

Composición y diversidad florística en dos bosques andinos en Coromoro, Santander

Víctor Daniel Mantilla Suárez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Andrés Felipe Castaño González

Dr. en Biología vegetal

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Biología

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

A mi papá Víctor Octavio, mi mamá Luz Marina y mis hermanos Julián y Eduardo, por su apoyo incondicional en este proceso trascendental, así como todas las enseñanzas y valores inculcados a lo largo de mi vida.

A toda mi familia, especialmente mi abuelo Octavio y mis abuelas Josefina y Flor de María, por ser mis ejemplos de perseverancia y amor a la naturaleza que me han inspirado a completar mi carrera.

A mis amigos, especialmente a Sabrina, Gisela, Adriana, Silvia, Carina y Jesús, por todo su apoyo y amistad brindados a lo largo de mi paso por la universidad.

### **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander, a la Facultad de Ciencias y a la Escuela de Biología, por su orientación y enseñanza en el ámbito académico y profesional.

Agradezco al profesor y mi director Felipe Castaño por su orientación y paciencia para la realización de este proyecto, así como al personal del herbario UIS y a Pedro Cáceres por el acceso a la colección y su ayuda.

Agradezco a los habitantes y guías locales del Municipio de Coromoro, quienes nos brindaron su hospitalidad y ayuda, así como su conocimiento de la zona.

Finalmente, agradezco al Grupo de Estudios en Biodiversidad (GEBIO) y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia – Minciencias Colombia BIO por hacer posible el proyecto “Una expedición para reducir el déficit de conocimiento en biodiversidad a una escala regional en Santander, Colombia” (Código 1102-866-75870) financiado por el Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo General.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Competencias .....	14
3. Cuerpo de trabajo.....	15
3.1 Método .....	15
3.1.1 Área de estudio .....	15
3.1.2 Muestreo de la vegetación y determinación taxonómica.....	15
3.1.3 Análisis de datos .....	17
3.1.3.1 Caracterización de la composición florística.....	17
3.1.3.2 Diversidad alfa .....	17
3.1.3.3 Diversidad beta.....	18
3.2 Resultados .....	18
3.2.1 Caracterización de la composición florística .....	18
3.2.2 Diversidad alfa.....	21
3.2.3 Diversidad beta .....	23
3.3 Discusión.....	23
3.3.1 Composición florística.....	23
3.3.2 Diversidad.....	26

4. Conclusiones.....	30
Referencias Bibliográficas.....	31
Apéndices.....	41

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Riqueza de familias, géneros, y especies, y número de individuos registrados por localidad.....	19
Tabla 2. Número de especies observadas y estimadas a partir de las curvas de interpolación - extrapolación basadas en los números de Hill de orden q (1,2 y 3) para la localidad de El Naranjal y El Guadual. ....	22
Tabla 3. Diversidad beta total expresado como disimilaridad de Sørensen ( $\beta_{sor}$ ) y Jaccard ( $\beta_{jac}$ ) y sus componentes de recambio ( $\beta_{sim}$ y $\beta_{jtu}$ ) y anidamiento ( $\beta_{sne}$ y $\beta_{jne}$ ), para la localidad de El Naranjal y El Guadual.....	23
Tabla 4. Riqueza florística de diferentes bosques andinos con altitudes similares a las localidades de El Naranjal y El Guadual, para individuos con $DAP \geq 2.5$ cm.....	27

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa del área de estudio y localización de las parcelas. ....	16
Figura 2. Análisis de coordenadas principales (PCoA) entre las parcelas de la localidad de El Naranjal y El Guadual.....	20
Figura 3. Curvas de interpolación-extrapolación basadas en los números de Hill de orden q (1, 2 y 3) para la localidad de El Naranjal y El Guadual.....	21

**Lista de Apéndices**

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Lista de especies presentes en este estudio y sus abundancias por localidad.....	41

Ver documentos adjuntos.

Apéndice B. Base de datos de especies leñosas de Coromoro en formato Darwin-Core.

## Resumen

**Título:** Composición y diversidad florística en dos bosques andinos en Coromoro, Santander\*

**Autor:** Víctor Daniel Mantilla Suárez\*\*

**Palabras Clave:** Composición florística, diversidad alfa, diversidad beta, bosque andino.

**Descripción:** Los bosques andinos son ecosistemas montanos que se caracterizan por sus altos niveles de diversidad y endemismo. Asimismo, estos ofrecen una amplia variedad de servicios ecosistémicos como la regulación del clima, almacenamiento de carbono y el abastecimiento de agua. Sin embargo, también son sensibles a cambios debido a su ubicación en parajes inclinados y su alta precipitación. Además, el cambio climático y la actividad humana han aumentado su deterioro, lo que aunado a la falta de estudios florísticos dificulta las acciones hacia su conservación. Con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre estos ecosistemas, se caracterizó la diversidad y composición florística de dos bosques andinos ubicados a diferentes altitudes en el municipio de Coromoro, Santander, Colombia. Se encontró que ambas comunidades poseen elementos típicos de vegetación andina, aunque existen diferencias en la composición y en la diversidad florística. En el bosque de menor altitud, Lauraceae (con 16 especies), Rubiaceae (14), Melastomataceae (7), Myrtaceae (7) y Annonaceae (6) son las familias con mayor número de especies, mientras que en el de mayor altitud sobresalen Melastomataceae (11), Primulaceae (6), Arecaceae (5), Rubiaceae (4) y Lauraceae (3). Igualmente, se encontró que la diversidad disminuye con la altitud, lo que concuerda con el comportamiento general de la diversidad en bosques andinos. Asimismo, ambos bosques presentan una alta disimilitud, debido probablemente a su ubicación espacial y efectos antropogénicos.

---

\* Trabajo de Grado

\*\*Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Biología. Director: Andrés Felipe Castaño González. Doctor en biología vegetal.

### Abstract

**Title:** Floristic composition and diversity of two Andean forests in Coromoro, Santander\*

**Author(s):** Víctor Daniel Mantilla Suárez\*\*

**Key Words:** Composition, alpha diversity, beta diversity, Andean forest.

**Description:** Andean forests are mountain ecosystems characterized by their high diversity and endemism levels. They also offer a wide variety of ecosystem services such as climate regulation, carbon storage and water supply. However, these forests are sensitive to changes due to their location on inclined places and high rainfall. In addition, climate change and human activities have increased its deterioration, which, in parallel with the lack of floristic studies, makes actions towards its conservation difficult. This study aims to expand the knowledge about these montane ecosystems by characterizing the diversity and floristic composition of two Andean forests located at different altitudes in Coromoro, Santander, Colombia. Although both communities have typical Andean vegetation elements, their floristic composition and diversity showed to be different. In the lower altitude forest, Lauraceae (with 16 species), Rubiaceae (14), Melastomataceae (7), Myrtaceae (7) and Annonaceae (6) are the most representative families, while Melastomataceae (11), Primulaceae (6), Arecaceae (5), Rubiaceae (4) and Lauraceae (3) are the groups with the highest species richness in the higher altitude forest. Likewise, it was found that diversity decreases with altitude, which is consistent with the general behavior of diversity in Andean forests. Likewise, both forests present a high dissimilarity, probably due to their spatial location and anthropogenic effects.

---

\* Degree Work

\*\*Science Faculty. Biology School. Biology. Director: Andrés Felipe Castaño González. Doctor in Plant Biology.

## Introducción

Los bosques andinos son ecosistemas montañosos con un rango de elevación desde los 1000m de altitud hasta el límite superior del bosque (Quintero-Vallejo et al., 2017). En Colombia, estos bosques se localizan en las tres cordilleras del país, así como la Serranía del Darién, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Sierra de la Macarena. Además, representan el 24,9% de los bosques colombianos (FAO, 2015). Asimismo, el bosque andino se caracteriza por sus altos niveles de diversidad y endemismo (Gentry, 1982) y ofrece una amplia variedad de servicios ecosistémicos como la regulación del clima, el almacenamiento de carbono, el abastecimiento de agua, la fertilidad de los suelos, la biodiversidad, entre otros (Quintero-Vallejo et al., 2017; Ospina-Sánchez y Morales-Morales, 2018).

Los bosques andinos son ecosistemas muy sensibles al cambio, debido a que su establecimiento en relieves inclinados genera una erosión extrema, sumado a la constante precipitación a la cual están sometidos (Armenteras et al., 2017; Cortés-Ballén et al., 2020). De igual forma, el cambio climático y la actividad humana han generado una rápida reducción de su extensión superficial y consecuencias negativas sobre los recursos y servicios ofrecidos por estos ecosistemas (Armenteras et al., 2017; Fadrique et al., 2018). De esta manera, se estima que menos del 10% de los bosques andinos originales colombianos se encuentran vigentes, restringidos a fragmentos de distintos tamaños y grados de aislamiento (Rodríguez et al., 2018). Particularmente en Santander, los bosques andinos del departamento han sufrido un notorio deterioro y fragmentación debido al establecimiento de tierras para la expansión y desarrollo de la ganadería y la agricultura (Armenteras et al., 2003; Rodríguez et al., 2018, Camargo, 2019). Además, gran parte de estos bosques carecen de inventarios de la diversidad de su vegetación leñosa,

especialmente los del municipio de Coromoro, donde se identificó un importante nodo de bosques con alta integridad (Torres y Quiñones, 2019). Estos bosques se encuentran en un amplio rango altitudinal, lo cual genera condiciones ecológicas que generalmente resultan en comunidades vegetales que varían en estructura florística y diversidad (Gentry, 1982, 1995).

A su vez, los estudios sobre la composición y diversidad florística de plantas leñosas constituyen una de las formas más efectivas de aportar al conocimiento y conservación de los bosques. Esto permite la comparación entre comunidades vegetales a través de su riqueza y variabilidad de especies, lo cual revela los aspectos clave de su ecología y su potencial de uso sostenible (Gentry, 1995; Homeier et al, 2008).

A partir de lo mencionado anteriormente, se pone en evidencia la necesidad y urgencia de los estudios enfocados en la diversidad y composición florística de los bosques andinos en el suroriente y, en general, en la totalidad del departamento de Santander. De esta forma, esta pasantía busca mejorar el conocimiento sobre la composición florística y la diversidad de plantas leñosas de dos bosques andinos en diferentes altitudes en Coromoro, Santander.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Determinar la diversidad y composición florística de plantas leñosas de dos bosques andinos en el municipio de Coromoro, Santander.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Calcular la riqueza total de familias, géneros y especies de plantas leñosas para las dos comunidades estudiadas.

Estimar la diversidad alfa y beta a través de índices estadísticos en las comunidades estudiadas.

Comparar la diversidad de plantas leñosas entre los bosques estudiados.

Comparar la diversidad y composición de los bosques estudiados con otros estudios en bosques similares.

## 2. Competencias

Emplea las técnicas de muestreo, recopilación de datos y herborización de especímenes para la elaboración de un inventario de especies de plantas leñosas.

Determina taxonómicamente los especímenes recolectados por medio de claves taxonómicas, comparación con ejemplares de herbario y bases de datos en línea.

Implementa análisis estadísticos para el estudio de la composición y diversidad florística.

Elabora bases de datos en formato Darwin Core para compartir y publicar información sobre la diversidad de plantas.

Elabora un informe técnico con los resultados obtenidos para presentar ante la escuela de biología de la UIS.

### 3. Cuerpo de trabajo

#### 3.1 Método

##### 3.1.1 Área de estudio

El municipio de Coromoro se encuentra ubicado en la parte suroriental del departamento de Santander, a 54 km del municipio de San Gil y a 148 km de la ciudad de Bucaramanga (aproximadamente entre los 6°17'42"N y los 73°02'26"W). Su altitud oscila entre los 1253 y los 4279m. Por otro lado, su temperatura promedio anual es de 21°C, y la precipitación promedio anual es de 1216 mm, mientras que la humedad relativa es del 83% (IDEAM, 2017).

##### 3.1.2 Muestreo de la vegetación y determinación taxonómica

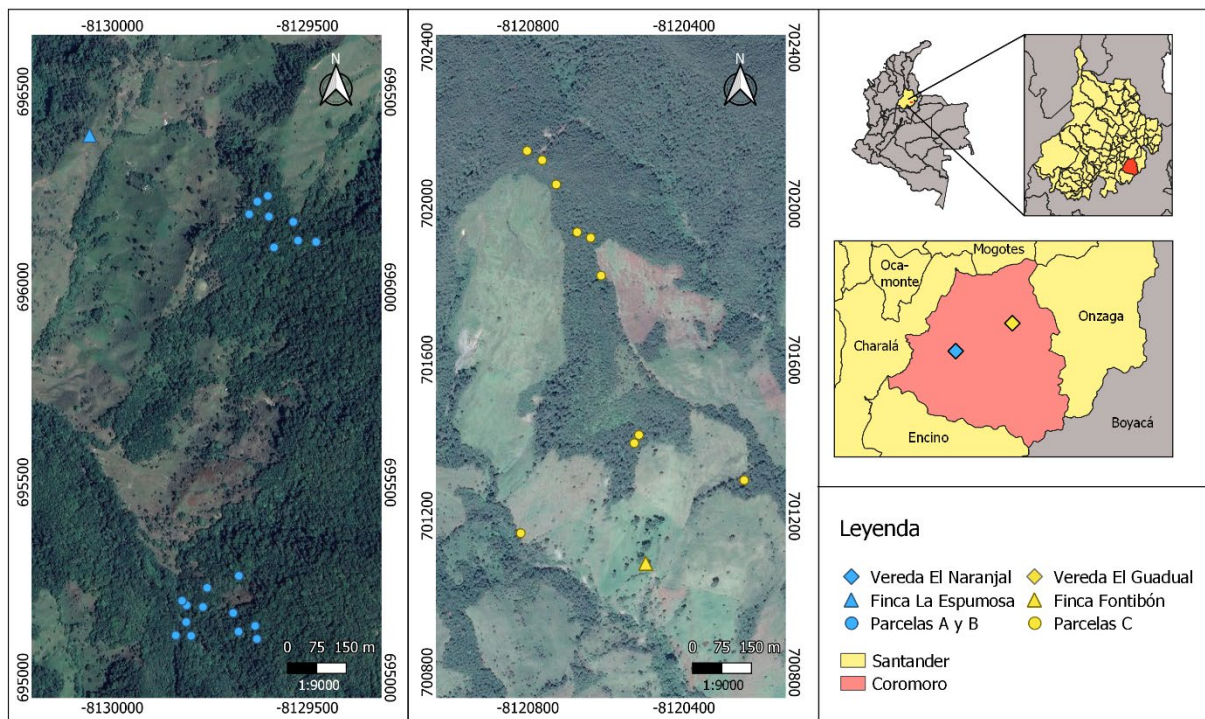
La fase de campo se realizó durante los meses de mayo y junio de 2021, y se establecieron dos sitios de muestreo en dos localidades en el municipio de Coromoro. El primer sitio se ubicó en un bosque aledaño a la finca La Espumosa, en la vereda El Naranjal, corregimiento de Cincelada, situado en un rango altitudinal entre los 2.000 y 2.200m. El otro punto de muestreo se asentó en un bosque contiguo a la finca Fontibón, en la vereda El Guadual, corregimiento de Pueblo Viejo, en un rango altitudinal entre los 2.700 y 3000m (Figura 1).

Se emplearon unidades de muestreo tipo RAP (Rapid Assessment Plots) (Gentry, 1982), que consistió en la implementación de 10 parcelas de 2x50m (0,01ha) cada una, para un total de 0,1ha. En total, se realizaron dos RAP en la localidad El Naranjal y uno en El Guadual. Las parcelas fueron ubicadas de forma aleatoria en coberturas boscosas colindantes a las fincas La Espumosa y Fontibón. Las parcelas de El Naranjal recibieron la denominación A y B, mientras que las correspondientes a El Guadual se rotularon con la letra C. En cada transecto, se censaron y georreferenciaron los individuos leñosos con un diámetro mínimo a la altura del pecho (DAP)

mayor o igual a 2,5 cm. De manera simultánea, se recolectó y procesó el material vegetal de los individuos encontrados, de acuerdo con las técnicas de herborización propuestas por Liesner et al. (1996).

### Figura 1

*Mapa del área de estudio y localización de las parcelas.*



La determinación taxonómica se realizó por medio de comparaciones con los especímenes que alberga la colección de referencia del Herbario de la Universidad Industrial de Santander (UIS), el uso de catálogos de plantas y claves taxonómicas (Gentry, 1993; Mendoza et al., 2004; Mendoza y Ramírez, 2006; Galeano y Bernal, 2010; González-M y López-Camacho, 2012; Bernal et al., 2019), así como con imágenes de las bases de datos *Tropicos* (Missouri Botanical Garden, 2021) y *GBIF* (GBIF.org, 2021). Finalmente, los especímenes fueron depositados en el herbario

UIS y la información asociada a los mismos se digitalizó en una base de datos en formato Darwin Core (Apéndice B).

### **3.1.3 Análisis de datos**

Se compararon las dos comunidades vegetales de los bosques presentes en la vereda El Naranjal y El Guadual, y se describieron sus composiciones florísticas, así como la diversidad alfa y beta. Todos los análisis se emplearon en el lenguaje de programación *R* (R Core Team, 2022).

**3.1.3.1 Caracterización de la composición florística.** Para cada comunidad vegetal, se determinó la riqueza total de especies, géneros y familias. Para visualizar las diferencias en la composición florística de las dos comunidades, se realizó un análisis de coordenadas principales (Principal Coordinate Analysis, PCoA) utilizando la medida de distancia de Bray-Curtis para medir la similitud entre las parcelas (Ricotta y Podani, 2017). Adicionalmente, se realizó un análisis multivariado permutado de la varianza (PERMANOVA) (Anderson, 2001) para probar la significancia del PCoA. Para el cálculo de las distancias y el PERMANOVA, se utilizó el paquete *vegan* v.2.6-2 (Oksanen et al., 2022), mientras que para la elaboración del PCoA se empleó la librería *ape* v.5.6-2 (Paradis, y Schliep, 2019).

**3.1.3.2 Diversidad alfa.** Para determinar y comparar la diversidad alfa de ambos bosques, se calcularon los tres órdenes de diversidad basados en los números de Hill (Hill, 1973):  $q=0$ , que corresponde a la riqueza de especies;  $q=1$ , que equivale a la exponencial del índice de Shannon, y  $q=2$ , que es equivalente al inverso del índice de Simpson (Jost, 2006, 2007; Chao et al., 2014). Adicionalmente, se elaboraron curvas de interpolación-extrapolación basados en los números de Hill y el número de individuos muestreados para cada comunidad, con intervalos de confianza del 95% calculados a partir de un remuestreo bootstrap de 100 réplicas para los tres órdenes. Estas curvas permiten evaluar el esfuerzo de muestreo y la representatividad de la biodiversidad del

mismo, ya que estima la proporción de especies que el muestreo actual registra con respecto a una riqueza total potencial indicada por una asíntota. De esta forma, se pueden comparar ambos tipos de vegetación, aun cuando estos presentan esfuerzos de muestreo diferentes (Chao et al., 2014). Tanto los cálculos de los órdenes de diversidad como la construcción de las curvas se realizaron a través de los paquetes *iNext* v.2.0.20 (Hsieh, 2016, 2020) y *ggplot2* v.3.3.6 (Wickham, 2016).

**3.1.3.3 Diversidad beta.** La beta diversidad fue calculada utilizando el método propuesto por Baselga (2010, 2012) el cual la divide en dos componentes: el recambio de especies, y el anidamiento (diferencias en el número de especies) (Baselga y Leprieur, 2015). Se emplearon los índices de disimilitud de Sørensen ( $\beta_{sor}$ ) y Jaccard ( $\beta_{jac}$ ) para medir las diferencias en riqueza de especies entre los dos bosques (Calderón-Patrón et al., 2012). Para estimar el recambio de especies entre las dos estaciones, se utilizaron el índice de Simpson ( $\beta_{sim}$ ) y el componente de recambio del índice de Jaccard ( $\beta_{jtu}$ ) (Baselga, 2010; Baselga y Leprieur, 2015; Leyva-Castañeda et al., 2020). Asimismo, para la estimación del anidamiento, se emplearon los componentes de anidamiento de Sørensen ( $\beta_{sne}$ ) y de Jaccard ( $\beta_{jne}$ ) (Baselga y Leprieur, 2015; Calderón-Patrón y Moreno, 2019; Leyva-Castañeda et al., 2020). El análisis de diversidad beta se llevó a cabo utilizando la librería *betapart* v.1.5.6 (Baselga et al., 2022).

## 3.2 Resultados

### 3.2.1 Caracterización de la composición florística

En total, se censaron 782 individuos distribuidos en 54 familias, 95 géneros y 161 especies. La localidad de El Naranjal registró el mayor número de familias, géneros y especies (Tabla 1), pero también fue la de mayor número de individuos censados.

**Tabla 1**

*Riqueza de familias, géneros, y especies, y número de individuos registrados por localidad.*

Localidad	Riqueza de familias	Riqueza de géneros	Riqueza de especies	Número de individuos
El Naranjal	46	82	125	542
El Guadual	31	43	55	240

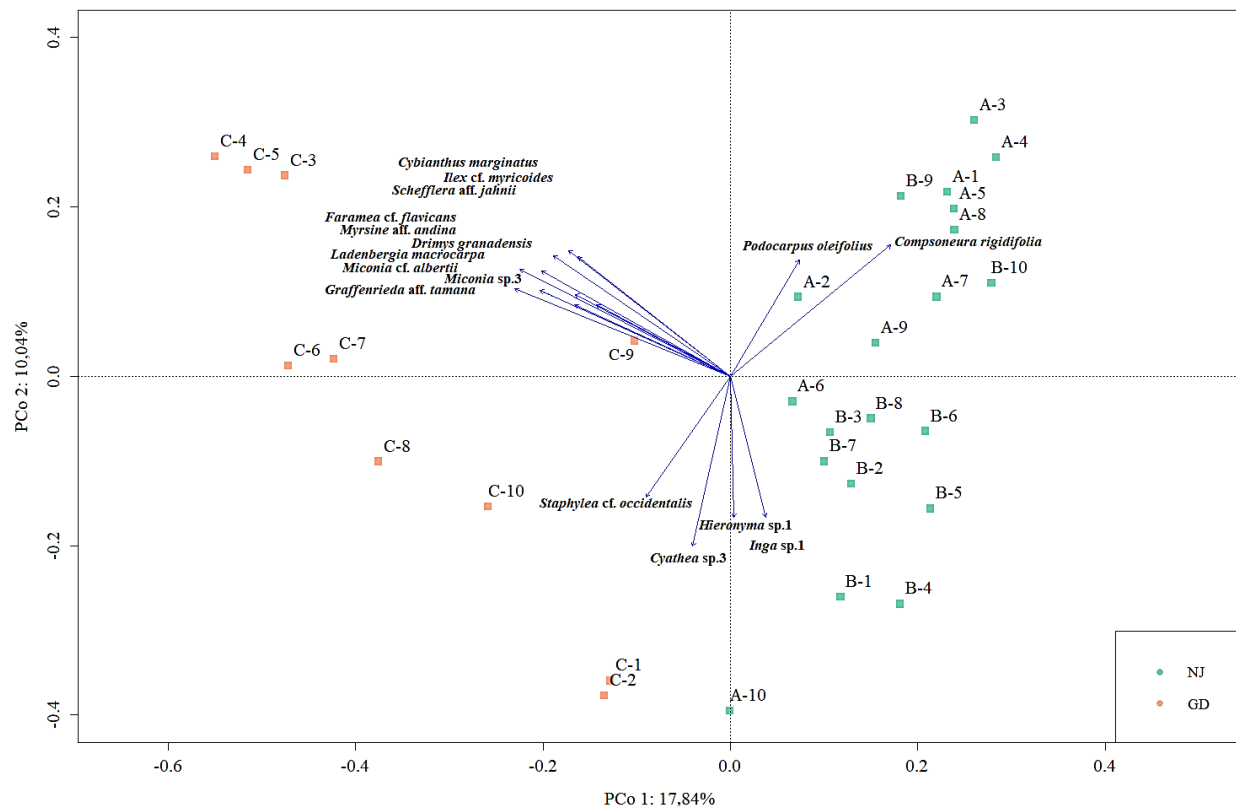
En la comunidad de El Naranjal, las familias con más especies fueron Lauraceae (16), Rubiaceae (14), Melastomataceae (7), Myrtaceae (7) y Annonaceae (6), mientras que los géneros con mayor número de especies fueron *Ocotea* (7), *Cyathea* (4), *Paulicourea* (4), *Piper* (4) y *Ladenbergia* (3). Las especies más abundantes fueron *Compsonoura rigidifolia* (38 individuos), *Faramea cuspidata* (21) y *Richeria grandis* (21) (Apéndice A).

Por otro lado, en El Guadual, las familias con más registros de especies fueron Melastomataceae (10), Primulaceae (6), Arecaceae (5), Rubiaceae (4) y Lauraceae (3), y los géneros con más especies fueron *Miconia* (5), *Myrsine* (3) y *Cybianthus* (2). A su vez, las especies más abundantes de este sitio fueron *Ladenbergia macrocarpa* (23 individuos), *Cyathea* sp. 3 (21) y *Graffenrieda* aff. *tamana* (19) (Apéndice A).

El resultado del ordenamiento multivariado del PCoA (Figura 2) muestra un patrón general de agrupamiento de las parcelas de acuerdo a la localidad a la que pertenecen, lo que indica una composición florística diferente entre ambas comunidades vegetales. Se observan dos componentes que explican la variación en la composición. El primer componente explica el 17,84% de la variación, mientras que el segundo explica el 10,04%. La prueba estadística de PERMANOVA confirma que las diferencias en la composición son significativas (F: 5,4917, p= 0.001).

**Figura 2**

*Análisis de coordenadas principales (PCoA) entre las parcelas de la localidad de El Naranjal y El Guadual construida a partir de distancias de Bray-Curtis.*



*Nota.* En los cuadrantes de la izquierda, se ubican las parcelas C correspondientes a la localidad de El Guadual (GD), mientras que en el lado derecho, se encuentran las parcelas A y B de El Naranjal (NJ). Los porcentajes de cada eje de la gráfica representan la varianza explicada por cada componente (PCo). Las flechas azules señalan las especies que soportan la diferenciación en la composición florística entre ambas comunidades y solo se indican aquellas especies con una contribución significativa (valor de  $p \leq 0,01$ ) en el ordenamiento multivariado.

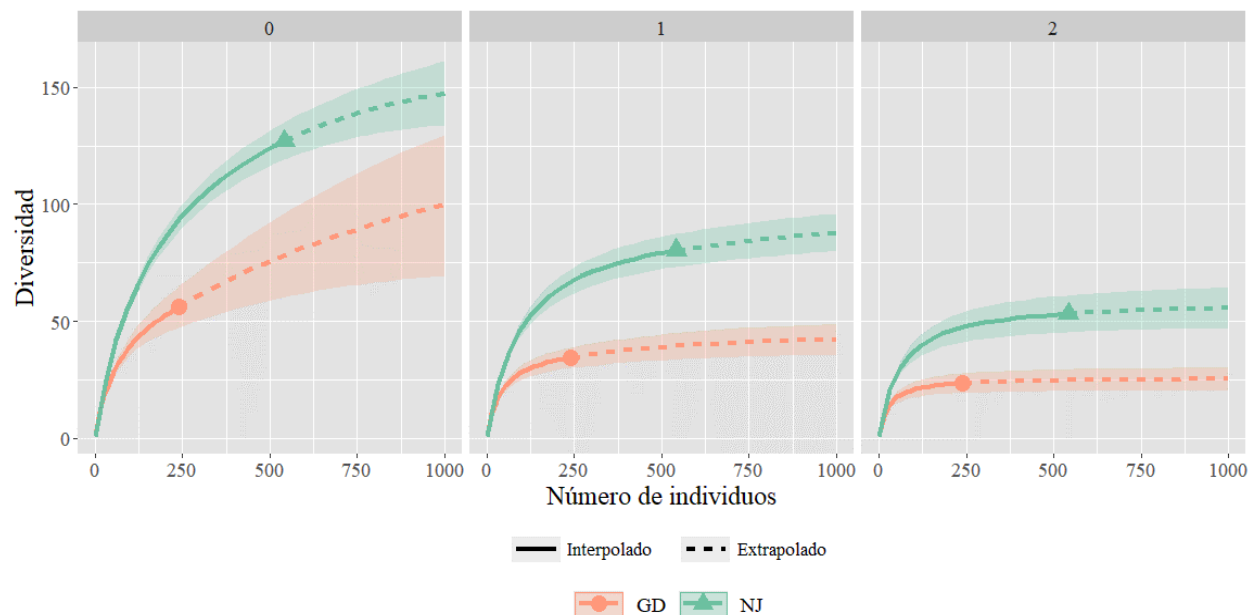
### 3.2.2 Diversidad alfa

De acuerdo con las curvas de interpolación-extrapolación basadas en los números de Hill (Figura 3), el bosque de la localidad de El Naranjal es más diverso que el bosque de El Guadual. No se observa un solapamiento entre las curvas, lo que indica que existen diferencias significativas en la diversidad de especies de ambas comunidades (Chao et al., 2014). Asimismo, se observa que para la riqueza ( $q=0$ ), las curvas no alcanzan completamente la asíntota, por lo que es posible que aún falten especies por registrar para el área de estudio. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta la abundancia relativa de las especies ( $q=1$  y  $q=2$ ), las curvas están más cerca de la asíntota.

Las diferencias presentes en los tres índices de diversidad basados en los números de Hill para ambas comunidades (Tabla 2), respaldan la afirmación de que el bosque de El Naranjal posee una mayor diversidad.

**Figura 3**

*Curvas de interpolación-extrapolación basadas en los números de Hill de orden  $q$  (0, 1 y 2) para la localidad de El Naranjal y El Guadual.*



*Nota.* GD: El Guadual, NJ: El Naranjal. Las curvas obtenidas por el método de interpolación se representan con una línea sólida, mientras que el método de extrapolación se muestra con una línea discontinua. El área transparente alrededor de cada línea es el intervalo de confianza del 95% para el muestreo.

**Tabla 2**

*Número de especies observadas y estimadas a partir de las curvas de interpolación - extrapolación basadas en los números de Hill de orden q (0,1 y 2) para la localidad de El Naranjal y El Guadual.*

Localidad	Orden q	Obs	Est	LCL	UCL	SC (%)
El Naranjal	0	125,00	154,71	138,24	191,64	93,20%
	1	79,56	93,22	84,77	101,68	
	2	52,99	58,62	52,99	67,15	
El Guadual	0	55,00	121,39	73,16	297,62	91,70%
	1	34,05	42,58	34,89	50,27	
	2	23,40	25,81	23,40	30,29	

*Nota.* Se representan los valores q en la serie de números de Hill (q=0, la riqueza de especies; q=1, el exponencial del índice de Shannon, y q=2, el inverso del índice de Simpson). Obs: observado, Est: estimado, LCL: límite inferior del intervalo de confianza, UCL: límite superior del intervalo de confianza, SC: estimación de la cobertura muestreada.

### 3.2.3 Diversidad beta

Los resultados obtenidos a partir del cálculo de diversidad beta y sus componentes de recambio y anidamiento (Tabla 3) son analizados entre rangos que van del 0 al 1. Teniendo esto en cuenta, los valores estimados de  $\beta_{sor}$  y  $\beta_{jac}$  indican que la comunidad de El Naranjal y El Guadual presentan una alta disimilitud, y, por lo tanto, una alta diversidad beta, puesto que los valores de estos índices presentan valores que son cercanos ( $\beta_{sor}$ ) o superiores ( $\beta_{jac}$ ) a 0,8. A su vez, estos valores son explicados por el alto recambio de especies ( $\beta_{sim}$  y  $\beta_{jtu}$ ) y en menor medida, por las diferencias en la riqueza o anidamiento ( $\beta_{sne}$  y  $\beta_{jne}$ ).

**Tabla 3**

*Diversidad beta total expresado como disimilaridad de Sørensen ( $\beta_{sor}$ ) y Jaccard ( $\beta_{jac}$ ) y sus componentes de recambio ( $\beta_{sim}$  y  $\beta_{jtu}$ ) y anidamiento ( $\beta_{sne}$  y  $\beta_{jne}$ ), para la localidad de El Naranjal y El Guadual.*

<b><math>\beta</math>-diversidad</b>		<b>Recambio</b>		<b>Anidamiento</b>	
$\beta_{sor}$	0,789	$\beta_{sim}$	0,654	$\beta_{sne}$	0,134
$\beta_{jac}$	0,882	$\beta_{jtu}$	0,791	$\beta_{jne}$	0,091

## 3.3 Discusión

### 3.3.1 Composición florística

De manera general, la composición florística encontrada para ambas localidades concuerda con la vegetación característica de los bosques andinos colombianos, en el que las familias Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae están dentro de las más representativas en cuanto a riqueza de especies (Gentry, 1995, Rodríguez et al., 2006). Al comparar la composición florística de ambas comunidades, se observa que ambas difieren de manera significativa de acuerdo con los

resultados del PCoA (Figura 2). Para El Naranjal, las especies que poseen una contribución significativa ( $p \leq 0,01$ ) en la diferenciación corresponden a *Compsonaura rigidifolia*, *Podocarpus oleifolius* e *Inga* sp., mientras que para El Guadual estas especies se agrupan principalmente en Melastomataceae, Rubiaceae y Primulaceae.

En particular, la composición florística descrita para la localidad de El Naranjal corresponde a la de un típico bosque andino de 1800 a 2400 m de altitud, en el cual las tres familias más representativas son Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae (Gentry, 1995, Rodríguez et al., 2006). Las familias Myrtaceae y Annonaceae, las cuales son las siguientes en El naranjal en cuanto a mayor número de especies, son grupos diversos que proveen a los bosques andinos de almacén de carbono estable por su dominancia y alta densidad de madera, así como de brindar equilibrio a los ecosistemas forestales, el control ambiental de los organismos y proporcionan alimento a los seres vivos (Kraft et al., 2010; Handayani y Yuzammi, 2021). Si bien Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae fueron las familias con más especies, algunos géneros que no pertenecen a estas (como *Cyathea* y *Piper*) destacan dentro de los más representativos en número de especies. Los géneros *Ladenbergia*, *Paulicourea*, *Ocotea* y *Piper* suelen ser comunes en estos ecosistemas, así como *Cyathea*, que suele tener alta representatividad en bosques de 2000 metros de altitud (Gentry, 1995; Rodríguez et al., 2006; Ariza et al., 2009). Por otro lado, *Compsonaura rigidifolia*, *Faramea cuspidata*, y *Richeria grandis* se han registrado en bosques de alturas similares al que se encuentra El Naranjal (Medina et al., 2009; Díaz-Díaz, 2020; Duque-Castrillón y Sierra-Giraldo, 2022). Al comparar este estudio con otros realizados en bosques andinos de la cordillera oriental, se observa que comparten elementos en común. Por ejemplo, Medina et al. (2009) identifica a Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae como las familias con más número de especies en un bosque de la Cuchilla del Fara (1700 a 2650m de altitud). De igual forma, Duque-Castrillón y Sierra-Giraldo

(2022) identifican estas tres familias como las de mayor riqueza en un bosque de 2250m en El Resguardo Indígena Nuestra Señora Candelaria de La Montaña Riosucio, así como Galindo et al. (2003) en un estudio realizado en un bosque situado entre los 2000 y 2400m de altitud en el Santuario de Fauna y Flora Guanentá Alto Río Fonce. En dicho bosque, *Paulicourea* figura como el género con más especies, lo que coincide con lo encontrado en El Naranjal.

Por su parte, en la composición florística descrita para El Guadual están presentes las familias Melastomataceae, Primulaceae, Arecaceae, Rubiaceae y Lauraceae como las de mayor número de especies. Si bien en bosques andinos entre 2500 a 3000m de altitud es común encontrar que estos grupos presentan alta riqueza de especies (Gentry, 1995; Rodríguez, 2006; Sanín, 2006), Lauraceae no tiene tanta representatividad de especies en esta localidad como la que se espera en estos ecosistemas. Para esta familia solo se registraron *Aiouea dubia*, una morfoespecie de *Nectandra* y una de *Ocotea* (Apéndice A). Esto puede deberse a que Lauraceae es representativo de bosques en estado intermedio o avanzado de sucesiones ecológicas secundarias, por lo que es posible que el área de estudio se encuentre en un sitio de sucesión ecológica más temprana (Rubiano et al., 2017; Kieras et al., 2020). Igualmente, la intensidad del muestreo realizada en esta localidad fue menor que la realizada en El Naranjal (Tabla 1), por lo que este factor pudo haber influido en que menos especies de Lauraceae fueran registradas. Al comparar con otros estudios realizados en bosques entre los 2600 y los 3000m de altura, se pueden reconocer elementos florísticos similares, como en Galindo et al. (2003), que identifica a Melastomataceae y *Miconia* como los grupos con más especies en tres localidades de Santuario de Fauna y Flora Guanentá Alto Río Fonce; Muñoz et al. (2017) que destaca a Melastomataceae, Rubiaceae y Primulaceae dentro de los grupos con mayor riqueza en bosques andinos por encima de los 2600m de altitud; y Sánchez (2018), que identifica a Melastomataceae, Lauraceae y Rubiaceae dentro de

los grupos con más especies en un bosque de 2800m de altitud en el Parque Nacional Natural Munchique.

### ***3.3.2 Diversidad***

En cuanto a la diversidad presente en ambas localidades, se observa que el bosque de El Guadual, el cual posee mayor altitud, es menos diverso en comparación con la comunidad vegetal de El Naranjal (Figura 3). Esto coincide con un patrón común presente en los bosques andinos, en el que de manera general la diversidad decrece con el incremento de la elevación (Gentry, 1988). Asimismo, este patrón se refleja en otros estudios realizados entre bosques andinos que presentan un gradiente altitudinal (Galindo, 2003; Blundo et al., 2012; Malizia et al., 2020; Cabrera-Amaya, 2021). Adicionalmente al compararse algunos trabajos hechos en bosques de altitud similar al de ambas localidades (Tabla 4), se distingue este patrón decreciente en la riqueza de especies. Si bien el esfuerzo de muestreo en cada sitio de cada estudio es diferente, esta comparación permite aproximar una idea de la alta riqueza que posee el bosque de El Naranjal en contraste con otros estudios, mientras que el bosque de El Guadual posee una riqueza semejante a la de otros bosques situados en una altura similar. Esta diferencia presente en El Naranjal con respecto a los otros estudios se podría deber a que, de acuerdo con Torres y Quiñones (2019), existe un nodo de bosques con alta integridad forestal en Coromoro. Se puede entender a la integridad forestal como el grado en que la estructura, la composición y la función de un bosque están libres de modificaciones por acciones antropogénicas (Grumbine, 1994; Kimmins, 1997). Los bosques con alta integridad forestal suelen tener una alta diversidad de especies (Kapos y Lisenko, 2000; Rosenfield 2022), por lo que el bosque estudiado en El Naranjal podría ser parte de este nodo de bosques íntegros. Sin embargo, se tendrían que realizar más estudios florísticos en este sitio para corroborar esta afirmación. También se debe tener en cuenta que el esfuerzo de muestreo realizado

en esta localidad fue el doble (0,2ha) que en el resto de estudios analizados, por lo que se presentarían efectos del tamaño de la muestra y otros sesgos que estarían influyendo en este resultado.

**Tabla 4.**

*Riqueza florística de diferentes bosques andinos con altitudes similares a las localidades de El Naranjal y El Guadual, para individuos con DAP  $\geq$  2.5 cm.*

<b>Localidad</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Área de muestreo (ha)</b>	<b>No. de familias</b>	<b>No. de especies</b>	<b>No. de individuos</b>
Distrito de Conservación de Suelos Barbas-Bremen, Risaralda (Roa-García y Torres-González, 2021)	2000	0,1	29	62	264
Alto de La Paz, PNN Munchique, Cauca (Sánchez, 2018)	2050	0,1	25	74	285
<b>El Naranjal, Coromoro (Este estudio)</b>	2000-2200	0,2	46	125	542
La Soledad, Riosucio, Caldas (Duque-Castrillón y Sierra-Giraldo, 2022)	2250	0,1	37	77	382
Chontales Bajo, Encino, Santander (Galindo et al, 2003)	2800	0,1	28	57	745
La Romelia, PNN Munchique, Cauca (Sánchez, 2018)	2850	0,1	22	55	361
Reserva Torre Cuatro, Manizales, Caldas (Franco et al., 2010)	2600-2900	0,1	35	61	470
<b>El Guadual, Coromoro (Este estudio)</b>	2700-3000	0,1	31	55	240
Chontales Alto, Encino, Santander (Galindo et al, 2003)	3000	0,1	24	49	632

De igual forma, el esfuerzo de muestreo para ambas comunidades estudiadas no fue el mismo. Si bien la estimación de la cobertura muestreada fue superior al 90% para ambas localidades (Tabla 2), la localidad de El Guadual presentó menos de la mitad de los individuos censados en El Naranjal. Aunque las curvas de interpolación-extrapolación permite comparaciones entre sitios con diferente esfuerzo de muestreo (Chao et al., 2014), este factor se ve reflejado en el amplio intervalo de confianza en la curva de riqueza para El Guadual, lo cual sugiere que aún faltan especies por registrar en esa comunidad.

Por último, se encontró baja similitud en la composición florística entre ambas localidades (Tabla 3), por lo que ambos sitios representarían unidades florísticas distintas. La disimilitud de ambos sitios se debe en mayor medida al recambio de especies, el cual, de acuerdo con Calderón-Patrón et al. (2012) y Baselga y Leprieur (2015), se trata de la sustitución de unas especies por otras debido a condiciones espaciales o históricas. Esto coincide con el hecho de que ambas localidades se encuentran aproximadamente a 10km de distancia entre sí y están ubicadas en altitudes distintas, lo que ocasiona que las características climáticas, geológicas y edáficas de ambos sitios sean diferentes, lo que a su vez influye en la composición florística de cada sitio. De igual forma, las transformaciones por acciones antropogénicas y del cambio climático repercuten sobre la composición florística de los ecosistemas andinos (Freelay, 2010; Fadrique, 2018; Tovar et al., 2022), y en el municipio de Coromoro, al ser un municipio cuya economía se basa principalmente en la ganadería, se ha transformado el paisaje históricamente, lo que también repercutiría en la composición de ambos sitios. Por otro lado, cuando dos comunidades disimilares presentan la misma riqueza de especies, la diversidad beta solo se explica por el factor de recambio (Calderón-Patrón et al., 2012, Calderón-Patrón et al., 2012). Sin embargo, ambas comunidades estudiadas presentan un número diferente de especies, por lo que el factor de la diferencia en

riqueza o anidamiento se encuentra presente. Sin embargo, de acuerdo con los índices  $\beta_{sne}$  y  $\beta_{jne}$  (Tabla 3), el factor de anidamiento es bajo, lo que sugiere que, según Carvalho et al. (2011) y Baselga (2012), la comunidad con menor riqueza (El Guadual) no es un subconjunto de la de mayor riqueza (El Naranjal).

#### **4. Conclusiones**

Los resultados de este estudio mostraron que la composición florística de las dos comunidades vegetales estudiadas coincide con la vegetación característica de los bosques andinos. Sin embargo, ambas comunidades difieren tanto en su composición como en su diversidad. En este caso, los dos bosques estudiados presentan una baja similitud florística, por lo que se trata de dos comunidades vegetales distintas. Asimismo, se cumple el patrón descrito por Gentry (1988), en el que el bosque de menor altitud es más diverso que localizado a mayor altitud. Finalmente, se sugiere continuar con más estudios florísticos en estos bosques para ampliar el conocimiento de los mismos, para que de esta forma se inicien estrategias de conservación sobre estos ecosistemas amenazados.

### Referencias Bibliográficas

- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Ariza Cortés, W., Toro Murillo, J. L., y Lores Medina, A. (2009). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Colombia forestal*, 12(1), 81–102. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a07>
- Armenteras, D., Espelta, J. M., Rodríguez, N., y Retana, J. (2017). Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980–2010). *Global Environmental Change*, 46, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002>
- Armenteras, D., Gast, F., y Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113(2), 245–256. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19(1), 134–143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>
- Baselga, A. (2012). The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography*, 21(12), 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>
- Baselga, A., Orme, D., Villeger, S., De Bortoli, J., Leprieur, F., y Logez, M. (2022). *betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components*. R Package Version 1.5.6. <https://cran.r-project.org/package=betapart>

- Baselga, A., y Leprieur, F. (2015). Comparing methods to separate components of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(9), 1069–1079. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12388>
- Bernal, R., Gradstein, S. R., y Celis, M. (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Blundo, C., Malizia, L., Blake, J., y Brown, A. (2012). Tree species distribution in Andean forests: Influence of regional and local factors. *Journal of Tropical Ecology*, 28(1), 83-95. <https://doi.org/10.1017/S0266467411000617>
- Cabrera-Amaya, D. M. (2021). Riqueza, composición florística y estructura de la vegetación silvestre en la zona rural de las cuencas de las quebradas Yomasa y Fucha, Bogotá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176), 761–776. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1255>
- Calderón-Patrón J. y Moreno C. (2019). Diversidad beta basada en índices de disimilitud: Su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. En: Moreno, C (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 203-222). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex.
- Calderón-Patrón, J., Moreno C., y Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 879-891. <https://doi.org/10.7550/rmb.25510>
- Camargo, N. A. (2019). Vegetación de un bosque subandino en Bolívar, Santander-Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.32169>
- Carvalho, J. C., Cardoso, P., y Gomes, P. (2011). Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global*

- Ecology and Biogeography*, 21(7), 760-771. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00694.x>
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., y Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Cortés-Ballén, L., Camacho-Ballesteros, S., y Matoma-Cardona, M. (2020). Estudio de la composición y estructura del bosque andino localizado en Potrero Grande, Chipaque (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 23(1 SE-Ciencias Naturales). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1483>
- Díaz-Díaz, L.C. (2020). Flora de la subzona hidrográfica del Río Negro: Caracterización florística a escala de POMCA en Cundinamarca, Colombia. *Revista ITTPA (Innovación y Tránsferencia Tecnológica para la Protección Ambiental)*, 2(1), 41-66. <https://ittpa.car.gov.co/uploads/files/5fe40ef190f85.pdf>
- Duque-Castrillón, C. A., y Sierra-Giraldo, J. A. (2022). Estructura y diversidad florística de dos bosques andinos en el Resguardo Indígena Nuestra Señora Candelaria de La Montaña (Riosucio, Caldas, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 26(2), 13-34. <https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.2.1>
- Fadrique, B., Báez, S., Duque, Á., Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., Osinaga-Acosta, O., Malizia, L., Silman, M., Farfán-Ríos, W., Malhi, Y., Young, K. R., Cuesta, F. C., Homeier, J., Peralvo, M., Pinto, E., Jadan, O., Aguirre, N., Aguirre, Z., y Feeley, K. J. (2018). Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature*, 564(7735), 207-212. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1038/s41586-018-0715-9>

FAO. (2015). Global Forest Resources Assessment 2015. In Desk Reference.

Feeley, K. J., Silman, M. R., Bush, M. B., Farfan, W., Cabrera, K. G., Malhi, Y., Meir, P., Revilla, N. S., Quisíyupanqui, M. N. R., y Saatchi, S. (2010). Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography*, 38(4), 783–791. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02444.x>

Franco, M., Betancur, J., y Franco, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, cordillera central colombiana. *Caldasia*, 32(1). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36193>

Galeano, G., y Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia. Guía de Campo*. (1er ed.). Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Galindo-T., R., Betancur, J. y Cadena-M., J. J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce, cordillera oriental colombiana. *Caldasia*, 25(2), 313–335. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39393>

GBIF.org. (2021). *GBIF Home Page*. GBIF. <https://www.gbif.org>

Gentry, A. H. (1982). Patterns of Neotropical Plant Species Diversity. *Evolutionary Biology*, 1-84. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8_1)

Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75 (1), 1-34. <https://doi.org/10.2307/2399464>

- Gentry, A. H. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru): with supplementary notes on herbaceous taxa*. Conservation International.
- Gentry, A.H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. En S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J. Lutein (Eds), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests* (pp. 103-126). New York Botanical Garden.
- González-M, R., y López-Camacho, R. (2012). Catálogo de las plantas vasculares de Ráquira (Boyacá), flora andina en un enclave seco de Colombia. *Colombia Forestal*, 15(1 SE-Artículos de investigación científica y tecnológica), 55–103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2012.1.a02>
- Grumbine, R. E. (1994). What Is Ecosystem Management? *Conservation Biology*, 8(1), 27–38. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010027.x>
- Handayani, T., y Yuzammi. (2021). The family of Annonaceae: the important role in forest ecosystems and human being life. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 914(1), 12062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/914/1/012062>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Homeier, J., Werner, F. A., Gradstein, S. R., Breckle, S. W., y Richter, M. (2008). Flora and Fungi: Composition and Function. In E. Beck, J. Bendix, I. Kottke, F. Makeschin, y R. Mosandl (Eds.), *Gradients in a Tropical Mountain Ecosystem of Ecuador* (pp. 87–100). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-73526-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73526-7_10)

- Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2020). *iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity*. R Package Version 2.0.20. <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>.
- IDEAM. (2017). *Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual durante el periodo 1981-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://geoapps.ideam.gov.co:8080/geonetwork/srv/es/main.home?uuid=65192b03-0dea-4207-b23c-20287d43463d>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88(10), 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Kapos, V. y Lysenko, I. (2000). Assessing forest integrity and naturalness in relation to biodiversity. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- Kieras, W. S., Machado, S. D. A., Pelissari, A. L., Cysneiros, V. C., y Da Silva, S. A. (2020). Influence of the Lauraceae family on the dynamics of a mixed ombrophilous forest remnant. *Floresta*, 51(1), 164-173. <https://doi.org/10.5380/ufv.v51i1.67629>
- Kimmins, J.P. (1997). Biodiversity and its relationship to ecosystem health and integrity. *Forestry Chronicle*, 73(2), 229-232. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc73229-2>

- Kraft, N.J., Metz, M.R., Condit, R.S. y Chave, J. (2010) The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest data set. *New Phytologist*, 188(4), 1124–1136.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03444.x>
- Leyva-Castañeda, D., Sigala-Rodríguez, J. J., y Ocampo, G. (2020). Species richness estimation of the Asteraceae family in four areas for conservation from central Mexico using non-parametric methods to measure biodiversity. *Botanical Sciences*, 98(2 SE-Ecology).  
<https://doi.org/10.17129/botsci.2552>
- Liesner, R., Ulloa Ulloa, C., y Ortiz, R. (1996). *Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri* (1st ed.). Missouri Botanical Garden.  
<http://www.mobot.org/MOBOT/molib/fieldtechbook/pdf/TecnicasCampoJardinBotanicoMO.pdf>
- Malizia A, Blundo C, Carilla J, Osinaga Acosta O, Cuesta F, Duque A, et al. (2020). Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network. *PLoS ONE*, 15(4): e0231553.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231553>
- Medina, R., Reina, M., Herrera, E., Ávila, F., Chaparro, O., y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la Cuchilla el Fara (Santander-Colombia). *Colombia Forestal*, 13 (1): 55-85.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.1.a03>
- Mendoza, H., Ramírez, B., y Jiménez, L. (2004). *Rubiaceae de Colombia: Guía ilustrada de géneros* (1st ed.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Mendoza, H., y Ramírez Padilla, B. (2006). *Guía Ilustrada de Géneros de Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Universidad del Cauca.
- Missouri Botanical Garden. (2021). *Tropicos (database)*. Missouri Botanical Garden. <https://tropicos.org>
- Muñoz, J.C., Hurtado, A.B. y Norden, N. (2017). *Composición florística de tres fragmentos de bosque altoandino en los alrededores de la Sabana de Bogotá: Parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos*. Informe técnico. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34202>
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., ...y Weedon, J. (2022). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-2, <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ospina-Sánchez, A., y Morales-Morales, P. A. (2018). *Bosque Andino: flora de la media y alta montaña en la cuenca del rio Claro, Caldas*. Fondo Editorial EIA.
- Paradis, E. y Schliep, K. (2019). Ape 5.0 An Environment for Modern Phylogenetics and Evolutionary Analyses in R. *Bioinformatics*, 35, 526-528. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty633>
- Quintero-Vallejo, E., Benavides, A., Moreno, N., y González-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia* (1 ed). Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe- Programa Bosques Andinos (COSUDE).

- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ricotta, C., y Podani, J. (2017). On some properties of the Bray-Curtis dissimilarity and their ecological meaning. *Ecological Complexity*, 31, 201-205. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2017.07.003>
- Roa García, C. E., y Torres-González, A. M. (2021). Caracterización florística y estructural como línea de base para la restauración ecológica de bosques en la microcuenca del río Barbas, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(174),190-207. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1167>
- Rodríguez N., Armenteras D., Morales, M. y Romero M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rodríguez, S., Rodríguez, N., Pineda, I., y López, R. (2018). Effects of fragmentation on functional diversity associated with aboveground biomass in a high Andean Forest in Colombia. *Landscape Ecology*, 33(11), 1851–1864). <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0719-8>
- Rosenfield, M. F., Jakovac, C. C., Vieira, D. L. M., Poorter, L., Brancalion, P. H. S., Vieira, I. C. G., de Almeida, D. R. A., Massoca, P., Schiatti, J., Albernaz, A. L. M., Ferreira, M. J., & Mesquita, R. C. G. (2022). Ecological integrity of tropical secondary forests: concepts and indicators. *Biological Reviews*. <https://doi.org/10.1111/brv.12924>
- Rubiano, K., Clerici, N., Norden, N., y Etter, A. (2017). Secondary Forest and Shrubland Dynamics in a Highly Transformed Landscape in the Northern Andes of Colombia (1985–2015). *Forests*, 8(6), 216. <http://dx.doi.org/10.3390/f8060216>

- Sánchez, J. (2018). Composición y estructura de la vegetación en dos zonas de vida del Parque Nacional Natural Munchique (Tambo, Cauca, Colombia). *Revista Novedades Colombianas*, 13(1).  
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/novedades/article/view/1191>
- Sanín, D., y Duque, C. A. (2006). Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la reserva forestal protectora Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 10, 45-75. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/5951>
- Torres, M., y Quiñones, C. (Eds.). (2019). *Santander Bio: resultados, retos y oportunidades*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Tovar, C., Carril, A. F., Gutiérrez, A. G., Ahrends, A., Fita, L., Zaninelli, P., Flombaum, P., Abarzúa, A. M., Alarcón, D., Aschero, V., Báez, S., Barros, A., Carilla, J., Ferrero, M. E., Flantua, S. G. A., Gonzáles, P., Menéndez, C. G., Pérez-Escobar, O. A., Pauchard, A., ...  
Hollingsworth, P. M. (2022). Understanding climate change impacts on biome and plant distributions in the Andes: Challenges and opportunities. *Journal of Biogeography*, 49(8), 1420–1442. <https://doi.org/10.1111/jbi.14389>
- Wickham H (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.

## Apéndices

**Apéndice A.** Lista de especies presentes en este estudio y sus abundancias por localidad. NJ: El Naranjal, GD: El Guadual

Especie	Familia	Abundancia por localidad	
		NJ	GD
<i>Aegiphyla</i> sp.	Lamiaceae	1	0
<i>Aiouea dubia</i> (Kunth) Mez	Lauraceae	0	1
<i>Aiouea</i> sp.	Lauraceae	2	0
<i>Aiphanes</i> sp.	Arecaceae	1	0
<i>Alchornea</i> aff. <i>latifolia</i> Sw.	Euphorbiaceae	15	0
<i>Amaioua</i> sp.	Rubiaceae	1	0
<i>Annona</i> sp.1	Annonaceae	4	0
<i>Annona</i> sp.2	Annonaceae	3	0
Annonaceae 1	Annonaceae	12	0
<i>Aspidosperma</i> aff. <i>desmanthum</i> Benth. ex Müll. Arg.	Apocynaceae	3	0
<i>Billia rosea</i> (Planch. & Linden) C. Ulloa & P. Jørg.	Sapindaceae	11	12
<i>Blakea</i> cf. <i>clusiifolia</i> Gleason	Melastomataceae	2	0
<i>Calophyllum</i> sp.	Calophyllaceae	2	0
<i>Calycolpus moritzianus</i> (O. Berg) Burret	Myrtaceae	1	0
<i>Calyptanthes</i> aff. <i>speciosa</i> Sagot	Myrtaceae	1	0
<i>Cavendishia</i> sp.	Ericaceae	0	1
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae	1	0
<i>Ceroxylon vogelianum</i> (Engel) H. Wendl.	Arecaceae	0	4
<i>Cestrum</i> cf. <i>mutisii</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Solanaceae	2	0
<i>Cestrum</i> sp.	Solanaceae	1	0
<i>Chalybea</i> cf. <i>macrocarpa</i> (L. Uribe) M.E. Morales & Penneys	Melastomataceae	0	1
<i>Chrysochlamys</i> sp.	Clusiaceae	3	0
<i>Clavija</i> sp.	Primulaceae	2	0

Especie	Familia	Abundancia por	
		localidad	
		NJ	GD
<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	Clethraceae	1	1
<i>Clusia</i> sp.1	Clusiaceae	14	4
<i>Clusia</i> sp.2	Clusiaceae	1	0
Clusiaceae 1	Clusiaceae	2	0
<i>Compsonaura rigidifolia</i> W.A. Rodrigues	Myristicaceae	38	0
<i>Cornus peruviana</i> J.F. Macbr.	Cornaceae	4	5
<i>Coussarea insolita</i> (Standl.) C.M. Taylor	Rubiaceae	9	0
<i>Crepidospermum</i> sp.	Burseraceae	2	0
<i>Croton</i> aff. <i>draco</i> Schltl. & Cham.	Euphorbiaceae	3	0
<i>Croton hibiscifolius</i> Kunth ex Spreng.	Euphorbiaceae	3	0
<i>Cupania</i> sp.	Sapindaceae	4	0
<i>Cyathea</i> cf. <i>delgadoi</i> Pohl ex Sternb.	Cyatheaceae	1	0
<i>Cyathea</i> sp.1	Cyatheaceae	4	0
<i>Cyathea</i> sp.2	Cyatheaceae	2	0
<i>Cyathea</i> sp.3	Cyatheaceae	9	21
<i>Cyathea</i> sp.4	Cyatheaceae	0	8
<i>Cybianthus</i> cf. <i>laurifolius</i> (Mez) G. Agostini	Primulaceae	0	1
<i>Cybianthus marginatus</i> (Benth.) Pipoly	Primulaceae	0	3
<i>Cybianthus</i> sp.	Primulaceae	3	0
<i>Dendropanax</i> aff. <i>arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Araliaceae	7	0
<i>Drimys granadensis</i> L. f.	Winteraceae	1	4
<i>Dystovomita</i> aff. <i>clusiifolia</i> (Maguire) D'Arcy	Clusiaceae	10	0
<i>Elaeagia</i> sp.	Rubiaceae	0	1
<i>Eschweilera pittieri</i> R. Knuth	Lecythidaceae	1	0
<i>Eugenia</i> sp1	Myrtaceae	1	0
<i>Eugenia</i> sp2	Myrtaceae	2	6
Euphorbiaceae 1	Euphorbiaceae	2	0
<i>Faramea cuspidata</i> Benth.	Rubiaceae	21	0
<i>Faramea</i> cf. <i>flavicans</i> (Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult.) Standl.	Rubiaceae	0	10
<i>Ficus americana</i> Aubl.	Moraceae	3	0

Especie	Familia	Abundancia por	
		localidad	
		NJ	GD
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	5	0
<i>Freziera</i> sp.	Pentaphragaceae	2	0
<i>Geissanthus</i> sp.	Primulaceae	6	1
<i>Geonoma orbignyana</i> Mart.	Arecaceae	5	1
<i>Geonoma undata</i> Klotzsch	Arecaceae	0	4
<i>Graffenrieda</i> aff. <i>tamana</i> Wurdack	Melastomataceae	0	19
<i>Guarea</i> aff. <i>glabra</i> Vahl	Meliaceae	6	0
<i>Guarea</i> sp.	Meliaceae	7	0
<i>Gutteria crassipes</i> R.E. Fr.	Annonaceae	7	0
<i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunth	Chloranthaceae	5	1
<i>Helicostylis towarensis</i> (Klotzsch & H. Karst.) C.C. Berg	Moraceae	5	0
<i>Henriettea</i> sp.1	Melastomataceae	3	0
<i>Henriettea</i> sp.2	Melastomataceae	1	0
<i>Hieronyma</i> aff. <i>huilensis</i> Cuatrec.	Phyllanthaceae	5	1
<i>Hieronyma</i> sp.	Phyllanthaceae	2	2
<i>Ilex</i> cf. <i>laurina</i> Kunth	Aquifoliaceae	2	0
<i>Ilex</i> cf. <i>myricoides</i> Kunth	Aquifoliaceae	0	5
<i>Ilex</i> cf. <i>pernervata</i> Cuatrec.	Aquifoliaceae	3	0
<i>Inga</i> aff. <i>ingoides</i> (Rich.) Willd.	Fabaceae	1	0
<i>Inga</i> sp1	Fabaceae	7	0
<i>Lacunaria</i> aff. <i>jenmanii</i> (Oliv.) Ducke	Ochnaceae	4	0
<i>Ladenbergia macrocarpa</i> (Vahl) Klotzsch	Rubiaceae	0	23
<i>Ladenbergia</i> aff. <i>oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson	Rubiaceae	1	0
<i>Ladenbergia</i> sp.1	Rubiaceae	1	0
<i>Ladenbergia</i> sp.2	Rubiaceae	6	0
Lauraceae sp.1	Lauraceae	2	0
Lauraceae sp.2	Lauraceae	1	0
Lauraceae sp.3	Lauraceae	5	0
Lauraceae sp.4	Lauraceae	6	0
Lauraceae sp.5	Lauraceae	1	0
Lauraceae sp.6	Lauraceae	1	0

Especie	Familia	Abundancia por	
		localidad	
		NJ	GD
Lauraceae sp.7	Lauraceae	3	0
Lauraceae sp.8	Lauraceae	3	0
<i>Magnolia</i> cf. <i>chimantensis</i> Steyer. & Maguire	Magnoliaceae	2	0
<i>Mauria</i> sp.	Anacardiaceae	2	0
<i>Maytenus</i> sp.	Celastraceae	0	3
Melastomataceae 1	Melastomataceae	0	3
<i>Meliosma</i> sp.	Sabiaceae	5	4
<i>Meriania haemantha</i> (Planch. & Lindl.) H. Mend. & Fern. Alonso	Melastomataceae	4	1
<i>Miconia</i> cf. <i>micropetala</i> Cogn.	Melastomataceae	0	4
<i>Miconia</i> cf. <i>albertii</i> Gleason	Melastomataceae	0	11
<i>Miconia</i> cf. <i>floribunda</i> (Bonpl.) DC.	Melastomataceae	1	0
<i>Miconia plena</i> Gleason	Melastomataceae	0	2
<i>Miconia</i> sp.1	Melastomataceae	7	0
<i>Miconia</i> sp.2	Melastomataceae	5	0
<i>Miconia</i> sp.3	Melastomataceae	0	3
<i>Miconia</i> sp.4	Melastomataceae	0	3
Monimiaceae	Monimiaceae	2	0
<i>Myrcia</i> aff. <i>mollis</i> (Kunth) DC.	Myrtaceae	1	0
<i>Myrsine</i> aff. <i>andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	0	5
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	0	3
<i>Myrsine</i> sp.	Primulaceae	0	1
Myrtaceae 1	Myrtaceae	2	0
Myrtaceae 2	Myrtaceae	1	0
<i>Nectandra</i> sp.1	Lauraceae	4	0
<i>Nectandra</i> sp.2	Lauraceae	0	3
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	Lauraceae	3	0
<i>Ocotea</i> sp.1	Lauraceae	1	0
<i>Ocotea</i> sp.2	Lauraceae	10	0
<i>Ocotea</i> sp.3	Lauraceae	1	0
<i>Ocotea</i> sp.4	Lauraceae	1	0
<i>Ocotea</i> sp.5	Lauraceae	3	0

Especie	Familia	Abundancia por	
		localidad	
		NJ	GD
<i>Ocotea</i> sp.6	Lauraceae	0	1
<i>Oreopanax</i> sp.	Araliaceae	3	0
<i>Oxandra xylopioides</i> Diels	Annonaceae	10	0
<i>Palicourea demissa</i> Standl.	Rubiaceae	4	0
<i>Palicourea</i> aff. <i>garciae</i> Standl.	Rubiaceae	14	0
<i>Palicourea</i> aff. <i>stellata</i> C.M. Taylor	Rubiaceae	1	0
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	3	0
<i>Paragynoxys</i> aff. <i>uribei</i> Cuatrec.	Asteraceae	13	4
<i>Piper</i> cf. <i>daniel-gonzalezii</i> Trel.	Piperaceae	1	0
<i>Piper</i> aff. <i>divulgatum</i> Trel. & Yunck.	Piperaceae	2	0
<i>Piper</i> sp.1	Piperaceae	6	0
<i>Piper</i> sp.2	Piperaceae	1	0
<i>Piper</i> sp.3	Piperaceae	0	1
<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don	Podocarpaceae	4	0
<i>Pouteria</i> sp.1	Sapotaceae	2	0
<i>Pouteria</i> sp.2	Sapotaceae	0	3
<i>Prestoea acuminata</i> (Willd.) H.E. Moore	Arecaceae	16	4
<i>Protium</i> sp.	Burseraceae	13	0
<i>Prunus</i> sp.	Rosaceae	0	2
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Fagaceae	7	17
<i>Richeria grandis</i> Vahl	Phyllanthaceae	21	0
<i>Ronabea latifolia</i> Aubl.	Rubiaceae	1	0
Rubiaceae 1	Rubiaceae	1	0
Rubiaceae 2	Rubiaceae	5	0
Rubiaceae 3	Rubiaceae	1	1
Rubiaceae 4	Rubiaceae	0	1
<i>Saurauia</i> sp.	Actinidiaceae	0	1
<i>Schefflera</i> aff. <i>jahnii</i> (Harms) Steyerm.	Araliaceae	0	6
<i>Schefflera</i> sp.1	Araliaceae	1	0
<i>Schefflera</i> sp.2	Araliaceae	11	0
<i>Sessea</i> sp.	Solanaceae	1	0
<i>Siparuna</i> sp.1	Siparunaceae	3	0
<i>Siparuna</i> sp.2	Siparunaceae	0	1

Especie	Familia	Abundancia por	
		localidad	
		NJ	GD
<i>Sloanea</i> sp.1	Elaeocarpaceae	2	0
<i>Sloanea</i> sp.2	Elaeocarpaceae	3	0
<i>Spirotheca</i> sp.	Malvaceae	3	0
<i>Staphylea</i> cf. <i>occidentalis</i> Sw.	Staphyleaceae	0	4
<i>Symplocos</i> sp.	Symplocaceae	0	3
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	Euphorbiaceae	2	0
<i>Tibouchina</i> sp.	Melastomataceae	0	1
<i>Viburnum floccosum</i> Killip & A.C. Sm.	Viburnaceae	1	0
<i>Viola macrocarpa</i> A.C. Sm.	Myristicaceae	1	0
<i>Vismia</i> sp.	Hypericaceae	2	0
<i>Weinmannia</i> sp.	Cunoniaceae	0	3
<i>Wettinia microcarpa</i> (Burret) R. Bernal	Arecaceae	5	1
<i>Xilopia</i> sp.	Annonaceae	1	0
		542	240
<b>161 morfoespecies</b>	<b>54 familias</b>	<b>782 individuos</b>	