			<i>Parmotrema sp2</i>
	<i>Punctelia</i>		<i>Punctelia riograndensis</i> (Lyngae) Krog
			<i>Punctelia rudecta</i> (Ach.) Krog
			<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog
	<i>Rimelia</i>	<i>Rimelia reticulata</i> (Taylor) Hale	
	PERTUSARIACEAE	<i>Pertusaria</i>	<i>Pertusaria sp1</i>
PHYSICIACEAE	<i>Dirinaria</i>	<i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi.	
	<i>Hyperphyscia</i>	<i>Hyperphyscia sp.</i>	
	<i>Heterodermia</i>		<i>Heterodermia albicans</i> (Pers.) Swinscow & Krog
			<i>Heterodermia granulifera</i> (Ach.) W.L. Culb.
			<i>Heterodermia leucomela</i> (L.) Poelt

Familia	Genero	Especie
PHYSICIACEAE	<i>Heterodermia</i>	<i>Heterodermia sp.</i>
	<i>Phaeophyscia</i>	<i>Phaeophyscia limbata</i> (Poelt) Kashiw.
	<i>Physcia</i>	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.
		<i>Physcia atrostriata</i> Moberg
		<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.
		<i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lyng
	<i>Pyxine</i>	<i>Pyxine aff solediosa</i> (Ach.) Mont.
		<i>Pyxine sp1</i>
<i>Rinodina</i>	<i>Rinodina sp.</i>	
POTTIACEAE	<i>Tortula</i>	<i>Tortula amphidiacea</i> (Müll. Hal.) Broth.
		<i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Gaertn., Meyer, & Scherb.
	<i>Trichostomum</i>	<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch
RAMALINACEAE	<i>Ramalina</i>	<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) Krog & Swinscow
		<i>Ramalina complanata</i> (Sw.) Ach.
		<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach
		<i>Ramalina leptocarpha</i> Tuck
		<i>Ramalina obtusata</i> (Arnold) Bitter.
SEMATOPHYLLACEAE	<i>Sematophyllum</i>	<i>Sematophyllum loxense</i> (Hook.) Mitt.
STEREOCAULACEAE	<i>Lepraria</i>	<i>Lepraria sp1</i>
TELOSCHISTACEAE	<i>Caloplaca</i>	<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.
		<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.
	<i>Teloschistes</i>	<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Beltr.
		<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.

Familia	Genero	Especie
TELOSCHISTACEAE	<i>Teloschistes</i>	<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman
THELOTREMATACEAE	<i>Chapsa</i>	<i>Chapsa sp1</i>
USNEACEAE	<i>Usnea</i>	<i>Usnea sp1</i>
		<i>Usnea sp2</i>
		<i>Usnea sp3</i>
		<i>Usnea sp4</i>
		<i>Usnea sp5</i>
VERRUCARIACEAE	<i>Normandina</i>	<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.

Anexo 3. Especies tolerantes y sensible (Qi).

Especie	Qi
<i>Bryum argentatum</i> Müll. Hal.	32
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Arnold	32
<i>Leptogium milligranum</i> Sierk	32
<i>Zelometeorium recurvifolium</i> (Hornsch.) Manuel	32
<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale	32
<i>Punctelia rudecta</i> (Ach.) Krog	32
<i>Hyperphyscia sp.</i>	32
<i>Phaeophyscia limbata</i> (Poelt) Kashiw.	32
<i>Tortula amphidiacea</i> (Müll. Hal.) Broth.	32
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	32
<i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor) Stephani	36
<i>Heterodermia leucomela</i> (L.) Poelt	36

Espece	Qi
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	36
<i>Physcia atrostriata</i> Moberg	36
<i>Tortula ruralis</i> (Hedw.) Gaertn., Meyer, & Scherb.	36
<i>Teloschistes exilis</i> (Michx.) Vain.	36
<i>Heterodermia albicans</i> (Pers.) Swinscow & Krog	40
<i>Usnea</i> sp1	40
<i>Frullania ericoides</i> (Nees) Mont.	45
<i>Frullania</i> aff. <i>ericoides</i> (Nees) Mont.	45
<i>Teloschistes chrysophthalmus</i> (L.) Beltr.	45
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.	51
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	60
<i>Parmotrema cristiferum</i> (Taylor) Hale	60
<i>Heterodermia</i> sp.	60
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.	60
<i>Bacidia</i> sp1	71
<i>Lecanora</i> sp1	71
<i>Flavopunctelia flaventior</i> (Stirt.) Hale	71
<i>Parmotrema rampoddense</i> (Nyl.) Hale	71
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach	71
<i>Leptogium phyllocarpum</i> (Pers.) Mont.	89
<i>Lecanora</i> sp3	89
<i>Pseudocyphellaria aurata</i> (Ach.) Vain.	89
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	89

Espece	Qi
<i>Pertusaria sp1</i>	89
<i>Ramalina celastri</i> (Spreng.) Krog & Swinscow	89
<i>Leptogium azureum</i> (Sw. ex Ach.) Mont.	119
<i>Leptogium coralloideum</i> (Meyen & Flot.) Vain.	119
<i>Leptogium sp</i>	119
<i>Lecanora sp2</i>	119
<i>Lejeunea laetevirens</i> Nees & Mont.	119
<i>Sticta fuliginosa</i> (Dicks.) Ach.	119
<i>Hypotrachyna livida</i> (Taylor) Hale.	119
<i>Myelochroa lindmanii</i> (Lynge) Elix & Hale	119
<i>Heterodermia granulifera</i> (Ach.) W.L. Culb.	119
<i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge	119
<i>Lepraria sp1</i>	119
<i>Phaeographis sp1</i>	179
<i>Anisomeridium sp.</i>	179
<i>Parmotrema conferendum</i> Hale	179
<i>Punctelia riograndensis</i> (Lynge) Krog	179
<i>Rimelia reticulata</i> (Taylor) Hale	179
<i>Rinodina sp.</i>	179
<i>Ramalina leptocarpha</i> Tuck	179
<i>Teloschistes flavicans</i> (Sw.) Norman	179
<i>Usnea sp4</i>	179
<i>Frullania brasiliensis</i> Raddi	357

Especie	Qi
<i>Graphis sp1</i>	357
<i>Haematomma sp</i>	357
<i>Pseudocyphellaria crocata</i> (L.) Vain.	357
<i>Sticta sp</i>	357
<i>Metzgeria consanguinea</i> Schiffn.	357
<i>Bulbothrix coronata</i> (Fée) Hale.	357
<i>Bulbothrix goebelii</i> (Zenker) Hale.	357
<i>Everniastrum catawbiense</i> (Degel.) Hale ex Sipman	357
<i>Parmotrema austrosinense</i> (Zahlbr.) Hale	357
<i>Parmotrema mellissii</i> (C.W. Dodge) Hale	357
<i>Parmotrema sp1</i>	357
<i>Parmotrema sp2</i>	357
<i>Dirinaria applanata</i> (Fée) D.D. Awasthi.	357
<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.	357
<i>Pyxine aff sorediata</i> (Ach.) Mont.	357
<i>Pyxine sp1</i>	357
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch	357
<i>Ramalina complanata</i> (Sw.) Ach.	357
<i>Ramalina obtusata</i> (Arnold) Bitter.	357
<i>Sematophyllum loxense</i> (Hook.) Mitt.	357
<i>Chapsa sp1</i>	357
<i>Usnea sp2</i>	357
<i>Usnea sp3</i>	357

Especie	Qi
<i>Usnea sp5</i>	357

Anexo 4. Especies de briófitos y líquenes de la ciudad de Loja.



Frullania ericoides (Nees) Mont.



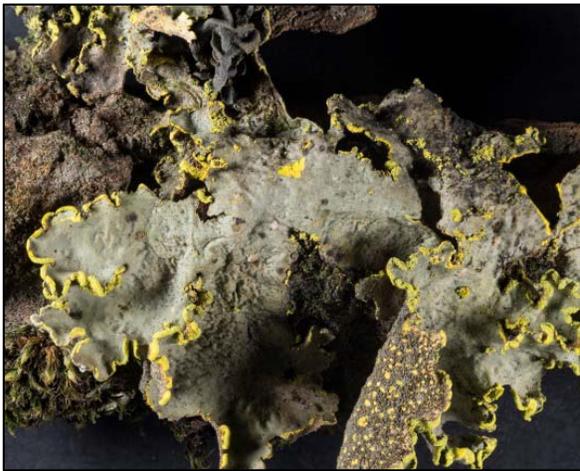
Zelometeorium recurvifolium (Hornsch.) Manuel



Punctelia rudecta (Ach.) Krog



Leptogium azureum (Sw. ex Ach.) Mont.



Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.



Teloschistes chrysophthalmus (L.) Beltr.



Usnea sp1



Phycia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.

Anexo 5. Trabajo de campo (Muestreo y recolección de datos).



