



PROGRAMA DE ECOLOGÍA

ACTA DE EVALUACIÓN INTEGRAL DE PROYECTO DE GRADO

En Popayán a los 04 días del mes de octubre de 2023, se reunió el Jurado Evaluador, integrado por: Lina Marcela Ángel Erazo y Luis Gerardo Chilito López, para evaluar a la estudiante de Ecología:

EVELYN ADRIANA HOYOS CERON

El jurado evaluador atendiendo a los reglamentos del programa en Ecología y considerando que la estudiante ha demostrado suficiencia de conocimientos, capacidad analítica y deductiva, adaptación a situaciones nuevas, capacidad para la comunicación escrita y oral, aptitud para el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas, le confiere la calificación de:

ACEPTADO x

REPROBADO

Para optar por el título de profesional en Ecología.

Lina Marcela Angel

Lina Marcela Angel Erazo

Luis Gerardo Chilito Lopez

Luis Gerardo Chilito Lopez



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN



**Caracterización florística y estructural de la Reserva Natural de la Sociedad Civil
Amalaka, Cauca, Colombia.**



**FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA DE POPAYÁN**

Evelyn Adriana Hoyos Cerón

**Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias
Programa de Ecología
Popayán 2023**

**Caracterización florística de la Reserva Natural de la Sociedad Civil
Amalaka, Cauca, Colombia.**



**FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA DE POPAYÁN**

Evelyn Adriana Hoyos Cerón

Trabajo de investigación para optar al título de Ecóloga

**Directora: Julieth Alexandra Chacón
Ingeniera Forestal**

**Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrarias
Programa de Ecología
Popayán 2023**

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por ser mi guía, por darme fuerza y sabiduría para poder avanzar

en esta larga trayectoria de vida, y por permitirme crecer a nivel profesional.

A mis padres por todo el amor y los buenos valores que inculcaron, por enseñarme a ser una mujer guerrera y valiente.

A mi hermana por la confianza, el apoyo incondicional y constante.

A mi compañero de vida, quien ha sido mi pilar desde el inicio, quien día a día me motivó y me brindó todo su apoyo y compañía.

A mi directora de tesis Julieth Alexandra Chacón, por ser una excelente docente y valioso ser humano. Agradezco su acompañamiento y paciencia para lograr culminar mi formación como profesional.

A mis compañeros y amigos con quienes estable una relación muy estrecha a lo largo de la formación, destacando a Yurani Pantoja, Gabriel Pizo y Vanessa Burbano.

A los miembros de Reserva Amalaka, por permitirme vincularme en su territorio por vincularme en sus actividades y permitirme adquirir sus conocimientos.

Dedicatoria

Mi trabajo de investigación va dedicado primeramente a mi Angelito del cielo, mi padre; a mi madre y hermana que han sido mi apoyo y motivación; y a mi compañero de vida, quien estuvo conmigo durante todo este proceso.

Caracterización florística y estructural de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka, Cauca, Colombia.

Evelyn Adriana-Hoyos¹, Julieth Alexandra-Chacon²

Resumen

Las actividades antrópicas son las principales causas de la pérdida de biodiversidad, así mismo de los cambios en la estructura y función de los bosques. La máxima destrucción y pérdida de biodiversidad a causa de las practicas ganaderas, agrícolas e industriales, conlleva a vivir los efectos dados por el cambio climático. Este estudio presenta la caracterización de la vegetación de un relicto de bosque subandino y la zona de amortiguación como área disturbada por actividades agropecuarias de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka, con el fin de hacer el reconocimiento de la diversidad vegetal dentro de la reserva con alcances de implementar proyectos de conservación mediante procesos de restauración ecológica. Se utilizó la metodología RAP (Rapid Assessment Plot) con modificaciones. La unidad de muestreo se subdividió en 3 transectos lineales de 50 m de longitud x 4 m de ancho para el relicto de bosque, registrando los fustales con DAP >5cm y 2 transectos subdivididos en 6 parcelas para la zona de amortiguación haciendo colecta libre. Se estableció composición y estructura de la vegetación, y se analizó el índice de valor de importancia (IVI). Así mismo, la diversidad por medio del índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson y Margalef. Se registro un total de 482 individuos; 57 procedentes de la zona de relicto de bosque y 425 de la zona de amortiguación. Las familias con mayor número de especies fueron Asteraceae, Melastomataceae y Fabaceae. Como especies de mayor importancia ecológica (IVI) dentro del relicto de bosque se encontró *Quercus humboldtii* y *Lacistema aggregatum*. De acuerdo a la UICN esta primera se encuentra en estado vulnerable (VU) y una dentro del apéndice II, *Catasetum maculatum* especie perteneciente a la familia de Orchidaceae. A nivel estructural y teniendo en cuenta las clases de altura, se registraron más individuos de especies arbóreas de interés que están entre los 15 y 20 metros de altura, teniendo el *Quercus humboldtii* y *Lacistema aggregatum* como especies representativas.

Palabras clave: Diversidad, gremios ecológicos, restauración ecológica, reservas naturales, perfiles

Abstract

Anthropic activities are the main causes of biodiversity loss, as well as changes in the structure and function of forests. The maximum destruction and loss of biodiversity due to livestock, agricultural and industrial practices leads to experiencing the effects of climate change. This study presents the characterization of the vegetation of a sub-Andean Forest relict and the buffer zone as an area disturbed by agricultural activities of the Amalaka Civil Society Nature Reserve, in order to recognize the plant diversity within the reserve. with scope to implement conservation projects through ecological restoration processes. The RAP (Rapid Assessment Plot) methodology was used with modifications. The sampling unit was subdivided into 3 linear transects of 50 m long x 4 m wide for the relict forest, recording stems with DBH >5cm and 2 transects subdivided into 6 plots for the buffer zone, making free collection. Composition and structure of the vegetation was established, and the importance value index (IVI) was analyzed. Likewise, diversity through the Shannon-Wiener index, Simpson and Margalef index. A total of 482 individuals were registered; 57 from the relict forest area and 425 from the buffer zone. The families with the highest number of species were Asteraceae, Melastomataceae and Fabaceae. *Quercus humboldtii* and *Lacistema aggregatum* were found as species of greatest ecological importance (IVI) within the relict forest. According to the IUCN, this first one is in a vulnerable state (VU) and one in appendix II, *Catasetum maculatum*, a species belonging to the Orchidaceae family. At a structural level and taking into account the height classes, more individuals of tree species of interest that are between 15- and 20-meters high were recorded, with *Quercus humboldtii* and *Lacistema aggregatum* as representative species.

Keywords: Diversity, ecological guilds, ecological restoration, nature reserves, vegetation profiles

Introducción

Colombia se caracteriza por ser el segundo país más diverso, abarcando no solo el ámbito biológico sino el cultural. A partir de ahí, se resalta que gran parte del desarrollo económico del país se da mediante la sobre explotación de los recursos naturales, cuyos procesos y actividades no miden el nivel de capacidad con la cuentan el medio natural para tolerar y sostener los procesos económicos. En consecuencia, se dice que al menos el 40% del territorio se encuentra en estado de daño, degradación o destrucción, presentando valores muy altos de deforestación, y es ahí donde se requiere de la restauración ecológica como una estrategia que permite la recuperación de las áreas degradadas(Aguilar-Garabito & Ramírez-Hernández, 2016).

Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) se encuentran dentro de las categorías de áreas protegidas, y son reconocidas bajo el marco legal colombiano mediante la Ley 99 de 1993, artículo 109 y 110. Las RNSC se caracterizan por ser entidades de protección privada que han venido estimulando procesos de conservación y protección de los recursos naturales (WWF, 2021), a través de la implementación de acciones que abarcan no sólo el factor ambiental sino también el social y económico, resaltando que es de vital importancia fortalecer la relación de la sociedad con la naturaleza, y de esta manera se puede lograr un mejor aprovechamiento de servicios ecosistémicos.

El proceso técnico para estudiar y analizar la diversidad de un ecosistema se realiza mediante la caracterización de la vegetación, específicamente el inventario florístico, inventario que permite tener un acercamiento más detallado en cuanto a la composición, estructura y función de la vegetación, datos que permiten llevar a cabo comparaciones entre la diversidad de dos ecosistemas relevantes para planes de manejo de la misma (Campo & Duval, 2014).

De esta manera, el estudio dentro de la Reserva de Amalaka fue importante realizarlo porque permitió determinar la composición y estructura del ecosistema de referencia para poder establecer procesos de restauración más efectivos, teniendo en cuenta que la restauración ecológica es la herramienta más apropiada para recuperar, aumentar y conservar la biodiversidad y servicios ecosistémicos dentro de cualquier reserva y conocer las especies representativas del área como potenciales para los procesos restaurativos.

Materiales y métodos

Área de estudio.

La Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) Amalaka se encuentra ubicada en la cordillera central, en la cuenca alta del Río Cauca cerca de la vía panamericana entre el kilómetro 8 y 9, de la vereda Brisas, corregimiento de Florencia en el municipio de Totoró, departamento del Cauca (*Figura 1*). Actualmente cuenta con una extensión de 12,51 hectáreas, caracterizándose por presentar ecosistema de bosque húmedo tropical premontano (bh-P) según la clasificación de Holdridge (1978), a una altura de 1.760 m.s.n.m, donde presenta temperaturas promedio de 20°C. Cuenta con zonas denominadas: *zonas de conservación, zonas de amortiguación, zonas de ecoturismo y agrosistemas*. Posee, además, en su área de influencia afluentes hídricos como el Río Cofre, Río Palacé y del Río Cauca. Además, dentro de la Reserva se encuentra la única institución educativa, conocida como “Granja Escuela Amalaka”, reconocida por su gran aporte de educación con una propuesta pedagógica de educación alternativa e inclusiva.

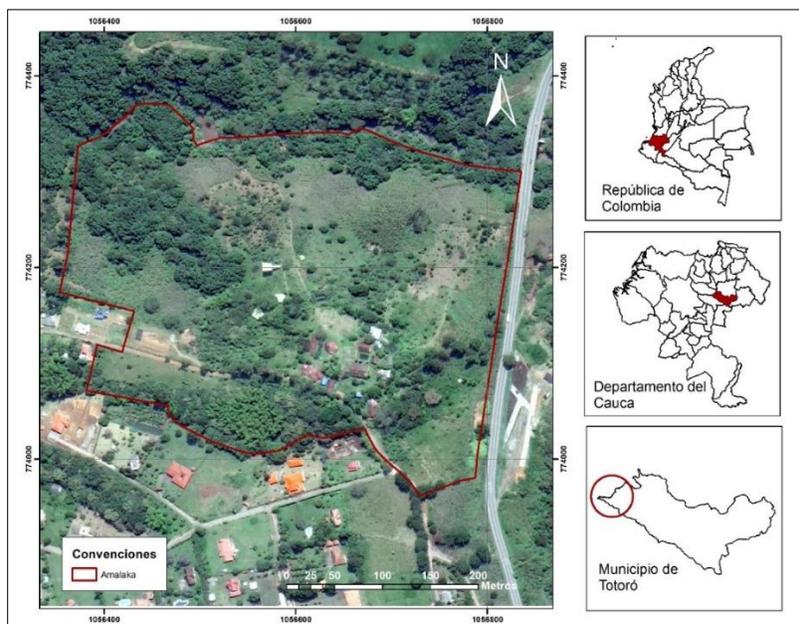


Figura 1. Localización de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

Mapa de coberturas

Durante la primera fase se elaboró el mapa de coberturas vegetales de la Reserva de Amalaka a escala 1:5000, teniendo como base la cartografía existente y uso de fotografía área del terreno (SAS Planet) y por medio del uso del sistema de información geográfica

ArcGIS 10.4.1 se determinaron las áreas a estudiar, donde se digitalizó la zona de relicto de bosque (zona de conservación) y área degradada (zona de amortiguación), que comprende 4,725 y 2,941 ha respectivamente, (Figura 2).

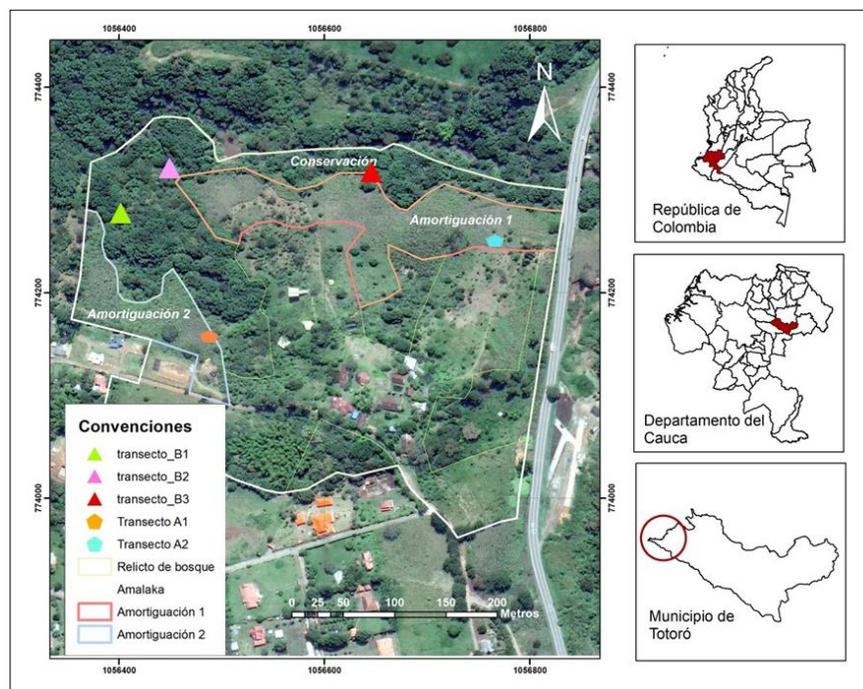


Figura 2. Zona de conservación y amortiguación como área de estudio de la Reserva Muestreo.

Se reconoció las áreas de estudio, en donde se definieron las unidades a evaluar mediante el muestreo al azar estratificado. La metodología implementada fue modificada de acuerdo las condiciones del área; en las coberturas vegetales se establecieron 5 unidades de muestreo (1000 m²); 3 para relicto de bosque y 2 para amortiguación (figura 2), demarcados por transectos en banda de 50 x 4 m evaluando un área total de 0,1 ha según lo propuesto por Gentry (1982).

Dentro de los 3 transectos (600m²) en relicto de bosque, se realizó muestreo del estrato arbóreo caracterizando los individuos con DAP (diámetro a la altura del pecho a 1,3 m del suelo) y censando los fustales mayor o igual a 10 cm registrando datos específicos de cada individuo como: especie, nombre común, ubicación espacial, altura total (HT), diámetro de copa, entre otros. Así mismo, en la zona de amortiguación se ubicaron 2 transectos lineales de 50 m de longitud cada uno, distanciados entre sí por 50 m. en donde se ubicaron seis subparcelas de 1 m², separadas entre sí por 9 m (excepto la última parcela que se ubica a 8

m), para un total de 12 subparcelas, teniendo en cuenta que las áreas cuentan con presencia de herbáceas asociada a actividades agrícolas. En cada subparcela se tomarán datos y muestras libres para su identificación botánica. Método considerado útil para muestrear árboles y arbustos en todos los tipos de elementos de un paisaje, bordes o matriz con vegetaciones de muy diversos tipos (bosques nativos, plantaciones comerciales, cultivos, vegetación riparia, pastizales, sistemas agroforestales, etc.), (Lozano-Zambrano, 2009)

Colecta de ejemplares botánicos

En medio del levantamiento florístico se hizo colecta de material vegetal (ejemplares preferiblemente fértiles) y se tuvo en cuenta una serie de características fenológicas (presencia o ausencia de látex, composición de las hojas, posición de estambres, color de flores y frutos) de cada individuo. Cada ejemplar fue registrado consecutivamente y posteriormente prensado en papel periódico con alcohol para su preservación, para ser secado e identificado en el Herbario Álvaro Fernández Pérez (AFP) de la Fundación Universitaria de Popayán (FUP), siguiendo la metodología propuesta (Villareal et al., 2004). La identificación se hizo con el apoyo de claves dicotómicas de textos especializados, páginas web especializadas como la colección en línea del Herbario COL de la Universidad Nacional de Colombia y la base de datos ColPlantA <https://colplanta.org/>

Análisis de datos

Los datos recolectados de cada individuo en campo fueron ordenados y clasificados por tipo de cobertura y transecto en una tabla base de Excel. A partir de la base de datos se filtraron los valores necesarios para obtener la estructura de la vegetación en base al cálculo de parámetros como, abundancia, abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa; por medio de los cuales se calcula el índice de valor de importancia por especie (IVI), como estimativo de cuan dominante es cada especie referente a la totalidad de las especies en la zona de muestreo. Así mismo se calculó la composición y abundancia a nivel de familia, género y especie, al igual que los índices de riqueza y diversidad (Simpson, Margalef y Shannon) con el software estadístico PAST versión 1.0. (Hammer *et al.* 2001)

Estructura vertical y horizontal

Los diagramas estructurales permiten representar los valores de cobertura (%) y según los estratos (metros de altura), a su vez se obtiene una idea gráfica de la dominancia energética según su disposición vertical y horizontal.(Rangel-Ch & Velásquez, 1997). Para los individuos del relicto de bosque se trabajó con la propuesta de Rangel y Lozano (1986), teniendo en cuenta los estratos Rasante, Herbáceo, Arbustivo, Subarbóreo, Arbóreo inferior y Arbóreo superior (Tabla 1); a continuación, los métodos de cálculo implementados en el estudio para el análisis.

Tabla 1. Clasificación de estratos de las coberturas

Estrato (m)	Nombre	Símbolo
>25	Arbóreo superior	As
12.1-25	Arbóreo inferior	Ai
5.1-12	Subarbóreo	Ar
1.51-5	Arbustivo	Arb
0.31-1.5	Herbáceo	Hb
0-0,3	Rasante	R

Abundancia absoluta: Hace referencia al número de individuos por especie

$$Aa = Ni$$

Dónde:

Aa = abundancia absoluta.

Ni = número de individuos por especie

Abundancia relativa: Es la proporción de los individuos por especie en el total resultante de muestreo

$$AR = (Aa/At) * 100$$

Donde:

AR= Abundancia relativa (%).

Aa = número de individuos por especie en el área muestreada.

At = número de individuos total en el área muestreada.

Frecuencia absoluta: Es la presencia o ausencia de una especie dentro de los transectos muestreados

$$FR = \left(\frac{F_i}{F_t} \right) \times 100$$

Dominancia absoluta: Es la suma de las coberturas de las proyecciones horizontales de los árboles en el suelo

$$Da = \sum \left[\left(\frac{\pi}{4} \times dap^2 \right) \right]$$

Donde:

Da= Dominancia absoluta.

$\pi = 3,141593$.

dap = Diámetro a la altura del pecho (cm).

Dominancia relativa

$$Dr = \frac{Da}{Dt} \times 100$$

Donde:

DA= dominancia absoluta de cada especie.

At = área basal total en el área muestreada.

Área basal: Superficie de una sección transversal del tallo o tronco a determinada altura del suelo.

$$AB = \frac{\pi}{4} \left(\frac{DAP}{100} \right)^2$$

Donde:

AB = área basal.

$\pi = 3,141593$.

DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm).

Índice de Valor de Importancia (IVI)

se calculó con la sumatoria de la Abundancia 0 densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, según lo propuesto por (Finol, 1976 en (Rangel-Ch & Velásquez, 1997).

$$IVI = Dr + Fr + Dr$$

Dónde:

Ar = Abundancia relativa.

Fr = Frecuencia relativa.

Dr = Dominancia relativa.

Distribución diamétrica y altimétrica

Se agruparon los árboles inventariados en categorías diamétricas y altimétricas con intervalos establecidos por ecuación.

$$C = \frac{X_{max} - X_{min}}{m}$$

Donde

C = amplitud del intervalo.

Xmax = valor máximo.

Xmin = valor mínimo.

m = $1+3,3 (\log N)$. / número de intervalos

Perfiles de vegetación

Se hizo la representación gráfica de cada individuo con los registrados en los transectos de relicto de bosque, siguiendo como línea bases los puntos de referencia, los perfiles se graficaron teniendo en cuenta la ubicación espacial (X y Y), altura, porte del tronco y forma aproximada de la copa (Rangel-Ch & Velásquez, 1997) todo el proceso se hizo por medio del software Adobe Photoshop (versión 22.5.1).

Categoría de amenaza

La categoría de amenaza de las especies vegetales registradas fue validada por medio de la lista de especies en libros Rojos de Colombia, en la RedList de la UICN (2022), en la resolución 0192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la base de datos de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES). Proceso importante para seleccionar las especies más vulnerables para dirigir esfuerzos de conservación para evitar su extinción y mantener la diversidad biológica del planeta.

Gremios ecológicos

De acuerdo a la clasificación de gremios ecológicos de Finegan y Delgado (1997), se determinaron los gremios de las especies identificadas teniendo en cuenta los patrones similares de exigencia de radiación lumínica, regeneración y crecimiento. Los gremios se clasificaron en cuatro grupos. 1) Heliófitas Efímeras (HE), especies de rápido crecimiento y vida corta (10 a 15 años); 2) Heliófitas Durables (HD) especies intolerantes a la sombra, de crecimiento rápido y ciclo de vida más bien largo; 3) Esciófitas Parciales (EP) tolerantes a la sombra en las etapas tempranas de su desarrollo, pero requieren de elevadas tasas de iluminación para pasar de las etapas intermedias a la madurez, y 4) Esciófitas Totales (ET) que requieren sombra y no tienen la capacidad de aumentar significativamente su crecimiento con la apertura del dosel (Prieto, 2000).

Resultados

Composición florística, riqueza y diversidad

El área muestreada fue de 1.000 m², abarcando dos zonas de estudio, mediante los 5 levantamientos se obtuvieron 482 individuos pertenecientes 22 familias, 49 géneros y 52 especies (de las cuales nueve no se lograron identificar).

Para el relicto de bosque se registró un total de 57 individuos con un DAP \geq 5cm pertenecientes a 11 familias, 16 géneros y 18 especies, entre árboles y arbustos, de los cuales 4 individuos no se lograron identificar; la zona de amortiguación registró 425 individuos pertenecientes a 16 familias, 33 géneros y 36 especies, entre herbáceas, gramíneas y rasantes, de los cuales 5 individuos no se lograron identificar (tabla 2).

De las 22 familias registradas en total, las de mayor riqueza fueron Asteraceae y Melastomataceae con 7 especies respectivamente, seguida de Fabaceae con 4 especies, Rubiaceae y Poaceae con 3 especies cada una, Clusiaceae y Myrtaceae con dos especies cada una y las restantes con una especie respectivamente (figura 3).

Tabla 2. Composición florística de las dos zonas de muestreo de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka.

	RELICTO BOSQUE	AMORTIGUACIÓN
Familias	11	16
Géneros	16	33
Especies	18	35
Individuos	57	425

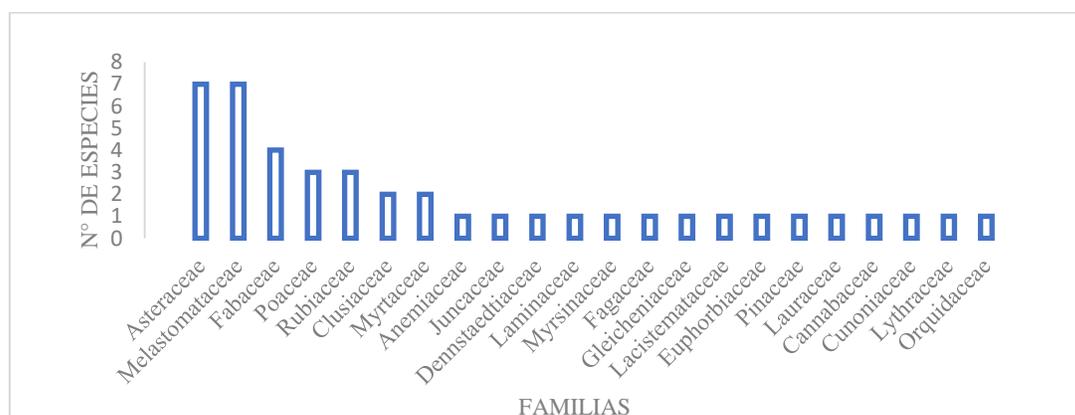


Figura 3. Familias con mayor riqueza en las dos zonas de la Reserva Natural de la Sociedad Civil

Estructura horizontal

Abundancia

Las especies encontradas con mayor abundancia para el relicto del bosque fueron *Quercus humboldtii* Bonpl (Fagaceae) con 18 individuos (31.6 %), seguido de *Lacistema aggregatum* PJBergius (Lacistemaceae) con 11 individuos (19.3%), *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) con 3 individuos (5.3%).

Las especies más abundantes para la zona de amortiguación fueron *Anemia tomentosa* var. *villosa* (Anemiaceae) con 57 individuos (13,4%), *Juncus* sp (Juncaceae) con 49 individuos

(11.5%), *Melinis minutiflora* P.Beauv. (Poaceae) con 44 individuos (10.3 %), *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Dennstaedtiaceae) con 42 individuos (9.8 %), *Hyptis capitata* Jacq. (Lamiaceae) con 31 individuos (7.3 %), *Coccocypselum lanceolatum* (Ruiz y Pav.) Pers (Rubiaceae) con 29 individuos (6.8 %), *Eriosema diffusum* (Kunth) G.Don (Fabaceae) y *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. (Myrsinaceae) con 19 individuos respectivamente (4.5%).

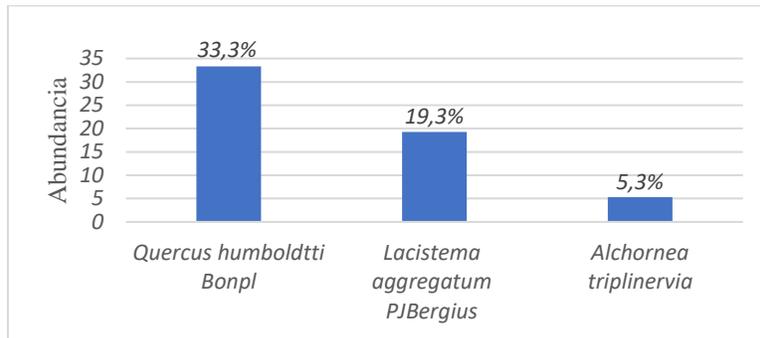


Figura 4. Abundancia de especies encontradas en relicto de bosque

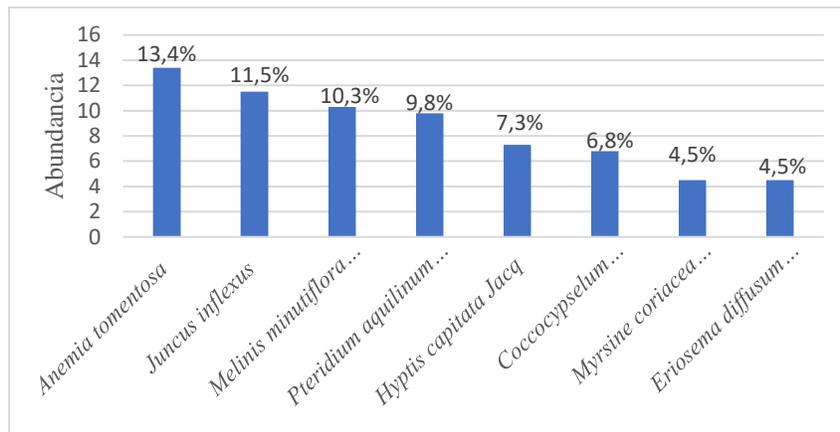


Figura 5. Abundancia de especies encontradas en zona de amortiguación

Frecuencia

La especie con mayor frecuencia relativa para el relicto de bosque y registrada en los tres transectos es *Quercus humboldtii* y *Lacistema aggregatum*, las cuales representa homogeneidad según su distribución espacial.

Dominancia

El área basal para el relicto de bosque fue 213,1 m²/ 0,1 ha, zona boscosa con pocos individuos maduros. La especie con mayor valor de área basal fue *Quercus humboldtii* Bonpl con 89,8 m²/ 0,1 ha, seguido de *Lacistema aggregatum* 88,1 m²/ 0,1 ha.

Tabla 3. Abundancia, frecuencia y dominancia de las especies para la relicto de bosque

Especie	Nombre común	Abundancia absoluta	(%)	Dominancia absoluta	(%)	Frecuencia	(%)
<i>Quercus humboldtii</i>	Roble	13	43,3	89,8	42,13	3	18,75
<i>Lacistema aggregatum</i>	Café de monte	7	23,3	88,1	41,34	3	18,75
<i>Clusia ellipticifolia</i>	Cucharo	1	3,3	6,5	3,05	1	6,25
<i>Nectandra lineata</i>		1	3,3	3,8	1,78	1	6,25
<i>Inga sp</i>	Guamo	1	3,3	1,2	0,54	1	6,25
<i>Henriettea</i>		1	3,3	6,9	3,24	1	6,25
<i>Trema</i>		1	3,3	0,9	0,40	1	6,25
<i>Clusia multiflora</i>	Cucharo	1	3,3	1,1	0,53	1	6,25
<i>Sin identificar 4</i>		1	3,3	0,8	0,35	1	6,25
<i>Sin identificar 7</i>		1	3,3	5,9	2,77	1	6,25
<i>Inga edulis</i>	Guamo churimo	1	3,3	1,3	0,59	1	6,25
<i>Myrcia popayanensis</i>	Arrayán	1	3,3	7,0	3,27	1	6,25
Total		30	100	213,1	100	16	100

Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI) nos arrojó que las especies con mayor importancia ecológica se encontró el *Quercus humboldtii* con 104,2% siendo la más representativa, seguido de *Lacistema aggregatum* con 83,4%, *Myrcia popayanensis* con 12,9%, *Henriettea sp* 12,8%, *Clusia ellipticifolia* 12,6%, *Nectandra lineata* con 11,4%, *Inga edulis*, *Inga sp*, *Clusia multiflora* y *Trema* con 10% respectivamente.

Tabla 0. IVI para la cobertura relicto de bosque

ESPECIE	DR	FR	DR	IVI
<i>Quercus humboldtii</i>	43,33	18,75	42,13	104,21
<i>Lacistema aggregatum</i>	23,33	18,75	41,34	83,42
<i>Myrcia popayanensis</i>	3,33	6,25	3,27	12,9

<i>Henriettea</i>	3,33	6,25	3,24	12,8
<i>Clusia ellipticifolia</i>	3,33	6,25	3,05	12,6
<i>sin identificar</i>	3,33	6,25	2,77	12,4
<i>Nectandra lineata</i>	3,33	6,25	1,78	11,4
<i>Inga edulis</i>	3,33	6,25	0,59	10,2
<i>Inga sp</i>	3,33	6,25	0,54	10,1
<i>Clusia multiflora</i>	3,33	6,25	0,53	10,1
<i>Trema</i>	3,33	6,25	0,40	10,0
Total	100	100	100	300

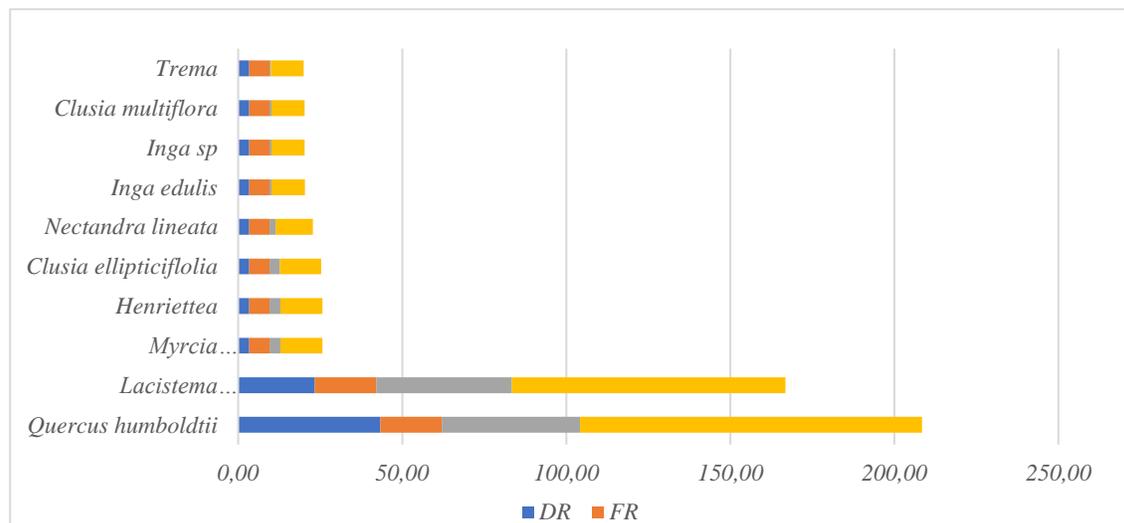


Figura 4. Índice de valor de importancia de las especies registradas en el relicto de bosque de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

Estructura vertical

Con los datos estructurales DAP y la estratificación en base a las clases de altura, los individuos fueron agrupados por intervalos. En el relicto de bosque el mayor número de individuos fue agrupado en estrato subarbóreo (5.5m a 12m) con un 47%, seguido por el arbóreo inferior (12.5m a 25m) con un 33%, arbustivo (1.5m a 5m) con el 14% y arbóreo superior (>25m) con un 5%, (figura 5). Mientras que, para la zona de amortiguación, la estratificación fue en herbáceas, gramíneas y rasante dado a la afectación por los disturbios antrópicos anteriormente realizados.

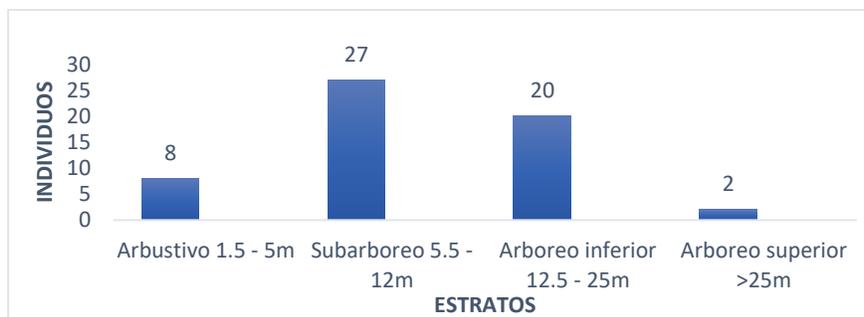


Figura 7. Número de especies de acuerdo al tipo de hábito del relicto de bosque la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

Distribución diamétrica

La distribución diamétrica fue agrupada por individuos con un DAP >10 cm, donde el mayor número de individuos se concentraron en las clases diamétricas inferiores (clase I 10-22), formando la típica “J” invertida. (figura 8).

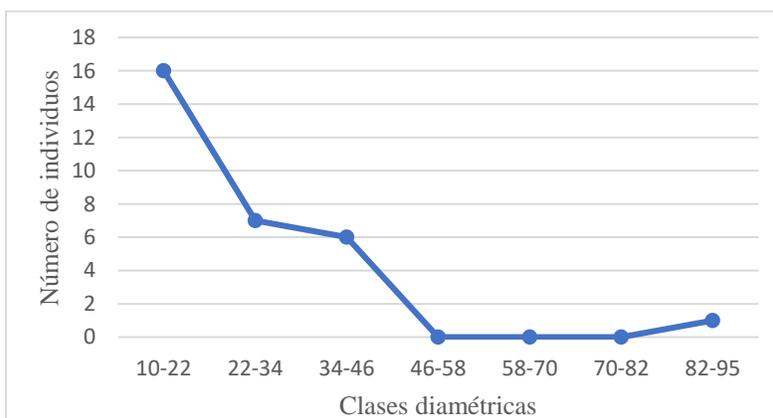


Figura 8. Distribución diamétrica del relicto de bosque la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

Perfiles de vegetación relicto de bosque

Se realizaron los perfiles de vegetación para cada uno de los transectos dentro del relicto de bosque, en el primer perfil (Figura 9) se registraron 20 individuos (10 especies), con una altura máxima de 18 m y 43 cm de DAP. Se evidencia mayor presencia de *Quercus humboldtii*, árbol frondoso con amplia cobertura de copa.

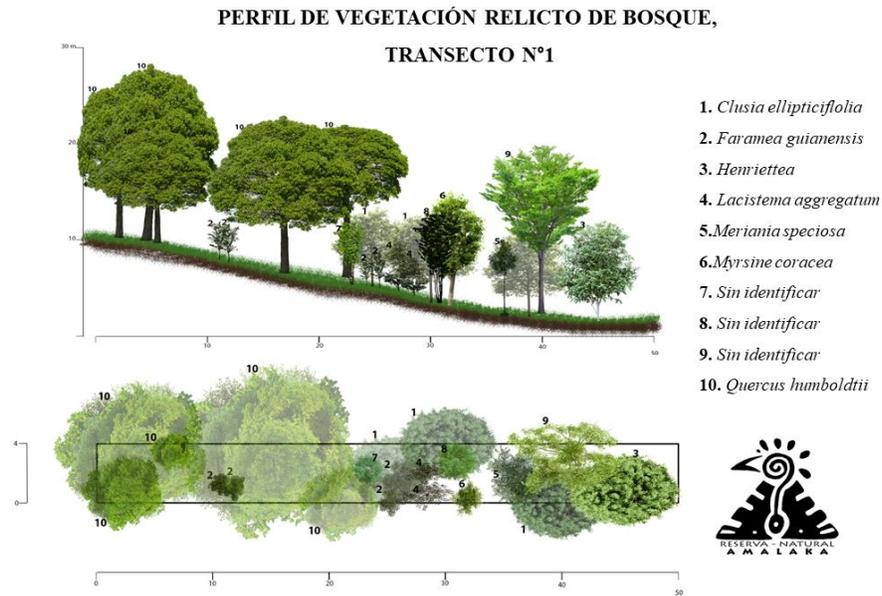


Figura 5. Perfil de vegetación transecto N°1 para relicto de bosque

En el segundo perfil (Figura 10) se registraron 18 individuos (9 especies), con una altura máxima de 39 m y 43 cm de DAP. Se evidencia mayor presencia de *Quercus humboldtii* y *Lacistema aggregatum*, siendo el roble el que sobresale en el dosel.

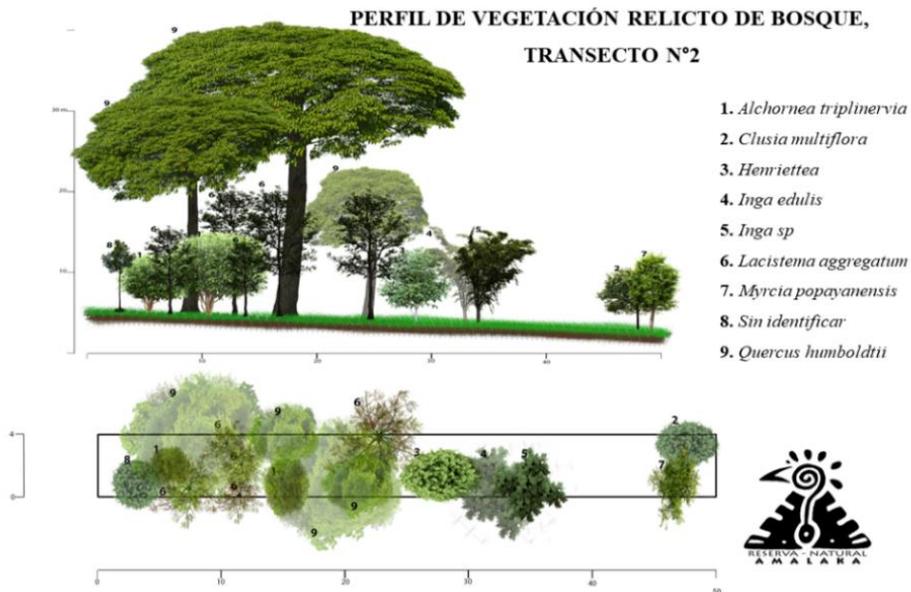


Figura 6. Perfil de vegetación transecto N°2 para relicto de bosque.

En el tercer perfil (Figura 11) se registraron 17 individuos (7 especies), con una altura máxima de 25 m y 88 cm de DAP. Se evidencia mayor presencia de *Quercus humboldtii* con amplia cobertura de copa.

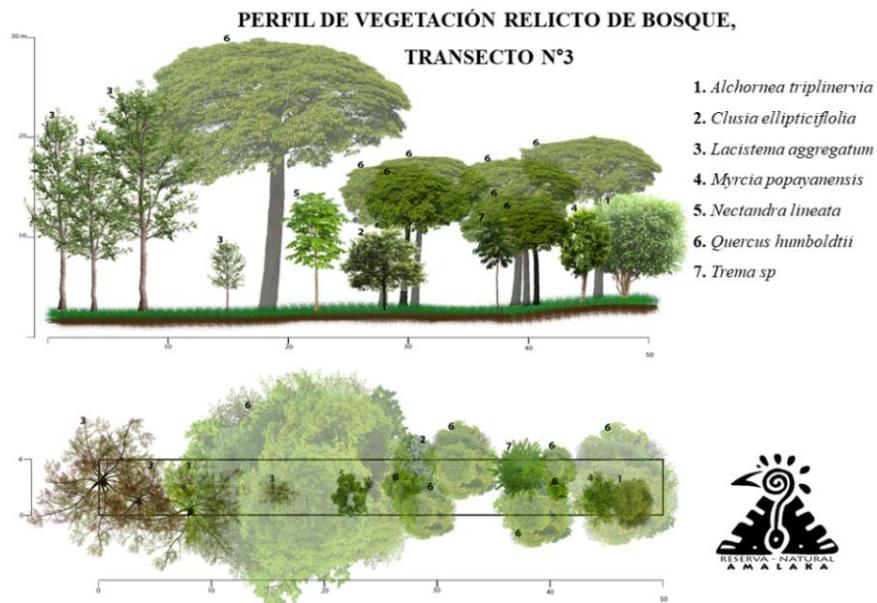


Figura 7. Perfil de vegetación transecto N° 3 para relicto de bosque.

Tabla 5. Especies vegetales registradas para el relicto de bosque de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka, categoría de amenaza VU: vulnerable, LC: preocupación menor, NE: no evaluado y gremios ecológicos HE: heliófitas efímeras, HD: heliófitas durables, EP: esciófitas parciales y ET: esciófitas totales, NI: no identificada.

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	N° INDIVIDUOS	CATEGORIA DE AMENAZA	GREMIOS ECOLÓGICOS
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i> (Bonpl)	Roble	18	LC	HD
Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (PJBergius)	Cafecillo, café de monte	11	LC	E
Rubiaceae	<i>Faramea guianensis</i>		4		ET
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i> (Kunth)	Cucharo	2	LC	EP
	<i>Clusia ellipticifolia</i> (Cuatrec)	Cucharo	3	NE	EP
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng)	Gargantillo, escobo	3	LC	E
Melastomataceae	<i>Henriettea sp</i>		2	LC	
	<i>Meriania speciosa</i> (Bonpl)	Flor de mayo	1	NE	
Myrtaceae	<i>Myrcia popayanensis</i> (Hieron)	Arrayan	2	LC	HD
Myrsinaceae	<i>Myrsine coracea</i>	Cucharo blanco	2	NE	HD
Lauraceae	<i>Nectandra lineata</i> (Kunth)	Jigua	1		HD
Cannabaceae	<i>Trema sp</i>		1		
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> (Mart)	Guamo churimo	1	LC	ET

<i>Inga sp</i>	Guamo	1	ET
<i>Sin identificar sp 2</i>		1	NI
<i>Sin identificar sp 4</i>		1	NI
<i>Sin identificar sp 7</i>		1	NI
<i>Sin identificar sp 10</i>		2	NI

Tabla 6. Especies vegetales registradas para la zona de amortiguación de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka, categoría de amenaza VU: vulnerable, LC: preocupación menor, NE: no evaluado y gremios ecológicos HE: heliófitas efímeras, HD: heliófitas durables, EP: esciófitas parciales y ET: esciófitas totales.

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	N° INDIVIDUOS	CATEGORRIA DE AMENAZA	GREMIOS ECOLÓGICOS
Anemiaceae	<i>Anemia tomentosa</i>	Helecho rizado	57		
Juncaceae	<i>Juncus inflexus</i>		49		
Poaceae	<i>Bothriochloa barbinodis</i>		3		ET
	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaraguá	44	LC	ET
	<i>Sin identificar sp 42</i>		4		ET
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero	42		ET
Laminaceae	<i>Hyptis capitata</i>		31		
Rubiaceae	<i>coccocypselum lanceolatum</i>		29		

	<i>Spermacoce verticillata</i>		2		
Fabaceae	<i>Eriosema violaceum-diffusum</i>		19		
	<i>Stylosanthes guianensis</i>		8		
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i>		19		HD
Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris linearis</i>		13		
Melastomataceae	<i>Tibouchina urvilleana</i>		11	NE	HD
	<i>Miconia multiplinervia</i>		5		HE
	<i>Miconia albicans</i>	Mortiño	3	NE	HE
	<i>Clidemia hirta</i>		2	NE	HD
Asteraceae	<i>Baccharis</i>		7		HE
	<i>Ayapana amigdalina</i>		6	NE	
	<i>Chromolaena laevigata</i>		1	LC	
	<i>Elephantopus mollis</i>		1	NE	
	<i>Bccharis nitida</i>		1	LC	HE
	<i>Emilia sanchofilia</i>		2	NE	HE
	<i>Praxelis diffusa</i>		8	NE	
Myrtaceae	<i>Ugni sp</i>		2	NE	
Pinaceae	<i>Pinus radiata</i>	Pino	2	NE	HD
Cunoniaceae	<i>Weinmannia pubescens</i>	Encenillo	1	NE	E
Lythraceae	<i>Cuphea carthagenensis</i>	Escobilla	1		HE
Orquidaceae	<i>Catasetum maculatum</i>		1		

<i>Sin identificar sp 50</i>	1	NI
<i>Sin identificar sp 30</i>	8	NI
<i>Sin identificar sp 44</i>	18	NI
<i>Sin identificar sp 65</i>	1	NI
<i>Sin identificar sp 71</i>	1	NI
<i>Sin identificar sp 74</i>	22	NI

Diversidad de especies

Diversidad alfa

En los resultados de los índices de diversidad para relicto de bosque, las 18 especies registradas muestra una diversidad media para los índices de Shannon-Wiener ($H= 2,33$) y Margalef ($Dmg= 4,21$), mientras que el índice de Simpson 1-D ($1-D= 0.84$), la dominancia es alta y por ende baja diversidad. Para la zona de amortiguación, de las 52 especies se obtuvo de Shannon-Wiener ($H=2,90$) que la diversidad es media, mientras que de Margalef ($Dmg= 5,62$) y Simpson ($1-D= 0.93$) la diversidad es alta (tabla 4).

Tabla 7. Índices de diversidad de Relicto de bosque y zona de amortiguación de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka.

	Relicto de bosque	Amortiguación
Especie	18	35
Individuos	57	425
Simpson 1-D	0,84	0,93
Shannon H	2,33	2,9
Margalef (Dmg)	4,21	5,62

Diversidad beta

Índice de Sorensen

De acuerdo al cladograma de Cluster de Bray-Curtis se evidencia que el transecto 2 y 3 presentan similitud, mientras que el transecto 1 muestra diferencia con respecto a las otras (Figura 12).

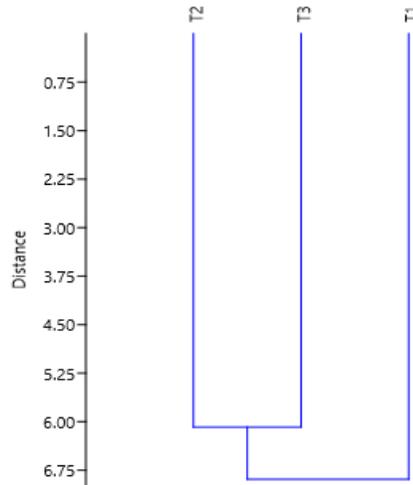


Figura 12. Cluster de Bray-Curtis, comparación entre los tres transectos del relicto de bosque

Curva de acumulación

El método de rarefacción para el relicto de bosque teniendo en cuenta las 18 especies registradas, se muestra que se alcanzó una asíntota no definida, pero se entiende que a mayor muestreo no se reportaran nuevas especies, las curvas con mejor crecimiento inicial fueron las del estimador de ACE mean y Chao 2 mean (figura 7). En comparación con la curva de acumulación de especies para la zona de amortiguación, nos arroja que es un área diversa donde se acumulan más especies por unidad de área, presentando un alto crecimiento continuo sin evidencia de alcanzar un valor asintótico, por lo que es necesario aumentar el área de muestreo para una máxima representatividad de la zona (figura 8).

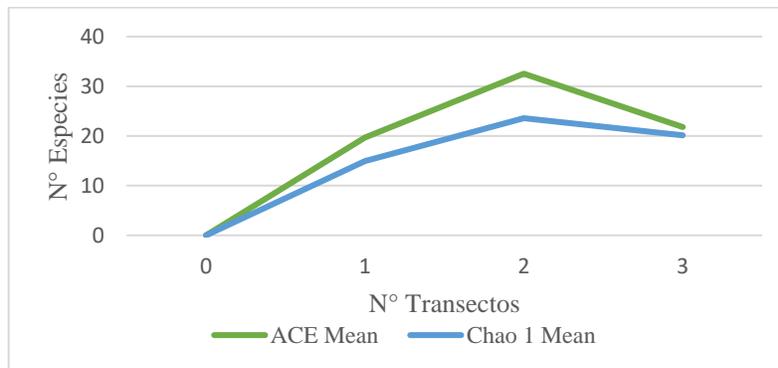


Figura 8. Curva de acumulación con estimadores estadístico de especies relicto de bosque de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

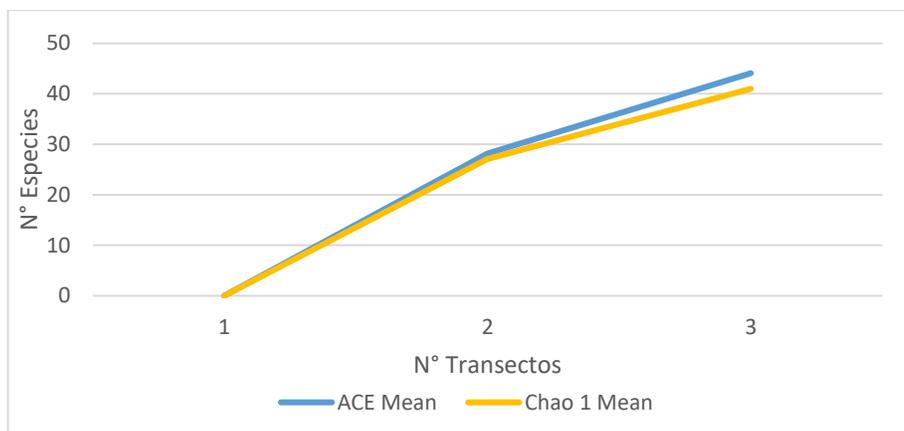


Figura 9. Curva de acumulación con estimadores estadísticos de especies de la zona de amortiguación de la Reserva Natural de la Sociedad Civil Amalaka

Categoría de amenaza

Entre las especies registradas se encontró que una de las especies está en la categoría de vulnerabilidad (VU) *Quercus humboldtii* (D. Cárdenas & Salinas, 2007) y en preocupación menor (LC) especies como: *Alchornea triplinervia*, *Clusia multiflora*, *Henriettea tuberculosa*, *Inga edulis*, *Lacistema aggregatum* y *Myrcia popayanensis*; las demás se encuentran como no evaluadas (NE) (UICN, 2022). La especie *Catasetum maculatum* de la familia Orchidaceae está dentro del apéndice II de la CITES, lo que nos indica que no está catalogada como especie en peligro de extinción, pero sí que el comercio de la misma debe ser controlado para garantizar la supervivencia de la misma (tabla 4 y 5).

Gremios ecológicos

El gremio mayor agrupado fue el de las heliófitas con 14 especies, seguido de las esciófitas con 12 especies. Dentro del relicto de bosque el gremio mayor agrupado es el de las Esciófitas, agrupadas en esciófitas parciales *Clusia ellipticifolia*, *Lacistema aggregatum* y *Alchornea triplinervia*; en esciófitas totales *Faramea guianensis*, *Inga edulis* e *Inga sp*; en heliófitas durables esta *Quercus Humboldtii*, *Myrcia popayanensis* y *Nectandra lineata*; *Myrsine coracea*.

En la zona de amortiguación se agruparon más especies el gremio de las heliófitas *Weinmannia pubescens*; heliófitas efímeras *Miconia albicans*, *Miconia multiplinervia*,

Baccharis sp, *Baccharis nitida*, *Emilia sanchofilia* y *Cuphea sp*; en heliófitas durables *Tibouchina urvilleana*, *Clidemia sericea*, *Myrsine coracea* y *Pinus radiata*; como esciófitas totales *Bothriochloa barbinodis*, *Melinis minutiflora* y *Pteridium aquilinum*.

La mayoría de las especies registradas en el área de amortiguación están catalogadas como especies pioneras, ya que tienen la capacidad de colonizar espacios abiertos por la alta viabilidad de semillas que pueden dispersar mediante las diferentes estrategias, además de ser especies que son tolerantes a los niveles de luz solar (Arias-Escobar & Barrera-Cataño, 2007).

Discusión

Caracterización florística, riqueza y diversidad

La Reserva de Amalaka, actualmente se caracteriza por presentar especies arbóreas de rápido crecimiento y sotobosque con especies de alturas no inferiores a 15 m de altura, propias de estado de sucesión secundaria de bosque andinos. Además de presentar mayor riqueza y abundancia en su área de amortiguación por especies colonizadoras y pocas especies arbustivas, dado a los procesos de disturbios anteriormente generados.

La composición florística varía entre las cordilleras, pero se tienen en cuenta algunos géneros que son típicos de este ecosistema, como son: *Quercus*, *Weinmannia*, *Clusia*, *Miconia*, *Acuminata*, *Anima*, *Podocarpus* (Melo & Vargas, 2003) lo cual coincide con especies registradas en otros estudios y con especialmente en el presente estudio de investigación.

Esta investigación dentro de la Reserva Amalaka presento en sus áreas de estudio (Relicto de bosque y amortiguación) especies de las familias Rubiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Fagaceae y Melastomataceae, las cuales son típicas de la composición de los bosques andinos de la cordillera central. Sin embargo, se observó que la riqueza registrada para el bosque es menor comparada con la registrada para otros estudios en bosques húmedos premontanos como en el municipio de Antioquia, donde implementan la misma metodología; pese a la diferencia en riqueza, se encontró que en los dos estudios se obtiene que el hábito que predomina es el arbóreo y las clases diamétricas se encuentran en los

estratos bajos, lo que permite comprobar que el bosque se encuentra en fase de sucesión secundaria (Ariza Cortés et al., 2009).

Por otra parte, en un remanente del Jardín Botánico “Álvaro José Negret”, en la vereda la Rejoya, de la ciudad de Popayán se registraron dentro del área muestreada (0.5 ha) 29 especies, 26 géneros y 19 familias (Bolaños et al., 2010). Datos que comparados con la Reserva de Amalaka son inferiores, teniendo en cuenta que la cobertura estudiada fue pequeña (0,1 ha), la fuerza de muestreo fue representativa en comparación a este estudio. Además, las dos zonas presentaron mayor número de especies en familias Fabaceae, Melastomataceae y Asteraceae representativas de las áreas abiertas, zonas que fueron intervenidas en algún momento y actualmente están en proceso de regeneración; entendiendo que estas zonas tienen el potencial para ser intervenidas con procesos de restauración con especies nativas y recuperar la conectividad del bosque.

Los resultados de las clases diamétricas y altimétricas coinciden con otros estudios en bosque húmedos premontanos fuera del departamento del Cauca y dentro de la meseta de Popayán. La alta presencia de individuos dentro de las clases bajas corresponde a procesos de regeneración natural temprana; se resalta que las pocas especies en clases altas es el *Quercus humboldtii*, y es la especie con mayor importancia ecológica coincidiendo con lo reportado en Reserva forestal Cajete (López Vargas et al., 2015) y en bosque natural zona rural del municipio de Popayán (Alvis Gordo, 2009).

Además, la agrupación de individuos en las clases bajas se complementa con estar agrupados dentro del gremio de las heliófitas ratificando su estado sucesional secundario para el bosque y sucesión inicial para la zona de amortiguación (Duarte et al., 2018). Y las heliófitas durables son las especies con más altura y diámetro de copas como el *Quercus humboldtii*.

En cuanto a las especies registradas, el *Quercus humboldtii*, a pesar de tener un rango amplio de distribución se encuentra en categoría de amenaza vulnerable (VU) según el Libro Rojo de Plantas de Colombia, debido a su explotación como madera para construcción y ebanistería (Cárdenas & Salinas, 2007). Teniendo en cuenta la importancia ecológica y socioeconómica que representa los robledales, así mismo requiere de planes de manejo, procesos de restauración y uso sostenible (Cárdenas et al., 2020).

Conclusiones

La metodología de muestreo, como el rango de diámetro implementado (DAP >5cm) incidió en la baja cantidad de individuos reportados en el relicto de bosque, teniendo en cuenta que en distintos estudios se trabajó con DAP >1cm obteniendo así una mayor abundancia. Es necesario trabajar con el diámetro mínimo para mejores estimaciones de diversidad en próximos estudios.

El bosque caracterizado en la Reserva de Amalaka, es un bosque maduro que se encuentra en sucesión secundaria y que por su estructura representa a los bosques andinos con gran riqueza biológica.

El mayor número de especies registradas en la zona de amortiguación son característicos de áreas abiertas con procesos regenerativos tempranos.

Teniendo en cuenta que el roble (*Quercus humboldtii*) es la especie más abundante y se encuentra en estado de vulnerabilidad requiere de un plan de manejo para su conservación.

Por otra parte, se requiere iniciar procesos recuperación de la zona de amortiguación (área degradada) teniendo en cuenta el área cuenta con el potencial para ser habitada por especies nativas que ayudaran a mejorar la conectividad con el relicto de bosque, además de contribuir al mantenimiento de la fauna que habita en este territorio.

Bibliografía

- Aguilar-Garabito, M., & Ramírez-Hernández, W. (2016). Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 1(1).
- Alvis Gordo, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 115–122.
- Arias-Escobar, M. A., & Barrera-Cataño, J. I. (2007). Caracterización florística y estructural de la vegetación vascular en áreas con diferente condición de abandono en la cantera soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. *Universitas Scientiarum*, 12(II), 25–45.
- Ariza Cortés, W., Toro Murillo, J., & 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.
- Bolaños, G. Y., Feuillet, C., Chito, E., Muñoz, E. L., & Ramírez Padilla, B. R. (2010). Vegetación, estructura y composición de un área boscosa en el jardín botánico “Alvato José Negret”, vereda La Rejoya, Popayán (Cauca, Colombia)). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 19–38.
- Campo, A. M., & Duval, V. S. (2014). *Diversidad y valor de importancia para conservación de la vegetación natural del Parque Nacional Ligué Calel (Argentina)*.
- Cárdenas, D., & Salinas, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas. I Parte. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 232.
- Cárdenas, R. B., Guerrero, B. A. G., & Camacho, R. L. (2020). Lineamientos para la conservación de *Quercus humboldtii* (Fagaceae) en la provincia del Guavio, Cundinamarca. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 12(1).
- CITES. (21 de 06 de 2021). *Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Apéndices I, II y III*. . Obtenido de cites.org: <https://cites.org/esp/app/appendices.php>
- Duarte, N., Cuesta, F., & Arcos, I. (2018). *Selección y establecimiento de estrategias y prácticas de restauración. In Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. Quito-Ecuador: CONDSAN*.
- Finol, H. 1976. Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la reserva forestal de Carapo, Estado de Barinas. *Acta Botánica Venezuela* 10 (1-4): 15-103.
- Gentry, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.

- Hammer O., Harper D. & Ryan P. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electrónica*. Vol. 4(1):1-9
- López Vargas, L. E., Becoche Mosquera, J. M., Macias Pinto, D. J., Ruiz Montoya, K., Velasco Reyes, A., & Pineda, S. (2015). Estructura y composición florística de la reserva forestal - Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Luna Azul*, 41, 131–151.
- Lozano-Zambrano, F. H. (2009). Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)*, 238.
- Melo, O. A., & Vargas, R. (2003). Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos. *CQR-CARDER-CORPOCALDAS-CORTOLIMA, Ibagué*, 41–75.
- Prieto, R. L. (2000). Bases ecológicas para la silvicultura del bosque natural estudio de caso del catival (*Prioretum copaiferae*). *Colombia Forestal*, 6(13), 7–36.
- Rangel-Ch, J. O., & Velásquez, A. (1997). (1997). Métodos de estudio de la vegetación. *Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación*, 59–82.
- Rangel - Ch, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia*, 176-200.
- Rangel-Ch., Orlando & Lozano-C., Gustavo. (1986). Un perfil de vegetación entre la plata (Huila) y el volcán del Puracé. *Caldasia*, XIV(68-70), 503-547.
- Ríos Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana, Universidad Nacional de Colombia*, 221-246.
- Rodríguez-Lombana, A. R., Beltrán-Gutiérrez, H. E., & Moreni, A. C. (2017). Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas distirbadas en San Bernardo (Cundinamarca). *Biota Colombiana*, 42 – 71.
- UICN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2021-3*. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org>
- Villareal, H., M. Álvarez, Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*.
- WWF. (2021). *Reservas Naturales de la Sociedad Civil: áreas protegidas en casa*.