



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TITULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Diversidad de líquenes y briófitos en bosques tropicales con diferentes tipos de manejo en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa en la Sierra Norte del Ecuador.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Gerardo Raúl Haro Romero

DIRECTOR: Ángel Raimundo Benítez Chávez. PhD.

CENTRO UNIVERSITARIO SAN RAFAEL

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister

Ángel Raimundo Benítez Chávez

DOCENTE DE LA TITULACION

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: (diversidad de líquenes y briófitos en bosques tropicales con diferentes tipos de manejo en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa en la Sierra Norte del Ecuador) realizado por Gerardo Raúl Haro Romero, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Abril de 2017

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo .GERARDO RAUL HARO ROMERO, declaro ser autor(a) del presente trabajo de titulación: Diversidad de líquenes y briófitos en bosques tropicales con diferentes tipos de manejo en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa en la Sierra Norte del Ecuador, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo ANGEL RAIMUNDO BENÍTEZ CHAVEZ 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 que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.
Haro Romero Gerardo Raúl
1716817992

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación, es el fruto de la dedicación y empeño aplicado durante estos años de estudio.

Agradezco a Dios en primer lugar porque sin su gracia y bendición no habría sido posible culminar con este ciclo de estudios.

También dedico esta obra a mi esposa y a mi hijo quienes con su apoyo incondicional me han impulsado e inspirado con su amor y esfuerzo. Además de las largas horas de trabajo conjunto que realizamos en campo como de gabinete, juntos como familia.

Agradezco a mi familia, a mis padres, quienes gracias a su ejemplo e impulso desde mis comienzos me han dirigido. Mi eterno agradecimiento a ellos y a mis hermanas quienes siempre estuvieron pendientes.

También extendo mi gratitud a todos los amigos, compañeros y conocidos quienes aportaron con su tiempo y ayuda en la realización de este trabajo.

.....
Gerardo Raúl Haro Romero

AGRADECIMIENTO

Agradezco al PhD Ángel Benítez por su guía durante la realización de este trabajo. Por su apertura a la enseñanza y la paciencia que ha mostrado en este tiempo.

Agradezco a los docentes, quienes con sus enseñanzas, desarrollaron en mí un sentido crítico y profesional el cual llevare a cabo durante el desarrollo de mi carrera profesional.

Agradezco a las instituciones UTPL, Ministerio del ambiente, a la administración del Área protegida por permitirme cumplir con la investigación en cada proceso que se desarrolló en cada etapa y lugar, donde se realizó el trabajo tanto de campo como de gabinete.

Gerardo Raúl Haro Romero

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO II.....	6
2.1 Materiales y métodos.....	7
2.1.1 Área de estudio.	7
2.1.1.1 Bosque secundario maduro	8
2.1.1.2 Bosque secundario.....	9
2.1.1.3 Bosque modificado	10
2.1.2 Diseño experimental y toma de datos	10
2.1.3 Análisis de los datos	11
2.1.4 Identificación de Especies	11
CAPITULO III.....	12
3.1 Resultados y discusión.....	13
3.1.1 Resultados	13
3.1.1.1 Riqueza de especies	13
3.1.1.2 Composición de especies	15
3.1.2 Discusión	16
CONCLUSIONES	19
RECOMENDACIONES.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXO.....	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado de tres factores de ANOVA análisis de riqueza de especies por grado de alteración en bosques.....	13
Tabla 2. PERMANOVA para el porcentaje de cobertura de briófitos y líquenes en tres bosques del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa.....	14

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio en Pichincha provincia centro norte de Ecuador mostrando la localización del Refugio de vida silvestre Pasochoa.....	8
Figura 2. Fotografía del bosque secundario maduro compuesto por árboles de DAP 23 y alturas de 20 a 24 metros.....	9
Figura 3. Fotografía del bosque secundario compuesto por arboles de DAP 20 y alturas entre los 20 y 25 m.....	9
Figura 4. Fotografía del bosque modificado compuesto por arboles de DAP 13 y alturas entre los 5 y 15 m.....	10
Figura 5. Riqueza de especies de epífitas en diferentes tipos de bosques, BM = Bosque modificado, BS = Bosque secundario, BP = Bosque primario. ANOVA; modelo de cajas según la prueba de normalidad Shapiro – Wilk.	14
Figura 6. Diversidad de especies de briófitos y líquenes en diferentes tipos de bosques, BM = Bosque modificado, BS = Bosque Secundario, BP = Bosque primario. PERMANOVA; modelo de cajas según la prueba de escalamiento multidimensional Kruskal – Wallis.	15
Figura 7. NMDS parcela de ordenación de los árboles de tres tipos de vegetación acorde a nivel de alteración. BM (▲); BP (○); BS (●).....	15

RESUMEN

La diversidad de líquenes y briófitos es importante en los bosques montanos, debido a que son un elemento característico y cumplen funciones clave (ciclo del agua) en estos ecosistemas. A pesar de ello son uno de los ecosistemas más amenazados de todo el planeta por actividades relacionadas con la deforestación. Se analizó los efectos de la alteración sobre la diversidad de líquenes y briófitos en el Refugio de vida Silvestre Pasochoa ubicado en el norte del Ecuador. Se eligieron tres tipos de bosques según su grado de alteración (bosque primario, bosque secundario y modificado). En cada bosque se establecieron 12 parcelas. Se registró la riqueza y cobertura de briófitos y líquenes en 144 árboles. Para evaluar la riqueza y su variación se empleó la prueba de Kruskal-Wallis ANOVA. El análisis de cambios en composición de especies se realizó mediante un análisis multivariado basado en permutaciones PERMANOVA y un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Se registró un total de 67 especies (23 líquenes 11 hepáticas y 33 musgos). Se encontró que la riqueza y la composición de las comunidades epífitas difieren entre los tres bosques estudiados. La alteración de los bosques tiene efectos negativos sobre la diversidad de líquenes y briófitos relacionados con cambios microclimáticos.

Palabras claves: Bosque montano tropical, briofitos, alteración, diversidad, líquenes, riqueza.

ABSTRACT

The diversity of lichens and bryophytes is important in montane forests, because they are a characteristic element and fulfill key functions (i.e., water cycle) in these ecosystems. Despite this, they are one of the most threatened ecosystems of the world due to deforestation related activities. In this work, the effects of alteration on the diversity of lichens and bryophytes were analyzed in the Pasochoa Wildlife Reserve which is located at the north of Ecuador. Three types of forests were examined per a disturbance gradient (primary forest, secondary forest, & modified forest), where 12 plots were chosen in each. The richness and coverage of bryophytes and lichens in 144 trees were recorded. The Kruskal-Wallis ANOVA test was used to evaluate its richness and variation. The analysis of changes in species composition was performed using PERMANOVA, based on permutations, and a non-metric multidimensional scaling analysis (NMDS). A total of 67 species were found (23 lichens, 11 liverworts and 33 mosses). It was found that both; richness and diversity, differ between the three studied forests. The alteration of the forest has negative effects on the diversity of lichens and bryophytes related to microclimatic changes.

Keywords: Tropical montane forest, bryophytes, disturbance, diversity, lichens, richness.

INTRODUCCIÓN

Los bosques húmedos se consideran como uno de los ecosistemas más biodiversos del mundo (Henderson, Churchill, & Luteyn, 1991; Nadkarni, Kromer, Holz, & Nöske, 2003; Gradstein, Jurgen, & Gansert, 2008), siendo una fuente vital de recursos hídricos (Bruijnzeel & Hamilton, 2000). Actualmente constituyen un recurso escaso, al solamente cubrir el 0,26% de la superficie terrestre (Bockor, 1979). Posee una tasa alta de endemismo debido a la especificidad de los nichos ecológicos que se generan en estos bosques por factores como: la topografía de la zona, los paisajes que los componen y los pisos altitudinales que ocupan (Bubb, May, Miles, & Sayer, 2004), lo que los convierte a su vez en un área de alto interés para la conservación.

Los bosques de esta región se encuentran amenazados por diferentes tipos de actividades que los están destruyendo. La necesidad cada vez más creciente de agua y tierra para suplir los requerimientos de alimento, vivienda, industria, movilidad entre otras, incrementa la presión antrópica sobre estos ecosistemas (Hallingbäck, Tomas & Tan, 2010). Dentro de estas actividades están la conversión de la tierra hacia la agricultura y los pastos (Churchill, 2009), así como también la tala comercial y el desmonte (Bubb et al., 2004). La deforestación genera, zonas perturbadas, que se convierten en áreas sin vegetación dificultando la recolonización de las formas de vida que allí habitan y se convierten en barreras naturales (Vaughn, Asner, & Giardina, 2015). La conversión de los bosques genera bosques modificados y bosques secundarios los que por su condición ambiental y su composición, alteran aquellas condiciones microclimáticas en el sotobosque, con efectos negativos sobre la diversidad de los organismos epífitos (Benítez, Prieto, González, & Aragón, 2012).

Los briófitos y los líquenes son muy importantes en los bosques húmedos de la región Andina, debido a que son componentes de la gran biodiversidad que allí existe (Hawksworth, Iturriaga, & Crespo, 2005). Este grupo tiene diversas funciones dentro de los bosques en los que habitan, como su papel en el ciclo hidrológico, (Richardson, Richardson, Scatena, & Mcdowell, 2000; Bubb et al., 2004). Además de la generación y conservación de suelos (Gradstein et al., 2008), sirven de nicho ecológico de anfibios e invertebrados (Estébanez, Draper, & Medina, 2011).

Los briófitos y líquenes por su fisiología y anatomía tienen alta sensibilidad a los cambios ambientales (Kranner, Beckett, Hochman, & Nash, 2008). Por esta razón se emplean como bioindicadores, al estudiar la alteración de los bosques (Fenton, Frego, & Sims, 2003) y su fragmentación (Aragón, López, & Martínez, 2010; Aragón,

Martínez, & García, 2012), la calidad de aire (Hawksworth et al., 2005) y el calentamiento global (Gradstein et al., 2008; Leite et al., 2015).

Los factores que condicionan la diversidad de los briófitos y líquenes son los cambios microclimáticos a los que se exponen en los bosques, es decir, las variaciones de humedad, radiación solar y temperaturas que sufren producto de la misma alteración del bosque (Pérez, Draper, & Bujalance, 2011; Aragón et al., 2012), lo cual está dado por la deforestación, tala y acciones antrópicas, ocasionando la disminución de poblaciones de estos microorganismos en los bosques (Gradstein, Nadkarni, Kromer, Holz, & Nöske, 2003). El estudio de los briófitos y líquenes permiten determinar el grado de afectación que han sufrido los bosques (Aragón, López, & Martínez, 2010). Dentro de estos organismos, la población que permite identificar los cambios son las hepáticas ya que determinan el nivel de alteración del hábitat, al analizar cada uno de los factores mencionados anteriormente (Frego, 2007).

Dentro de esta temática se han efectuado varios estudios a nivel general relacionados con los efectos de la alteración de bosques sobre las comunidades de líquenes y briófitos (Pharo, Lindenmayer, & Taws, 2004; Nöske et al., 2008; Benítez, Prieto, & Aragón, 2015). Los patrones encontrados muestran que la diversidad cambia con el grado de alteración (Kappelle, Kennis, & de Vries, 1995; Nöske et al., 2008; Stehn, Webster, Glime, & Jenkins, 2010) y otros estudios realizados indican que no encuentran cambios en la riqueza (Hietz, 1998; Nöske et al., 2008).

En el Ecuador existen pocas publicaciones, que indican como las alteraciones de los bosques afectan la diversidad de briófitos y líquenes (Moscol Olivera & Cleef, 2009), estas publicaciones se han realizado al sur del país. Se encontraron limitadas publicaciones en la provincia de Pichincha que estudian la variación de comunidades de briófitos en un gradiente altitudinal (Castillo, 2015).

Objetivo general

Determinar la riqueza y diversidad de líquenes y briófitos en bosque montano con diferentes tipos de manejo en El Refugio de Vida Silvestre Pasochoa en la Sierra Norte del Ecuador

Objetivos específicos

- Identificar las diferentes especies de líquenes y briófitos que se encuentran en cada bosque.
- Cuantificar la diversidad de los líquenes y briófitos en cada estrato a estudiar.

CAPITULO II

2.1 Materiales y métodos

2.1.1 Área de estudio.

El Refugio de vida Silvestre se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia de Uyumbicho, en los flancos del Volcán Pasochoa el cual corresponde a un volcán apagado (Beate, 1986).

El refugio se encuentra en un rango de altura de 2000 – 3000 msnm. La precipitación es de 1200 mm al año (Cerón, 2013). El clima de la zona está dividido en dos grupos: la parte baja corresponde al clima ecuatorial meso térmico semihúmedo y la parte alta de la caldera corresponde al clima ecuatorial de alta montaña (Pourrut, Roveré, Romo, & Villacres, 1995). De acuerdo a la clasificación propuesta de Sierra (1999), esta zona está dividida en cuatro secciones de vida: matorral húmedo montano, bosque de neblina montano, bosque siempre verde montano y paramo herbáceo, (Figura1).

El refugio de vida silvestre Pasochoa se encuentra separado en tres tipos de bosques ubicados en un área de 314 hectáreas, de las cuales: el 27% corresponde a bosque primario y el 52.23% corresponde a un área alterada que en el estudio incluye los bosques secundario y modificado. En cuanto a la composición florística las principales especies de árboles encontrados en las parcelas corresponde a: *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh, *Oreopanax ecuadorensis* Seem, *Ocotea heterochroma* Mez & Sodiro, *Aegiphila ferrea* (Jacq.) Sol. ex Moldenke, *Hedyosmum luteynii* Todzia, *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb, *Myrcianthes myrsinoides* (Kunth) Grifo, *Tournefortia fuliginosa* Kunth. Con un rango de altura que divide la población según la siguiente proporción: 73.6%(5-15m), 20.9%(20-25m), 3%(>24m)(Valencia & Jorgensen, 1992; Cerón, 2013).

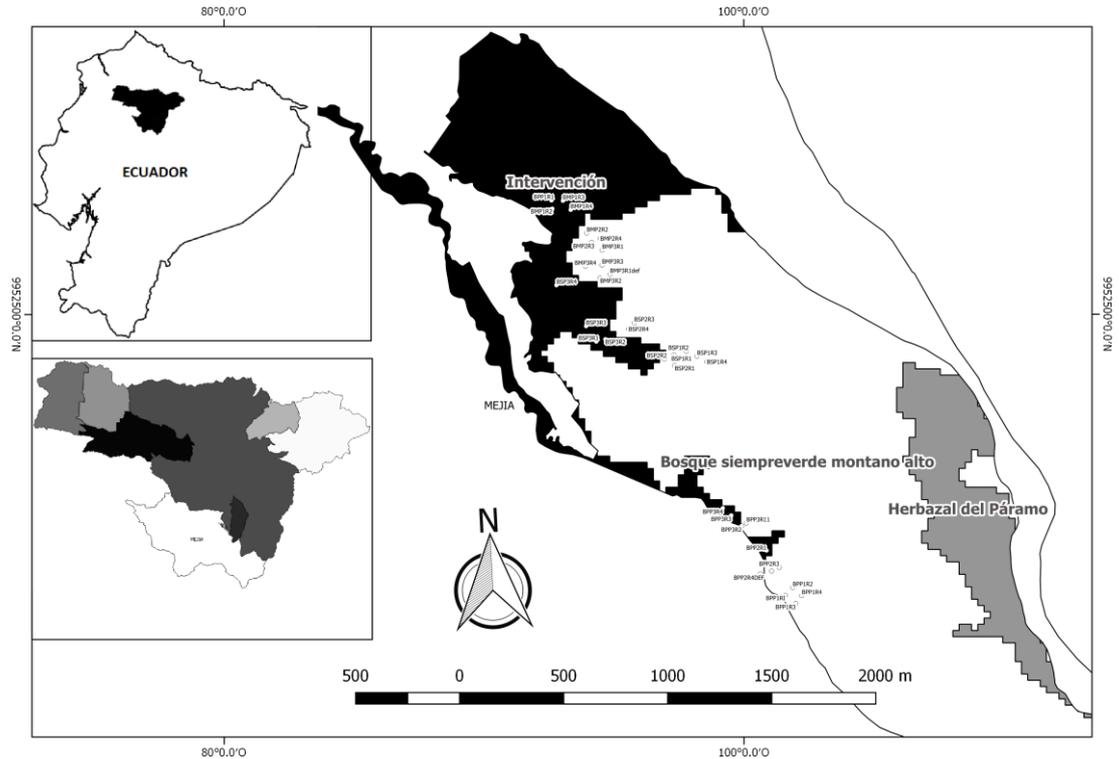


Figura 1. Área de estudio en Pichincha provincia centro norte de Ecuador mostrando la localización del Refugio de vida silvestre Pasochoa

Autor: Gerardo Haro

En este estudio se distinguieron tres tipos de vegetación de acuerdo al grado de perturbación.

2.1.1.1 Bosque secundario maduro

El bosque secundario maduro (Figura 2) está compuesto por diferentes especies con un mayor dosel y en promedio el DAP ($n = 50$, $\bar{X} = 28$ cm, $DS = 19$), compuesto por diferentes especies como: *Miconia theaezans* (Bonpl.) Cogn, *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh y *Hedyosmum luteynii* Todzia. La especie *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh es una especie de lento crecimiento característica de bosques bien conservados (Valencia & Jorgensen, 1992).

En lo adelante en la investigación se referirá a bosque secundario maduro como bosque primario.



Figura 2. Fotografía del bosque secundario maduro compuesto por árboles de DAP 23 y alturas de 20 a 24 metros.

Autor: Gerardo Haro

2.1.1.2 Bosque secundario

Estos bosques se caracterizan generalmente por doseles más abiertos, arboles de menor altura en el estudio se encontró un DAP ($n = 49$, $X = 26$ cm, $DS = 13$). El cual se encuentra compuesto por especies leñosas como: *Piper andreanum* C. DC, *Miconia pustulata* Naudin, *Miconia corymbiformis* Cogn y *Tournefortia fuliginosa* Kunth, especies propias de bosques en regeneración. En el año de 1987 cual se le declara bosque protector (Figura 3).



Figura 3. Fotografía del bosque secundario compuesto por arboles de DAP 20 y alturas entre los 20 y 25 m.

Autor: Gerardo Haro

2.1.1.3 Bosque modificado

El (BM) bosque modificado compuesto por parches de bosque y árboles con un DAP ($n = 46$, $\bar{X} = 14$ cm, $DS = 6$), entre los que se encuentra especies como *Alnus acuminata* Kunth y *Miconia theaezans* (Bonpl.) Cogn. Remanente en el cual predomina el “Suro” *Astrotylidium ecuadorensis* Judz. & L.G. Clark (Figura 4).



Figura 4. Fotografía del bosque modificado compuesto por arboles de DAP 13 y alturas entre los 5 y 15 m.

2.1.2 Diseño experimental y toma de datos

Tres bosques fueron seleccionados y distribuidos de acuerdo al grado de perturbación considerado anteriormente (1 BP, 1 BS, 1 BM). Se muestrearon tres transectos por cada tipo de bosque primario, secundario y modificado. En cada transecto en estudio se estableció cuatro parcelas de 5 x 5 metros, la distancia entre parcelas no podía ser menor que 50 metros (Anexo 3) con un total de 36 parcelas implementadas.

En cada parcela se tomó 4 árboles maduros obteniendo un total de 144 árboles muestreados, a los cuales se les evaluó simultáneamente la riqueza y diversidad presente en cada uno. Para ello se utilizó una malla cuadrículada de dimensiones 20 X 30 centímetros, teniendo en cuenta una orientación Norte y Sur y una altura de 70 y 170 cm. (Anexo 3)

2.1.3 Análisis de los datos

El cambio en la riqueza de especies se evaluó a nivel de árbol entre bosques con diferente grado de alteración, utilizando para ello el test Shapiro-Wilks método que demostró que la población tiene un comportamiento normal. Con base en esto se realizó la prueba de Kruskal-Wallis- ANOVA, que es un método de análisis estadístico el cual evalúa de manera indistinta la forma de la distribución normal de las poblaciones en estudio, para probar que los datos vienen de una misma población (Quinn & Keough, 2002).

Para la evaluación de la composición de especies se recurrió a un análisis multivariado basado en permutaciones PERMANOVA donde se evaluaron tres niveles de alteración con una composición diferente tanto de líquenes como de briofitos. Utilizando la relación bosque - parcela y la variabilidad que se tomo fue en el factor árbol con un análisis de la variación. Estas pruebas se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Core Team 2013) con el paquete "Vegan" (Oksanen, 2015).

También se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) para la visualización gráfica. Utilizando el valor de cobertura de especies a nivel de árbol en los tres tipos de bosques. Para este test se emplearon 999 permutaciones aleatorias bajo un modelo reducido.

2.1.4 Identificación de Especies

La identificación de especies se realizó utilizando las claves generales de (Garden, 1994; Churchill, Steven P.; Linares C, 1995; Lücking, 1999; Brodo, Irwin; Duran, Silvia; Shranoff, 2001). Para la nomenclatura de las especies se utilizó Trópicos.org: briofitas y Mycobanck: líquenes.

CAPITULO III

3.1 Resultados y discusión

3.1.1 Resultados

3.1.1.1 Riqueza de especies

Se identificaron un total de 60 especies en total en los 144 árboles muestreados durante el estudio, de los cuales existen 11 especies de hepáticas, 23 especies de líquenes y 33 especies de musgos que se obtuvieron en las 36 parcelas de muestreo (Anexo 1). La distribución fue de 30 especies en el bosque modificado, 34 especies se encontraron en el bosque secundario y 33 especies se encontraron en el bosque primario. Entre el bosque primario y en el bosque secundario las especies se encuentran en la misma proporción, mientras que con el bosque modificado existe mayor riqueza de briófitos que de líquenes.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis-ANOVA permitieron demostrar que las variables siguen una distribución normal, por lo que se pudo aplicar el método estadístico ANOVA, el cual muestra que existe variación entre la riqueza de los tres bosques en estudio, siendo el bosque secundario el que presenta mayor riqueza (Figura 2, Tabla 1). En cuanto a la diferencia entre bosque primario y bosque secundario un factor que influye es la gradiente altitudinal en la que se realizó el muestreo, debido a que existió una diferencia de 300 m de altura entre las parcelas de muestreo.

Tabla 1. Resultado de tres factores de ANOVA análisis de riqueza de especies por grado de alteración en bosques.

Fuentes de variación	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Valor F	Pr(>F)
Bosque	2	103.4	51.7	22.15	4.79e-09 ***
Residuales	135	315.1	2.33		

Significado de los códigos: 0 *** , 0.001 ** , 0.01* , 0.05 “ “ .

Autor: Gerardo Haro

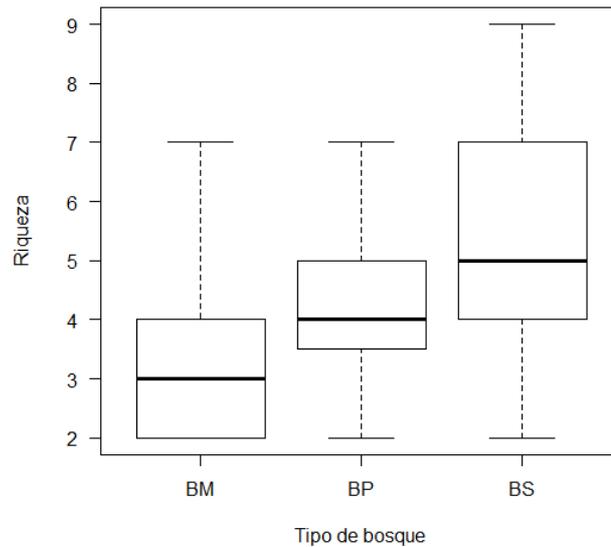


Figura 5. Riqueza de especies de epífitas en diferentes tipos de bosques, BM = Bosque modificado, BS = Bosque secundario, BP = Bosque primario. ANOVA; modelo de cajas según la prueba de normalidad Shapiro – Wilk.

Autor: Gerardo Haro

El análisis estadístico PERMANOVA muestra los tipos de vegetación de acuerdo al grado de alteración, donde el coeficiente de variación fue del 35.01%, mientras que para la parcela fue del 9.8%. Además que el resultado muestra que la composición difiere entre bosques.

Tabla 2. PERMANOVA para el porcentaje de cobertura de briófitos y líquenes en tres bosques del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa.

Fuentes de variación	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Pseudo-F	P(perm)	CV
Bosque	2	125680	62841	17.277	0.001	35.013
Parcela	9	32599	3622.1	1.4811	0.005	9.8736
Error	133	325260	2445.6			49.453

Autor: Gerardo Haro

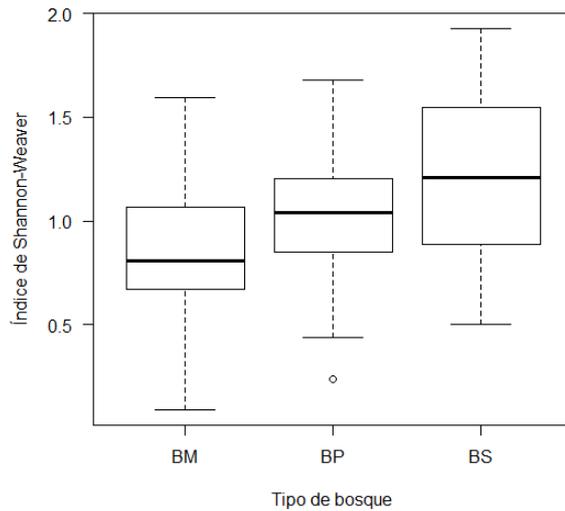


Figura 6. Diversidad de especies de briófitos y líquenes en diferentes tipos de bosques, BM = Bosque modificado, BS = Bosque Secundario, BP = Bosque primario. PERMANOVA; modelo de cajas según la prueba de escalamiento multidimensional Kruskal – Wallis.

Autor: Gerardo Haro

3.1.1.2 Composición de especies

El análisis NMDS muestra que la composición de epífitas fue estructurada de acuerdo al grado de alteración de los bosques (Figura 3), evidenciando que existe una separación de los árboles entre los niveles de alteración (Figura 3).

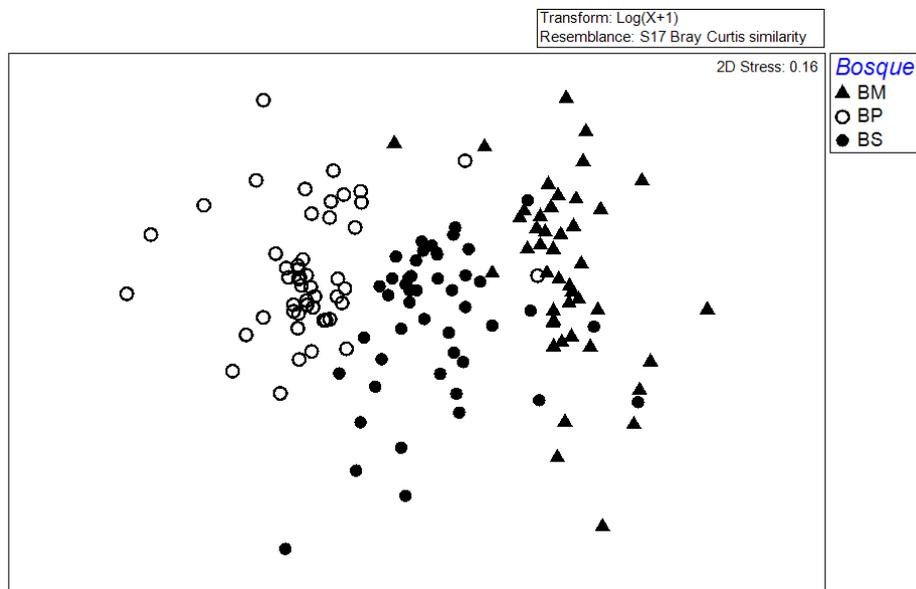


Figura 7. NMDS parcela de ordenación de los árboles de tres tipos de vegetación acorde a nivel de alteración. BM (▲); BP (○); BS (●)

Autor: Gerardo Haro

3.1.2 Discusión

Los resultados muestran que la riqueza de especies presenta diferencias entre bosques con su diferente gradiente de alteración, así como la composición también presento cambios de epífitos. La cantidad de epífitos no vasculares fue de 67 especies (11 hepáticas, 23 especies de líquenes y 33 especies de musgos), por lo que se le puede considerar un bosque de baja riqueza en comparación a lo reportado en los estudios (Nöske et al., 2008; Benítez et al., 2012). Pero muy similar a los encontrados en (Castillo, 2015), el que consistió en un monitoreo de líquenes y briófitos en la cordillera oriental de los Andes en la zona Papallacta donde se encontraron 64 especies de briofitas (40 musgos) y similar al estudio realizado en bosques montanos de México donde se encontraron 80 especies (Acebey, Gradstein, & Krömer, 2003).

Los resultados obtenidos muestran que la riqueza varía entre los diferentes bosques. En el BM existe una variación del 30 de 67 (45% de la riqueza). En BP posee un número de 34 de 67 especies (51% de la riqueza). En el BS se encontraron 33 de 67 especies (49% de la riqueza). El decrecimiento de la diversidad de epífitas se produce cuando se incrementa la alteración del bosque (Acebey et al., 2003; Wolf, 2005) en el neotrópico. En bosques montanos del Ecuador se encuentra que tanto briófitas como epífitas vasculares son afectadas negativamente debido a la alteración por deforestación, siendo la causa principal el estrés generado por la sequía (Nöske et al., 2008; Larrea & Werner, 2010), además de la pérdida de los árboles anfitriones y con ellos el sustrato de la corteza que tiene la rugosidad y composición química adecuada (Gradstein, Nadkarni, Kromer, Holz, & Nöske, 2003). Otro factor importante es la distanciamiento entre comunidades el cual afecta significativamente las poblaciones (Wolf, 2005). En una comparación entre especies de otros estudios realizados en este lugar, Cerón (2013) encontró que la composición florística del Refugio de vida silvestre Pasochoa presentó cambios en la riqueza, a través, de la gradiente de alteración, la cual es baja para un bosque de este tipo,. En leñosas hubo diferencias tanto en especies, como en altura y DAP. También se comprobó que hay variación de la riqueza y diversidad (Crespo Nuñez, 2012)

Este estudio demostró que la composición de especies cambia según la gradiente de alteración (Gradstein et al., 2008), la deforestación es la principal causa de pérdida de epífitas y en especial del grupo de epífitas de sombra. Esto debido a los cambios que ocurren en la cobertura del bosque y microclimas. Que se genera en el interior de un bosque primario como efecto de la perturbación lo que inicia la reducción de la

humedad ambiental y el incremento de la luminosidad en la zona del sotobosque (Hawksworth et al., 2005). El grupo de epífitos que están más adaptados a las condiciones de humedad y sombra, de un bosque no alterado, son los peltigerales los que se encontraron exclusivamente en el bosque primario, por su baja resiliencia a los cambios ambientales (Lange, Büdel, Meyer, & Kilian, 1993; Frego, 2007; Kranner, Beckett, Hochman, & Nash, 2008). Además de que requieren de constante humedad para poder sobrevivir (Kranner et al., 2008) y que fisiológicamente requieren agua en estado líquido (Lange et al., 1993).

En cuanto a la composición de las comunidades de líquenes y briófitos se observan cambios significativos entre los tres bosques estudiados, siendo el bosque modificado como se esperaba el bosque que menor cobertura presento, similar al trabajo de (Gradstein et al., 2008; Nöske et al., 2008), donde se demuestra la relación entre la alteración y la pérdida de diversidad. Una característica de la zona estudio es el patrón de precipitación el cual al año presenta un régimen lluvioso de 1200 mm, lo que lo convierte en un bosque muy seco (Cerón, 2013; Sierra, 1999), esto muestra la relación intrínseca entre la cobertura de las especies y la humedad ambiental (Zimmermann, 2008) dado que los líquenes y briófitos son buenos bioindicadores del estado de conservación de un bosque (Frego, 2007), explicando también la baja riqueza hallada en este estudio. La variación en la composición de comunidades permite evaluar el grado de alteración antrópica de un bosque (Nöske et al., 2008) .El cambio en la cobertura (Acebey et al., 2003), es un factor importante que influye en la variación del microclima, En el bosque secundario se pudo observar que la altitud influye en la diversidad (Ambiente, 2004; Stehn et al., 2010).

Las alteraciones en el microclima de este bosque, provocan un empobrecimiento de los líquenes, lo que ocurre especialmente con las especies que son sensibles a los cambios ambientales (Fenton et al., 2003; Aragón et al., 2010; Leite et al., 2015). Los epífitos en bosques no alterados, decrecen en sus poblaciones cuando se incrementa la acción de la luz y se tiene promedios de humedad relativa bajos en el ecosistema, lo que resulta en, ausencia o presencia baja, de especies de los géneros *Leptogium*, *Lobaria*, *Plagiochila* y *Sticta*, que mantienen mayores requerimientos hídricos (Jovan & McCune, 2004; Kranner et al., 2008). En el caso del bosque en estudio solamente se encontraron especies de epífitos no vasculares de los géneros *Plagiochila*, *Sticta* y *Leptogium*, mostrando el alto grado de alteración que tiene este bosque. En el caso de los epífitos de sol o los líquenes de alga verde y briófitos tolerantes a la desecación se pude encontrar un patrón diferente tal es el caso de *Frullania*, *Heterodermia*,

Graphis, y Ramalina, presentes especialmente en el bosque secundario, debido a los cambios producto de la sucesión florística en los factores de temperatura, intensidad lumínica y humedad ambiental, además donde se carece de un cierre de copas efectivo (Larrea & Werner, 2010).

En el caso del área de estudio se puede mostrar según Crespo (2012) y, Cerón (2013) el área tiene un alto grado de alteración, al pertenecer al cráter colapsado de un volcán extinto (Anexo 2). Geográficamente se encuentra rodeado por zonas agrícolas, industriales y urbanas. Además se encuentra alejado y no tiene interconexión con otras áreas naturales cercanas lo que muestra que esta área corresponde a un tipo de ecosistema de isla, esta separación no es reciente al menos está separada un siglo factor que influye en la riqueza baja (Pharo et al., 2004), y con ello la pérdida de muchas taxas en comparación a los estudios de (Nöske et al., 2008; Benítez et al., 2015) como lo indica (Nekola & White, 1999), siendo la causa la conversión de tierras a la ganadería por el grado de alteración que exige esta actividad (Werner, Homeier, Gradstein, Botanik, & Pflanzenwissenschaften, 2005; Aragón et al., 2012). Aparte de la presión antrópica también existió presión natural, por los efectos de la ceniza del volcán Cotopaxi, lo que puede también ser un factor que actuó sobre la población; como lo demuestra el estudio realizado en Chile cuando erupcionó el volcán Puyehue-Cordon (Nelson & Wheeler, 2016).

CONCLUSIONES

Se puede concluir mediante este estudio, que:

- Se registró un total de 67 especies en los bosques estudiados, de los cuales 11 especies son hepáticas, 23 especies son líquenes y 33 especies son musgos.
- Existen cambios significativos en la riqueza de la comunidad de briófitos y líquenes en los bosques estudiados.
- La composición de briófitos y líquenes cambia entre los tres tipos de bosques según la gradiente de alteración estudiada.
- Los resultados de este estudio se efectuaron en la zona baja del volcán, sin embargo existe un área más prístina en el interior del cráter donde sería interesante realizar una investigación similar, para poder evaluar y realizar comparaciones.

RECOMENDACIONES

A partir de esta investigación que demostró que la riqueza y diversidad de líquenes y briófitos varía en los diferentes tipos de manejo en el bosque montano a causa de la presión que ejercen las actividades humanas en las zonas aledañas a la reserva se deberá realizar estudios, de:

- Metales pesados y agroquímicos almacenados en las estructuras de los diferentes grupos de briófitos y líquenes, especialmente en las especies más abundantes del bosque como por ejemplo *Porotrichum*.
- Planes de manejo y conservación enfocados a generar corredores biológicos que interconecten este refugio con otros bosques mejor conservados y con ello ayuden a mejorar el intercambio genético y de especies.
- Monitoreo en los tiempos similares al realizado para evaluar los cambios de riqueza y diversidad.
- Identificar cuáles son las presiones ambientales a las que está expuesto el refugio de vida silvestre y como están afectando al ecosistema.
- Estudios que favorezcan el crecimiento de zonas de amortiguamiento aledañas a la Refugio para proteger el bosque primario en la zona del cráter.
- Plantear estudios a mayor altura para validar si existen migraciones de otras especies que no se identificaron en el rango de alturas realizadas en este estudio y que se migre la investigación hacia a la partes altas del dosel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebey, A., Gradstein, R. S., & Krömer, T. (2003). Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*, 19(1), 9–18. <http://doi.org/10.1017/S026646740300302X>
- Ambiente, M. do. (2004). *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília, DF.
- Aragón, G., López, R., & Martínez, I. (2010). Effects of Mediterranean dehesa management on epiphytic lichens. *Science of the Total Environment*, 409(1), 116–122. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.09.034>
- Aragón, G., Martínez, I., & García, A. (2012). Loss of epiphytic diversity along a latitudinal gradient in southern Europe. *Science of the Total Environment*, 426(April 2012), 188–195. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.053>
- Beate, A. (1986). *Guía del Patrimonio de Áreas Protegidas del Ecuador. Region Sierra*. Quito.
- Benítez, Á., Prieto, M., & Aragón, G. (2015). Large trees and dense canopies: key factors for maintaining high epiphytic diversity on trunk bases (bryophytes and lichens) in tropical montane forests. *Forestry*, 88(5), 521–527. <http://doi.org/10.1093/forestry/cpv022>
- Benítez, A., Prieto, M., González, Y., & Aragón, G. (2012). Effects of tropical montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *Science of the Total Environment*, 441, 169–175. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.072>
- Bockor, I. (1979). *Analyse von Baumartenzusammensetzung und Bestandesstrukturen rined andinen Wolkenwaldes in Westvenezuela als Grundlage zur Waldtypengliederung*. Gottigen.
- Brodo, Irwin; Duran, Silvia; Shranoff, S. (2001). *Lichens of North America* (Primera). Italy: P William&Associates.
- Bruijnzeel, L. A., & Hamilton, L. S. (2000). *Decision time for cloud forests*. Wwf, *Unesco, Iucn*. Retrieved from <http://apps.unep.org/redirect.php?file=/publications/pmtdocuments/DecisionTimeCloudForests.pdf>
- Bubb, P., May, I., Miles, L., & Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda*. (J. May, Ian; Miles, Lera; Sayer, Ed.) *UNEP-WCMC* (Vol. 1). Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Retrieved from http://sea-swift.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/20/CloudForestLR.pdf
- Castillo, J. (2015). *Variación de comunidades de briofitas a lo largo de un gradiente altitudinal en el norte de la Cordillera Oriental Ecuatoriana. Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas*. Universidad Católica del Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8727>
- Cerón, J. (2013). *Estructura y composición florística en un gradiente altitudinal de un remanente de bosque montano alto en el cantón Mejía, provincia de Pichincha*. Universidad Técnica Particular de Loja. Retrieved from http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8009/1/Ceron_Factos_Juan_Carlos.pdf

- Churchill, Steven P.; Linares C, E. L. (1995). *Introducción a la Flora de Musgos de Colombia*. (P. Pinto, Ed.) (rimera). Santafe de Bogotá: Editora Guadalupe Ltda.
- Churchill, S. P. (2009). Most diversity an endemism of the tropical Andes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96(3), 434–449. <http://doi.org/10.3417/2008043>
- Crespo Nuñez, X. L. (2012). *Estado de conservación del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, ubicado en la provincia de Pichincha, utilizando como indicadores de diversidad biológica a las especies de Coleópteros Copófagos: Scarabaeidae; Scarabeinae*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Estébanez, B., Draper, I., & Medina, R. (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de La Real Sociedad Española de Historia Natural*, 9(2), 19–73.
- Fenton, N. J., Frego, K. A., & Sims, M. R. (2003). Changes in forest floor bryophyte (moss and liverwort) communities 4 years after forest harvest. *Canadian Journal of Botany*, 81(7), 714–731. <http://doi.org/10.1139/b03-063>
- Frego, K. A. (2007). Bryophytes as potential indicators of forest integrity. *Forest Ecology and Management*, 242(1), 65–75. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.030>
- Garden, T. N. Y. B. (1994). *The Moss Flora of Mexico*. (P. Sharp, Aaron; Crum Howard; Eckel, Ed.) (Primera). New York.
- Gradstein, R., Jurgen, H., & Gansert, D. (2008). *The Tropical Mountain Forest. Patterns and Processes in a Biodiversity Hotspot*. (D. Gradstein, Robert; Jürgen, Homeier; Gansert, Ed.) *Universitätsverlang Gottingen* (2nd ed., Vol. 2). Göttingen: Universitätsverlang Göttingen. Retrieved from http://www.facebook.com/l.php?u=http://goedoc.uni-goettingen.de/goescholar/bitstream/handle/goescholar/3203/gradstein_BES2.pdf&h=WAAQEqEsnMAQFP0ryA-Jq_1g3-HnluORmZnc9Ky6Bv9D9qRg
- Gradstein, R., Nadkarni, N., Kromer, T., Holz, I., & Nöske, N. (2003). A Protocol for Rapid and Representative Sampling of Vascular and Non-Vascular Epiphyte Diversity of Tropical Rain Forest. *Selbyana*, 24(1), 105–111. <http://doi.org/10.2307/41750962>
- Hallingbäck, Tomas & Tan, B. (2010). Past and present activities and future strategy of bryophyte conservation. *Phytotaxa*, 9(1), 266–274.
- Hawksworth, D., Iturriaga, T., & Crespo, A. (2005). Liqueues como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(2), 71–82. Retrieved from <http://www.reviberoammicol.com/2005-22/071082.pdf>
- Henderson, A., Churchill, S. P., & Luteyn, J. L. (1991). Neotropical plant diversity. *Nature*, 351(6321), 21–22. <http://doi.org/10.1038/351021e0>
- Hietz, P. (1998). Diversity and conservation of epiphytes in a changing environment. *Pure and Applied Chemistry*, 70(11), 23–27. Retrieved from <http://fradnai.free.fr/docs/doc17.pdf>
- Jovan, S., & McCune, B. (2004). Regional Variation in Epiphytic Macrolichen Communities in Northern and Central California Forests. *The Bryologist*, 107(3), 328–339. [http://doi.org/10.1639/0007-2745\(2004\)107\[0328:RVIEMC\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1639/0007-2745(2004)107[0328:RVIEMC]2.0.CO;2)
- Kappelle, M., Kennis, P. A. F., & de Vries, R. A. J. (1995). Changes in diversity along a successional gradient in a Costa Rican upper montane Quercus forest.

- Biodiversity and Conservation*, 4(1), 10–34. <http://doi.org/10.1007/BF00115312>
- Kranner, I., Beckett, R., Hochman, A., & Nash, T. H. (2008). Desiccation-tolerance in lichens: a review. *The Bryologist*, 111(4), 576–593. <http://doi.org/10.1639/0007-2745-111.4.576>
- Lange, O., Büdel, B., Meyer, A., & Kilian, E. (1993). Further evidence that activation of net photosynthesis by dry cyanobacterial lichens requires liquid water. *The Lichenologist*, 25(2), 175–189. <http://doi.org/10.1006/lich.1993.1025>
- Larrea, M. L., & Werner, F. A. (2010). Response of vascular epiphyte diversity to different land-use intensities in a neotropical montane wet forest. *Forest Ecology and Management*, 260(11), 1950–1955. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.029>
- Leite, A. B. X., Menezes, A. A. de, Souto, L. de S., Aptroot, A., Lücking, R., Santos, V. M. dos, & Cáceres, M. E. da S. (2015). Epiphytic microlichens as indicators of phytosociological differentiation between Caatinga and Brejos de Altitude. *Acta Botanica Brasilica*, 29(4), 457–466. <http://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0116>
- Lücking, R. (1999). Foliicolous lichens and their lichenicolous fungi from Ecuador, with a comparison of lowland and montane rain forest. *Willdenowia*, 29(Kubitzki 1985), 299–335. Retrieved from internal-pdf://xn--lcking_willednowia1999-1722936320-rpd/L?cking_Willednowia1999.pdf
- Moscol Olivera, M. C., & Cleef, A. M. (2009). A phytosociological study of the páramo along two altitudinal transects in El Carchi province, northern Ecuador. *Phytocoenologia*, 39(1), 79–107. <http://doi.org/10.1127/0340-269X/2009/0039-0079>
- Nekola, J. C., & White, P. S. (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 26(4), 867–878. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00305.x>
- Nelson, P. R., & B Wheeler, T. (2016). Persistence of epiphytic lichens along a tephra-depth gradient produced by the 2011 Puyehue-Cordón Caulle eruption in Parque Nacional Puyehue, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 97–105. <http://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100010>
- Nöske, N. M., Hilt, N., Werner, F. A., Brehm, G., Fiedler, K., Sipman, H. J. M., & Gradstein, S. R. (2008). Disturbance effects on diversity of epiphytes and moths in a montane forest in Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 9(1), 4–12. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2007.06.014>
- Oksanen, J. (2015). Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. Retrieved from <http://cc.oulu.fi/~jarioksa/opetus/metodi/vegantutor.pdf>
- Pérez, B. E., Draper, I., & Bujalance, R. M. (2011). Briófitos : una aproximación a las plantas terrestres más sencillas Bryophytes : an approximation to the simplest land plants, 19–74.
- Pharo, E. J., Lindenmayer, D. B., & Taws, N. (2004). The effects of large-scale fragmentation on bryophytes in temperate forests. *Journal of Applied Ecology*, 41(5), 910–921. <http://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00947.x>
- Pourrut, P., Gómez, G., Bermeo, A., & Segovia, Á. (1995). *Factores condicionantes de los regímenes climáticos e hidrológicos*. (G. Marocco, René; Mora, Luis; Bustos, Ed.) *El Agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito: Corporación Editora Nacional.

- Quinn, G., & Keough, M. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge: Cambridge University Press.
<http://doi.org/10.1017/CBO9780511806384>
- Richardson, B. a., Richardson, M. J., Scatena, F. N., & Mcdowell, W. H. (2000). Effects of nutrient availability and other elevational changes on bromeliad populations and their invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*, 16(2), 167–188. <http://doi.org/10.1017/S0266467400001346>
- Sierra, R. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de vegetación para Ecuador Continental*. (R. Sierra, Ed.) (2a ed.). Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Stehn, S. E., Webster, C. R., Glime, J. M., & Jenkins, M. a. (2010). Elevational gradients of bryophyte diversity, life forms, and community assemblage in the southern Appalachian Mountains. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(11), 2164–2174. <http://doi.org/10.1139/X10-156>
- Valencia, R., & Jorgensen, P. M. (1992). Composition and structure of a humid montane forest on the Pasochoa volcano, Ecuador. *Nordic Journal of Botany*, 12(2), 239–247. <http://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1992.tb01301.x>
- Vaughn, N., Asner, G., & Giardina, C. (2015). Long-term fragmentation effects on the distribution and dynamics of canopy gaps in a tropical montane forest. *Ecosphere*, 6(December), 1–15. <http://doi.org/10.1890/ES15-00235.1>
- Werner, F. A., & Gradstein, S. R. (2008). Seedling establishment of vascular epiphytes on isolated and enclosed forest trees in an Andean landscape, Ecuador. *Biodiversity and Conservation*, 17(13), 3195–3207. <http://doi.org/10.1007/s10531-008-9421-5>
- Wolf, J. H. D. (2005). The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 212(1–3), 376–393. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.027>
- Zimmermann, C. M. (2008). Avaliação da qualidade do corpo hídrico do Rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). *Química Nova*, 31(7), 1727–1732. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n7/v31n7a25.pdf>

ANEXO

Anexo 1. Especies representativas de líquenes y Briófitos presentes en el Refugio de Vida Silvestre Pasochoa.

Especies

Coenogonium linkii Ehrenb.
Cryphaea F. Weber
Dichosporidium nigrocinctum (Ehrenb.) G.Thor
Fissidens reticulosus (Müll. Hal.) A. Jaeger
Graphis scripta f. cretacea
Herpothallon cinereum G. Thor
Hypotrachyna pulvinata (Fée) Hale.
Leptogium azureum (Sw.) Mont.
Leptogium chloromelum (Sw. ex Ach.) Nyl.
Macromitrium sharpii H.A. Crum ex Vitt
Marchesinia brachiata (Sw.) Schiffn.
Meteoridium remotifolium (Müll. Hal.) Manuel
Parmotrema arnoldii (Du Rietz) Hale
Phyllogonium fulgens (Hedw.) Brid.
Phyllopsora parvifolia (Pers.) Müll.
Physcia perisidiosa Erichsen
Plagiochila bifaria (Sw.) Lindenb.
Prionodon densus (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal.
Pseudocyphellaria aurata (Ach.) Vain.
Sematophyllum adnatum (Michx.) E. Britton
Sematophyllum subsimplex (Hedw.) Mitt.
Squamidium nigricans (Hook.) Broth.

Anexo 2. Fotografía del cráter del volcán Pasochoa



Anexo 3. Establecimiento de las parcelas de muestreo y medición de riqueza y diversidad.

		
<p>Identificación de la parcela</p>	<p>Establecimiento de la Parcela</p>	<p>Medición de riqueza y diversidad</p>