

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Composición Florística, Estructura y Biomasa de Dos Parcelas  
Permanentes en el Bosque Nublado de Mindo-Nambillo**

**Damián Samuel Zabala Alvarado**

**Biología**

Trabajo de integración curricular presentado como requisito  
para la obtención del título de Licenciado en Biología

Quito, 19 de diciembre de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Composición Florística, Estructura y Biomasa de Dos Parcelas Permanentes  
en el Bosque Nublado de Mindo-Nambillo**

**Damián Samuel Zabala Alvarado**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Hugo Valdebenito, PhD.

Firma del profesor

---

Quito, 19 de diciembre 2019

### **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Damian Samuel Zabala Alvarado

Código: 00108665

Cédula de Identidad: 1600465759

Lugar y fecha: Quito, 19 de diciembre de 2019

## RESUMEN

En el año 2019 se evaluó la diversidad florística, estructura y biomasa aérea almacenada en el Bosque Protector Mindo-Nambillo, de los individuos con DAP >10cm, en dos parcelas permanentes de muestreo de 1 ha cada una ubicadas a 1600 msnm. El área de estudio corresponde a vegetación tipo “bosque lluvioso montano bajo” (Jorgensen y León-Yañez, 2016), caracterizada por ser parte del corredor Chocó Andino, presentando un alto endemismo en su biodiversidad (Gentry, 1992). Se ha identificado el 100% de las Familias y el 90% de las especies. Hasta el momento se han registrado para la parcela 1 y (2) 625 (492) individuos distribuidos en 57 (55) especies y 43 (30) géneros incluidos en 24 (22) Familias, lo cual arrojó un número total de 1117 individuos censados. En ambas parcelas las Familias mejor representadas fueron Lauraceae, Cyatheaceae, Moraceae, Rubiaceae y Urticaceae. El valor de Shannon para Mindo 1 (parcela 1) fue de 2,59 teniendo una diversidad normal, mientras que para la parcela Mindo 2 (parcela 2) fue de 2,21. El índice de Simpson mostró un valor alto (0,92) para Mindo 2 y para Mindo 1 fue de 0,89. Un total de 444 árboles (53%) tiene una altura que oscila entre 5 - 10 m, 104 individuos (10%) alcanzan 15 - 20m y sólo 37 individuos(3%) superan los 20 m de alto. Las especies más comunes en ambas parcelas fueron *Critoniopsis spp*, *Cyathea caracasana* y *Ocotea spp*. La biomasa aérea almacenada fue de 145,98 Mg ha<sup>-1</sup> para la parcela 1, mientras que para la parcela 2 fue de 170,3 Mg ha<sup>-1</sup>. Dado que el establecimiento de las parcelas es reciente, aún es necesario continuar con el trabajo de identificación de especies. Las cifras preliminares obtenidas de diversidad y abundancia indican que esta área debe ser conservada y merece atención prioritaria.

**Palabras clave:** bosque montano, diversidad, composición florística, parcelas permanentes, flora Mindo

## ABSTRACT

In 2019, floristic diversity, structure and above-ground biomass in Bosque Protector Mindo-Nambillo, of individuals with DAP > 10cm were evaluated. In two permanent plots of 1 ha each one located at 1600 meters above sea level. Study area corresponds to vegetation type "low montane rainforest" (Jorgensen and León-Yañez, 2016), characterized by being part of the Chocó Andino corridor, presenting a high endemism in its biodiversity (Gentry, 1992). Total Families and 90% of species have been identified. So far, we have registered for plot 1 and (2) 625 (492) individuals distributed in 57 (55) species and 43 (30) genera included in 24 (22) Families, a total of 1117 individuals were registered. In both plots the best represented Families were Lauraceae, Cyatheaceae, Moraceae, Rubiaceae and Urticaceae. Shannon's value for Mindo 1 was 2.59 having a normal diversity, while for the Mindo 2 plot it was 2.21 having a smaller diversity than plot 1. The Simpson index shows us a high value of 0, 92 for Mindo 2. While for Mindo 1 it was 0.89. A total of 444 trees (53%) have a height that ranges between 5 - 10 m, 104 individuals (10%) reach 15 - 20m and only 37 individuals (3%) exceed 20 m high. The most common species in both plots were *Critoniopsis spp*, *Cyathea caracasana* and *Ocotea spp*. Above-ground biomass was 145.98 Mg ha<sup>-1</sup> for plot 1, while for plot 2 it was 170.3 Mg ha<sup>-1</sup>. Since the establishment of the plots is recent, it is still necessary to continue with the identification work at species level. Preliminary insight obtained from diversity and abundance indicate that this area must be conserved and deserves priority attention.

**Key words:** mountain forest, diversity, floristic composition, permanent plots, flora Mindo

## TABLA DE CONTENIDO

Índice de figuras.....	7
Índice de tablas.....	8
Introducción.....	9-11
Desarrollo del Tema.....	11-16
Objetivos.....	11-12
Justificación.....	12-13
Metodología.....	14-16
Resultados.....	17-19
Discusión.....	20-22
Referencias bibliográficas.....	23-27
Anexo A: Figuras.....	28-32
Anexo B: Tablas.....	33-37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura #1:</b> Mapa del área de estudio.....	28
<b>Figura #2:</b> Disposición de los subcuadrantes para el plaqueo de los árboles.....	28
<b>Figura #3:</b> Abundancia de las especies en la parcela Mindo 1.....	29
<b>Figura #4:</b> Abundancia de las especies de la parcela Mindo 2.....	29
<b>Figura #5:</b> Distribución de las clases diamétricas de Mindo 1.....	30
<b>Figura #6:</b> Distribución de las clases altimétricas de Mindo 1.....	30
<b>Figura #7:</b> Distribución de las clases diamétricas de Mindo 2. ....	31
<b>Figura #8:</b> Distribución de las clases altimétricas de Mindo 2.....	31
<b>Figura #9:</b> Biomasa aérea estimada para el año de medición 2019.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla #1:</b> Ubicación de las parcelas permanentes en el Bosque Nublado de Mindo Nambillo..	33
<b>Tabla #2:</b> Registro del número de familias, géneros, especies e individuos en cada parcela.....	33
<b>Tabla #3:</b> Abundancia de las especies en cada parcela.....	33
<b>Tabla #4:</b> Familias con mayor importancia valor de importancia ecológico en la parcela Mindo 1.....	35
<b>Tabla #5:</b> Familias con mayor importancia valor de importancia ecológico en la parcela Mindo 2.....	36
<b>Tabla #6:</b> Datos de índices de diversidad.....	37

## INTRODUCCIÓN

La cordillera de los Andes presenta una gran superficie de ecosistemas tropicales montanos continuos (Young et al., 2002) siendo de los más biodiversos a nivel mundial (Gentry., 1995 en Pinto et al., 2018). Uno de los principales ecosistemas es el bosque nublado, el cual se forma en una zona altitudinal estrecha y siendo distintivo por la presencia de nubes o neblina (Hamilton, 1995), la cual puede ser constante o estacional al nivel de la vegetación (Kappelle y Brown, 2001; Hostettler, 2002). Aquí la red de precipitación es significativamente mejorada por parte del dosel a través de la captación del vapor de agua de las nubes, también llamado precipitación horizontal (Hamilton, 1995). De esta manera la captura de agua está por encima y va más allá de la precipitación de agua lluvia normal (Hamilton, 1995). Este proceso es causado por la influencia de la interacción atmosférica dada por la reducida radiación solar, el déficit de vapor, el dosel mojado y en general la supresión de la evapotranspiración (Hostettler, 2002). Todo esto hace que las características especiales de la vegetación sean de estatura reducida de los árboles, aumento de la densidad de los troncos y una alta cantidad de biomasa como epífitas dentro los cuales se encuentran briofitos, líquenes, helechos delgados y una baja cantidad de trepadoras leñosas (Hostettler, 2002).

En Ecuador, estos bosques se forman en el lado amazónico de la cordillera Real y al lado occidental que limita con el Pacífico, teniendo un rango de altitud de aproximadamente de 3000 m (Pinto et al., 2018). Tiene una extensión 46 806 km<sup>2</sup>, tan solo 18 277 km<sup>2</sup> están en el lado occidental de los andes y es el 39% del total de los bosques montanos de Ecuador (MAE, 2016 en Pinto et al., 2018). El lado de la cordillera de occidente está denominado como Bosque

húmedo montano occidental, el cual se encuentra dentro de los 14 ecosistemas de tierra propuestos por Sáenz y Onofa (2005). Mientras que la clasificación más simple de los bosques húmedos montanos es la siguiente: Bosque Piemontano, Bosque Montano Bajo, Bosque Montano y Bosque Montano Alto (Pinto et al. 2018). De igual manera Sierra et al. (2009) dividen a los bosques montanos en tres tipos tomando en cuenta la altura, el primero es el Montano bajo, que va desde los 1300 a 1800 msnm; Montano desde 1800 a 3000 msnm y Montano alto desde los 3000 a 3400 msnm. Principalmente, estos tipos de clasificación está generado para entender fácilmente las zonas de vida del país (Sáenz y Onofa, 2005).

En general, la diversidad alfa de especies y la altura del dosel del bosque, disminuye con el incremento de la altitud en ambos lados de la cordillera (Gentry, 1988; Neil, 1999). Está demostrado que en las cercanías de Sumaco encontraron 132 especies con un DAP de 10 cm, en un cuadrante de 1 ha a 1200 msnm (Valencia et al., 1998 en Neil, 1999), Mientras que cerca de Baeza encontraron 55 especies en una muestra comparativa a 2000 msnm (Valencia, 1995). Por otro lado, la diversidad y densidad de las epífitas vasculares en la franja montañosa lluviosas es más alta que los bosques lluviosos de zonas bajas. Sin embargo, falta información científica que apoye esto (Neil, 1999). En cuanto a la composición los bosques montanos nublados de rango altitudinal de 1000 a 1500 msnm incrementan las especies arbóreas producto de una mezcla de familias de origen Laurásico y Gondwánica. Siendo las familias de origen Laurásico las siguientes: Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae. Mientras que las de origen Gondwánico como Fabaceae (Inga), Moraceae, Rubiaceae y Arecaceae (Pinto et al., 2018). Desde los 2000 msnm solo predominan las familias de origen Laurásico, sumado a esto la alta presencia de helechos arbóreos principalmente el género *Cyathea* (Gentry, 1982).

Los bosques nublados proveen los principales servicios ecosistémicos como el reciclaje de agua (Brujinzeel et al., 2011), regulación del clima (Jarvis y Mulligan, 2011) y el almacenamiento de carbono de los árboles (Álvarez-Dávila et al., 2017). El conocimiento de la cantidad de biomasa aérea (BA) en inglés above-ground biomass(AGB) es una herramienta esencial para las estrategias y programas de la conservación de los bosques (Álvarez-Dávila et al., 2017). Debido a que los bosques tropicales conservan acerca de 460 mil millones de toneladas en biomasa y suelo, que equivale más de la mitad del total del almacén atmosférico (Pan et al., 2011). Así ayudando a contrarrestar el cambio climático y secuestrando el carbono de la atmósfera y almacenarlo como biomasa.

Finalmente, los estudios de composición y biomasa en parcelas permanentes son útiles para generar conocimiento científico acerca del bosque nublado Mindo-Nambillo. Además, que la falta de información afecta en las medidas de acciones a favor de la conservación de estos ecosistemas. Debido a que los estudios son escasos. Al estudiar la composición florística y biomasa de este tipo de bosque montano aporta información general base para poder seguir monitoreando la dinámica del bosque a través de los años. La cual puede ser comparada con otras parcelas permanentes o estudios similares de otros bosques del neotrópico, así brindándonos una idea de recuperación de los bosques del neotrópico y poder extrapolar a nivel regional.

## **Objetivos:**

### **Objetivo principal**

Determinar la composición y estructura florística y biomasa de especies leñosas en dos parcelas permanentes del bosque nublado Mindo-Nambillo.

### **Objetivos específicos:**

- Calcular la diversidad de dos parcelas permanentes en el bosque Nublado Mindo-Nambillo
- Calcular la abundancia de dos parcelas permanentes en el bosque Nublado Mindo-Nambillo
- Calcular la estructura de dos parcelas permanentes en el bosque Nublado Mindo-Nambillo.
- Calcular la biomasa aérea (BA) de dos parcelas permanentes del bosque nublado Mindo-Nambillo.

### **JUSTIFICACIÓN**

A pesar de que los bosques montanos nos brindan varios servicios ecosistémicos y presenta un alto grado endemismo de especies (Gentry, 1992). En especial los bosques montanos occidentales, los cuales han sido uno de los más atacados debido a que en los últimos 26 años han perdido más especies arbóreas (Pinto et al., 2018). Estos han perdido 7405 km<sup>2</sup> entre los años 1990 y 2016 (MAE, 2016 en Pinto et al., 2018). Siendo el 60% (4390 km<sup>2</sup>) de la cordillera occidental y el restante 40% (3015 km<sup>2</sup>) en los bosques montanos orientales.

Por ende, la no aplicación de leyes que conserven estos ecosistemas se debe a que existe poca información sobre la distribución, biodiversidad y los cambios ecológicos de estos ecosistemas a diferentes escalas, falta de información sobre los factores climáticos, nivel sustrato y carbono, todo esto relacionado la productividad, resiliencia y estado de conservación. las dinámicas de los bosques montanos (Pinto et al., 2018).

Una de las herramientas es el uso de parcelas permanente para entender la ecología y el funcionamiento de los bosques montanos en diferentes gradientes como el altitudinal. Esto

ayudará a entender la relación de los factores ambientales con la composición y estructura y dinámica espacio temporal de los stocks y flujos de carbonos (Malhi et al. 2010). Teniendo en cuenta que los factores climáticos en los últimos años están cambiando a una tasa acelerada (Feeley et al. 2011).

Las consecuencias de la disrupción del clima son la tendencia de disminución en el nivel de nubosidad en los bosques montanos, además del aumento altitudinal del banco de nubes por ende la pérdida de nubes en los cuales los niveles de nubes eran constantes, y así permitiendo las extinciones locales debido a la sequedad (Foster, 2001).

Por consiguiente, este estudio servirá como herramienta para la conservación. Nos dará una visión holística de los bosques en regeneración. Además, que nos indicará el estado de resiliencia de estos bosques nublados. Principalmente de los efectos a largo plazo de los cambios que suceden nivel global, la distribución de especies y resiliencia del bosque.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área pertenece al tipo de vegetación denominado bosque lluvioso montano bajo (Jorgensen y León-Yañez, 2016), ubicado en la parroquia de Mindo, la cual se encuentra a 76 km de la ciudad de Quito, al Noroccidente de la provincia de Pichincha, perteneciente al cantón San Miguel de los Bancos. Ubicada al oeste del cráter Guagua Pichincha. En la influencia del Bosque Protector Mindo-Nambillo, la cual tiene una extensión de 196.2 km<sup>2</sup> (CISMIL, 2006) y se encuentra en el sistema nacional de áreas protegidas (SNAP) con una altitud desde los 1 180 hasta los 4 780 msnm (Salas, 2014). Estos ecosistemas de bosques nublados montanos tienen especies característica como son: Pumamaqui (*Oreopanax floribundus*), Guarumo (*Cecropia maxima*), Duco (*Clusia alata*), Helecho (*Cyathea sp.*), motilón (*Hieronima Alchorneoides*), cauchillo (*Sapium sp.*), Guato (*Erythrina edulis*), aguacatillo (*Bleischnmedia sp.*), canelo (*Nectandra laurel*), entre otros (OCP Ecuador, 2001 en Imbaquingo, 2015).

Las parcelas para el monitoreo están ubicadas a una altitud de 1600 msnm (Figura 1). Estos terrenos fueron parte de la reserva privada Sacha Tamia (Valdebenito, H. com. pers). Esta zona tiene una media al año de 19.3 °C de temperatura, una precipitación al año de 2460,3 mm (MAE, 2006 en Imbaquingo, 2015). En lo que concierne a las lluvias se catalogan dos estaciones diferenciadas. La lluviosa que va desde el mes de diciembre hasta mayo, mientras que la de menor lluvia va desde junio a noviembre. Pero no denota una estación seca per se (Izurieta, 1995 en Imbaquingo, 2015). Adicionalmente la topografía es escarpada con pendientes muy empinada, a pesar de que existe ciertas zonas de planicie la zona es bastante accidentada en todos sus gradientes altitudinales (MAE, 2006 en Imbaquingo, 2015).

## **Diseño de muestreo**

Se establecieron en 2018 dos parcelas permanentes de 1 ha. La primera está la más lejana, mientras que la segunda es la más próxima a la carretera. Cada una se dividieron en cuatro subcuadrantes de 50 x 50 m (Figura 2). Se midió el perímetro a la altura del pecho (CAP), posteriormente se transformó a medida diamétrica (DAP). Solo se incluyeron a los árboles y helechos con DAP mayor igual a 10 cm. Cada árbol y helecho fue marcado con un número en lámina de aluminio, medido su altura comercial y total, y su estado (vivo/muerto). El plaqueo se realizó desde el punto más lejano de cada subcuadrante, rotando hacia la derecha con dirección hacia el centro, así con todos los subcuadrantes (Figura 2). Al mismo tiempo que se identificaba cada especie de árbol o helecho o se tomaban fotografías para su posterior identificación.

## **Composición florística**

El sistema utilizado para la clasificación taxonómica fue el de APG IV (2016). Mientras que para los análisis matemáticos e interpretación se siguió a Cerón (2005), calculando la riqueza absoluta de especies de árboles (S), la altura promedio y el índice de valor de importancia para familia (IVI). Para el cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) para cada familia se utilizó la fórmula de Curtis y McIntosh (1951). Además, se obtuvieron los índices de Shanon y Simpson.

## **Biomasa aérea**

Una de las ecuaciones alométricas usadas para el cálculo de BA por especies arbórea fue la de Álvarez et al., (2012) para bosques húmedos montanos bajos. Esta ecuación estima el total de la biomasa aérea incluyendo hojas, ramitas, ramas, corteza y tronco. Siendo la siguiente:

$$AGB_{tree} = \exp(-2.032 + 0.937 \ln(\rho D^2 H))$$

Donde  $AGB_{tree}$  es la biomasa aérea de un solo árbol, siendo las unidades kg por árbol,  $D$  es el diámetro a la altura del pecho (DAP),  $H$  es la altura del árbol en m y  $\rho$  es la gravedad o densidad específica de la madera, siendo las unidades en  $g\ cm^{-3}$ . La densidad  $\rho$  para cada árbol fue obtenida de Global Wood Density Database para los bosques neotropicales (Zanne et al., 2009). La biomasa total aérea fue calculada como la suma de todos los valores AGB individuales para obtener los valores por ha:  $BA_t = \sum BA_{est} / \text{Área}$ ;  $BA_{est}$ : biomasa de cada árbol y  $\text{Área}$ : medida de la en ha (Honorio y Baker, 2010).

En cuestión de la familia Arecaceae se usaron las fórmulas alométricas propuestas por Sierra et al. (2007):

$$AGB_{palm} = \exp(0.360 + 1.218 \ln(H))$$

Por otro lado, la biomasa de los helechos arbóreos fue calculado usando la ecuación alométrica propuesta por Tiepolo et al., (2002) en Medeiros y Aidar (2011):

$$AGB_{ferm} = -4266348 / (1 - [2792284 * \exp(-0.313677 * H)])$$

## RESULTADOS

En total se inventariaron 1117 individuos de especies arbóreas de DAP mayor o igual a 10 cm para las 2 parcelas permanentes de 1 hectárea. Se registraron 29 familias, 48 géneros y 82 especies, incluyendo mayormente las morfoespecies, de las cuales 55 individuos no se lograron identificar (4,92 % de todos los individuos) y 196 sólo se identificaron a nivel de familia (Tabla 3).

En la parcela 1 se obtuvieron 625 individuos repartidos en 24 familias, 43 géneros y 57 especies. En la parcela 2 se obtuvieron 492 individuos repartidos en 22 familias, 30 géneros y 55 especies (Tabla 2).

Dentro de las 10 familias más importantes que presentaron un mayor número de individuos, fueron: Lauraceae (304), Cyatheaceae (242), Moraceae(93), Rubiaceae(74), Meliaceae(52), Urticaceae (41), Melastomataceae (40), Malvaceae (32) , Myrtaceae(31), y Myristicaceae (32). (Tabla 3). Las familias Cyatheaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae y Rubiaceae estuvieron entre las familias más importantes en las dos parcelas (Figura 1). Los 10 géneros más representativos con mayor abundancia fueron: *Ocotea*(235), *Alsophila* (173), *Cyathea*(69), *Miconia*(40), *Guarea*(40), *Cecropia*(34), *Psychotria*(31), *Matisia* (28), *Elaeagia* (27) y *Eugenia*(25).

En la parcela Mindo 1 se observan a las cinco familias de IVIF alto, de los cuales Cyatheaceae con el 94,57 % de IVI'F, Lauraceae con 83,84 % de IVI'F, Moraceae con 39.09 %, Rubiaceae con el 31.78 %, Urticaceae con 22.40 %, y el resto de familias con valores menores a los mencionados.

En la parcela Mindo 2 se observa a las 3 familias de IVID alto, de los cuales Lauraceae con 32,61 % de IVI'F, Moraceae con 9,34 %, Cyatheaceae con el 9,03 % y y el resto de familias con valores menores a los mencionados.

El análisis de datos muestra un bosque que corresponde a 65% de bosque primario y 35% a bosque secundario. En ambas parcelas las Familias mejor representadas fueron Lauraceae y Cyatheaceae, y a continuación Moraceae, Rubiaceae y Urticaceae.

El valor de diversidad de Shannon-Weaver está en el rango de 1,5 a 3,5 (Margalef 1972). Para nuestra parcela Mindo 1 este valor fue de 2,59 teniendo una diversidad normal, mientras que para la parcela Mindo 2 fue de 2,21 teniendo una diversidad menor que la parcela 1. El índice de Simpson nos muestra un valor alto para de 0,92 para Mindo 2. Mientras que para Mindo 1 fue de 0,89 (Tabla 6).

La mayoría de árboles (53%) tiene una altura que oscila entre 5 - 10 m , 104 individuos alcanzan 15 - 20m y sólo 64 individuos superan los 20 m de alto (Figura 8 y 6). Las especies más comunes en ambas parcelas fueron *Critoniopsis spp*, *Cyathea caracasana* y *Ocotea spp*. Por otro lado, en las dos parcelas existe un número de individuos alto que se localizan en el rango 10-20 cm de diámetro, disminuyendo progresivamente de individuos al aumentar el diámetro (Figura 5 y 7).

### **Biomasa**

En la parcela Mindo 1 del bosque Nublado Mindo-Nambillo, se inventarió en total 625 árboles con DAP  $\geq$  10 cm, obteniendo una cantidad de BA total de 145,98 Mg ha<sup>-1</sup>. Mientras que en la

parcela Mindo 2 del bosque Nublado Mindo-Nambillo inventarió 492 árboles con  $DAP \geq 10$ , obteniendo una cantidad de BA de  $170,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 5).

## DISCUSIÓN

### Índices Biodiversidad

Los resultados obtenidos nos arrojan una familia dominante de Lauraceae, seguida por Cyatheaceae (helechos arbóreos), Moraceae y Rubiaceae. Así asemejándose con con otros estudios a nivel de bosque nublado de montaña donde la familia predominante es Lauraceae. Debido a que esta familia es una de las más diversas en cuestión de especies, seguida por Melastomataceae y Rubiaceae (Gentry, 1995 en Pinto et al, 2018). Por otro lado, las familias variadas como Fabaceae, Moraceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Arecaceae y Cyatheaceae establecen la afirmación de que en el rango de los 1000 a los 1500 msnm se da un alza en la diversidad de familias debido a la mezcla de familias de origen Laurásicas y Gondwánicas (Pinto et al., 2018). Si nos enfocamos en los índices de Shannon y de Simpson, este bosque presenta una diversidad media alta, dándonos a entender la recuperación ecosistémica. A pesar de ser un bosque intervenido el proceso de sucesión está dándose, hacia un bosque primario joven, entendiendo que es un bosque secundario en procesos de recuperación. Además, apoyado con la hipótesis de que la composición de dosel se recupera más rápido en los bosques de montaña que los de las zonas bajas (Caranqui, 2009).

### Estructura

En lo que respecta a la estructura horizontal existe una concentración de individuos de  $DAP \geq 10$  y 20 cm, siendo estos individuos jóvenes, similar a lo predicho por Hubbell (1986) en Caranqui (2008). Es así que disminuye la cantidad de individuos a la vez que se incrementa el diámetro de los árboles, dándonos a entender que existe menos árboles grandes y más árboles pequeños. Formando una jota invertida común de los bosques juveniles o en curso de

restauración, con la premisa de que estos bosques fueron deforestados y han tenido algún tipo de intervención (Uday y Busmman, 2004). En lo que respecta en la estructura vertical existe una relación con el diámetro, es decir árboles de gran altura tendrán diámetros mayores. Los resultados nos dicen que hay más árboles de 5 a 10 m en comparación con árboles que superen los 20 m. Así, existen muchos individuos pequeños y escasos árboles emergentes. Debido a que, en los bosques con dosel muy denso, los árboles incrementan rápidamente en altura más que el diámetro causado por fototropismo (Moreno et al., 2018). Finalmente, como se mencionó antes este bosque presenta un patrón de estructura horizontal y vertical de un bosque joven.

### **Biomasa**

La masa obtenida para la parcela 1 fue de  $145,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ , mientras que para la segunda parcela fue de  $170,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Un estudio realizado en Perú en los bosques montanos nos dice para un ecosistema similar de bosque montano bajo, una BA de  $145,98 \pm 2,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Vilanova et al. (2018) nos dice que en la elevación baja de los Andes tiene una BA de  $144,89 \pm 25,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ ; si comparamos con nuestro estudio que tenemos una media de  $155 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Dando a entender que la biomasa está en el rango aproximado de otros estudios similares en los mismos ecosistemas montanos. Así, mostrándonos que es un bosque secundario que se está recuperando y ayuda a mitigar en el cambio climático con el secuestro de carbono por medio de la acumulación de biomasa viva.

Dado que el establecimiento de las parcelas es reciente, aún es necesario continuar con el trabajo de identificación este trabajo en el Herbario Nacional. Adicionalmente, las parcelas se registrarán en el Programa ForestPlots. Las cifras preliminares obtenidas de diversidad y abundancia indican que esta área debe ser conservada y merece atención prioritaria.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Dávila, E., Cayuela, L., González-Caro, S., Aldana, A.M., Stevenson, P.R., Phillips, O., et al. (2017). Forest biomass density across large climate gradients in northern South America is related to water availability but not with temperature. *PLoS ONE* 12(3):1-16.
- Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., de las Salas, G., del Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S. y Rodríguez, L. (2012). Tree above-ground biomass allometrics for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Managements* 267: 297-308.
- Bruijnzeel, L. A., Mulligan, M. y Scatena, F. N. (2011). Hydrometeorology of tropical montane cloud forest: emerging patterns. *Hydrological Processes* 25: 465-498.
- Caranqui, J. A. (2008). Estructura y Composición de un Bosques Siempreverde Montano Bajo en Río Negro (Baños Tungurahua). ESPOCH.
- Cerón, C. (2005). Manual de Botánica, Sistemática, Etnobotánica y Métodos de Estudio en el Ecuador. Herbario “Alfredo Paredes” QAP. Escuela de Biología de la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- CISMIL. (2006). Objetivo 7: Garantiza la sostenibilidad del ambiente. Obtenido de: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=4831>
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology* 31: 476-496.

- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews* 55: 73-106.
- Gentry, A. H. (1982). Neotropical Floristic Diversity: Phylogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuations, or an Accident of the Andean Orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 557–593.
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *ANN. MISSOURI BOT. GARD.* 75: 1-34
- Gentry, A. H. (1992). A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. 1ra ed. Conservation International, Washington, DC, USA.
- Hamilton, L. S. (1995). A campaign for Cloud Forests: Unique and Valuable Ecosystems at Risk. IUCN Focus Series, IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, United Kingdom.
- Honorio, E. y Barker, T. R. (2010). Manual para el Monitoreo del ciclo del carbono en Bosque Amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana/Universidad de Leed. Lima. Perú.
- Hostettler, S. (2002). Tropical montane cloud forests: a challenge for conservation. *Bois et Forest des Tropiques* 274 (4): 19-31.
- Imbaquingo, H. (2015). Análisis de la capacidad de acogida de visitantes para la conservación ambiental del recurso atractivo natural de la parroquia Mindo, Pichincha. Caso de estudio:

“SENDEROS DEL CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL (CEA), BOSQUE PROTECTOR MINDO NAMBILLO”. Tesis. UCE. Quito, Ecuador.

Jarvis, A. y Mulligan, M. (2011). The climate of cloud forests. *Hydrological Processes* 25: 327-343.

Kappelle, M. y Brown, A (Eds). (2001). Bosques Nublados del Neotrópico. Editorial IMBIO, Costa Rica.

Medeiros, M. C. y Aidar, M. M. (2011). Structural variation and content of aboveground living biomass in an area of Atlantic Forest in the State of São Paulo, Brazil. *Hoehnea* 8(3): 413-428

M

Neil, D.A. (1999). Vegetation, Pp. 13-25. In P. M. Jørgensen & S. León-Yáñez (eds.). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75.

Pan, Y., Birdsey, R.A., Phillips, O.L., Jackson, R.B. (2013). The Structure, Distribution, and Biomass of the World's Forests. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 2013(44): 593–622.

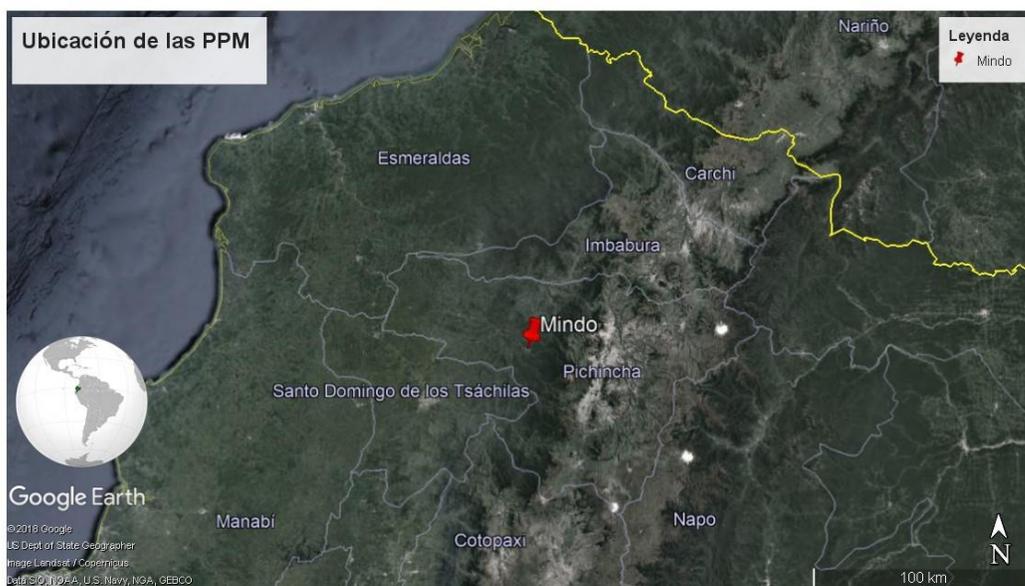
Pinto, E. A., Pérez, C., Ulloa Ulloa, J. L. y Cuesta, F. (2018). Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, Ecuador. CONDESAN, Quito, Ecuador.

Sáenz, M. y Onofa, A. (2005). Preguntas clave: Reporte de los ecosistemas terrestres ecuatorianos. Indicadores de Biodiversidad para Uso Nacional (Proyecto BINU). Quito. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Fundación EcoCiencia.

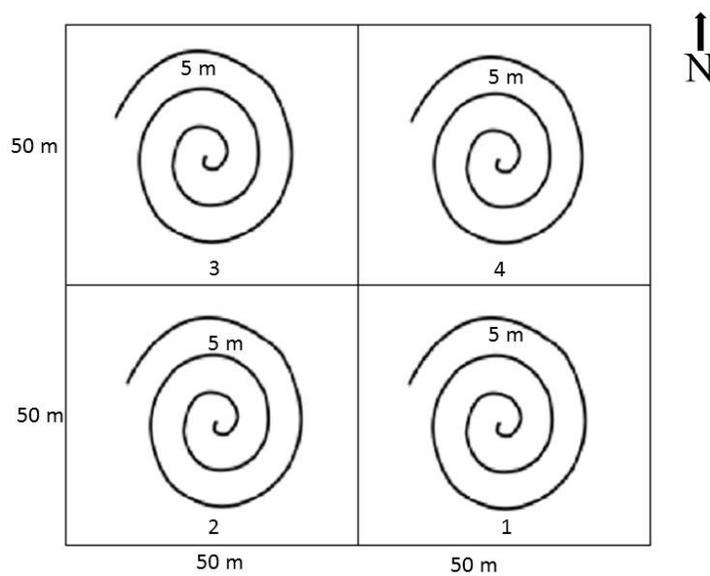
- Salas, A. (2014). Diseño de una ecoruta aviturística en el bosque protector Mindo Nambillo, provincia de Pichincha. Tesis, UCE. Quito, Ecuador.
- Sierra, R. (Ed). (1999). Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BORF y Ecociencia. Quito, Ecuador.
- Sierra, C. A., Del Valle, J. I., Orrego, S. A., Moreno, F. H., Harmon, M. E., Zapata, M. Colorado, G. J., Herrera, M. A., Lara, W., Restrepo, D. E., Berrouet, L. M., Loaiza, L. M. y Benjumea, J.F. (2007). Total, carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. *Forest Ecology and Management* 243: 299-309.
- Uday, M. y Bussman, R. (2004). Floristic distribution of the montane cloud forest at the Tapichalaca reserve, Cantón Palanda, Zamora province. *Lyonia* 7(1):91-98.
- Valencia, R. R. (1993). Composition and Structure of an Andean Forest Fragment in Eastern Ecuador. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*, p. 239-249. In S. Churchill; H. Balslev; E. Forero & J.L. Luteyn (Eds). Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. New York, New York Botanical Garden, 702p.
- Vilanova, E., Ramírez-Angulo, H., Torres-Lezama, A., Aymard, G., Gámez, L., Durán, C., et al. (2018). Environmental drivers of forest structure and stem turnover across Venezuelan tropical forests. *PLoS ONE* 13(6): 1-27.
- Young, K. C., Ulloa Ulloa, J.L., Luteyn, J. L. y Knapp, S. (2002). Plant Evolution and Endemism in Andean South America: *An introduction*. *Botanical Review* 68(1): 4-21.

Zanne, A. et al. (2009). Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum,  
Dataset. <https://doi.org/10.5061/dryad.234>.

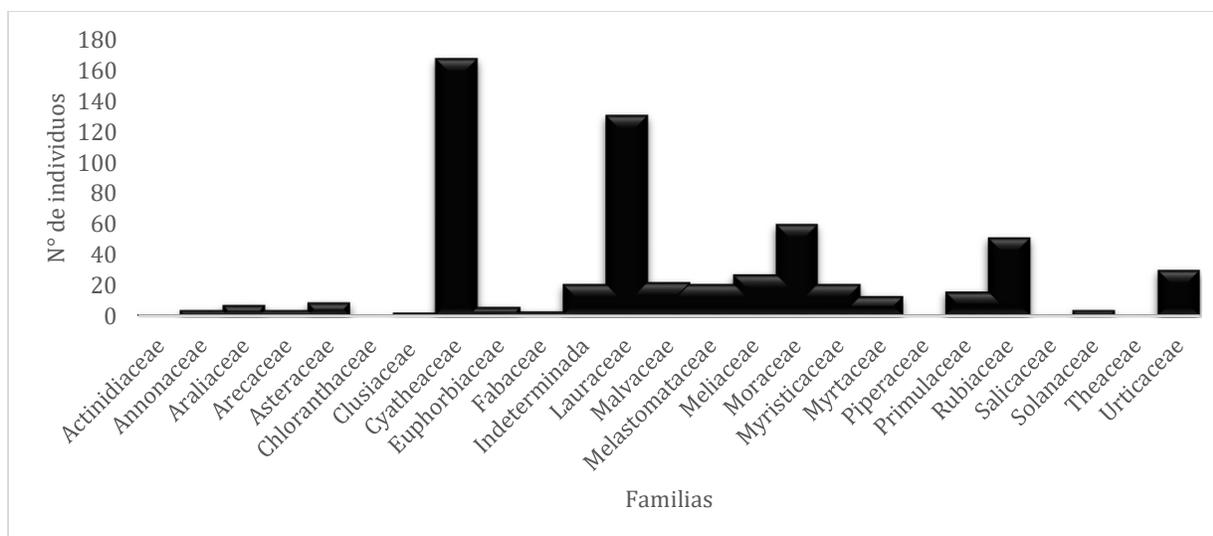
## ANEXO A: FIGURAS



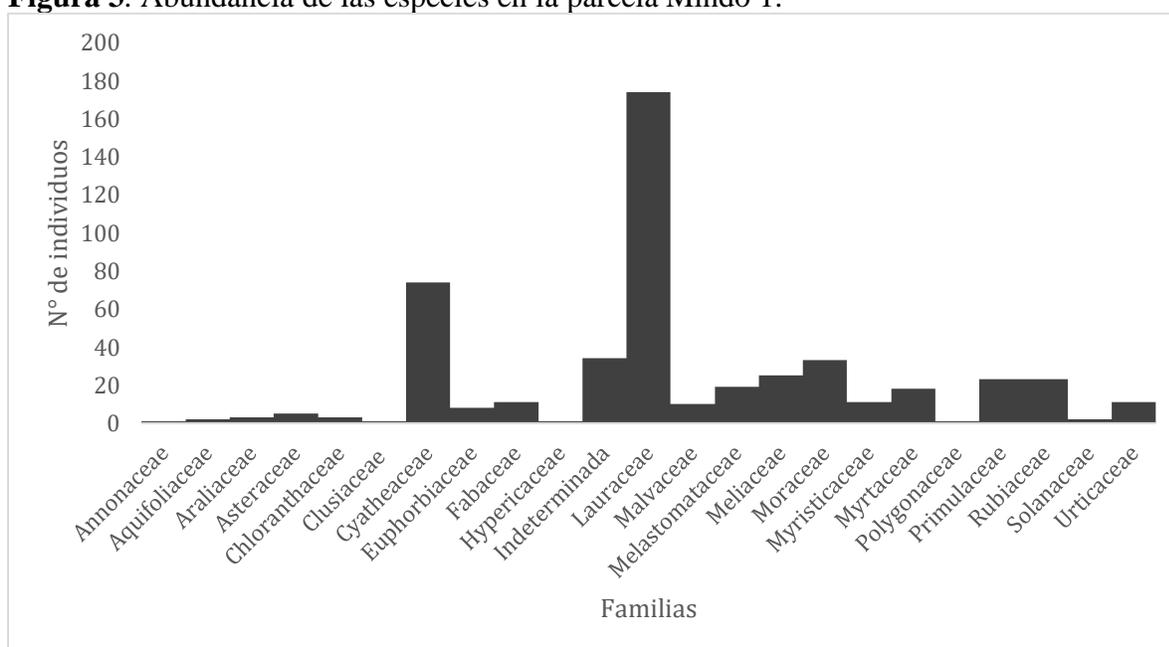
**Figura 1.** Mapa del área de estudio.



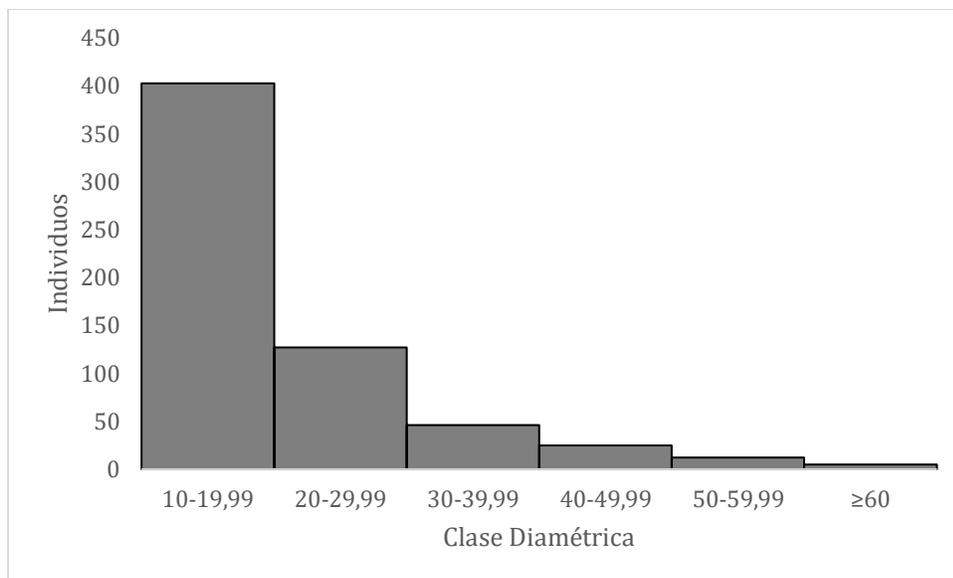
**Figura 2.** Disposición de los subcuadrantes para el muestreo de los árboles.



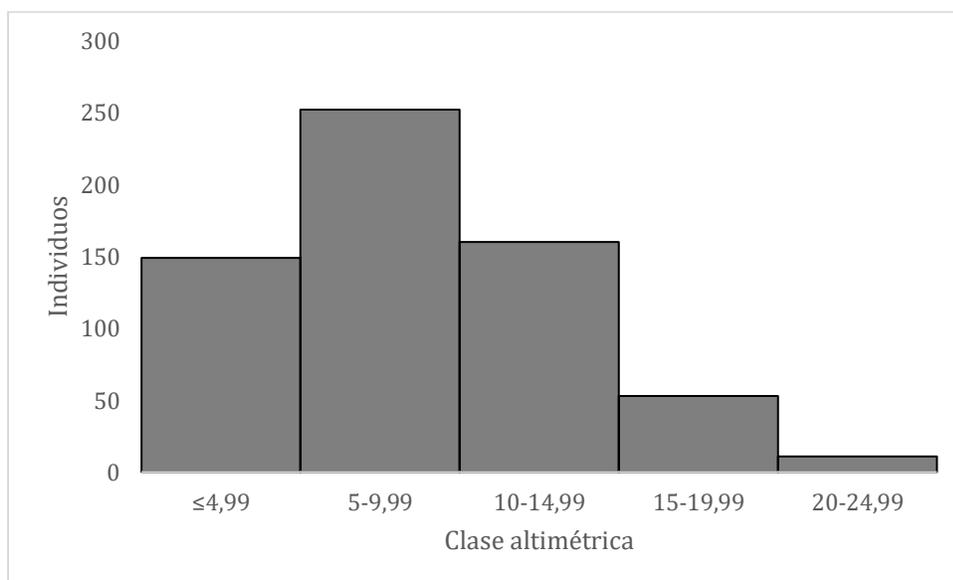
**Figura 3.** Abundancia de las especies en la parcela Mindo 1.



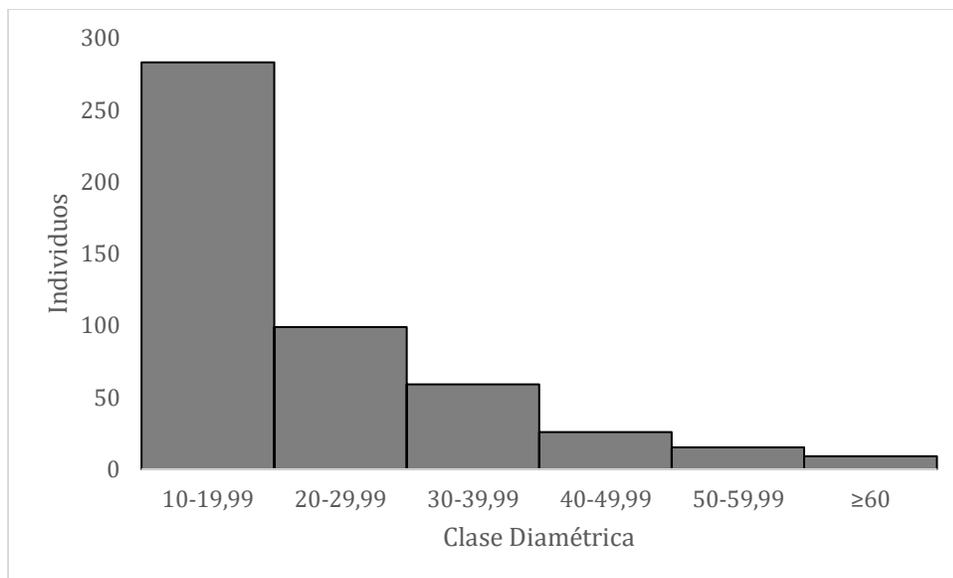
**Figura 4.** Abundancia de las especies de la parcela Mindo 2.



**Figura 5.** Distribución de las clases diamétricas de Mindo 1



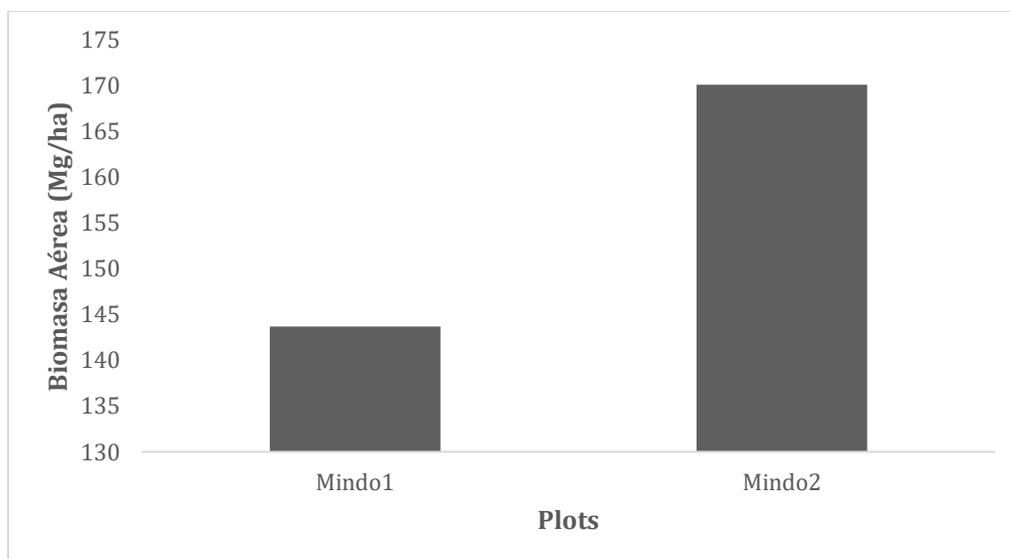
**Figura 6.** Distribución de las clases altimétricas de Mindo 1.



**Figura 7.** Distribución de las clases diamétricas de Mindo 2.



**Figura 8.** Distribución de las clases altimétricas de Mindo 2



**Figura 9.** Biomasa aérea estimada para el año de medición 2019.

## ANEXO B: TABLAS

**Tabla 1.** Datos geográficos de la ubicación de las parcelas permanentes en el Bosque Nublado de Mindo Nambillo.

Parcela	Zona de vida	Área(ha)	Latitud	Longitud	Altitud(msnm)	Año
Mindo1	Bosque montano	1.0			1600	2019
Mindo2	Bosque montano	1.0			1600	2019

**Tabla 2.** Registro del número de familias, géneros, especies e individuos en cada parcela.

Registro 2019				
Parcela	Familias	Géneros	Especies	Individuos
Mindo1	24	43	57	625
Mindo2	22	30	55	492
TOTAL	-	-	-	1117

**Tabla 3.** Abundancia de las especies en cada parcela.

Familias	Especies	Mindo 1	Mindo 2
Actinidiaceae	Saurauia sp.	1	0
Annonaceae	Indet	4	1
Aquifoliaceae	Ilex sp.	0	2
Araliaceae	Dendropanax sp.	0	1
Araliaceae	Oreopanax sp.	7	2
Arecaceae	Ceroxylon sp.	3	0
Arecaceae	Euterpe precatória	1	0
Asteraceae	Critoniopsis occidentalis	9	5
Chloranthaceae	Hedyosmum sp.	1	3
Clusiaceae	Clusia sp.	1	0
Clusiaceae	Garcinia sp.	0	1
Clusiaceae	Tovomita sp.	1	0
Cyatheaceae	Alsophila firma	0	27
Cyatheaceae	Alsophila sp.	13	2
Cyatheaceae	Alsophila sp. 1	12	0
Cyatheaceae	Alsophila sp. 2	119	0
Cyatheaceae	Cyathea caracasana	0	5
Cyatheaceae	Cyathea sp.	24	40
Euphorbiaceae	Alchornea sp.	3	5
Euphorbiaceae	Alchornea sp. 1	0	1
Euphorbiaceae	Alchornea sp. 2	0	1
Euphorbiaceae	Indeterminada	1	1
Euphorbiaceae	Hieronyma sp.	1	0

Euphorbiaceae	Sapium sp.	1	0
Fabaceae	Indeterminada	1	2
Fabaceae	Erythrina sp.	1	9
Fabaceae	Inga sp.	1	0
Hypericaceae	Vismia sp.	0	1
Indeterminada	Indet	21	34
Lauraceae	Indeterminada	6	43
Lauraceae	Nectandra sp.	0	4
Lauraceae	Nectandra sp. 1	0	1
Lauraceae	Ocotea cf. benthamiana	0	37
Lauraceae	Ocotea oblonga	0	25
Lauraceae	Ocotea sp.	24	18
Lauraceae	Ocotea sp. 1	28	0
Lauraceae	Ocotea sp. 2	28	14
Lauraceae	Ocotea sp. 3	5	5
Lauraceae	Ocotea sp. 4	1	17
Lauraceae	Ocotea sp. 5	30	1
Lauraceae	Ocotea sp. 6	0	2
Lauraceae	Persea sp.	9	6
Malvaceae	Matisia sp.	9	6
Malvaceae	Matisia sp. 1	10	0
Malvaceae	Indeterminada	0	4
Malvaceae	Matisia sp. 2	3	0
Melastomataceae	Miconia sp.	12	17
Melastomataceae	Miconia sp. 1	5	1
Melastomataceae	Miconia sp. 2	2	1
Melastomataceae	Miconia sp. 3	2	0
Theaceae	Gordonia fruticosa	1	0
Meliaceae	Guarea sp.	23	13
Meliaceae	Guarea sp. 2	0	4
Meliaceae	Indeterminada	3	8
Meliaceae	Trichilia sp.	1	0
Moraceae	Indeterminada	6	7
Moraceae	Brosimum sp.	6	6
Moraceae	Clarisia sp.	1	0
Moraceae	Ficus sp.	9	9
Moraceae	Ficus sp. 1	0	1
Moraceae	Ficus sp. 2	0	2
Moraceae	Ficus sp. 3	0	1
Moraceae	Naucleopsis sp.	2	0
Moraceae	Perebea sp.	14	3
Moraceae	Pseudolmedia sp.	22	4

Myristicaceae	Otoba gordoniiifolia	0	4
Myristicaceae	Otoba sp.	10	2
Myristicaceae	Indeterminada	2	5
Myristicaceae	Viola sp.	9	0
Myrtaceae	Eugenia sp.	10	11
Myrtaceae	Indeterminada	1	4
Myrtaceae	Eugenia sp. 1	0	1
Myrtaceae	Eugenia sp. 2	1	2
Myrtaceae	Myrcia sp.	1	0
Piperaceae	Piper obliquum	1	0
Polygonaceae	Coccoloba sp.	0	1
Primulaceae	Clavija eggersiana	0	9
Primulaceae	Clavija sp.	7	1
Primulaceae	Myrsine sp.	9	13
Rubiaceae	Elaeagia cf. mariae	0	1
Rubiaceae	Indeterminada	7	7
Rubiaceae	Elaeagia sp.	15	11
Rubiaceae	Ladenbergia riveroana	1	0
Rubiaceae	Palicourea sp.	1	0
Rubiaceae	Psychotria sp.	27	4
Salicaceae	Banara sp.	1	0
Solanaceae	Indeterminada	0	1
Solanaceae	Solanum sp.	0	1
Solanaceae	Solanum sp. 1	3	0
Solanaceae	Solanum sp. 2	1	0
Urticaceae	Cecropia membranacea	22	10
Urticaceae	Cecropia sp.	2	0
Urticaceae	Coussapoa sp.	0	1
Urticaceae	Urera sp.	6	0
Total		625	492

**Tabla 4.** Familias con mayor importancia valor de importancia ecológico en la parcela Mindo 1.

FAMILIA	Abundancia Absoluta	Arelativa	DomiRelat	Diversidad	Drelativa	IVIF
Cyatheaceae	168	269,34	8,501	4	5,88	94,57
Lauraceae	131	210,02	29,73	8	11,76	83,84
Moraceae	60	96,19	10,77	7	10,29	39,09
Rubiaceae	51	81,76	6,22	5	7,35	31,78
Urticaceae	30	48,10	14,69	3	4,41	22,40
Meliaceae	27	43,29	3,80	3	4,41	17,17
Myristicaceae	21	33,67	9,29	3	4,41	15,79
Malvaceae	22	35,27	2,64	3	4,41	14,11

Melastomataceae	21	33,67	1,54	4	5,88	13,70
Indeterminada	21	33,67	2,91	1	1,47	12,69
Primulaceae	16	25,65	1,93	2	2,94	10,18
Myrtaceae	13	20,84	1,86	4	5,88	9,53
Asteraceae	9	14,43	2,43	1	1,47	6,11
Euphorbiaceae	6	9,62	0,52	4	5,88	5,34
Araliaceae	7	11,22	0,53	1	1,47	4,41
Arecaceae	4	6,41	0,73	2	2,94	3,36
Solanaceae	4	6,41	0,23	2	2,94	3,19
Fabaceae	3	4,81	0,14	3	4,41	3,12
Annonaceae	4	6,41	0,25	1	1,47	2,71
Clusiaceae	2	3,21	0,27	2	2,94	2,14
Theaceae	1	1,60	0,56	1	1,47	1,21
Salicaceae	1	1,60	0,13	1	1,47	1,07
Actinidiaceae	1	1,60	0,10	1	1,47	1,06
Chloranthaceae	1	1,60	0,057	1	1,47	1,04
Piperaceae	1	1,60	0,054	1	1,47	1,04
<b>Total general</b>	<b>625</b>	<b>625</b>	<b>100</b>	<b>68</b>	<b>100</b>	<b>400,66</b>

**Tabla 5.** Familias con mayor importancia valor de importancia ecológico en la parcela Mindo 2.

FAMILIA	Aabsoluta	Arelativa	DomRelat	Diversidad	DivRelat	IVIF
Lauraceae	173	35,16	44,48	12	18,18	32,609
Moraceae	33	6,71	9,22	8	12,12	9,349
Cyatheaceae	74	15,04	6,00	4	6,06	9,032
Indeterminada	34	6,91	8,31	1	1,52	5,580
Meliaceae	25	5,08	5,03	3	4,55	4,886
Myristicaceae	11	2,24	6,73	3	4,55	4,502
Rubiaceae	23	4,67	2,12	4	6,06	4,284
Primulaceae	23	4,67	2,96	3	4,55	4,060
Myrtaceae	18	3,66	1,93	4	6,06	3,884
Euphorbiaceae	8	1,63	3,08	4	6,06	3,588
Melastomataceae	19	3,86	1,14	3	4,55	3,182
Fabaceae	11	2,24	2,14	2	3,03	2,469
Urticaceae	11	2,24	1,46	2	3,03	2,241
Malvaceae	10	2,03	1,01	2	3,03	2,024
Asteraceae	5	1,02	2,84	1	1,52	1,792
Araliaceae	3	0,61	0,16	2	3,03	1,267
Solanaceae	2	0,41	0,11	2	3,03	1,182
Chloranthaceae	3	0,61	0,19	1	1,52	0,772
Aquifoliaceae	2	0,41	0,32	1	1,52	0,746
Polygonaceae	1	0,20	0,43	1	1,52	0,715

Clusiaceae	1	0,20	0,25	1	1,52	0,657
Annonaceae	1	0,20	0,06	1	1,52	0,592
Hypericaceae	1	0,20	0,04	1	1,52	0,586
Total general	492	100,00	<b>100,00</b>	66	100	100

**Tabla 6.** Datos de índices de diversidad.

<b>ÍNDICES</b>	<b>Mindo 1</b>	<b>Mindo 2</b>
Riqueza	57	55
Individuos	625	492
Shannon	2,59	2,21
Simpson	0,89	0,86