

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HEPÁTICAS (MARCHANTIOPHYTA) EN  
UN INTERVALO ALTITUDINAL CONTINUO SOBRE LA CORDILLERA  
ORIENTAL DE COLOMBIA**

**CRISTHIAN FERNANDO CACUA TOLEDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2016**

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HEPÁTICAS (MARCHANTIOPHYTA) EN  
UN INTERVALO ALTITUDINAL CONTINUO SOBRE LA CORDILLERA  
ORIENTAL DE COLOMBIA**

**CRISTHIAN FERNANDO CACUA TOLEDO**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de  
Biólogo**

**Director**

**VICTOR HUGO SERRANO**

**Biólogo, Ph.D**

**Codirectora**

**MARTHA PATRICIA RAMÍREZ**

**Bióloga, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**BUCARAMANGA**

**2016**

*En memoria a todas aquellas personas que su esfuerzo no es muy conocido y mucho menos reconocido, pero a pesar de eso siguen adelante*  
*Ánónimo*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, mis padres Pedro Cagua y Rosalba Toledo, mi Hermano Jonathan Cagua, motores fundamentales que me ayudaron e impulsan a alcanzar todos los logros importantes en mi vida.

A mi compañera Lina Marcela, por su gran apoyo tanto emocional como del trabajo realizado en campo

A mis amigos y colegas, por su colaboración, consejos y ayuda durante todos estos años de amistad.

Al profesor Víctor Hugo, por su guía, compromiso, consejos y acogida dentro del laboratorio de ecología, imprescindible espacio para el desarrollo de este gran proyecto.

A la profesora Martha Patricia, por su colaboración, consejos y sugerencias esenciales para plasmar este proyecto, así como por su espacio prestado.

A mis compañeros del laboratorio de ecología y auxiliares de campo, que con su gran interés y ayuda colaboraron a la realización de este proyecto.

Al Grupo de Estudios en Biodiversidad por darme la oportunidad de pertenecer al mismo, poder realizar esta investigación y por el préstamo de sus espacios y equipos, sin ellos nunca se hubiera materializado esta idea.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Pág       |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>1. OBJETIVOS .....</b>                                     | <b>16</b> |
| <b>1.1 GENERAL .....</b>                                      | <b>16</b> |
| <b>1.2 ESPECÍFICOS.....</b>                                   | <b>16</b> |
| <b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                          | <b>17</b> |
| <b>2.1 FASE DE CAMPO .....</b>                                | <b>17</b> |
| <b>2.1.1 Área de estudio .....</b>                            | <b>17</b> |
| <b>2.1.2 Muestreo.....</b>                                    | <b>18</b> |
| <b>2.1.3 Registro de datos ecológicos y ambientales .....</b> | <b>18</b> |
| <b>2.2 FASE DE LABORATORIO .....</b>                          | <b>19</b> |
| <b>2.3 ANÁLISIS DE DATOS.....</b>                             | <b>19</b> |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>                                    | <b>21</b> |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>4. DISCUSIÓN .....</b>    | <b>29</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b> | <b>35</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>    | <b>36</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>           | <b>44</b> |

## LISTA DE TABLAS

|   | Pág |
|---|-----|
| <b>Tabla 1.</b> Riqueza observada y esperada calculada a partir de estimadores no paramétricos. ....    | 22  |
| <b>Tabla 2.</b> Índices de diversidad para las diferentes alturas evaluadas en el área de estudio. .... | 22  |
| <b>Tabla 3.</b> Valores ambientales para cada una de las alturas evaluadas. ....                        | 28  |

## LISTADO DE FIGURAS

Pág

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Número de familias, géneros y especies registradas para cada una de las alturas evaluadas. ....  | 21 |
| <b>Figura 2.</b> Índice de similitud de Jaccard para las diferentes alturas evaluadas.....  | 23 |
| <b>Figura 3.</b> Distribución altitudinal de las hepáticas a través del intervalo altitudinal y en las diferentes zonas de vida.....  | 24 |
| <b>Figura 4.</b> Valor de IVI para las 10 especies con mayor peso ecológico. ....   | 25 |
| <b>Figura 5.</b> Distribución de especies según los sustratos en cada una de las altitudes evaluadas. ....  | 26 |
| <b>Figura 6.</b> Índice de similitud de Jaccard para las diferentes sustratos encontrados en la zona de estudio.....  | 27 |
| <b>Figura 7.</b> Análisis CCA para las diferentes alturas evaluadas respecto a su composición de especies (círculos negros) y su relación con los factores ambientales..... | 28 |

## LISTADO DE ANEXOS

|  | <b>Pág</b> |
|--|------------|
| <b>Anexo A.</b> Especies encontradas en el gradiente altitudinal sobre la Cordillera Oriental Colombiana .....   | 39         |
| <b>Anexo B.</b> Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las 10 primeras especies para cada una de las alturas evaluadas en la zona de estudio..... | 50         |

## RESUMEN

**TITULO:**

COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE HEPÁTICAS (MARCHANTIOPHYTA) EN UN INTERVALO ALTITUDINAL CONTINUO SOBRE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA.\*

**AUTOR:**

CRISTHIAN FERNANDO CACUA TOLEDO\*\*

**PALABRAS CLAVES:**

Ecología, briófitos, bosque andino, páramo, gradiente altitudinal.

**DESCRIPCION**

La composición de especies de hepáticas sobre los Andes del Norte varía con la altitud en relación con diferentes factores bióticos (vegetación y sustratos) y abióticos (temperatura, humedad, pH y radiación solar). Para probar esta asunción se determinó la diversidad y distribución de las Marchantiophytas en un rango altitudinal entre los 2400 y 3400msnm sobre la Cordillera Oriental colombiana, estableciendo cómo éstas varían entre altitudes y zonas de vida con respecto a los factores abióticos. Se realizaron muestreos cada 200m y se registraron datos ambientales durante un año. Se encontraron 162 especies, la composición varió a lo largo del gradiente con un gran número de especies únicas en cada altura. Se encontró una máxima diversidad a los 3000msnm, una dominancia del hábito folioso y el sustrato epifito. *Lopholejeunea nigricans* presentó la mayor cobertura en la zona, así como el mayor valor del IVI y distribución altitudinal más amplia. Las hepáticas se distribuyeron altitudinalmente de manera diferencial con un recambio de especies de más del 30% cada 200m altitudinales dependiendo primordialmente en cambios de luminosidad. La relación entre la temperatura, humedad y luminosidad es determinante en la diversidad y distribución de las hepáticas en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Víctor Hugo Serrano. Codirectora: Martha Patricia Ramírez.

## ABSTRACT

**TITLE:**

COMPOSITION AND DISTRIBUTION OF LIVERWORTS (MARCHANTIOPHYTA) IN A CONTINUOUS ALTITUDINAL RANGE ON THE CORDILLERA ORIENTAL OF COLOMBIA.\*

**AUTOR:**

CRISTHIAN FERNANDO CACUA TOLEDO\*\*

**KEY WORDS:**

Ecology, bryophytes, andean forest, páramo, altitudinal gradient.

**DESCRIPTION**

The species composition of liverworts varies with altitude in the northern part of the Andes due to the relation of biotic (fanerogamous vegetation and substrates) and abiotic factors (temperature, humidity, pH and sunlight brightness). In order to test this assumption we determine the diversity, species composition, abundance and distribution of species of the Marchantiophyta in an altitudinal range from 2400 to 3400 MASL on the colombian Cordillera Oriental, and establish how these vary with altitude and life zones, regarding abiotic factors. Samples were taken every 200 meters and environmental data were registered during a year. 162 species were found, and the composition varied throughout the gradient with a high number of unique species in each altitude. The maximum diversity was found at 3000 MASL, along with a dominance of leafy habit and epiphytic substrate. *Lopholejeunea nigricans* showed the largest coverage in the zone, the highest values of IVI and the widest altitudinal distribution. The liverworts were altitudinally distributed in a differentiating way with replacement of species over 30% every 200 altitudinal meters, mainly depending on sunlight brightness variations. The relation among temperature, humidity and sunlight brightness is determinant in the diversity and distribution of liverworts in the colombian Cordillera Oriental.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of Sciences, School of Biology, Director: Víctor Hugo Serrano. Codirectora: Martha Patricia Ramírez.

## INTRODUCCIÓN

Las hepáticas son plantas no vasculares de reducido tamaño que se encuentran distribuidas por casi todo el mundo, a excepción de los ambientes marinos (Gignac, 2001). Se encuentran ubicadas taxonómicamente en la división Marchantiophyta, junto con los musgos y anthoceros forman un grupo no natural conocido como briófitos, el cual no representa un nivel taxonómico (Crandall-Stolter et al., 2009).

Se llega a calcular que el número de especies de hepáticas en el mundo es cerca de los 6000, de las cuales se ubican 1350 especies en el Neotrópico distribuidas en 188 géneros (Barbosa et al., 2007; von Konrat et al., 2008). El territorio colombiano es muy rico en especies de hepáticas, éstas se encuentran distribuidas en diferentes ambientes por todo el país, en donde se puede encontrar casi el 60% que se hallaría en la América tropical, además de poseer una sexta parte de las especies de todo el mundo (Uribe y Gradstein 1999). Colombia es el segundo país de América con unas 713 especies de hepáticas (Campos et al., 2014), detrás de Brasil que posee unas 725 especies (Gradstein y Costa, 2003).

La mayor riqueza de hepáticas en Colombia se encuentra concentrada en la región Andina, entre los 2000 y 3000 msnm (Uribe y Gradstein, 1999), aunque ésta sólo ocupa el 25% del territorio nacional (Chaves y Santamaría, 2006). Esta concentración de riqueza se debe a diferentes factores como una radiación solar continua, bajas temperatura y precipitaciones constantes (Wolf, 1993, 1994). Varios trabajos realizados en el norte de los Andes han concluido que la riqueza de hepáticas aumenta con la altitud, llegando a un pico máximo en la zona de Bosque Alto Andino (Aguirre y Ruiz 2001; Barbosa et al., 2007; Churchill y Linares 1995; Orrego 2005).

Para la región Andina colombiana se registran varios trabajos donde se compara su distribución altitudinal y de sustratos (Barbosa et al., 2007; Lagos et al., 2008; Vargas y Morales, 2014), distribución vertical (Gil y Morales 2014), de sustratos (Pinzón y Linares, 2006), en relación con zonas de vida (Aguirre y Ruiz, 2001; Barbosa et al., 2007; Ruiz y Aguirre, 2003) y de acuerdo con factores ambientales (Corrales et al., 2010). Sin

embargo, no se han desarrollado trabajos en diversidad de hepáticas y sus aspectos ecológicos en un gradiente altitudinal continuo donde se incluyan Bosque andino y Páramo hacia la zona centro-norte de la Cordillera Oriental.

La distribución de las hepáticas no es igual en los diferentes hábitats, depende de gran medida en factores microambientales como temperatura, humedad, pH, y radiación solar (Acebey et al., 2003; Corrales et al., 2010; Delgado y Ederra, 2013; Silva, et al., 2014). También presentan una relación con la composición de la vegetación fanerógama y la disponibilidad de sustratos (Mota de Oliveira y Steege, 2013; Ruiz y Aguirre, 2003; Wolf, 1995). Debido a estos factores se asumiría una distribución diferencial de las hepáticas a través de un gradiente altitudinal continuo, con preferencias de microhábitats para diferentes especies.

Ecológicamente las hepáticas cumplen papeles importantes dentro de cada uno de los ecosistemas; para la región Andina es muy significativo ya que contribuyen con altos porcentajes de humus y de biomasa, interceptan el agua proveniente de la lluvia y neblina, también absorben y retienen agua en cantidades apreciables, ayudan a detener la erosión y retiene el NO<sub>3</sub> contenido en la niebla (Clark et al., 1998; Romero, 1999; Veneklaas et al., 1990; Wolf, 1993). Además las hepáticas ayudan como semillero de otras plantas vasculares ya que atrapan las semillas y permiten su germinación (; Clark et al., 1998; Johansson, 1974). Aparte de las funciones ecológicas debido a las condiciones microclimáticas tan específicas para su desarrollo, las hepáticas son utilizadas a modo de indicadores del estado de intervención o regeneración de un bosque (Dynesius y Hylander, 2007; Gignac y Dale, 2005; Moen y Jonsson, 2003), indicadores de calidad de agua y aire tanto en zonas urbanas o rurales (Noriega et al., 2008; Simijaca et al., 2014) y hasta en zonación altitudinal en bosques tropicales (Frahm y Gradstein, 1991; Santos y Costa, 2010; Santos et al., 2014).

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 GENERAL**

Determinar la Diversidad y distribución de hepáticas a lo largo de un intervalo altitudinal continuo (2400-3400msnm) sobre la Cordillera Oriental colombiana, ubicado en el municipio de Santa Bárbara, Santander.

### **1.2 ESPECÍFICOS**

Determinar la diversidad de hepáticas a lo largo del intervalo altitudinal en la zona de estudio.

Definir si existen diferencias en la estructura de las hepáticas a lo largo del intervalo altitudinal.

Comparar la riqueza y abundancia de hepáticas entre las franjas altitudinales presentes en la zona de estudio.

Establecer las diferencias en la composición y abundancia de Marchantiophytas en los diferentes sustratos. Analizar las horas de actividad de las especies de mamíferos de gran tamaño.

Relacionar los factores abióticos (Temperatura, Luminosidad, Humedad, pH, disponibilidad de sustrato) con la diversidad de hepáticas en el intervalo altitudinal.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 FASE DE CAMPO

**2.1.1 Área de estudio.** Se ubica en la vereda Esparta, hacia el norte del municipio de Santa Bárbara, departamento de Santander, encontrándose en la Cordillera Oriental colombiana (7°01'16.3"N 72°53'33.0"W). El intervalo se encuentra desde los 2400 msnm hasta los 3400 msnm, presentando una temperatura anual desde -1.7°C hasta los 31°C con un régimen de lluvias bimodal con un pico máximo en Octubre, el área cuenta con tres zonas de vida delimitadas por su altura y vegetación con muy baja perturbación antrópica (Rangel-Ch, 2000). El Bosque andino, va desde los 2300 a 2700 msnm, presenta árboles con un altura promedio de 5m y con diámetros de 7.3cm con dominancia de *Quercus humboldtii*. El Bosque alto andino que se puede encontrar desde los 2700 a los 3100 msnm, igualmente la vegetación predominante es *Q. humboldtii*, con diámetros de 18.14m y alturas promedio de 7.5m, además de presentar una densidad menor. La Región paramuna comprende desde los 3100 msnm en adelante, predominan los pastizales y la presencia de arbustos achaparrados de las familias Rubiaceae, Melastomataceae y Ericaceae, además se destaca la presencia de *Espeletia* spp.

Los sustratos presentes en el área de estudio fueron; Raíz aflorante, sustrato que corresponde a raíces descubiertas de árboles y arbustos debido a la pendiente del lugar. Tierra desnuda, corresponde a sectores pendientes primordialmente donde la hojarasca no puede establecerse o donde se ha sufrido algún proceso de erosión. Roca, este sustrato se encuentra representado por rocas aflorantes generalmente altas donde la hojarasca no alcanza a cubrirlas, en la parte paramuna se constituyen de rocas de gran tamaño. Hojarasca, este sustrato está

representado por las hojas en descomposición primordialmente del roble. Madera en descomposición, este sustrato corresponde en gran parte a troncos y ramas caídas del roble. Corteza de árbol, se trata de los troncos y ramas de árboles y arbustos primordialmente de roble. Foliar, este sustrato se trata de las hojas de herbáceas y arbustos del sotobosque.

**2.1.2 Muestreo.** Se realizaron 8 salidas de campo con una duración de 5 a 8 días, se instalaron dos parcelas georreferenciadas de 100m<sup>2</sup> cada 200m altitudinales, desde los 2400msnm hasta los 3400msnm, las zonas seleccionadas para los muestreos se obtuvieron dada la seguridad y topografía del lugar. La colecta de individuos y toma de datos para su identificación se llevó a cabo según Churchill y Linares (1995); se realizaron 60 levantamientos por parcela tomando la mayor cantidad de muestra posible en toda el área de la zona de muestreo, retirándola suavemente por medio de una navaja y se depositó en bolsas de papel kraft, marcadas con el acrónimo del colector (CFC) y el número de colecta.

**2.1.3 Registro de datos ecológicos y ambientales.** Los datos tomados para los análisis ecológicos fueron: cobertura como dato de abundancia, mediante una plantilla de acetato de 20cm x 20cm (Iwatzuki, 1960), tipo de sustrato y altitud. Adicionalmente se recogieron datos ambientales durante un año a la misma altitud de las parcelas mediante miniestaciones climáticas WatchDog Data Loggers serie 1000® las cuales midieron la temperatura y humedad relativa, mientras para el caso de humedad del suelo y luminosidad, se utilizó un medidor de humedad-suelo SP06400® y un luxómetro lx 1330B® respectivamente.

Para la estimación de disponibilidad de sustratos se tomaron datos aleatorios del área ocupada de cada sustrato presente (tierra desnuda, roca, hojarasca, madera en descomposición, corteza) dentro de las parcelas correspondientes a cada estación. Se montó una subparcela de 4m<sup>2</sup>, donde se midió el porcentaje ocupado

de tierra desnuda, roca y hojarasca en metros cuadrados. Para la madera en descomposición se midieron las áreas de cada una de las ramas o troncos que se encontraron presentes en la subparcela, realizando la posterior sumatoria de todas las áreas. Estas mediciones se extrapolaron a la parcela de 100m<sup>2</sup>. Para el caso de la corteza, se midió el área de cada árbol con una altura fija de 2m.

## **2.2 FASE DE LABORATORIO**

La determinación taxonómica de las muestras se realizó en el Laboratorio de Ecología de la Universidad Industrial de Santander, utilizando estereoscopio y microscopía óptica y siguiendo claves bibliográficas especializadas (Dauphin, 2001; Gradstein, 1994; Gradstein et al., 2001; Uribe y Aguirre, 1995; 1997; Teeuwen, 1989), entre otras. Adicionalmente se revisó la colección de briófitos línea del Herbario de la Universidad Nacional y se visitó el Herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; finalmente las muestras fueron ingresadas al Herbario de la Universidad Industrial de Santander (HUIS).

## **2.3 ANÁLISIS DE DATOS**

La riqueza se estimó mediante el índice de riqueza específica (S) el cual cuantifica el número de especies encontradas y no tiene en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001). Respecto a la estructura se evaluó por medio de 2 índices de abundancia proporcional: El índice de Simpson (D) como parámetro de dominancia, y el índice de Shannon-Wiener (H'), como parámetro de uniformidad (Moreno, 2001). Para la determinación de la complejidad del muestreo en cada una de las alturas evaluadas se utilizó dos estimadores no paramétricos, Jackknife 1 y Bootstrap.

Para la estimación de la diversidad beta se utilizó el coeficiente de Jaccard que tiene en cuenta presencias-ausencias de las especies y relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, con el fin de

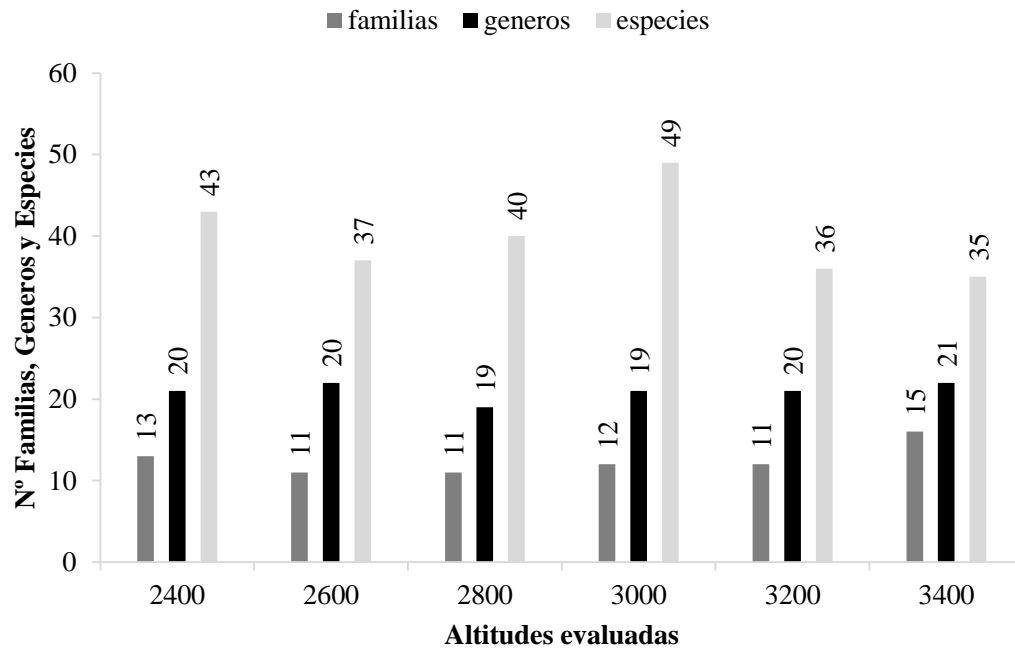
establecer la similitud entre los diferentes sustratos y altitudes (Villareal et al., 2006).

Adicionalmente se calculó el Índice de valor de importancia (IVI) para cada una de las especies. Para el cálculo de este se deben hallar 3 componentes y sumarlos entre sí: densidad relativa (número total de colonias de la especie i/número total de colonias de todas las especies), cobertura relativa (suma del área cubierta por la especie i/suma total del área cubierta por todas las especies) y frecuencia (número de veces que se encontró la especie i/ área muestreada) (Zepeda, 2014). Con este índice de valor de importancia y los valores de factores ambientales y del hábitat se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) para conocer si estos factores afectan la distribución de dichas especies, además se realizó una prueba de ANOVA para establecer diferencias en los diferentes factores ambientales a lo largo del gradiente. Los software estadísticos a utilizados para los análisis fueron Past v.1.30 (Hammer, et al., 2001) y Statistica 7 (Hilbe, 2007).

### 3. RESULTADOS

A lo largo de todo el gradiente altitudinal se realizaron 700 levantamientos efectivos en las 12 parcelas seleccionadas y en donde se encontraron 162 especies (incluyendo morfoespecies) distribuidas en 46 géneros y 22 familias. Las familias más diversas fueron Lejeuneaceae (42 especies), Plagiochilaceae (31 especies), seguidas de Metzgeriaceae y Jubulaceae con 14 especies cada una. Los géneros más diversos fueron *Plagiochila* (31), *Mezgeria* (14), *Lejeunea* (14) y *Frullania* (13). En cuanto a las especies con la mayor cobertura registrada en todo el gradiente, *Lopholejeunea nigricans* (2512 cm<sup>2</sup>) y *Bazzania affinis* (2343 cm<sup>2</sup>) fueron las más abundantes. El hábito folioso fue predominante con 141 especies (87%), mientras que el taloso tuvo 21 especies (13%) (Anexo A).

**Figura 1.** Número de familias, géneros y especies registradas para cada una de las alturas evaluadas.



De las 6 altitudes establecidas, a los 3000 msnm se obtuvo la mayor cantidad de especies (30%), mientras que a los 3400 msnm se encontró la mayor cantidad de familias (72%) y géneros (47%) (Figura 1). Los estimadores de diversidad paramétricos arrojaron un buen muestreo en cada una de las alturas, fluctuando entre 88% y 92% (Tabla 1). Los índices de diversidad mostraron que en los 3000 msnm se observa la mayor diversidad (1 - D) con un valor de 0.9634, seguido de los 2400 msnm con 0.9503. Para la equidad (índice de Shannon-Wiener) se muestra un resultado igual, siendo en los 3000 msnm donde se encuentra la mayor equidad con 3.522, seguido de los 2400 msnm con un valor de 3.355. Para el caso de la dominancia el mayor valor se encuentra a los 2800 msnm con 0.069 (Tabla 2).

**Tabla 1.** Riqueza observada y esperada calculada a partir de estimadores no paramétricos.

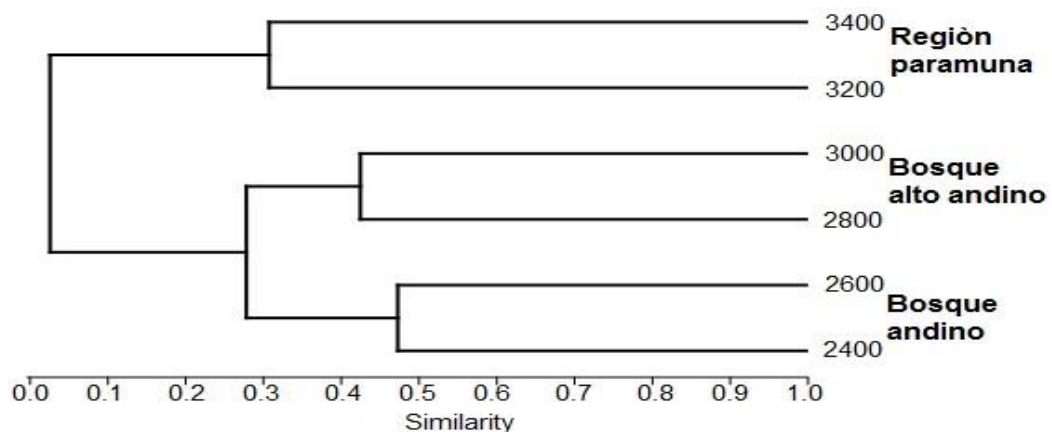
|             | Observada | Esperada   |           | % Especies registradas |           |
|-------------|-----------|------------|-----------|------------------------|-----------|
|             |           | Jacknife 1 | Bootstrap | Jacknife 1             | Bootstrap |
| <b>2400</b> | 43        | 47         | 48        | 91                     | 90        |
| <b>2600</b> | 37        | 42         | 41        | 88                     | 90        |
| <b>2800</b> | 40        | 44         | 43        | 90                     | 93        |
| <b>3000</b> | 49        | 56         | 55        | 88                     | 89        |
| <b>3200</b> | 36        | 39         | 40        | 92                     | 90        |
| <b>3400</b> | 35        | 39         | 38        | 90                     | 92        |

**Tabla 2.** Índices de diversidad para las diferentes alturas evaluadas en el área de estudio.

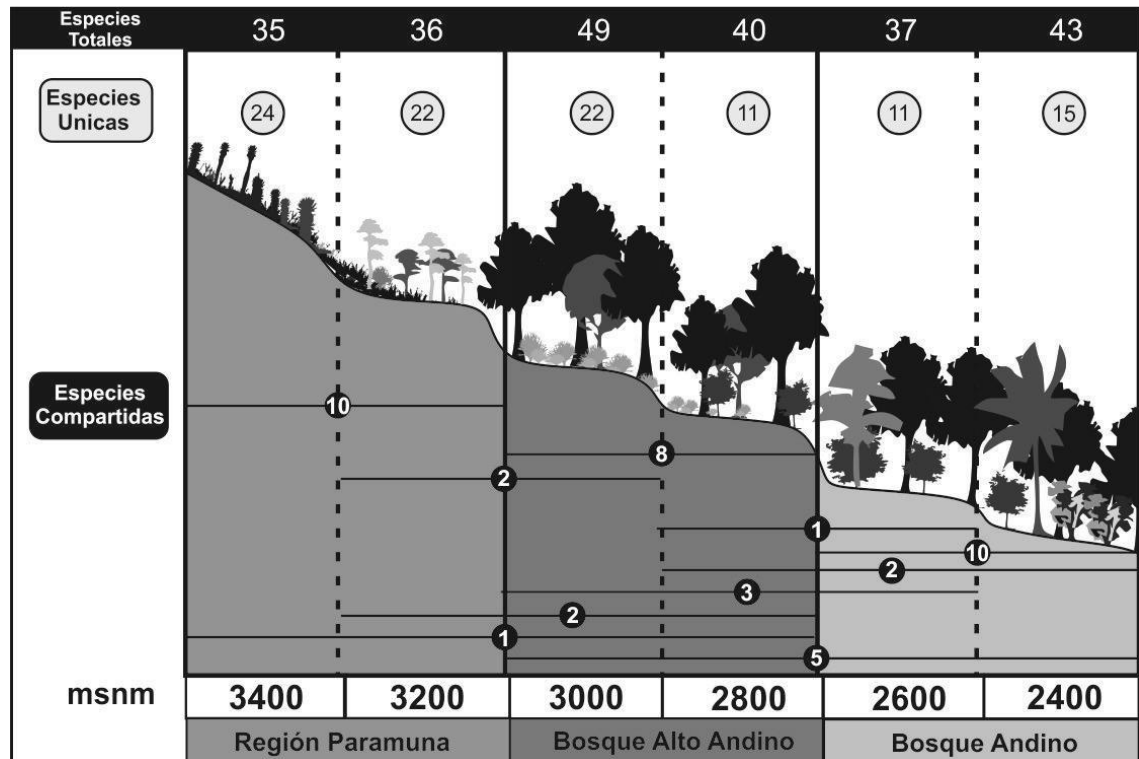
|                     | 2400   | 2600   | 2800   | 3000   | 3200   | 3400   |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Taxa_S</b>       | 43     | 37     | 40     | 49     | 36     | 35     |
| <b>Dominancia_D</b> | 0,0497 | 0,0561 | 0,0691 | 0,0366 | 0,0566 | 0,0558 |
| <b>Shannon_H</b>    | 3,355  | 3,177  | 3,042  | 3,522  | 3,185  | 3,13   |
| <b>Simpson_1-D</b>  | 0,9503 | 0,9439 | 0,931  | 0,9634 | 0,9434 | 0,9442 |

La disimilitud en la composición de especies en las diferentes altitudes arrojó una agrupación entre las alturas cercanas entre sí, que correspondieron a las diferentes zonas de vida. Zona paramuna (3200-3400), Bosque alto andino (2800-3000) y Bosque andino (2400-2600), aun así la similitud entre cada una de las diferentes alturas es menos del 50% de la composición de especies (Figura 2). En cuanto a la distribución de las especies a través del intervalo altitudinal, ninguna de las especies se distribuyó en todas las alturas, aunque *Lepidozia cupressina*, *Lophocolea muricata*, *L. nigricans*, *Metzgeria albinea* y *Microlejeunea bullata* se encontraron en toda la zona de bosque (2400 – 3000 msnm), mientras que *Drepanolejeunea* sp2 se ubicó desde el Bosque alto andino y la región paramuna (2800 – 3400 msnm). La zona altitudinal con el mayor número de especies únicas se ubicó a los 3400 msnm con 24 especies, seguida de 3000 msnm y 3200 msnm con 22 especies cada una (Figura 3). Sólo dos especies únicas se ubicaron de los 2400 a 2800 msnm; *Calypogeia peruviana* y *Lejeunea flava*, mientras que entre los 2600 y 3000 msnm se encontraron tres especies únicas; *Metzgeria ciliata*, *Lejeunea* sp5 y *Lejeunea* sp11, para el caso del rango entre los 2800 y 3200 msnm, solo dos especies únicas se hallaron; *Bazzania stolonifera* y *Telaranea nematodes*.

**Figura 2.** Índice de similitud de Jaccard para las diferentes alturas evaluadas.

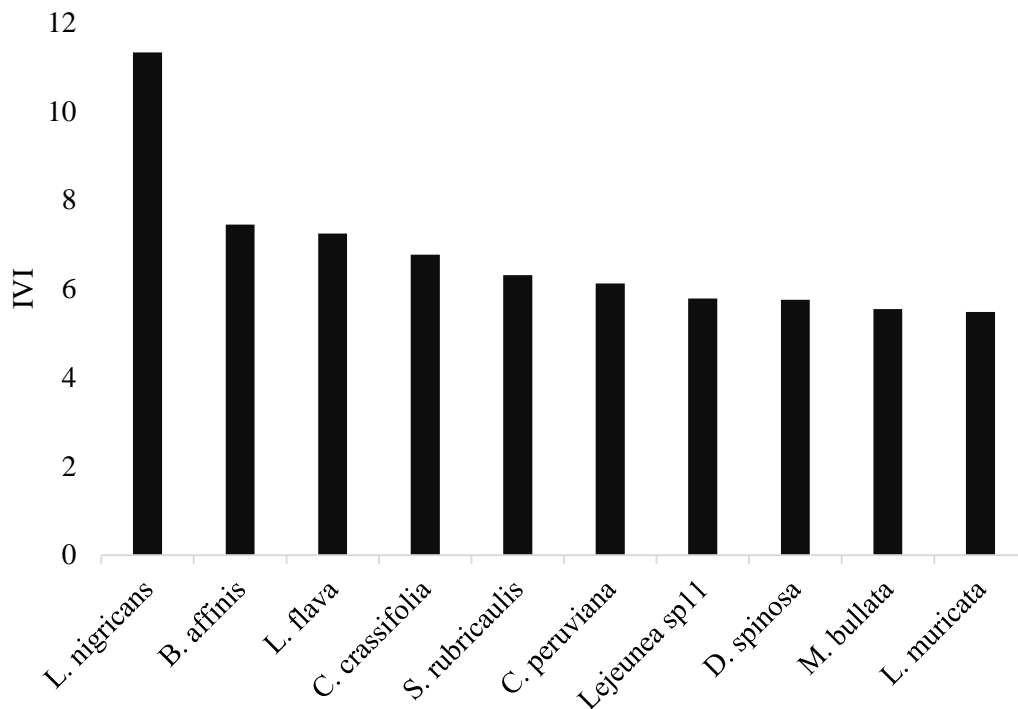


**Figura 3.** Distribución altitudinal de las hepáticas a través del intervalo altitudinal y en las diferentes zonas de vida. Especies totales a cada altura (barra superior negra), Especies únicas (círculos grises), Especies compartidas (círculos negros).



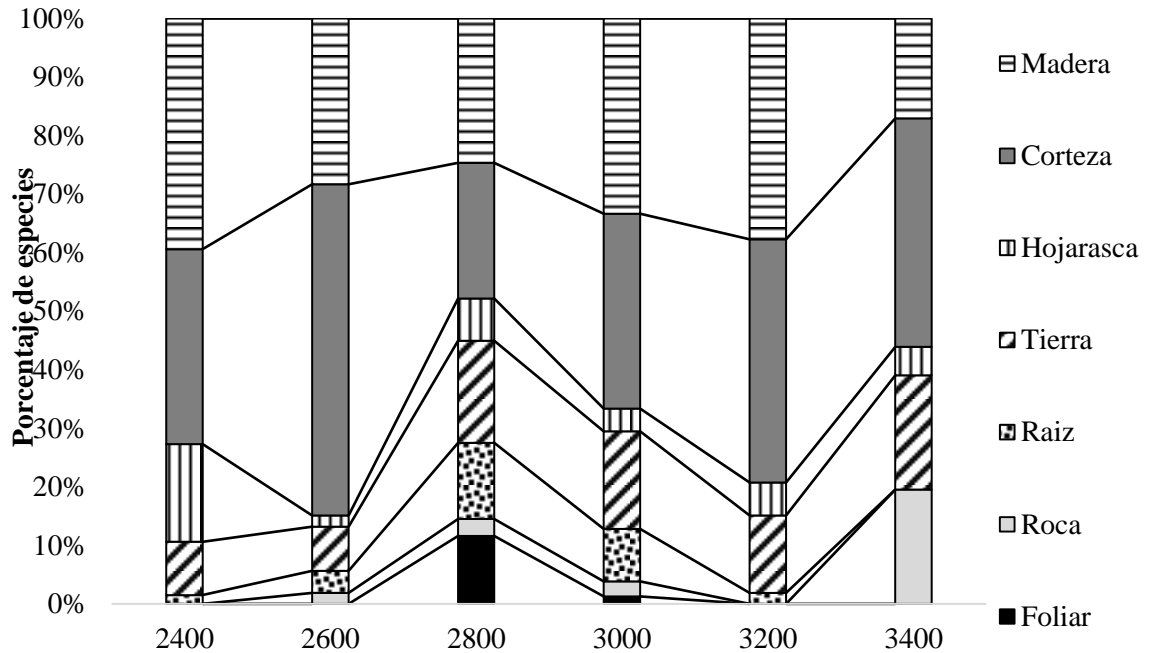
El IVI nos muestra el peso ecológico de las especies. Para todo el gradiente altitudinal *L. nigricans* es la más importante en general con un valor del IVI de 11.332, seguida de *B. affinis* y *L. flava* (Figura 4). Los IVI hallados por cada altura son diferentes, siendo *Cephalozia crassifolia* aquella especie con el mayor valor con 41.259, tanto para la zona altitudinal de los 2800 msnm como en comparación con las especies de mayor importancia ecológica en las diferentes altitudes (Anexo B).

**Figura 4.** Valor de IVI para las 10 especies con mayor peso ecológico.



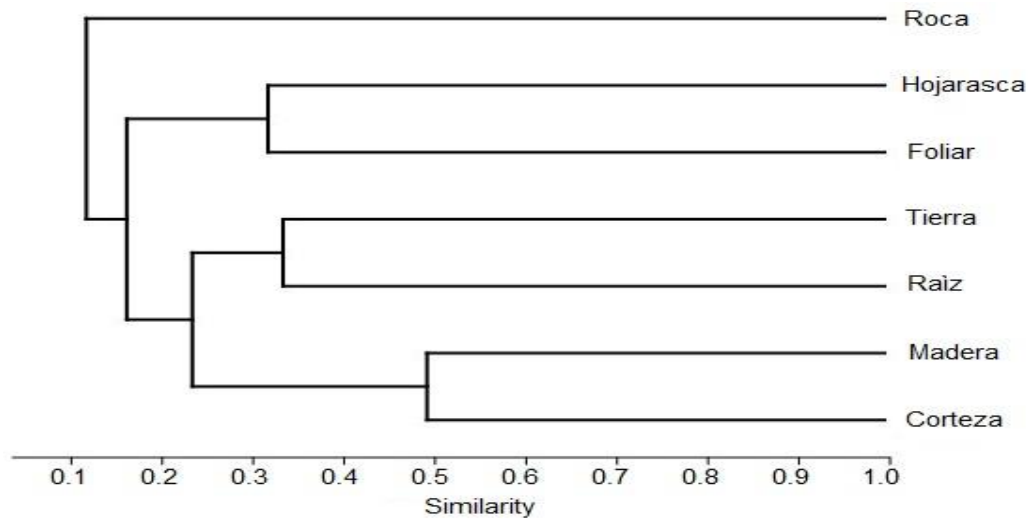
A lo largo del gradiente altitudinal, el sustrato más utilizado para el establecimiento de las hepáticas fue la corteza de los árboles (epífitas) con el 58% de las especies en la zona, seguido de por la madera con un 55% de las especies registradas en la zona. Igualmente las epífitas poseen la mayor diversidad de géneros con un 70% de los registrados, en la madera se encontraron 63%. La distribución de las especies en cada uno de los sustratos fue desigual en cada una de las diferentes altitudes. La madera fue la más utilizada en los 2400, 2800 y 3000 msnm, mientras que la corteza fue más utilizada a los 2600, 3000, 3200 y 3400 msnm. En el caso de la raíz no se encontraron especies en este sustrato a los 3400 msnm, no hubo hepáticas en el sustrato de roca a los 2400 y 3200 msnm y finalmente el sustrato foliar sólo fue utilizado entre los 2800 y 3000 msnm (Figura 5).

**Figura 5.** Distribución de especies según los sustratos en cada una de las altitudes evaluadas.



El análisis de la diversidad alfa mostró como resultado una mayor diversidad (1-D) para el sustrato de madera y corteza de los árboles, ambos con un valor de 0,98. Para la equidad (índice de Shannon-Wiener) el sustrato de madera obtuvo el valor más alto (4.116) seguido de cerca por la corteza de los árboles (4.046). El sustrato foliar obtuvo la diversidad más baja pero además obtuvo el valor más alto de dominancia (0.2893). En cuanto a la diversidad beta fue alta, el índice de Jaccard mostró una baja similitud entre las composición de especies en los diferentes sustratos, menos del 50%, aun así mostró 3 agrupaciones (Figura 6), además cabe destacar que la roca fue la más disímil en comparación con los demás sustratos con un valor de disimilitud cercano al 90%.

**Figura 6.** Índice de similitud de Jaccard para las diferentes sustratos encontrados en la zona de estudio.



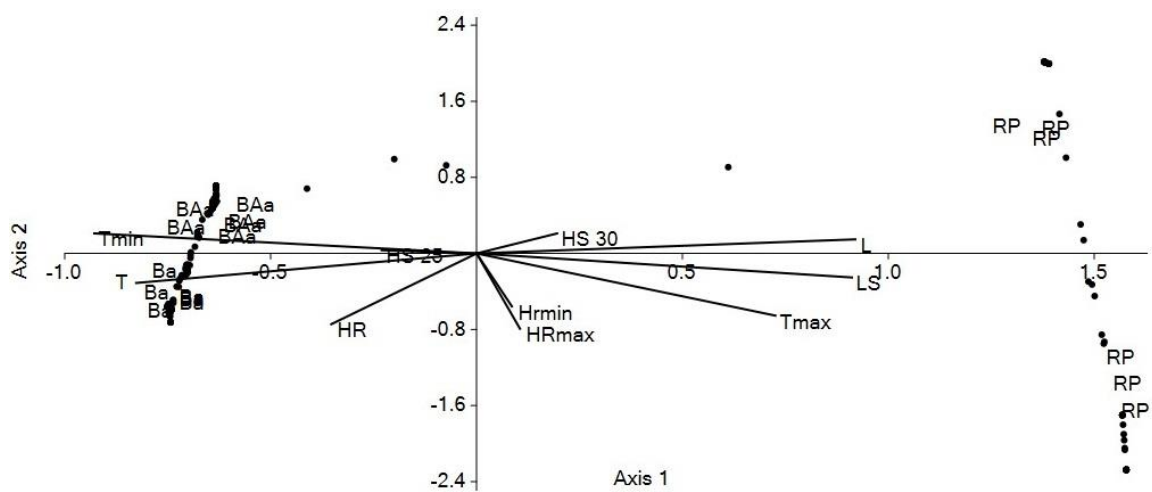
Ninguna especie de hepática creció sobre todos los sustratos (tierra desnuda, roca, hojarasca, madera en descomposición, corteza, hoja), el 53% de las especies registradas se ubican en un solo sustrato, mientras que el 28% prefirieron dos sustratos y el 19% restante se encontró creciendo en más de tres sustratos, siendo las especies *Radula nudicaulis*, *M. albinea*, *C. peruviana*, *L. flava* y *Leiomitra tomentosa*, aquellas presentes en cinco diferentes sustratos.

Los factores ambientales mostraron diferencias significativas en cada una de las alturas evaluadas (ANOVA  $P < 0,05$ ). La temperatura mostró un patrón de descenso en relación con la altitud, mientras que para la luminosidad y humedad relativa el patrón fue en aumento a través del gradiente (Tabla 4). El análisis de correspondencia (CCA) evidenció una división de las alturas agrupándose por su zona de vida, aunque marcadamente se observó una división en cuanto a la zona de bosque y zona paramuna. Además mostró que los factores que más influyen en la distribución altitudinal de las hepáticas son la Luminosidad (L y Ls) y la Temperatura (Tmin, Tmax) (Figura 7).

**Tabla 3.** Valores ambientales para cada una de las alturas evaluadas. Hs: Humedad suelo, Ls: Luminosidad suelo, L: Luminosidad, T: Temperatura, HR: Humedad relativa, Tmax: Temperatura máxima, Tmin: Temperatura mínima, HRmax: Humedad relativa máxima, HRmin: Humedad relativa mínima. Temperatura= $^{\circ}$ C, Humedad=%, Luminosidad=Lux.

|             | Hs     | Ls     | L       | T      | Tmax | Tmin | HR     | HRmax | HRmin |
|-------------|--------|--------|---------|--------|------|------|--------|-------|-------|
| <b>2400</b> | 3      | 29,75  | 84,437  | 15,194 | 27,7 | 10,2 | 71,152 | 99,2  | 17,8  |
| <b>2600</b> | 4,312  | 23     | 65,0625 | 14,199 | 28,3 | 7,9  | 72,963 | 98,1  | 9,5   |
| <b>2800</b> | 5,5    | 24,812 | 100,812 | 12,695 | 27,8 | 7,5  | 73,090 | 90,9  | 10,7  |
| <b>3000</b> | 2,812  | 32,437 | 127,812 | 11,758 | 28,2 | 6,7  | 73,450 | 88,6  | 18,7  |
| <b>3200</b> | 3,375  | 73,375 | 430,625 | 9,9139 | 29   | 2,8  | 65,781 | 91,3  | 9,5   |
| <b>3400</b> | 3,4375 | 101,5  | 353,812 | 10,556 | 31,2 | -1,7 | 74,548 | 99,2  | 19,7  |

**Figura 7.** Análisis CCA para las diferentes alturas evaluadas respecto a su composición de especies (círculos negros) y su relación con los factores ambientales. Ba: Bosque andino, BAa: Bosque alto andino, Rp: Región paramuna, Hs: Humedad suelo, Ls: Luminosidad suelo, L: Luminosidad, T: Temperatura, HR: Humedad relativa, Tmax: Temperatura máxima, Tmin: Temperatura mínima, HRmax: Humedad relativa máxima, HRmin: Humedad relativa mínima.



#### 4. DISCUSIÓN

Se registraron un total de 162 especies de hepáticas a lo largo del intervalo altitudinal de 1000m, encontrándose aproximadamente un 22% de las 713 especies registradas para el territorio colombiano (Campos et al., 2014). Era de esperar un gran número de especies en la zona, ya que como explican Uribe y Gradstein (1999), en la región Andina se encuentra cerca del 90% de las especies registradas para Colombia. La gran diversidad de especies en esta región se debe a las condiciones ambientales de luminosidad, temperatura y humedad constantes que favorecen el desarrollo de las hepáticas (Wolf, 1993; 1994).

El hábito folioso fue predominante en las hepáticas encontradas en todo el intervalo altitudinal con casi el 90% de las especies presentes. Las hepáticas foliosas son más resistentes a los cambios en la humedad del ambiente y pueden mantener un estado de latencia por más tiempo, mientras que las especies talosas se encuentran más restringidas a sitios con fuentes hídricas cercanas o con una humedad muy elevada y con luminosidad muy baja (Lagos et al., 2008). Los resultados concuerdan con los trabajos de Álvaro et al. (2007), Gil y Morales (2014), Ruiz y Aguirre (2003) y Vargas y Morales (2014), realizados en los Andes colombianos, en donde el hábito de crecimiento dominante fue la forma foliosa.

La familia con el mayor número de especies y más abundante fue Lejeuneaceae; las especies de esta familia se distribuyeron por todo el gradiente. Este resultado es ya conocido, Gradstein (1994) indicó que ésta es una de las familias con mayores ejemplares en Colombia. El género *Plagiochila* fue el más diverso con 31 especies y una cobertura estimada en 9000 cm<sup>2</sup>. Este género presenta especies muy grandes y vistosas y se distribuyen en un amplio rango altitudinal, según Wolf (1993) es el género más rico en especies dentro del territorio Colombiano.

La Zona paramuna, específicamente a los 3400 msnm, tiene la mayor cantidad de familias y géneros de los reportados en todo el intervalo altitudinal. Esta zona es muy diferente a nivel de la composición vegetal general y asimismo ambientalmente, ya que la cobertura vegetal es menor en relación con la región boscosa y las condiciones ambientales afectan más el establecimiento de las especies, la luminosidad es 3 veces mayor que en la zona boscosa, así mismo se presenta cambios de temperatura muy bruscos llegando a presentar hasta 31°C en el día y temperaturas bajo cero durante las noches. Aparte de estos factores evaluados, el viento causa un gran efecto en el crecimiento de hepáticas ya que produce una mayor desecación y limita la reproducción en la misma zona. Los géneros y familias de hepáticas tienen especies únicas y poseen una baja riqueza taxonómica, esto podría ser resultado de las condiciones tan drásticas que se exponen las especies en este ambiente, por ello deben tener mecanismos biológicos para poder crecer en esta zonas, tales como cutículas más gruesas, pigmentación rojiza y hojas imbricadas. Este resultado concuerda con el trabajo de Álvaro et al. (2007) realizado en el departamento de Boyacá, a más de 3000 msnm.

De acuerdo con los resultados de la riqueza de especies en el rango altitudinal evaluado, la diversidad de hepáticas no refleja un patrón de aumento o disminución debido a la altitud. Sin embargo, hay una mayor diversidad en los puntos de muestreo que corresponden al Bosque andino y alto andino, con una disminución de la diversidad en la Región paramuna. Esto concuerda con el estudio de Uribe y Gradstein (1999) en el que se explica que la diversidad máxima de hepáticas en los Andes colombianos se encuentra entre los 2000 y 3000 msnm, por encima de estas altitudes se disminuye la diversidad debido a las condiciones paramunas de alta luminosidad y baja humedad. En este mismo trabajo se encontró una relación directa entre la altitud y diversidad; sin embargo, esta afirmación es aplicable cuando se estudia un gradiente altitudinal mucho más extenso.

Según los análisis de diversidad beta, las altitudes se encuentran más relacionadas en cuanto a su composición de hepáticas con aquella altitud en la misma zona de vida. Así, las altitudes de las mismas zonas de vida comparten casi 10 especies cada par, mientras que el resto de combinaciones el número de especies compartidas son menores a 5 por lo que se resalta en gran recambio de especies en cada una de las altitudes, de más del 30% en las diferentes altitudes evaluadas y llegando en ciertos casos hasta el 65% de cambio en la composición de especies hacia la región paramuna. Esta variación en la composición de especies en el gradiente altitudinal depende en gran medida del efecto de la estructura de la vegetación general que influye en cada uno de los microambientes disponibles a las hepáticas (Ruiz y Aguirre, 2003), además de que los factores ambientales entre estas altitudes (Silva y Porto, 2012; Silva, et al., 2014). Según Santos y Costa (2010) el recambio de especies en los bosques de tierras bajas puede llegar a cambiar en un 35% en un rango de 1000m altitudinales, resultado que no se encuentra muy alejado de los obtenidos en la zona de estudio ubicada en Cordillera Oriental colombiana, aunque el recambio es mayor debido a la gran diversidad de hepáticas en esta región.

La relación de la composición de especies con los factores ambientales de luminosidad, temperatura y humedad asociadas a las altitudes arrojó una alta dependencia con la temperatura y luminosidad. Estos factores ambientales disminuyen y aumentan, respectivamente, en el gradiente altitudinal y sufren grandes variaciones durante el año. La humedad, por el contrario, es alta y se mantuvo relativamente constante en el tiempo por lo que no afecta en gran medida el establecimiento y crecimiento de las hepáticas. En el análisis del CCA se notó una clara diferenciación entre la región boscosa y paramuna, al igual que el análisis de diversidad beta, esto es debido al factor de la luminosidad que es muy importante en el establecimiento de las hepáticas ya que limita su crecimiento por la cantidad de radiación que reciben, además de afectarlas en su regulación hídrica causándole desecación, por ello las especies de la Región paramuna

deben ser más resistentes a este factor mientras que aquellas que se encuentran en el bosque no tienen este inconveniente. La temperatura fue otro factor limitante en la distribución de las hepáticas dividiendo las regiones boscosa y paramuna, ya que en la Región paramuna se presentan altas temperaturas por a la radiación diurna y desciende en las noches hasta el punto de congelación, mientras que en la región boscosa la temperatura es más homogénea. En cuanto a la humedad relativa divide la región boscosa en el Bosque andino y Bosque alto andino, ya que el Bosque alto andino presentó una mayor humedad a lo largo del año. La diversidad de hepáticas, sin embargo, parece darse como respuesta a la interacción entre estos factores ambientales, afectando así su distribución (Corrales et al., 2010; Delgado y Ederra, 2013). Según Gignac (2001) las hepáticas son sensibles a eventuales cambios en la temperatura del planeta, cambiando su distribución y migrando hacia otras zonas. Es por ello que aquellas especies de distribución limitada en el gradiente altitudinal como *Anastrophyllum auritum* se encuentran más vulnerables a cambios de temperatura y humedad ocasionados por fenómenos climáticos.

En la distribución altitudinal de las hepáticas, la mayoría de las especies se encontraron restringidas a una única altura. Esto las hace muy específicas de un microambiente en combinación con factores bióticos y abióticos, permitiendo establecer combinaciones de especies que se encuentran presentes en un hábitat determinado. Esta aparente especificidad las hace asimismo más vulnerables a cambios ambientales regionales. Sin embargo, especies como *L. cupressina*, *L. muricata*, *L. nigricans*, *M. albinea* y *M. bullata* podrían ser menos vulnerables ya que se encuentran en un rango de distribución altitudinal mayor. Según Santos y Costa (2010) las hepáticas pueden ser utilizadas como indicadores altitudinales y de zonas de vida, esto debido a sus relaciones con la vegetación vascular y los factores ambientales que afectan el recambio de especies en los diferentes ambientes de hasta un 30%. Igualmente Santos et al. (2014) plantean la idea de utilizar hepáticas como indicadores de zonas altitudinales ya que ejercen un filtro

más preciso que la vegetación fanerógama para la determinación de ambientes u hábitats.

El IVI muestra la importancia ecológica de cada una de las especies; no se conocen muchos datos en hepáticas debido a que es poco utilizado en plantas no vasculares. La especie con el mayor peso ecológico en todo el gradiente fue *C. crassifolia*, con un valor de importancia mayor a 40, sin embargo esta especie sólo aparece entre los 2800 y 3000, mientras que *L. nigricans* con un valor de 11.38 fue aquella más importante en todo el gradiente como conjunto general, esto debido a que su frecuencia de aparición fue alta, junto con una distribución altitudinal de toda la zona boscosa y finalmente con el mayor valor de cobertura. Según Zepeda et al. (2014) las especies con mayor peso ecológico son aquellas que definen en gran parte la asociaciones de distribución o separan los grupos ambientales.

La distribución de especies en los diferentes sustratos fue desigual, siendo la corteza y la madera las más importantes a lo largo del gradiente, con una dominancia de las hepáticas epífitas en casi todas las franjas altitudinales. La disponibilidad y abundancia de estos dos sustratos en la zona es considerable en contraste con la frecuencia de sustratos como rocas o raíces, aunque la hojarasca y la tierra registraron la mayor cantidad de área disponible para el establecimiento de hepáticas en todo el gradiente. Adicionalmente la corteza y madera mantienen una humedad alta y constante para el establecimiento de hepáticas, ya que en otros sustratos como tierra o roca la humedad puede aumentar o disminuir mucho (Gradstein et al. (2000). De manera similar en el trabajo de Álvaro et al. (2007), la corteza de árbol fue el sustrato predilecto por las hepáticas. Vargas y Morales (2014) encontraron que el sustrato más diverso fue la materia en descomposición, sin considerar las hepáticas epífitas. Según Gil y Morales (2014) la mayor diversidad de hepáticas foliosas se encuentra en el dosel externo de los árboles,

una zona no evaluada en este estudio y que pudo aumentar más la cantidad de especies presentes en el gradiente altitudinal.

## 5. CONCLUSIONES

La Cordillera Oriental representa para Colombia una zona muy diversa del territorio colombiano, llegando a encontrar un 22% de las especies colombianas en tan solo 1000m altitudinales, además representa un sitio clave para el estudio ecológico de las hepáticas y por ello es importante su conservación.

En conclusión a lo largo del gradiente altitudinal, la composición de hepáticas varía ampliamente con un recambio de especies mayor al 30% en cada 200m albergando una gran variedad de especies únicas para cada altura. Se presenta una diversidad máxima en los 3000 msnm con casi el 30% de las especies encontradas en el gradiente relacionándose con la interacción de la temperatura, humedad y luminosidad, presentando la mayor cantidad de especies de familias muy susceptibles a la humedad como Lejeuneaceae y Trichocoleaceae. De igual manera la diversidad en las tres zonas de vida varió, siendo el bosque alto andino aquel con la mayor riqueza de especies debido a una luminosidad y temperatura media, formando un microclima ideal para el establecimiento de la mayoría de las especies de hepáticas. A pesar que la diversidad depende de la interacción de los factores ambientales evaluados, la luminosidad es el factor más importante en la distribución de las hepáticas en el intervalo altitudinal, limitando el crecimiento de diferentes especies de hepáticas y determinando otros factores críticos para el establecimiento de estas como la temperatura y humedad.

La composición y distribución de especies de hepáticas en los diferentes sustratos demuestra la gran importancia de la conservación de los bosques Andinos ya que albergan una alta diversidad de hepáticas epífitas en los troncos y proporcionan materia orgánica para el establecimiento de otras especies de hepáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEBEY, A., GRADSTEIN, S.R., y KRÖMER, T. Species richness and habitat diversification of bryophytes in submontane rain forest and fallows of Bolivia. En: Journal of Tropical Ecology, 2003, vol. 19, no. 1, p. 9-18.

AGUIRRE, J., y RUIZ, C.A. Composición florística de la brioflora de la Serranía del Perijá (Cesar—Colombia): distribución y ecología. En: Caldasia, 2001, vol. 23, no. 1, p. 181-201.

ÁLVARO, W., DÍAZ, M.P., y MORALES, M.E. Catálogo comentado de las hepáticas del Cerro de Mamapacha, municipio de Chinavita-Boyacá, Colombia. En: Acta Biológica Colombiana, 2007, vol. 12, no. 1, p. 67-86.

BARBOSA, I., URIBE, J., Y CAMPOS, L. Las hepáticas de Santa María (Boyacá, Colombia) y alrededores. En: Caldasia, 2007, vol. 29, no. 1, p. 39-49.

CAMPOS, L., *et al.* Additions to the catalogue of Hepaticae of Colombia II. En: Cryptogamie Bryologie, 2014, vol. 35, no. 1, p. 77–92.

CHAVES, M.E. Y SANTAMARÍA, M. Informe sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998–2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia: 2006.

CHURCHILL, S. Y LINARES, E. Prodrumus bryologiae No.vo-Granatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia. Parte 1 y parte 2 Colombia: Editora Guadalupe Ltda., 1995.

CLARK, K.L., NADKARNI, N.M., Y GHOLZ, H.L. Growth, Net Production, Litter Decomposition, and Net Nitrogen Accumulation by Epiphytic Bryophytes in a Tropical Montane Forest. En: Biotropica, 1998, vol. 30, no. 1, p. 12-23.

CORRALES, A., et al. Abundance and diversity patterns of terrestrial bryophyte species in secondary and planted montane forests in the northern portion of the Central Cordillera of Colombia. En: The Bryologist, 2010, vol. 113, no. 1, p. 8-21.

CRANDALL-STOTLER, B., STOTLER, R.E., Y LONG, D.G. Phylogeny and classification of the Marchantiophyta. En: Edinburgh Journal of Botany, 2009, vol. 66, no. 1, p. 155-198.

DAUPHIN, G. The genus *Ceratolejeunea* Jack y Steph.(Hepaticae, Lejeuneaceae) in tropical America: Doctoral dissertation, Georg-August Universitat zu Gottingen, 2001.

DELGADO, V., Y EDERRA, A. Long-term changes (1982–2010) in the bryodiversity of Spanish beech forests assessed by means of Ellenberg indicator values of temperature, nitrogen, light and pH. En: Biological Conservation, 2013, vol. 157, p. 99-107.

DYNESIUS, M., Y HYLANDER, K. Resilience of bryophyte communities to clear-cutting of boreal stream-side forests. En: Biological Conservation, 2007, vol. 135, no. 3, p. 423-434.

FRAHM, J.P., Y GRADSTEIN, S.R. An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. En: Journal of Biogeography, 1991, vol. 18, no. 6, p. 669-678.

Gignac, L. Bryophytes as indicators of climate change. En: The Bryologist, 2001, vol. 104, no. 3, p. 410-420.

GIGNAC, L., Y DALE, M.R. Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canadá. En: The bryologist, 2005, vol. 108, no. 1, p. 50-66.

GIL, J.E., Y MORALES, M.E. Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. En: Revista de Biología Tropical, 2014, vol. 62, no. 2, p. 719-727.

GRADSTEIN, S.R. Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachiolejeuneae. En: Flora neotropica, 1994, vol. 62, p. 1-216.

GRADSTEIN, S.R., CHURCHILL, S., Y SALAZAR-ALLEN, N. Guide to the bryophytes of Tropical America. En: Memoirs of the New York Botanical Garden, 2001, vol. 86, p. 1-577.

GRADSTEIN, S.R., Y COSTA, D.P. Liverworts and hornworts of Brazil. En: Memoirs of the New York Botanical Garden, 2003, vol. 87, p. 1-317.

HAMMER, O.D., HARPER, A., Y RYAN, P. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. En: Paleontologia electrónica, 2001, vol. 4, no. 1, p. 1-9.

HILBE, J. STATISTICA 7: an overview. En: The American Statistician, vol. 61, p. 91–94.

JOHANSSON, D. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. En: Acta Phytogeography Suecica, 1974, vol. 59, p. 136.

LAGOS, M.I., SÁENZ, F.A., Y MORALES, M.E. Briofitos retrofilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). En: Acta Biológica Colombiana, 2008, vol. 13, no. 1, p. 143-160.

MOEN, J., Y JONSSON, B.G. Edge effects on liverworts and lichens in forest patches in a mosaic of boreal forest and wetland. En: Conservation Biology, 2003, vol. 17, no. 2, p. 380-388.

MORENO., C. Métodos para medir la biodiversidad. MyT Manuales y Tesis. Zaragoza, España. En: Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), 2001.

MOTA DE OLIVEIRA, S., Y TER STEEGE, H. Floristic overview of the epiphytic bryophytes of terra firme forests across the Amazon basin. En: Acta Botanica Brasilica, 2013, vol. 27, no. 2, p. 347-363.

NO. RIEGA, P., *et al.* Estudio de la concentración de cadmio y plomo en el aire de la ciudad de Quito, empleando briofitas como biomonitores. En: La Granja, 2008, vol. 8, no. 2, p. 17-24.

ORREGO, O. Briófitos de Caldas: La Reserva de Planalto. En: Boletín Científico-Centro de Museos - Museo de Historia Natural, 2005, vol. 9, p. 31-50.

PINZÓN, M., Y LINARES, E. Diversidad de líquenes y briofitos en la región subxerofítica de la Herrera, Mosquera (Cundinamarca-Colombia). I. Riqueza y estructura. En: Caldasia, 2006, vol. 28, no. 2, p. 243-257.

RANGEL-CH, O. Colombia diversidad biótica III: la región de vida paramuna de Colombia. Santafe de Bogota, DC. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

Romero, C. Reduced-impact logging effects on commercial non-vascular pendant epiphyte biomass in a tropical montane forest in Costa Rica. En: Forest Ecology and Management, 1999, vol. 118, no. 1, p. 117-125.

RUIZ, C.A., Y AGUIRRE, J. Las comunidades de briófitos y su relación con la estructura de la vegetación fanerógama, en el gradiente altitudinal de la Serranía del Perijá (Cesar-Colombia). En: Tropical Bryology, 2003, vol. 24, p.101-113.

SANTOS, N.D., Y COSTA, D.P. Altitudinal zonation of liverworts in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. En: The Bryologist, 2010, vol. 113, no. 3, p. 631-645.

SANTOS, N.D., *et al.* Windborne: Can liverworts be used as indicators of altitudinal gradient in the Brazilian Atlantic Forest. En: Ecological indicators, 2014, vol. 36, p. 431-440.

SILVA, J.B., SANTOS, N.D., Y PÔRTO, K.C. Beta-diversity: Effect of geographical distance and environmental gradients on the rocky outcrop bryophytes. En: Cryptogamie Bryologie, 2014, vol. 35, no. 2, p. 133-163.

SILVA, M.P., Y PÔRTO, K.C. Bryophyte communities along horizontal and vertical gradients in a human-modified Atlantic Forest remnant. En: Botany, 2012, vol. 91, no. 3, p. 155-166.

SIMIJACA, D.F., VARGAS, D.L., Y MORALES, M.E. Uso de organismos vegetales no. vasculares como indicadores de contaminación atmosférica urbana (Tunja, Boyacá, Colombia). En: Acta Biológica Colombiana, 2014, vol. 9, no. 2, p. 221-232.

TEEUWEN, M. A revision of the genus *Odontolejeunea* (Spruce) Schiffn.(Leujeuneaceae, Hepaticae). En: No.va Hedwigia, 1989, vol. 48, p. 1 – 32.

URIBE, J., Y AGUIRRE, J. Las especies colombianas del género *Symphyogyna* (Hepaticae: Pallaviciniaceae). En: Caldasia, 1995, vol. 17, no. 82, p. 429-458.

URIBE, J., Y GRADSTEIN, S.R. Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. En: Revista Academia Colombiana Ciencias, 1999, vol. 23, no. 87, p. 315-318.

VARGAS, D.L., Y MORALES, M.E. Hepáticas del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”, Boyacá-Colombia. En: Universitas Scientiarum, 2014, vol. 19, no. 3, p. 201-211.

VENEKLAAS, E.J., *et al.* Hydrological properties of the epiphyte mass of a montane tropical rain forest, Colombia. En: Vegetatio, 1990, vol. 89, no. 2, p. 183-192.

VON KONRAT, M., *et al.* Chapter nine: early land plants today: liverwort species diversity and the relationship with higher taxonomy and higher plants. En: Fieldiana Botany, 2008, vol. 47, p. 91-104.

WOLF, J.H. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. En: Annals of the Missouri Botanical Garden, 1993, vol. 80, no. 4, p. 928-960.

WOLF, J.H. Factors controlling the distribution of vascular and non-vascular epiphytes in the northern Andes. En: Vegetatio, 1994, vol. 112, no. 1, p. 15-28.

WOLF, J.H. Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forest (2550-3670 m), Central Cordillera, Colombia. En: Selbyana, 1995, vol. 16, no. 2, p. 185-195.

ZEPEDA, C., *et al.* Diversidad de musgos epifitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. En: Revista Mexicana de Biodiversidad, 2014, vol. 85, no. 1, p. 108-124.

## ANEXOS

**Anexo A.** Especies encontradas en el gradiente altitudinal sobre la Cordillera Oriental Colombiana. F: Foliosa, T: Talosa, C: Corteza de árbol, M: Madera en descomposición, T: Tierra, R: Roca, Ra: Raíz aflorante, Fo: Foliar, H: Hojarasca.

| Familia           | Taxón   | Habito | sustrato   | Rango Altitudinal | IVI   |
|-------------------|---|--------|------------|-------------------|-------|
| Acrobolbaceae     | <i>Tylimanthus laxus</i> (Lehm. & Lindenb.) Stephani              | F      | M          | 2600              | 0,687 |
| Anastrophyllaceae | <i>Anastrophyllum auritum</i> (Lehm.) Stephani                    | F      | R          | 3400              | 1,447 |
| Aneuraceae        | <i>Riccardia leptophylla</i> (Spruce) Herzog                      | T      | T          | 3400              | 0,380 |
|                   | <i>Riccardia parasitans</i> (Steph.) Meenks & C. De Jong          | T      | M          | 2400              | 0,534 |
|                   | <i>Riccardia</i> sp1  | T      | H          | 2400              | 0,380 |
|                   | <i>Riccardia</i> sp2  | T      | M          | 3000              | 0,265 |
| Balantiopsaceae   | <i>Isotachis lopezii</i> (R.M. Schust.) Gradst.                   | F      | T          | 3400              | 0,303 |
| Calypogeiaceae    | <i>Calypogeia laxa</i> Lindenb. & Gottsche                        | F      | T          | 3000              | 1,370 |
| Cephaloziaceae    | <i>Calypogeia peruviana</i> Nees                                  | F      | C-H-Ra-R-T | 2400-2800         | 6,123 |
|                   | <i>Calypogeia rhombifolia</i> (Spruce) Stephani                   | F      | Ra-T       | 2800              | 2,602 |
|                   | <i>Calypogeia</i> sp1   | F      | R          | 2800              | 0,265 |
|                   | <i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dumort.                        | F      | T          | 3200-3400         | 0,914 |
|                   | <i>Cephalozia crassifolia</i> (Lindenb. & Gottsche) Fulford       | F      | C-M-Ra-T   | 2800              | 6,776 |
|                   | <i>Odontoschisma cleefii</i> Gradst., S. C. Aranda & Vanderp.     | F      | M-T        | 3200              | 1,824 |
|                   | <i>Odontoschisma denudatum</i> (Nees) Dumort.                     | F      | M-T        | 2400-3000         | 1,723 |
| Jubulaceae        | <i>Frullania brasiliensis</i> Raddi                               | F      | C-M-R      | 3200-3400         | 2,864 |
|                   | <i>Frullania convoluta</i> Lindenb. & Hampe                       | F      | C-M        | 3200-3400         | 2,795 |
|                   | <i>Frullania macrocephala</i> (Lehm. & Lindenb.) Lehm. & Lindenb. | F      | C-M        | 3200              | 1,102 |
|                   | <i>Frullania meridiana</i> Steph.                                 | F      | M          | 2400              | 0,914 |
|                   | <i>Frullania obscura</i> (Sw.) Dumort.                            | F      | C-M        | 2400-2600         | 1,555 |
|                   | <i>Frullania peruviana</i> Gottsche                               | F      | C          | 3400              | 0,914 |
|                   | <i>Frullania riojaneirensis</i> (Raddi)                           | F      | M          | 3200              | 1,252 |

|                  |  |   |         |           |       |
|------------------|--|---|---------|-----------|-------|
|                  | Spruce   |   |         |           |       |
|                  | <i>Frullania setigera</i> Stephani                                     | F | C-H     | 2400-2600 | 0,380 |
|                  | <i>Frullania tetráptera</i> Nees & Mont.                               | F | C       | 3400      | 0,303 |
|                  | <i>Frullania winteri</i> Stephani                                      | F | M       | 2600      | 0,303 |
|                  | <i>Frullania</i> sp1   | F | C-M     | 2400-2600 | 0,872 |
|                  | <i>Frullania</i> sp2   | F | C       | 3200-3400 | 1,054 |
|                  | <i>Frullania</i> sp3   | F | C-M     | 3200      | 0,683 |
|                  | <i>Jubula bogotensis</i> Steph.  | F | M       | 2400      | 0,534 |
| Geocalyceaceae   | <i>Heteroscyphus polyblepharis</i> (Spruce) Schiffn.                   | F | R       | 3400      | 0,257 |
|                  | <i>Heteroscyphus</i> sp1   | F | T       | 2600      | 0,380 |
|                  | <i>Leptoscyphus amphibolius</i> (Nees) Grolle                          | F | C-T     | 2600-2800 | 1,539 |
|                  | <i>Leptoscyphus cleefii</i> Fulford                                    | F | C-H-M   | 3200      | 1,820 |
|                  | <i>Leptoscyphus cuneifolius</i> (Hook.) Mitt.                          | F | C       | 3200      | 0,303 |
|                  | <i>Leptoscyphus physocalyx</i> (Hampe & Gottsche) Gottsche             | F | M       | 3200      | 0,380 |
|                  | <i>Leptoscyphus porphyrius</i> (Nees) Grolle                           | F | C-M     | 2800-3000 | 1,156 |
|                  | <i>Leptoscyphus trapezoides</i> (Mont.) L. Söderstr.                   | F | C-M     | 2400-2800 | 2,450 |
| Herbertaceae     | <i>Hebertus acanthelius</i> Spruce                                     | F | R-T     | 3400      | 1,221 |
| Jungermanniaceae | <i>Jungermannia ovato-trigona</i> (Steph.) Grolle                      | F | M-T     | 3200      | 1,102 |
|                  | <i>Syzygiella anómala</i> (Lindenb. & Gottsche) Stephani               | F | H       | 3200      | 0,534 |
|                  | <i>Syzygiella grandiflora</i> Steph.                                   | F | R-T     | 3400      | 2,196 |
|                  | <i>Syzygiella rubricaulis</i> (Nees) Stephani                          | F | C-M-R-T | 3200-3400 | 6,311 |
|                  | <i>Syzygiella</i> sp1  | F | C       | 3200      | 0,799 |
|                  | <i>Syzygiella</i> sp2  | F | R       | 3400      | 0,656 |
| Lejeuneaceae     | <i>Ano.plolejeunea conferta</i> (C. F. W. Meissn. ex Spreng.) A. Evans | F | C       | 3000      | 1,244 |
|                  | <i>Blepharolejeunea securifolia</i> (Stephani) R.M. Schust.            | F | C-M     | 3200-3400 | 1,290 |
|                  | <i>Brachiolejeunea laxifolia</i> (Taylor) Schiffn.                     | F | C       | 3200-3400 | 2,999 |
|                  | <i>Ceratolejeunea cornuta</i> (Lindenb.) Schiffn.                      | F | C-M     | 2400-2600 | 3,934 |
|                  | <i>Cheilolejeunea xanthocarpa</i> (Lehm. & Lindenb.) Malombe           | F | C       | 3400      | 0,607 |
|                  | <i>cololejeunea</i> sp1  | F | H-M     | 2400      | 1,025 |
|                  | <i>cololejeunea</i> sp2  | F | Fo      | 2800      | 0,239 |
|                  | <i>Colura tenuicornis</i> (A. Evans)                                   | F | C       | 3400      | 0,775 |

| Steph.   |   |            |           |        |  |
|--|---|------------|-----------|--------|--|
| <i>Diplasiolejeunea pauckertii</i><br>Stephani                 | F | C          | 3400      | 0,265  |  |
| <i>Drepanolejeunea campanulata</i><br>(Spruce) Stephan         | F | Fo-H-M     | 2400-2800 | 1,098  |  |
| <i>Drepanolejeunea spino.sa</i><br>Herzog                      | F | C-M        | 3200-3400 | 5,755  |  |
| <i>Drepanolejeunea</i> sp1                                     | F | C-M        | 2400-3000 | 3,608  |  |
| <i>Drepanolejeunea</i> sp2                                     | F | C-Fo-Ra    | 2800-3400 | 2,385  |  |
| <i>Harpalejeunea ancistrodes</i><br>(Spruce) Schiffn.          | F | C-M        | 2400-2600 | 1,709  |  |
| <i>Harpalejeunea</i> sp1                                       | F | M          | 3000      | 0,265  |  |
| <i>Harpalejeunea</i> sp2                                       | F | C-M        | 3200      | 2,047  |  |
| <i>Lejeunea flava</i> (Sw.) Nees                               | F | C-Fo-H-M-T | 2400-2800 | 7,249  |  |
| <i>Lejeunea saccatiloba</i> (Stephani)<br>R.L. Zhu & W. Ye     | F | C          | 2600      | 0,645  |  |
| <i>Lejeunea sulphurea</i> (Lehm. &<br>Lindenb.) Spruce         | F | C          | 2600      | 1,025  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp1  | F | H-M-Ra     | 2400-2800 | 1,440  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp2  | F | H-M        | 2400-2800 | 1,063  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp3  | F | H          | 2400      | 0,568  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp4  | F | C-M-Ra     | 2600-3000 | 2,695  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp5  | F | C-M        | 2600-3000 | 4,222  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp6  | F | C-M        | 3000      | 1,747  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp7  | F | H-M        | 3000      | 0,645  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp8  | F | M          | 3200      | 0,534  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp9  | F | C-Ra       | 3200-3400 | 0,607  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp10   | F | M          | 2400      | 0,534  |  |
| <i>Lejeunea</i> sp11   | F | C-M-Ra     | 2600-3000 | 5,784  |  |
| <i>Lejeuneaceae</i> ps1  | F | C          | 3200      | 0,303  |  |
| <i>lethocolea glossophylla</i> (Spruce)<br>Grolle              | F | T          | 3000      | 0,265  |  |
| <i>Lindigianthus cipaconeus</i><br>(Gottsche) Kruijt & Gradst. | F | C          | 3200      | 0,380  |  |
| <i>Lopholejeunea nigricans</i><br>(Lindenb.) Stephani          | F | C-Fo-H-M   | 2400-3000 | 11,333 |  |
| <i>Mastigolejeunea auriculata</i><br>(Wilson & Hook.) Schiffn. | F | C          | 2800      | 0,265  |  |
| <i>Microlejeunea bullata</i> (Taylor)<br>Stephani              | F | C-Fo-H-M   | 2400-3000 | 5,546  |  |
| <i>Microlejeunea capillaris</i><br>(Gottsche) Stephani         | F | C          | 2600-3000 | 1,457  |  |
| <i>Microlejeunea</i> sp1                                       | F | C          | 3200      | 0,265  |  |

|                                      |   |       |            |           |       |
|--------------------------------------|---|-------|------------|-----------|-------|
| Lepidoziaceae                        | <i>Neurolejeunea breutelii</i> (Gottsche) A. Evans              | F     | C          | 2600      | 0,265 |
|                                      | <i>Omphalanthus filiformis</i> (Sw.) Nees                       | F     | C-H-M      | 2400-2600 | 3,347 |
|                                      | <i>Priono.lejeunea denticulata</i> (Nees) Schiffn.              | F     | C          | 2800      | 0,265 |
|                                      | <i>Rectolejeunea berteroana</i> (Gottsche ex Stephani) A. Evans | F     | C-M        | 2400-2600 | 5,020 |
|                                      | <i>Bazzania affinis</i> (Lindenb. & Gottsche) Trevis.           | F     | C-M-T      | 2800-3000 | 7,448 |
|                                      | <i>Bazzania chilensis</i> (Steph.) Spruce                       | F     | C-M        | 2800-3000 | 2,227 |
|                                      | <i>Bazzania hookeri</i> (Lindenb.) Trevis.                      | F     | M          | 3200      | 0,380 |
|                                      | <i>Bazzania phyllobola</i> Spruce                               | F     | C          | 3000      | 0,263 |
|                                      | <i>Bazzania stolonifera</i> (Sw.) Trevis.                       | F     | C-M        | 2800-3200 | 4,768 |
|                                      | <i>Lepidozia cupressina</i> (Sw.) Lindenb.                      | F     | C-M-T      | 2400-3000 | 4,999 |
|                                      | <i>Lepidozia macrocolea</i> Spruce                              | F     | T          | 3400      | 0,656 |
|                                      | <i>Lepidozia peruviana</i> Stephani                             | F     | H-M-T      | 3200      | 1,294 |
|                                      | <i>Lepidozia squarrosa</i> Steph.                               | F     | C-R-T      | 3000      | 1,590 |
|                                      | <i>Lepidozia</i> sp1  | F     | M          | 3000      | 0,303 |
|                                      | <i>Telaranea nematodes</i> (Austin) M. Howe                     | F     | C-Ra-T     | 2800-3200 | 1,409 |
| Lophocoleaceae                       | <i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dumort.                        | F     | M          | 2800      | 2,864 |
|                                      | <i>Lophocolea muricata</i> (Lehm.) Nees                         | F     | C-H-M-Ra   | 2400-3000 | 5,479 |
|                                      | <i>Lophocolea</i> sp1   | F     | H          | 3400      | 0,534 |
| Metzgeriaceae                        | <i>Metzgeria agnewii</i> Kuwah.                                 | T     | C-M        | 3400      | 3,297 |
|                                      | <i>Metzgeria albinea</i> Spruce                                 | T     | C-H-M-Ra-T | 2400-3000 | 3,574 |
|                                      | <i>Metzgeria bracteata</i> Spruce                               | T     | C          | 3400      | 0,303 |
|                                      | <i>Metzgeria ciliata</i> Raddi                                  | T     | C-M-Ra     | 2600-3000 | 2,432 |
|                                      | <i>Metzgeria dorsipara</i> (Herzog) Kuwah.                      | T     | C          | 3400      | 0,534 |
|                                      | <i>Metzgeria filicina</i> Mitt.                                 | T     | Fo-H-M-T   | 2800-3000 | 1,460 |
|                                      | <i>Metzgeria fruticola</i> Spruce                               | T     | M          | 2800      | 0,303 |
|                                      | <i>Metzgeria furcata</i> (L.) Corda                             | T     | H-M        | 3400      | 0,607 |
|                                      | <i>Metzgeria leptoneura</i> Spruce                              | T     | M          | 3000      | 0,837 |
|                                      | <i>Metzgeria myriopoda</i> Lindb.                               | T     | C-Ra-T     | 2400      | 0,965 |
|                                      | <i>Metzgeria neotropica</i> Kuwah.                              | T     | M-Ra       | 3000      | 2,699 |
| <i>Metzgeria scyphigera</i> A. Evans | T   | C-M-R | 3200-3400  | 3,424     |       |
| <i>Metzgeria uncigera</i> A. Evans   | T   | M-T   | 3000       | 0,914     |       |

|                  |   |   |        |           |       |
|------------------|---|---|--------|-----------|-------|
|                  | <i>Metzgeria</i> sp1                            | T | Fo     | 2800      | 1,402 |
| Mono.cleaceae    | <i>Mono.clea gottschei</i> Lindb.               | F | M-T    | 2400-2800 | 2,395 |
| Pallaviciniaceae | <i>Symphyogyna aspera</i> Steph.                | T | T      | 3000      | 1,558 |
|                  | <i>Symphyogyna bogotensis</i> Steph.            | T | T      | 2800      | 0,779 |
|                  | <i>Symphyogyna brongniartii</i> Mont.           | T | Ra-R-T | 2600-2800 | 1,658 |
| Plagiochilaceae  | <i>Plagiochila</i> sp1                          | F | C      | 2400      | 0,380 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp2                          | F | C      | 2400      | 0,914 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp3                          | F | C      | 2400      | 1,067 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp4                          | F | C-M    | 2400      | 2,319 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp5                          | F | M      | 2400      | 0,265 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp6                          | F | C      | 2400-2600 | 0,935 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp7                          | F | C      | 2400      | 0,614 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp8                          | F | C      | 2400      | 0,380 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp9                          | F | C      | 2400-2600 | 0,837 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp10                         | F | C      | 2400-3000 | 0,837 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp11                         | F | C-M    | 2400-2800 | 1,190 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp12                         | F | C-M    | 2400-3000 | 1,601 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp13                         | F | C      | 2600      | 0,303 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp14                         | F | C      | 2600      | 0,534 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp15                         | F | M      | 2600      | 0,779 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp16                         | F | C      | 2600      | 0,687 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp17                         | F | C-M-T  | 2800-3000 | 1,723 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp18                         | F | C      | 2800-3000 | 1,263 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp19                         | F | C-Ra-T | 2800-3000 | 1,566 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp20                         | F | C      | 2800      | 0,303 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp21                         | F | C      | 3000      | 1,342 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp22                         | F | C      | 3000      | 0,534 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp23                         | F | M      | 3000      | 0,534 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp24                         | F | C      | 3000      | 0,303 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp25                         | F | C-M    | 3200      | 2,085 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp26                         | F | C-M    | 3200      | 1,063 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp27                         | F | C-M    | 3200      | 2,894 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp28                         | F | C      | 3400      | 0,265 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp29                         | F | M      | 3400      | 0,380 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp30                         | F | M-T    | 3400      | 2,502 |
|                  | <i>Plagiochila</i> sp31                         | F | T      | 3400      | 0,656 |
| Porellaceae      | <i>Porella squamulifera</i> (Taylor)<br>Trevis. | F | C      | 3400      | 0,534 |
| Radulaceae       | <i>Radula jamesonii</i> Taylor                  | F | C-M-T  | 2400-2600 | 2,123 |
|                  | <i>Radula javanica</i> Gottsch                  | F | C-T    | 2400-3000 | 1,121 |
|                  | <i>Radula nudicaulis</i> Steph.                 | F | H-M-   | 3000      | 1,630 |

|                 |   |   | Ra-R-T         |           |       |
|-----------------|---|---|----------------|-----------|-------|
|                 | <i>Radula quadrata</i> Gottsche                             | F | M              | 3000      | 0,265 |
|                 | <i>Radula voluta</i> Taylor ex<br>Gottsche, Lindenb. & Nees | F | M-T            | 3200      | 1,347 |
|                 | <i>Radula</i> sp1   | F | M              | 2600      | 0,534 |
| Scapaniaceae    | <i>Scapania portoricensis</i> Hampe &<br>Gottsch            | F | M              | 3200      | 0,779 |
|                 | <i>Leiomitra flacida</i> Spruce                             | F | T              | 3000      | 0,265 |
|                 | <i>Leiomitra tomentosa</i> (Sw.) Lindb.                     | F | C-H-M-<br>Ra-T | 2800-3000 | 4,038 |
| Trichocoleaceae | <i>Leiomitra</i> sp1  | F | C-M            | 3000      | 0,614 |
|                 | <i>Leiomitra</i> sp2  | F | M              | 3400      | 0,300 |
|                 | <i>Trichocolea filicaulis</i> Steph.                        | F | C              | 3000-3200 | 1,277 |

**Anexo B.** Valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las 10 primeras especies para cada una de las alturas evaluadas en la zona de estudio.

|       | 3000                            |       | 3200                              |       | 3400                                |       |
|-------|---------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| IVI   | Especie                         | IVI   | Especie                           | IVI   | Especie                             | IVI   |
| 41,26 | <i>Metzgeria neotropica</i>     | 15,59 | <i>Syzygiella rubricaulis</i>     | 31,15 | <i>Drepanolejeunea spino.sa</i>     | 24,83 |
| 40,36 | <i>Bazzania stolonifera</i>     | 13,49 | <i>Metzgeria scyphigera</i>       | 18,95 | <i>Metzgeria agnewii</i>            | 24,74 |
| 17,59 | <i>Microlejeunea bullata</i>    | 12,62 | <i>Plagiochila sp27</i>           | 17,99 | <i>Plagiochila sp30</i>             | 18,55 |
| 17,44 | <i>Lejeunea sp4</i>             | 10,26 | <i>Drepanolejeunea spino.sa</i>   | 15,49 | <i>Syzygiella grandiflora</i>       | 16,31 |
| 15,73 | <i>Lejeunea sp6</i>             | 10,03 | <i>Plagiochila sp25</i>           | 13,09 | <i>Brachiolejeunea laxifolia</i>    | 15,09 |
| 15,07 | <i>Symphyogyna aspera</i>       | 9,252 | <i>Harpalejeunea sp2</i>          | 12,86 | <i>Frullania brasiliensis</i>       | 11,67 |
| 11,8  | <i>Radula nudicaulis</i>        | 9,192 | <i>Odontoschisma cleefii</i>      | 11,39 | <i>Anastrophyllum auritum</i>       | 10,77 |
| 11,64 | <i>Leiomitra tomentosa</i>      | 9,125 | <i>Leptoscyphus cleefii</i>       | 11,32 | <i>Syzygiella rubricaulis</i>       | 9,723 |
| 11,25 | <i>Lophocolea muricata</i>      | 9,089 | <i>Frullania convoluta</i>        | 10,76 | <i>Hebertus acanthelius</i>         | 9,05  |
| 9,936 | <i>Lepidozia squarrosa</i>      | 8,949 | <i>Radula voluta</i>              | 8,384 | <i>Frullania convoluta</i>          | 7,928 |
| 8,572 | <i>Lopholejeunea nigricans</i>  | 8,773 | <i>Frullania brasiliensis</i>     | 8,056 | <i>Blepharolejeunea securifolia</i> | 6,842 |
| 7,762 | <i>Bazzania chilensis</i>       | 8,445 | <i>Lepidozia peruviana</i>        | 8,056 | <i>Frullania peruviana</i>          | 6,806 |
| 6,553 | <i>Calypogeia laxa</i>          | 7,983 | <i>Frullania macrocephala</i>     | 6,883 | <i>Frullania riojaneirensis</i>     | 6,561 |
| 6,408 | <i>Lejeunea sp11</i>            | 7,884 | <i>Jungermannia ovato-trigona</i> | 6,883 | <i>Colura tenuicornis</i>           | 5,854 |
| 5,359 | <i>Plagiochila sp21</i>         | 7,687 | <i>Drepanolejeunea sp2</i>        | 6,676 | <i>Lepidozia macrocolea</i>         | 4,862 |
| 5,083 | <i>Lepidozia cupressina</i>     | 7,603 | <i>Plagiochila sp26</i>           | 6,649 | <i>Plagiochila sp31</i>             | 4,862 |
| 4,987 | <i>Ano.plolejeunea conferta</i> | 7,089 | <i>Brachiolejeunea laxifolia</i>  | 6,18  | <i>Syzygiella sp2</i>               | 4,862 |
| 4,73  | <i>Odontoschisma denudatum</i>  | 7,006 | <i>Syzygiella sp1</i>             | 4,98  | <i>Cheilolejeunea xanthocarpa</i>   | 4,561 |
| 4,701 | <i>Plagiochila sp17</i>         | 6,258 | <i>Scapania portoricensis</i>     | 4,812 | <i>Metzgeria furcata</i>            | 4,561 |
| 4,624 | <i>Lejeunea sp5</i>             | 5,966 | <i>Frullania sp3</i>              | 4,276 | <i>Lophocolea sp1</i>               | 3,964 |

2400

2600

| Especie                             | IVI   | Especie                          | IVI   | Especie                        |
|-------------------------------------|-------|----------------------------------|-------|--------------------------------|
| <i>Lopholejeunea nigricans</i>      | 29,24 | <i>Rectolejeunea berteriana</i>  | 27,34 | <i>Cephalozia crassifolia</i>  |
| <i>Lejeunea flava</i>               | 18,19 | <i>Calypogeia peruviana</i>      | 20,57 | <i>Bazzania affinis</i>        |
| <i>Omphalanthus filiformis</i>      | 10,98 | <i>Lejeunea</i> sp11             | 19,39 | <i>Lopholejeunea nigricans</i> |
| <i>Plagiochila</i> sp4              | 10,74 | <i>Lejeunea</i> sp5              | 15,1  | <i>Lophocolea bidentata</i>    |
| <i>Leptoscyphus trapezoides</i>     | 10,68 | <i>Drepano.lejeunea</i> sp1      | 13,85 | <i>Calypogeia rhombifolia</i>  |
| <i>Ceratolejeunea cornuta</i>       | 10,36 | <i>Microlejeunea bullata</i>     | 11,32 | <i>Leimitra tomentosa</i>      |
| <i>Frullania obscura</i>            | 9,15  | <i>Lophocolea muricata</i>       | 10,69 | <i>Lejeunea flava</i>          |
| <i>Calypogeia peruviana</i>         | 8,91  | <i>Lepidozia cupressina</i>      | 10,68 | <i>Bazzania stolonifera</i>    |
| <i>Lejeunea</i> sp2                 | 8,341 | <i>Ceratolejeunea cornuta</i>    | 10,22 | <i>Mono.clea gottschei</i>     |
| <i>Jubula bogotensis</i>            | 7,528 | <i>Radula jamesonii</i>          | 10,02 | <i>Metzgeria albinea</i>       |
| <i>Lejeunea</i> sp10                | 7,528 | <i>Metzgeria ciliata</i>         | 8,606 | <i>Metzgeria</i> sp1           |
| <i>Mono.clea gottschei</i>          | 7,528 | <i>Harpalejeunea ancistrodes</i> | 7,671 | <i>Symphogyna brongniartii</i> |
| <i>Odontoschisma denudatum</i>      | 7,528 | <i>Lejeunea flava</i>            | 6,745 | <i>Lejeunea</i> sp11           |
| <i>Plagiochila</i> sp10             | 7,528 | <i>Omphalanthus filiformis</i>   | 6,158 | <i>Lophocolea muricata</i>     |
| <i>Plagiochila</i> sp11             | 7,528 | <i>Lejeunea sulphurea</i>        | 5,927 | <i>Plagiochila</i> sp18        |
| <i>Plagiochila</i> sp9              | 7,528 | <i>Leptoscyphus amphibolius</i>  | 5,895 | <i>Plagiochila</i> sp19        |
| <i>Riccardia parasitans</i>         | 7,528 | <i>Microlejeunea capillaris</i>  | 5,343 | <i>Metzgeria filicina</i>      |
| <i>Drepano.lejeunea campanulata</i> | 7,297 | <i>Lejeunea</i> sp4              | 5,232 | <i>Telaranea nematodes</i>     |
| <i>Metzgeria albinea</i>            | 6,87  | <i>Plagiochila</i> sp15          | 4,614 | <i>Symphogyna bogotensis</i>   |
| <i>Frullania</i> sp1                | 6,484 | <i>Frullania</i> sp2             | 4,501 | <i>Bazzania chilensis</i>      |