

Estructura y Diversidad de Fustales y Latizales en Dos Bosques Naturales Tropicales Bajo
Condiciones Contrastantes de Temperatura y Humedad: Implicaciones Para la Conservación

Eliaana Mayerly Jaimes Basto, María Stephanie Rosales Cáceres

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Forestal

Director

Diego Suescún Carvajal

MSc en Bosques y Conservación Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de proyección regional y educación a distancia

Programa de Ingeniería Forestal

Málaga, Santander

2019

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado en primaria instancia a **Dios**, quien guía mis pasos, me acompaña y siempre me da fuerzas para continuar a pesar de mis tropiezos.

A mis padres, **Miguel Rosales y Carmen Cáceres**, quienes con esfuerzo y dedicación, me formaron en valores y me educaron hasta el final de mi carrera como profesional, por sus enseñanzas, su crianza y amor, su apoyo en todas las etapas de este proceso estudiantil, por creer y confiar siempre en mí, este y todos mis logros se los debo a ellos.

A mis hermanos **Cristián y Javier**, por su apoyo en momentos difíciles, por sus enseñanzas de vida, por el amor que me brindan a diario y por creer en mí.

A mi sobrino, **Juan Felipe** mi motor de vida, quien con su tierno amor alegra mis días tristes y me da la energía de salir adelante como ejemplo para él.

A **Susana Flórez**, por convertirse en nuestro apoyo durante la realización de este proyecto, por sus palabras de aliento cuando sentíamos que no podíamos más, por convertirse en esa amiga incondicional y aguantarme siempre.

A mi compañera de tesis y amiga **Eliana Jaimes**, por su paciencia, esfuerzo y todo el empeño que tuvo en este proceso y por su acompañamiento en esta grandiosa etapa de mi vida en la universidad.

A toda mi familia y amigos, de quienes aprendí a crecer como persona, por las experiencias vividas y su acompañamiento en momentos buenos y malos durante este proceso, quienes pusieron un granito de arena en mi formación para conseguir este logro.

Los quiero a todos, mil gracias...

María Stephanie Rosales Cáceres

Gracias a **Dios**, que con su infinita bondad permitió que culminara un propósito más en mi vida; a mis padres **Ana Basto y Martin Jaimes**, a mis hermanos **German Jaimes y Elkin Jaimes** por ser un apoyo en cada paso de mi vida, ustedes son fuente de energía para mí.

Agradezco enormemente a los señores **Carmen Cáceres y Miguel Rosales**, quienes me acogieron en su hogar y me recibieron como una hija más, además del apoyo incondicional que siempre recibí de parte de ellos; a **Danilo Cáceres**, quien estuvo siempre presente en esta etapa con sus palabras de aliento; a **Javier Cáceres** por darme dos motivos para seguir adelante, así como el sustento incondicional que he recibido en todo momento como pareja y padre de nuestros hijos, **Juan Felipe y quien está próximo a llegar**, ya que han sido siempre el motivo de cada lucha, vivencia, alegría para seguir en el camino de la superación y así día a día alcanzar más triunfos. ¡Por ustedes y para ustedes hijos míos!

A **Susana Flórez**, quien es una persona primordial en este logro, por ser una persona tan humilde y sencilla que participo activamente y destinó parte de su tiempo en el proceso de campo lo cual fue muy valioso; a mi compañera de Tesis **María Rosales**, por su dedicación, paciencia y persistencia pues se consagró en alma y cuerpo a este proyecto siempre persistiendo en culminar rotundamente este logro.

Finalmente, a todas aquellas personas, amigos y demás, quienes han puesto su confianza en mí que aportaron calidez y compartieron sus conocimientos conmigo para que este sueño se hiciese realidad.

A todos ustedes no tengo más que palabras de gratitud.

Eliana Mayerly Jaimes Basto

Las grandes obras no son llevadas a cabo por la fuerza, sino por la perseverancia.

(Samuel Johnson)

“La naturaleza, nuestra madre, nuestra amiga, volvía hacia nosotros su rostro amenazante. Nos demostraba sencillamente que, aunque nos permitía asignarle leyes y someter sus poderes aparentes, ella, moviendo apenas un dedo, podía hacernos temblar”

Mary Shelley



Agradecimientos

En reconocimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo, queremos expresar nuestra gratitud por su acompañamiento.

A la Universidad Industrial de Santander por acogernos y formarnos a lo largo de todos estos años como profesionales, a nuestro director de Tesis, el ing. Diego Suescún Carvajal, por aceptarnos y guiarnos en la realización de este trabajo, por su entrega, acompañamiento y paciencia durante estos meses, por animarnos siempre y compartir sus conocimientos con nosotras, sin la ayuda de él, nada de esto hubiera sido posible, a él mil gracias, y a los profesores que hicieron parte de nuestra formación, quienes con su sabiduría nos orientaron en cada uno de las etapas.

A los señores Jairo Jaimes y Delfo Uribe quienes hicieron parte este trabajo, al depositar su confianza en nosotras, permitiéndonos trabajar en sus bosques, en especial a don Delfo por aceptarnos en su hogar y brindarnos acompañamiento durante el proceso, a Susana Flórez, por su apoyo incondicional, disposición para las salidas a campo y compromiso en la elaboración de las parcelas y la realización del inventario forestal.

A Yeison Poveda y Javier Cáceres, por su disposición, acompañamiento y ayuda durante el proceso de trabajo de campo, por su apoyo incondicional y por estar siempre dispuestos a ayudarnos. De igual manera, expresamos nuestra más sincera gratitud a nuestros compañeros Yeison Díaz, Leider Becerra, Steven Herrera, Angélica Domínguez, y demás compañeros pertenecientes al establecimiento de parcelas permanentes, por colaborarnos en el trabajo de campo.

Al Herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por brindar su servicio en el proceso de secado de muestras y su agilidad en la entrega de las mismas y a Andrea por su disposición, ayuda y gestión en la UPTC, para que se llevara a cabo el secado de muestras.

Tabla de Contenido

Introducción.....	17
1. Objetivos.....	19
1.2 Objetivo general.....	19
1.3 Objetivos específicos.....	19
2. Antecedentes.....	20
3. Marco referencial.....	21
3.1 Marco teórico.....	21
3.1.1 Biodiversidad.....	21
3.1.2 Cambio climático.....	22
3.1.3 Estructura.....	22
3.1.4 Deforestación.....	23
3.1.5 Servicios eco sistémicos.....	23
3.2 Marco conceptual.....	24
4. Metodología.....	25
4.1 Área de estudio.....	25
4.2 Trabajo de campo.....	28
4.2.1 Ubicación de los sitios de muestreo.....	28
4.2.2 Establecimiento de las parcelas permanentes.....	29
4.2.3 Toma de datos.....	30
4.3 Trabajo de herbario.....	30
4.4 Procesamiento de datos.....	31
4.4.1 Composición florística.....	31
4.4.2 Estructura física.....	33

5. Resultados.....	34
5.1 Robledal.....	35
5.1.1 Composición florística.....	35
5.1.2 Índices de diversidad alfa.	36
5.1.3 Curvas de acumulación de especie – área.....	37
5.1.4 Estructura horizontal	38
5.1.5 Estructura vertical.....	43
5.1.6 Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones.	47
5.1.7 Estado de conservación de especies.	49
5.2. Bosque seco	50
5.2.1 Composición florística.....	50
5.2.2 Índices de diversidad alfa.	51
5.2.3 Curvas de acumulación de especie – área.....	52
5.2.4 Estructura horizontal	53
5.2.5 Estructura vertical.....	58
5.2.6 Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones	61
5.2.7 Estado de conservación de especies.	63
6. Discusión	64
7. Conclusiones	67
8. Recomendaciones.....	68
Referencias Bibliográficas.....	70
Apéndices	73

Lista de Tablas

Tabla 1. Ubicación en coordenadas de las parcelas permanentes de muestreo	25
Tabla 2. Cantidad de familias, géneros, morfoespecies e individuos para fustal y latizal para robledal.....	35
Tabla 3. Familias y morfoespecies identificadas en el robledal	35
Tabla 4. Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el robledal	36
Tabla 5. Valores de índices de diversidad alfa para fustal y latizal en el robledal	37
Tabla 6. DAP medio para cada parcela en el robledal	39
Tabla 7. Área basal para cada parcela en el robledal.....	40
Tabla 8. Densidad para cada unidad de muestreo en el robledal.....	40
Tabla 9. Altura media para cada unidad de muestreo en el robledal	44
Tabla 10. Estado de conservación de especies para robledal	49
Tabla 11. Familias y morfoespecies identificadas en bosque seco	50
Tabla 12. Familias y morfoespecies identificadas en bosque seco	50
Tabla 13. Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el bosque seco	51
Tabla 14. Valores de índices de diversidad alfa para fustal y latizal en el bosque seco	52
Tabla 15. DAP medio para cada parcela en el bosque seco	53
Tabla 16. Área basal para cada parcela en el bosque seco	55
Tabla 17. Densidad para cada unidad de muestreo en el bosque seco	55
Tabla 18. Altura media para cada unidad de muestreo en el bosque seco	59

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de las parcelas permanentes en el municipio de Molagavita	26
Figura 2. Ubicación de las parcelas permanentes en el municipio de Enciso	27
Figura 3. Esquema de formación de las parcelas	28
Figura 4. Curvas de acumulación especie – área para robledal	38
Figura 5. Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para robledal	39
Figura 6. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase fustal en el robledal	42
Figura 7. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase latizal en el robledal ...	43
Figura 8. Diagrama de distribución de los árboles respecto a su altitud	44
Figura 9. Índice de posición sociológica para robledal	46
Figura 10. Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura para robledal	47
Figura 11. Regresión lineal entre DAP y altura para latizal y fustal para robledal	48
Figura 12. Regresión lineal entre DAP y diámetro de copa para latizal y fustal para robledal	49
Figura 13. Curvas de acumulación especie – área para latizal y fustal para bosque seco	53
Figura 14. Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para bosque seco	54
Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase fustal en el bosque seco	56
Figura 16. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase latizal en el bosque seco	57

Figura 17. Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para bosque seco.....	58
Figura 18. Índice de posición sociológica para bosque seco	60
Figura 19. Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura para bosque seco	61
Figura 20. Regresión lineal entre DAP y altura para latizal y fustal para bosque seco	62
Figura 21. Regresión lineal entre DAP y diámetro de copa para latizal y fustal para bosque seco.....	63

Apéndices

Apéndice A. Formato para la recolección de datos en campo.....	73
Apéndice B. Información de las parcelas permanentes ubicadas en los dos bosques	74
Apéndice C. Establecimiento de parcelas	75
Apéndice D. Inventario florístico	78
Apéndice E. Algunas muestras botánicas colectadas en campo	80
Apéndice F. Fotografía zona de estudio del robledal.....	81
Apéndice G. Fotografía zona de estudio del robledal	82
Apéndice H. Identificación de especies en herbario	83

Resumen

Título: Estructura y diversidad de fustales y latizales en dos bosques naturales tropicales bajo condiciones contrastantes de temperatura y humedad: implicaciones para la conservación.¹

Autor: Eliana Mayerly Jaimes Basto , María Stephanie Rosales Cáceres²

Palabras clave: cambio climático, deforestación, intervención antrópica, bosques naturales, composición florística.

Descripción:

Los bosques se ven afectados por diferentes factores de cambio ambiental debido a procesos de intervención antrópica, entre ellos el cambio climático, la deforestación y expansión de la frontera agrícola y pecuaria. En Colombia, estos factores modifican la dinámica de sus bosques e intervienen en el desarrollo, estructura y composición florística, ya que dependiendo del sitio donde se encuentren, poseen unas características específicas. A pesar de la fuerte intervención antrópica y degradación en que se encuentran los bosques en el país, estos tienen una alta riqueza y diversidad florística representada en uno de los recursos naturales de mayor importancia.

En este trabajo, se realizó la composición florística y estructural para árboles del dosel y del sotobosque de dos bosques naturales ubicados en el departamento de Santander. Se estableció una red de parcelas permanentes de forma rectangular de 50x20 (0,1 ha), donde se registraron todos los individuos con un DAP > 10 cm, para fustal y $2,5 \leq \text{DAP} \leq 10$ cm, para latizal, para cada individuo se midió el diámetro normal, diámetro de copa y la altura, para el posterior procesamiento de datos y el cálculo de diferentes indicadores. Se identificaron un total de 23 especies pertenecientes a 14 familias y 18 géneros, para el robledal, donde las especies más dominantes en el desarrollo del estudio fueron *Quercus humboldtii* Bonpl., con un valor de Índice de Valor de Importancia (IVI) equivalente a 49,7%, y *Brunellia sp. 1* con un 9,24%; para el caso del bosque seco, se identificaron un total de 14 especies pertenecientes a 12 familias y 14 géneros, dominando *Amyris sylvatica* Jacq., con un valor de IVI equivalente a 28,66%, y *Solanaceae sp. 1* con un 25,10%. Así mismo, se evaluaron indicadores de diversidad, lo cual permitió encontrar que los dos bosques su diversidad no es muy alta.

¹ Trabajo de Grado

² Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Suecún Carvajal, Diego. MSc Bosques y Conservación Ambiental.

Abstract

Title: Structure and Diversity of High Forests and Young Trees in Two Natural Tropical Forests Under Contrasting Conditions of Temperature and Humidity: Implications for Conservation.³

Author: Eliana Mayerly Jaimes Basto, María Stephanie Rosales Cáceres⁴

Key Words: climate change, deforestation, anthropic intervention, natural forests, floristic composition.

Description:

Forests are affected by different environmental change factors due to anthropic intervention processes, including climate change, deforestation and the expansion of the agricultural and livestock frontier. In Colombia, these factors modify the dynamics of their forests and intervene in the development, structure and floristic composition, since depending on the place where they are, they have specific characteristics. Despite the strong anthropic intervention and degradation in the forests in the country, they have a high richness and floristic diversity represented in one of the most important natural resources due to the potential and benefits they grant.

In this work, the floristic and structural composition for canopy and understory trees of two natural forests located in the department of Santander was carried out. A network of 50x20 (0.1 ha) rectangular permanent plots was established, where all individuals with a DAP > 10 cm, for and $2.5 \leq \text{DAP} \leq 10$ cm, for young trees, for each individual were registered Normal diameter, cup diameter and height were measured, for subsequent data processing and calculation of different indicators. A total of 23 species belonging to 14 families and 18 genera were identified for the oak grove, where the most dominant species in the study were *Quercus humboldtii* Bonpl., With an IVI value equivalent to 49.7%, and *Brunellia sp.* 1 with a value equivalent to 9.24%; in the case of the dry forest, a total of 14 species belonging to 12 families and 14 kinds were identified, dominating *Amyris sylvatica* Jacq., with an IVI value equivalent to 28.66%, and *Solanaceae sp.* 1 with a value equivalent to 25.10%. Likewise, diversity indicators were evaluated, which allowed us to find that the two forests their diversity is not very high.

³ Bachelor Thesis

⁴ Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Suecún Carvajal, Diego. MSc Bosques y Conservación Ambiental.

Introducción

A nivel global, los bosques se ven afectados por diferentes factores de cambio ambiental debido a procesos de intervención antrópica, entre ellos el cambio climático, la deforestación y la expansión de la frontera agrícola y pecuaria. Particularmente, para los bosques naturales de Colombia, estos factores de cambio ambiental modifican su dinámica e intervienen en el desarrollo, estructura y composición florística, ya que dependiendo del sitio donde se encuentren, poseen unas características específicas (Herrán, 2012).

El sitio determina por ejemplo, la altitud y humedad, factores que hacen que los bosques naturales presenten una gran complejidad y dinamismo, asociado a cambios en la composición florística y estructural, variables que son alteradas con los procesos de cambio ambiental, lo que altera a su vez la capacidad de estos ecosistemas de proveer servicios ambientales clave para la sociedad, entre ellos la provisión de agua, mantenimiento de la biodiversidad y fijación de gases de efecto invernadero (De Groot et al., 2002).

A pesar de la fuerte intervención antrópica y degradación en que se encuentran los bosques en Colombia, estos contienen una alta riqueza florística, representada en uno de los recursos naturales de mayor importancia debido a las potencialidades y beneficios que estos otorgan (Franco, 2014). El departamento de Santander, posee ecosistemas naturales muy complejos que, ante cambios, pueden llegar a amenazar la supervivencia de especies y la disponibilidad en la provisión de los recursos; la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, junto con el aprovechamiento ilegal de la madera y la minería ilícita, se constituyen en los mayores agentes de deforestación del departamento. La falta de investigación sobre la diversidad y estructura de las especies que habitan en los bosques ubicados en la provincia de García Rovira, ha hecho que se desvaloricen una gran

cantidad de especies del bosque, muchas de las cuales posiblemente se encuentren en algún grado de amenaza.

Por lo anterior, es importante conocer la diversidad y estructura de estos bosques (particularmente comparando entre árboles del dosel y del sotobosque), y determinar las especies endémicas y amenazadas, para así resaltar a cerca de la necesidad de conservar y buscar posibles soluciones para la preservación de estos ecosistemas y garantizar su conservación. Este estudio sirve de base fundamental para la realización de posteriores investigaciones en la misma zona de estudio, relacionadas con la conservación de la biodiversidad, y con el efecto del cambio climático sobre la composición y diversidad de los bosques naturales tropicales.

1. Objetivos

1.2 Objetivo general

Establecer una red de parcelas permanentes para determinar la composición florística y estructura de árboles del dosel y del sotobosque de dos bosques naturales tropicales ubicados en sitios contrastantes de temperatura y humedad.

1.3 Objetivos específicos

Determinar la diversidad en ambos tipos de bosques.

Caracterizar la estructura física horizontal y vertical en ambos tipos de bosques.

Comparar los resultados obtenidos a nivel florístico y estructural entre ambos tipos de bosques.

2. Antecedentes

- **Composición florística y estructura de los bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto, Casanare, Colombia.**

Se caracterizó la composición florística y aspectos de la estructura de la vegetación en bosques ribereños de la cuenca baja del río Pauto (Colombia, Casanare) utilizando la información de nueve parcelas de 20 x 50 m, en donde se midieron el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y cobertura de la copa. Se analizó la riqueza y los valores de importancia por especie y por familia. Se realizó un análisis para establecer una clasificación local de los tipos de bosque, los cuales se describieron en términos de clases diamétricas y altimétricas, diagramas estructurales e índice de predominio fisionómico (Cabrera & Amaya, 2016).

- **Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sangaré-Sucre (Colombia).**

Se analizó la estructura y composición de la vegetación en dos fragmentos de bosque seco tropical en la Reserva Natural Sangaré (San Onofre, Sucre, Colombia). Se estableció la riqueza de plantas y ciertos parámetros estructurales para medir la organización y dinámica del bosque. En cada fragmento de bosque se hicieron levantamientos de vegetación con el método de transectos tipo RAP modificados. Se realizaron identificaciones, conteos de especies y mediciones de estructura como, la altura y el DAP, además se establecieron las familias, géneros y especies más importantes; los hábitos de crecimiento y el perfil de vegetación (Sanmartín, Angarita & Mercado, 2016).

- **Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales de Smurfit Kappa cartón de Colombia: Popayán y Cajibío.**

Con el objetivo de conocer las características estructurales más importantes del bosque natural del Núcleo Forestal Meseta, Departamento del Cauca, perteneciente a la Compañía Smurfit Kappa Cartón de Colombia, se establecieron cuatro transectos de 1000 m² en los que se midieron todas las variables estructurales a la vegetación $\geq 2,5$ cm de diámetro a la altura del pecho y se realizó la identificación taxonómica de las especies presentes (García et al., 2014).

- **Análisis florístico y estructural de la red de parcelas permanentes establecida en el bosque natural de la jurisdicción de Corpochivor.**

Se realizó un análisis de la composición florística y estructural de la red de 16 parcelas forestales permanentes que permite determinar el estado de los bosques naturales de la jurisdicción, para contribuir con el avance en el conocimiento y caracterización de los ecosistemas de bosques ubicados en el sur oriente del departamento de Boyacá-Colombia.

- **Composición florística y estructura de los árboles en un bosque tropical montano de la Cordillera Mosetenes, Bolivia.**

Se realizó un inventario florístico de los árboles con un DAP igual o superior a 2,5 cm, en cuatro parcelas de 0,1 ha en los bosques montanos de la Cordillera Mosetenes, una región que permanecía inexplorada en Bolivia (Macía & Fuertes, 2008).

3. Marco referencial

3.1 Marco teórico

3.1.1 Biodiversidad. El departamento de Santander, cuenta con una ventaja estratégica en cuanto a sus recursos ambientales, su relieve se compone de tres grandes áreas diferenciadas: al

occidente el Valle del Río Magdalena, en la zona central del departamento el sistema de mesetas y al oriente el sistema de montañas; zonas que presentan potencial en su diversidad, ecosistemas estratégicos, paisajes, recursos energéticos e hídricos. En los resultados de un análisis de vulnerabilidad departamental, con relación al componente de biodiversidad, se encontró que el indicador de cambio proyectado en la superficie con aptitud forestal se ubica en un nivel muy alto de amenaza (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Se reconocen 133 tipos de ecosistemas diferentes en los Andes del norte, estos se encuentran clasificados dentro de nueve agrupaciones, rangos que se tienen en cuenta para agruparlos son los rasgos de altitud y los regímenes de temperatura y precipitación se encuentran entre los factores distintivos de estos ecosistemas (Herzog, 2012).

3.1.2 Cambio climático. El cambio climático ha sido uno de los factores que más ha afectado los bosques, esto se evidenció con más fuerza en el siglo XX, en el cual se presentó una tasa de calentamiento promedio de $0,13^{\circ}\text{C}$ más o menos $0,03^{\circ}\text{C}$ por año.

Debido al incremento de la temperatura esto puede dar lugar a un desplazamiento teórico de las especies 600 m más arriba para mantener en el óptimo de su hábitat, podría afectar de manera significativa a su viabilidad (Herzog, 2012).

3.1.3 Estructura. La caracterización estructural de un bosque se constituye en uno de los principales fundamentos para el entendimiento de la distribución y dominancia de especies forestales. Su variación depende en gran parte de la composición de especies de las comunidades, permitiendo así, que una misma especie pueda presentar diferente condición estructural de acuerdo a la asociación florística donde se encuentre (Johnson et al., 2002).

3.1.4 Deforestación. La deforestación es uno de los factores que más afecta al cambio climático. Esto debido a que los bosques realizan una captura de carbono y esto disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, con la tala del bosque se disminuye la captura de carbono y más gases son emitidos a la atmósfera. Algunas de las causas de la deforestación, son la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, el aprovechamiento de la madera de forma desmedida, construcciones urbanas y en algunos casos los incendios (Yepes, 2011).

3.1.5 Servicios eco sistémicos

3.1.5.1 Servicios de suministro. Son servicios que pueden consumir directamente del bosque, dentro de estos se encuentran alimentos, agua, fuentes de energía materiales de construcción o medicinas, entre otros (Balvanera, 2012).

3.1.5.2 Servicios de regulación. Estos servicios son intangibles y regulan las condiciones en las que habita la sociedad y donde se llevan a cabo las actividades productivas. Algunos de estos servicios son: regulación hídrica, regulación climática entre otros (Balvanera, 2012).

3.1.5.3 Servicios culturales. Beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como los valores estéticos, educaciones, religiosos y espirituales, las oportunidades de generar conocimiento (tradicional y formal), inspiración, sentido de pertenencia, recreación y turismo asociado a la naturaleza (Casanoves, 2011).

3.2 Marco conceptual

Biodiversidad: variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Bosque: tierra que se extiende por más de 0,5 ha dotada de árboles de una altura superior a 5 m una cubierta de dosel superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. No incluye la tierra sometida a un uso donde predomina la agrícola o urbano.

Conservación: la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras.

Composición florística: se refiere a las especies vegetales presentes en un área de estudio, las cuales se categorizan por altura, diámetro del fuste, diámetro de copa, abundancia, frecuencia, regeneración, entre otros. Estos parámetros ayudan a identificar como se está comportando el bosque respecto a las especies vegetales que lo conforman.

Estructura del bosque: La estructura de un sitio forestal es el resultado de los hábitos de crecimiento de las especies arbóreas, así como de las condiciones ambientales y de las prácticas de manejo bajo las cuales se desarrolló y originó el sitio a través del tiempo.

Cambio climático: es la alteración del intercambio de materia y energía entre los cinco compartimientos que definen el clima terrestre: atmosfera, hidrosfera, litosfera, criosfera y biosfera.

Deforestación: desmontar total o parcialmente las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganadero o de otro tipo.

4. Metodología

4.1 Área de estudio

Los bosques del área de muestreo están ubicados en el departamento de Santander, en las veredas “El llano” del municipio de Molagavita y “El juncal” del municipio de Enciso (Figura 1 y 2). En cada sitio de muestreo se establecieron cinco parcelas, de las cuales se muestran sus coordenadas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Ubicación en coordenadas de las parcelas permanentes de muestreo

Robledal		
Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
6°39'6.65"	72°46'15.68"	3149
6°39'8.55"	72°46'12.58"	3155
6°39'10.75"	72°46'12.61"	3137
6°39'6.06"	72°46'9.84"	3184
6°39'5.07"	72°46'12.88"	3176
Bosque seco		
Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
6°36'35.75"	72°42'28.46"	1234
6°36'34.02"	72°42'26.74"	1236
6°36'36.39"	72°42'23.72"	1246
6°36'32.46"	72°42'29.48"	1223
6°36'39.59"	72°42'26.45"	1249

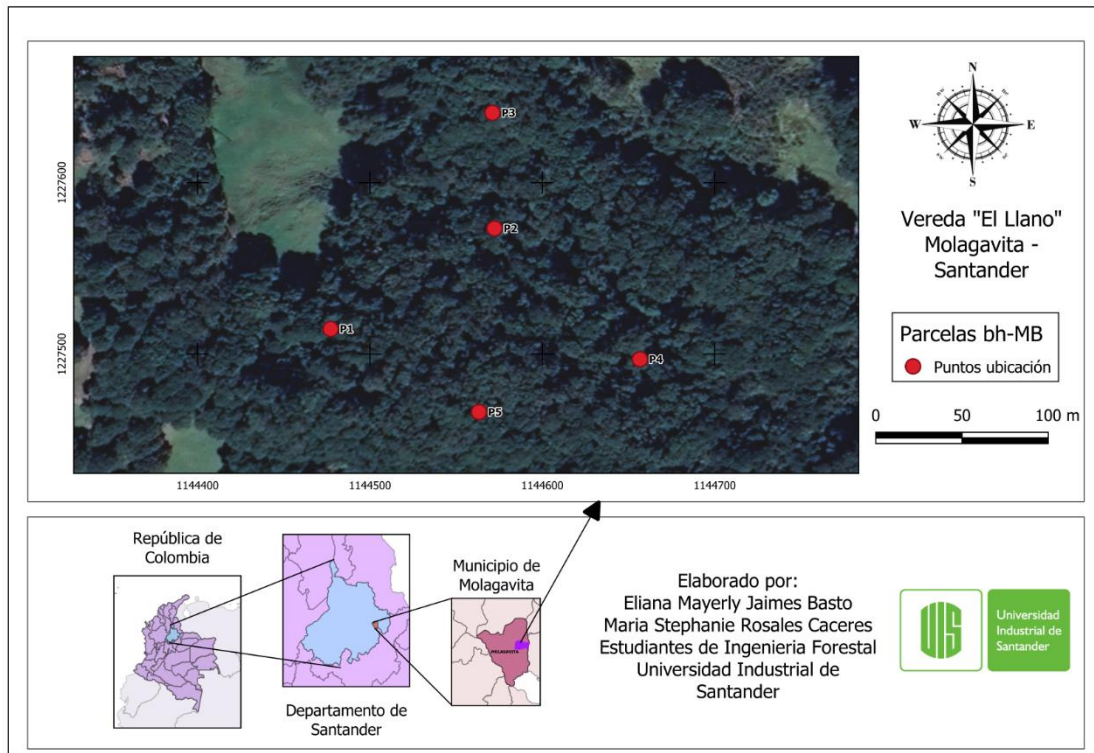


Figura 1. Ubicación de las parcelas permanentes en el municipio de Molagavita

En la Figura 2, se muestra el mapa de ubicación de las parcelas para la zona del bosque seco en el municipio de Enciso.

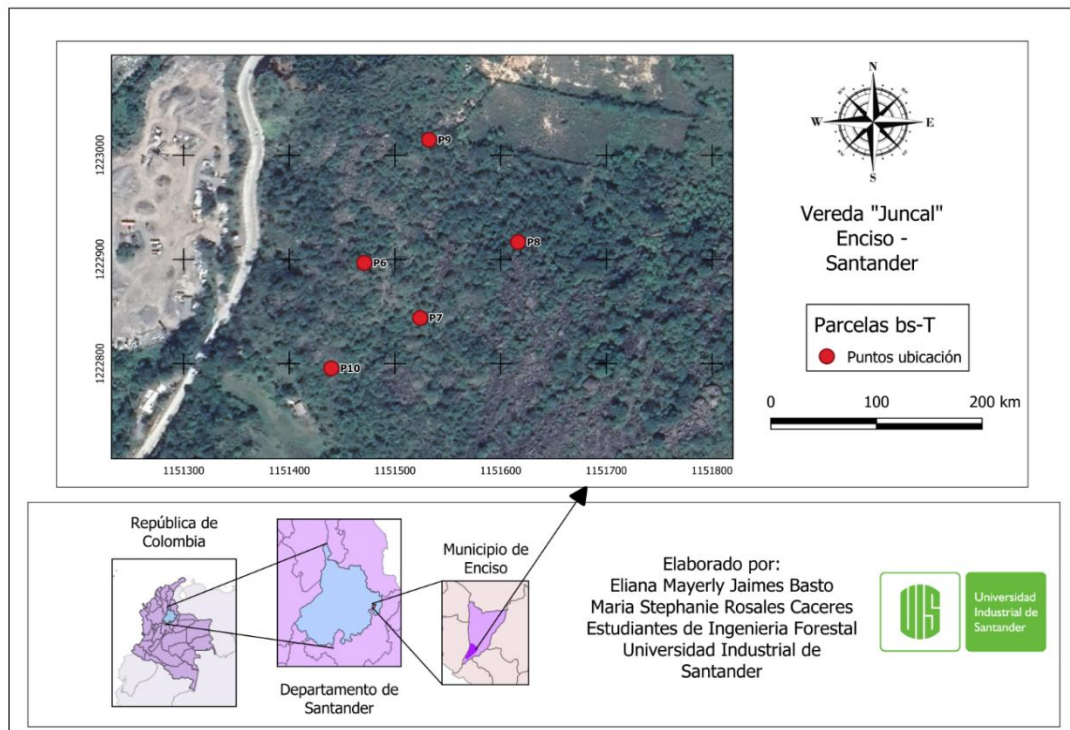


Figura 2. Ubicación de las parcelas permanentes en el municipio de Enciso

El proceso metodológico para la elaboración de la caracterización de la diversidad y estructura de los bosques naturales presentes en cada ecosistema boscoso, consistió primero en la realización de visitas a campo con la finalidad de hacer un reconocimiento de la zona de estudio y las coberturas presentes. Seguidamente, se definieron los sitios para el muestreo de fustales ($DAP > 10 \text{ cm}$) y latizales ($2,5 \leq DAP \leq 10 \text{ cm}$) (Vallejo et al., 2005), en los cuales se procedió a hacer el levantamiento de información mediante el establecimiento de 10 parcelas permanentes de forma rectangular, con un área de 0,1 ha. Una vez obtenida la información, se estructuraron las bases de datos y se procesaron los mismos para el cálculo de diferentes indicadores, los cuales sirvieron para la caracterización de estos bosques en términos florísticos y estructurales.

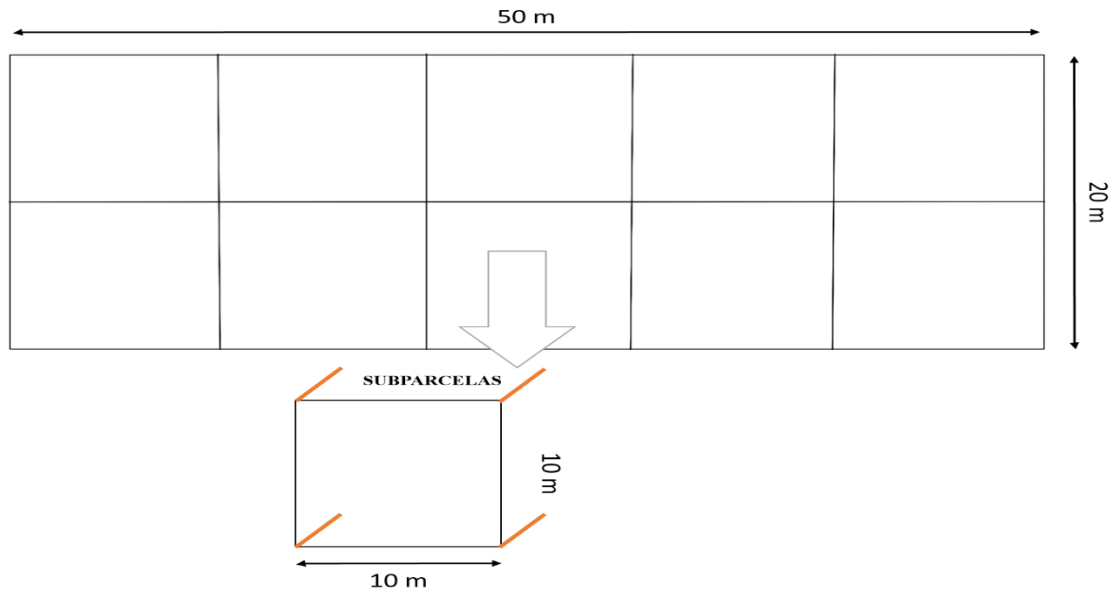


Figura 3. *Esquema de formación de las parcelas*

Todos estos procedimientos se detallarán a continuación:

4.2 Trabajo de campo

A continuación, se presenta la metodología a emplear durante la fase del trabajo de campo:

4.2.1 Ubicación de los sitios de muestreo. Las parcelas se ubicaron en un bosque seco tropical localizado en el municipio de Enciso y un bosque húmedo montano bajo ubicado en el municipio de Molagavita. Con la finalidad de obtener información florística y estructural en el área de estudio, se montaron cinco parcelas en cada bosque. En cada una de las parcelas se efectuó el levantamiento de información de los individuos arbóreos (fustales) y latizales. A cada una de las parcelas, se le registró la coordenada, la altitud y su descripción (dosel, sotobosque y estrato terrestre).

4.2.2 Establecimiento de las parcelas permanentes. En cada piso altitudinal se montaron cinco parcelas, cada una de 0,1 ha, de forma rectangular (50x20 m), separadas entre sí como mínimo 50 m.

El área de una parcela permanente siempre se refiere a su proyección sobre un plano horizontal, a la hora de establecer parcelas es difícil encontrar un terreno o sitio que sea completamente plano, por esto, la mayoría de parcelas son ubicadas en sitios con alta heterogeneidad en relación con la topografía del terreno. Para el establecimiento de las parcelas se realizó la corrección de pendiente y revisión de ángulos rectos en el área.

4.2.2.1 Corrección de pendiente. Según fundamentos geométricos, las distancias naturales e inclinadas entre dos puntos sobre un terreno pendiente son siempre mayores que la distancia horizontal. Por esta razón, cuando se necesita establecer una distancia plana preestablecida en una parcela, pero que debe ser medida sobre una superficie inclinada, es necesario efectuar el cálculo de la respectiva distancia corregida que deberá ser medida sobre el terreno inclinado.

Cuando la distancia de una parcela sobre un sitio irregular y con pendiente se mide siguiendo el contorno del terreno, el área resultante siempre será mayor que cuando ésta se proyecta sobre el plano horizontal. La magnitud de este error depende del valor de la pendiente (en ángulo o porcentaje), de tal forma que a mayor pendiente mayor es la magnitud del error. Dicho error se debe corregir puesto que todos los resultados de los estudios en parcelas permanentes, como el número de individuos, el área basal, la biomasa, entre otros, se expresan por unidad de área, la cual se refiere siempre a una superficie plana.

Para la corrección de pendiente se aplicó el método indirecto, el cual consiste en calcular la distancia inclinada que se debe medir sobre el terreno tal que su proyección sobre el plano

horizontal sea la distancia requerida, por ejemplo 10 ó 20 m. Este método se basa en la medición del ángulo de inclinación en un tramo determinado del terreno mediante un instrumento diseñado específicamente para este fin, como un nivel Abney.

Una vez realizada la corrección de pendiente y la revisión de ángulos rectos, se procedió a instalar en cada arista tubos de 1 m de largo por 3" de diámetro, con una plaqueta de papel foil de dimensiones 7*4 cm, la cual contiene el número de la parcela y la letra del cuadrante al que pertenezca, luego se delimitó el área de la parcela con una pita de polipropileno de color blanco.

Una vez establecidas las 10 parcelas, se procedió a dividir cada una en los 10 subcuadrantes (A, B, C, D, E, F, G, H, I y J).

4.2.3 Toma de datos. La toma de datos se empezó en el cuadrante "A" de cada parcela, posteriormente, se le tomaron los datos a cada individuo en forma de zigzag, terminando en el cuadrante "J". A cada individuo, se le tomó el DAP a partir de 2,5 cm (con cinta diamétrica), la altura total (con hipsómetro sunto), el diámetro de copa y su respectiva muestra botánica. Cada individuo fue marcado dependiendo de su clase diamétrica: latizal con papel foil y alambre, fustal con pintura asfáltica amarilla a una misma altura y mirando hacia el origen de la parcela.

4.3 Trabajo de herbario

Todas las muestras colectadas fueron enviadas al herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja, con el fin de realizar su proceso de secado para luego ser identificadas. El proceso de identificación consistió, primero, en clasificar a nivel de familia o género. Luego, con la ayuda de claves taxonómicas, guías de flora, herbarios virtuales y preguntas a expertos, se

identificaron la mayoría de las muestras a nivel de especies. Las muestras que no se lograron identificar a nivel de especie, fueron enumeradas como morfoespecies.

4.4 Procesamiento de datos

Una vez conformada y depurada la base de datos (búsqueda de outliers), se calcularon para los dos tipos de bosque, diferentes indicadores de la diversidad y estructura tanto vertical como horizontal.

4.4.1 Composición florística. La diversidad o composición florística se refiere al estudio de las diferentes especies que conforman la comunidad vegetal para su determinación, se obtuvo el número de familias, géneros, morfoespecies e individuos por piso altitudinal, además del número de especies e individuos por familia. Estos resultados se presentan en tablas resumen. Para cada piso altitudinal, se usaron diferentes indicadores de diversidad (para este caso diversidad alfa), como son los índices de Simpson y Shannon, los cuales se basan en la cuantificación del número de especies (riqueza) y sus abundancias relativas (Moreno, 2001). Igualmente, se calculó el coeficiente de mezcla como indicador de la homogeneidad o heterogeneidad de los bosques. Para identificar las especies más importantes registradas en el inventario, se calculó el índice de valor de importancia (IVI) el cual tiene en cuenta para cada especie su abundancia, dominancia y frecuencia relativa. Además, se conformaron diferentes tablas con la distribución de los taxones (familias, géneros, especies e individuos). Finalmente, con el objetivo de comparar la diversidad entre parcelas y coberturas en función de las curvas de acumulación, se construyeron las curvas de acumulación especies área y especies individuos en cada una de las parcelas y sumando el área de las cinco parcelas.

4.4.1.1 Diversidad alfa. Existen diferentes propuestas metodológicas para evaluar la diversidad de especies, dentro y entre coberturas o fragmentos de bosques. Particularmente, este estudio se enfocó en la diversidad existente en cada piso altitudinal, llamada diversidad alfa.

Generalmente, la diversidad alfa para una comunidad vegetal es interpretada a partir de métodos basados en el número de especies presentes (riqueza específica) y sus abundancias relativas (Moreno, 2001). Se trabajó con el Índice de Simpson y el Índice de Shannon - Wiener (Jørgensen et al., 2005). Ambos índices están influenciados por el tamaño de la parcela y el patrón de muestreo (Gaston, 1996), y se pueden utilizar como parámetro para caracterizar y comparar los diferentes tipos de coberturas en términos de composición florística (Gotelli & Colwell, 2001).

El Índice de Simpson señala la probabilidad de que dos individuos tomados aleatoriamente en una muestra pertenezcan a la misma especie, y está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes en las coberturas (Magurran, 1988; Moreno, 2001). El valor del Índice de Simpson siempre será inverso a la equidad, por lo que la diversidad se calcula como $1 - \lambda$ (Lande, 1996). Matemáticamente, el Índice de Simpson se expresa así: $\lambda = \sum (n_i/N)^2$

El símbolo λ representa el Índice de Simpson; n_i denota el número de individuos de la especie i mientras que N , el número total de individuos de todas las especies registradas.

Por otro lado, el Índice de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies registradas, teniendo en cuenta el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Peet, 1974; Baev & Penev, 1995). Es decir, éste índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Cuando los valores son cercanos a cero la diversidad es baja (pocas especies) (Magurran, 1988). Matemáticamente, el Índice de Shannon se expresa así: $H' = -\sum P_i \ln P_i$

Donde P_i denota la abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S = \sqrt[k]{N}$ donde k es la constante (Magurran, 1998).

También se calculó el Cociente de Mezcla o Factor de Heterogeneidad Florística, como indicador del grado de homogeneidad o heterogeneidad de las coberturas. Este factor relaciona el número de especies y el número de individuos totales, y sirve para tener una idea del grado de intensidad de mezcla, es decir, de la forma como se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro de las coberturas.

Los valores del Cociente de Mezcla se correlacionan con el DAP mínimo de registro y con el tamaño del muestreo. El cálculo de este parámetro se efectuó mediante la siguiente expresión:

$$CM = \frac{\sum(n_i S)}{S^2}$$

Donde CM denota el Cociente de Mezcla; n representa al número total de individuos de todas las especies en la cobertura (i); S : Número total de especies en la cobertura (i)

4.4.2 Estructura física. Para el análisis de las características físicas de las coberturas, se determinaron algunas variables estructurales y parámetros descriptivos de la estructura horizontal y vertical de cada cobertura. Se calculó el área basal (m^2/ha), la densidad (individuos/ha), DAP medio (cm), altura media (m), se trataron de ajustar modelos para las curvas de distribución diamétricas, se realizaron gráficos de la altura de los individuos con respecto a las clases

diamétricas, y se buscaron relaciones dendrométricas mediante correlaciones y regresiones entre el DAP, altura y diámetro de copa.

4.4.2.1 Estructura vertical. La estructura vertical se determinó con la altura media del dosel y la distribución de alturas por clase diamétrica. También se determinó el índice de posición sociológica, el cual permite ver la composición florística en los diferentes sustratos de la vegetación y el aporte que tienen las especies para cada uno de ellos.

4.4.2.2 Estructura horizontal. Para esto se mide la densidad (número individuos/hectárea), la abundancia de cada una de las especies y la dominancia de estas, para eso se medirán los DAP de cada árbol, se determinara el área basal (m^2/ha) y el DAP medio.

Los resultados de área basal y densidad, se obtuvieron a partir de los datos del DAP y el número de individuos registrados, respectivamente. Para esto se consideró el número y tamaño de las parcelas para extrapolar los valores a hectárea. Para la realización del análisis estadístico se utilizaron los programas Estimate para la obtención de gráficas, Past3 para el cálculo de índices de diversidad y Excel para cálculos estadísticos.

5. Resultados

Una vez depurada la base de datos, se procedió a realizar los respectivos análisis propuestos en la metodología, de lo cual se obtuvo los siguientes resultados para cada uno de los bosques del área de estudio.

5.1 Robledal

5.1.1 Composición florística. Al realizar el inventario florístico para el total del área del robledal, se registraron en total (fustales y latizales) 1347 individuos, dentro de los cuales 223 fueron para la categoría de clase diamétrica fustal y 1124 para la categoría de clase diamétrica latizal. En total se encontraron 23 especies pertenecientes a 14 familias y 18 géneros, los cuales se muestran, discriminados entre fustales y latizales en la *Tabla 3*.Tabla 2.

Tabla 2.

Cantidad de familias, géneros, morfoespecies e individuos para fustal y latizal para robledal

Clase diamétrica	Nº Familias	Nº Géneros	Nº Morfoespecies	Nº Individuos
Fustal	9	9	13	223
Latizal	14	18	22	1124

En la Tabla 3., se presenta el listado de familias con su respectiva especie.

Tabla 3.

Familias y morfoespecies identificadas en el robledal

No	Familia	Nombre Científico
1	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.
2	Araliaceae	<i>Oreopanax</i> sp. 1
3	Araliaceae	<i>Schefflera</i> cf. <i>silvatica</i> Cuatrec.
4	Asteraceae	<i>Paragynoxys</i> sp. 1
5	Brunelliaceae	<i>Brunellia</i> sp. 1
6	Chloranthaceae	<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don
7	Clusiaceae	<i>Clusia</i> sp. 1
8	Clusiaceae	<i>Clusia</i> sp. 2
9	Cunoniaceae	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth
10	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.
11	Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.
12	Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp. 1
13	Lauraceae	<i>Persea</i> sp. 1
14	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. 1
15	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. 2
16	Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp. 3

17	Melastomataceae	<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naudin
18	Primulaceae	<i>Cybianthus</i> sp. 1
19	Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.
20	Primulaceae	<i>Stylogyne</i> sp. 1
21	Rhamnaceae	<i>Frangula goudotiana</i> (Triana y Planch.) Grubov
22	Symplocaceae	<i>Symplocos</i> sp. 1
23	Theaceae	<i>Ternstroemia meridionalis</i> Mutis ex Lf

En la Tabla 4, se presenta el número de géneros, morfoespecies e individuos pertenecientes a cada familia encontrada a nivel general, para las dos categorías de clase diamétrica (fustal y latizal).

Tabla 4.

Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el robledal

Familia	Nº género	Nº morfoespecie	Nº individuos
Adoxaceae	1	1	35
Araliaceae	2	2	169
Asteraceae	1	1	43
Brunelliaceae	1	1	62
Chloranthaceae	1	1	247
Clusiaceae	1	2	49
Cunoniaceae	1	2	63
Fagaceae	1	1	361
Lauraceae	2	2	16
Melastomataceae	1	4	168
Primulaceae	3	3	97
Rhamnaceae	1	1	3
Symplocaceae	1	1	13
Theaceae	1	1	21
Total			1347

5.1.2 Índices de diversidad alfa. Para determinar la diversidad alfa albergada en el robledal, se evaluaron los índices de Simpson, Shannon y Margalef, los cuales permiten conocer una visión amplia del bosque a nivel de dominancia y equidad.

Los datos representados en la Tabla 5., indican que en general, para todos los índices, se presentó una leve mayor diversidad en la categoría de clase diamétrica latizal, en comparación con

fustal. El nivel más cercano al 1 del índice de Simpson se encuentra en la parcela 5 con un valor de 0,85, posicionándose como la parcela más diversa (de la categoría latizal), mientras que el valor más cercano al 0 (parcela menos diversa) se encuentra en la parcela tres de la categoría de clase fustal con un valor de 0,42. Sin embargo, y como era de esperarse por ser un bosque dominado por una especie, se encontró que para las dos categorías de clase diamétrica en todos los índices, la diversidad es baja. A nivel general, el cociente de mezcla permite definir que el bosque es muy homogéneo.

A continuación, se presentan los datos con los resultados de los índices de diversidad alfa para cada categoría de clase diámetrica fustal y latizal (Tabla 5).

Tabla 5.

Valores de índices de diversidad alfa para fustal y latizal en el robledal

		ÍNDICE DE DOMINANCIA	ÍNDICE DE EQUIDAD	RIQUEZA ESPECIFICA	
CATEGORIA	Parcela	Simpson	Shannon – Wiener	Margaleft	CM
FUSTAL	1	0,76	1,65	1,63	0,18
	2	0,77	1,65	1,68	0,13
	3	0,50	0,93	1,38	0,22
	4	0,69	1,63	2,29	0,20
	5	0,42	0,82	1,02	0,10
Promedio		0,63 (+/-0,16)	1,34 (+/-0,43)	1,60 (+/-0,46)	0,16 (+/-0,05)
LATIZAL	1	0,80	2,02	2,59	0,07
	2	0,81	1,99	2,46	0,04
	3	0,53	1,19	2,20	0,08
	4	0,76	1,95	2,57	0,06
	5	0,85	2,14	2,61	0,18
Promedio		0,75 (+/-0,13)	1,86 (+/-0,38)	2,48 (+/-0,17)	0,08 (+/-0,05)

5.1.3 Curvas de acumulación de especie – área. Según la curva de acumulación de especie representada en la Figura 3, la línea de tendencia R^2 para fustal arrojó un valor de 97,29% y para latizal de 94,89%, lo cual indica que los datos tienen una correlación muy alta entre ellos. La curva

de acumulación de especies tanto para latizal, como para fustal presentó un fuerte incremento hasta la parcela dos representada en 0,2 ha, donde se produjo un cambio drástico, pero aun así no llega a ser asintótica. Se determinó la ecuación para cada clase diamétrica con el fin de determinar la tendencia a encontrar especies nuevas en más unidades de muestreo, al reemplazar “x” para unidades de muestreo superiores a las ya registradas en la gráfica, se tiene que para cada unidad de muestreo aumentada, es posible encontrar teóricamente una especie nueva.

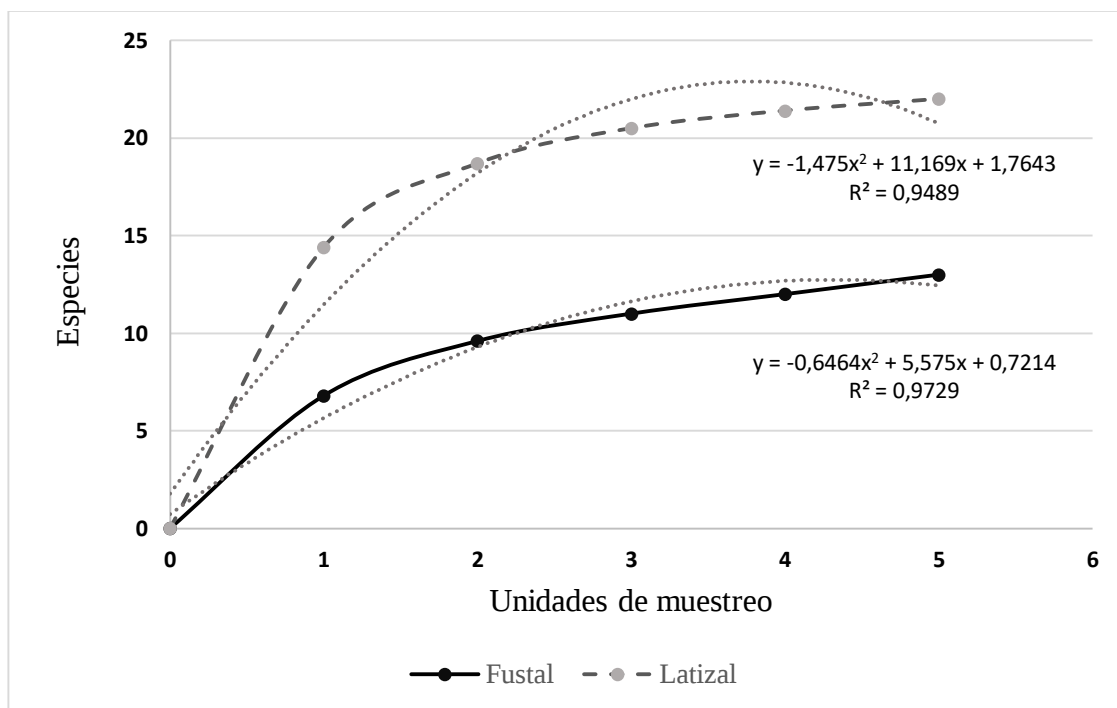


Figura 4. Curvas de acumulación especie – área para robledal

5.1.4 Estructura horizontal

5.1.4.1 Distribución de clases diamétricas. El DAP medio de las especies para la categoría de clase diamétrica fustal fue de 24,4 y para la clase diamétrica latizal de 5,0, en la Tabla 6, se puede observar el DAP medio para cada categoría de clase diamétrica.

Tabla 6.

DAP medio para cada parcela en el robledal

Parcelas	DAP Medio fustal	DAP medio latizal
1	23,71	5,02
2	18,26	4,98
3	31,66	4,97
4	20,79	5,03
5	27,80	4,64
DAP medio total	24,44 (+/- 5,37)	5,00 (+/- 0,16)

En la Figura 4, se puede observar la distribución de clase diamétrica, la cual indica que la mayor parte de individuos se presentan en el intervalo de 2,5 – 10 con un 83.4%, a partir de estos se presenta una reducción de individuos a medida que aumenta el DAP. Esta curva es típica de bosques naturales en forma de J-invertida.

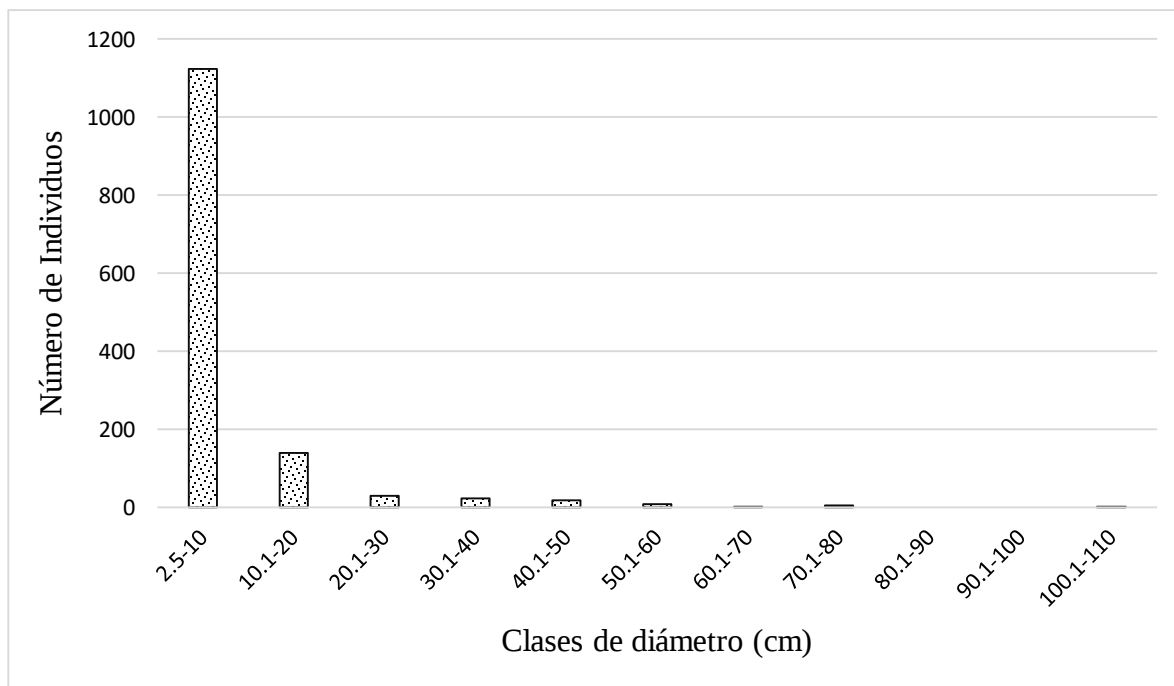


Figura 5. Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para robledal

5.1.4.2 Área basal. El área basal se calculó por cada parcela de muestreo, el área basal acumulada en el bosque es de 16.58 m², del cual la categoría de clase diamétrica fustal ocupa 14.06 m² y la categoría de clase diamétrica latizal ocupa 2.52 m², Tabla 7. Para la categoría de clase diamétrica fustal, todas las parcelas tienen valores similares a excepción de la parcela 5, debido a que en este sitio se encontraron las especies con mayores dimensiones de diámetro, lo cual produjo un aumento considerable en el área basal de la parcela. Por otro lado, en la categoría de clase diamétrica latizal los valores presentan una mayor variación.

Tabla 7.

Área basal para cada parcela en el robledal

Parcelas	Área basal fustal	Área basal latizal
1	2,96	0,52
2	2,28	1,02
3	2,05	0,33
4	2,39	0,52
5	4,38	0,13
Total área basal m²	14,06	2,52
AB/ha (m²/ha)	28,12	5,04

5.1.4.3 Densidad. Como se muestra en la Tabla 8, se realizó el cálculo de la densidad para cada parcela de muestreo y se sacó un promedio general, lo cual permite identificar, que tanto para la categoría de clase diamétrica fustal, como para latizal, la parcela con un alto valor de densidad es la parcela 2.

Tabla 8

Densidad para cada unidad de muestreo en el robledal

Parcela	Densidad fustal/ha	Densidad latizal/ha
1	400	2230
2	640	4500
3	180	1490

4	510	2340
5	500	680
Promedio	446 (+/- 171,4)	2248- 1424,2)

5.1.4.4 Índice de valor de importancia (IVI). En la Figura 5, se muestran los resultados del IVI para la categoría de clase diamétrica fustal. Se puede observar que la especie más importante según el IVI es el *Quercus humboldtii* Bonpl., con un valor equivalente a 49,7%, posicionándose en este lugar por su alta abundancia y dominancia relativa. La segunda especie más importante es el *Brunellia* sp. 1 con un valor equivalente a 9,24%, en el tercer lugar se encuentra la especie *Hedyosmum racemosum* (Ruiz & Pav.) G.Don, con un valor equivalente a 7,95%, las cuales sobresalen por su dominancia y frecuencia relativa. Por el contrario, dentro de las especies menos importantes están: *Ternstroemia meridionalis* Mutis ex Lf, *Miconia* sp.1 y *Weinmannia pubescens* Kunth, con valores que oscilan entre 1,17% y 1,16%. En general, se puede observar que en todas las especies a excepción del *Quercus humboldtii* Bonpl. la frecuencia relativa se mantuvo.

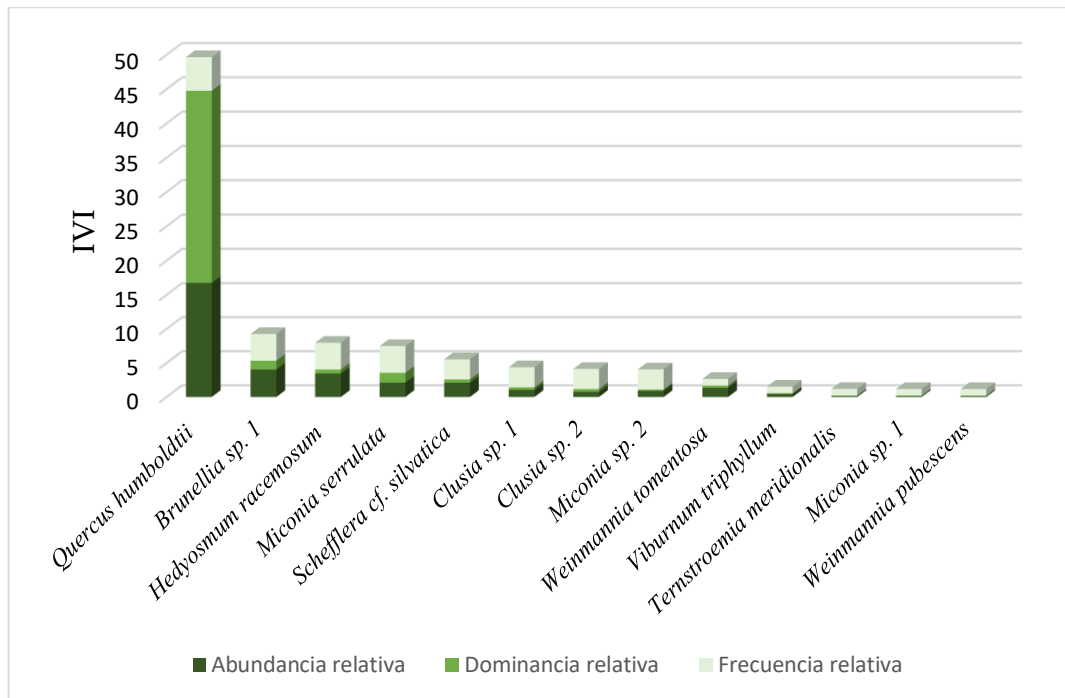


Figura 6. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase fustal en el robledal

En la Figura 6, se muestran los resultados del IVI para la categoría de clase diamétrica latizal. Se puede observar que la especie más importante fue igualmente el *Quercus humboldtii* Bonpl., con un valor equivalente a 16,48%, posicionándose en este lugar por su alta abundancia y dominancia relativas. La segunda especie más importante es el *Hedyosmum racemosum* (Ruiz & Pav.) G.Don, con un valor equivalente a 15,28%, en el tercer lugar se encuentra la especie *Schefflera cf. silvatica* Cuatrec, con un valor equivalente a 11,74%, las cuales sobresalen por su abundancia y dominancia relativa. Por el contrario, dentro de las especies menos importantes están: *Frangula goudotiana* (Triana y Planch.) Grubov, *Miconia sp.3* y *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult., con valores que oscilan entre 0,69% y 0,49%.

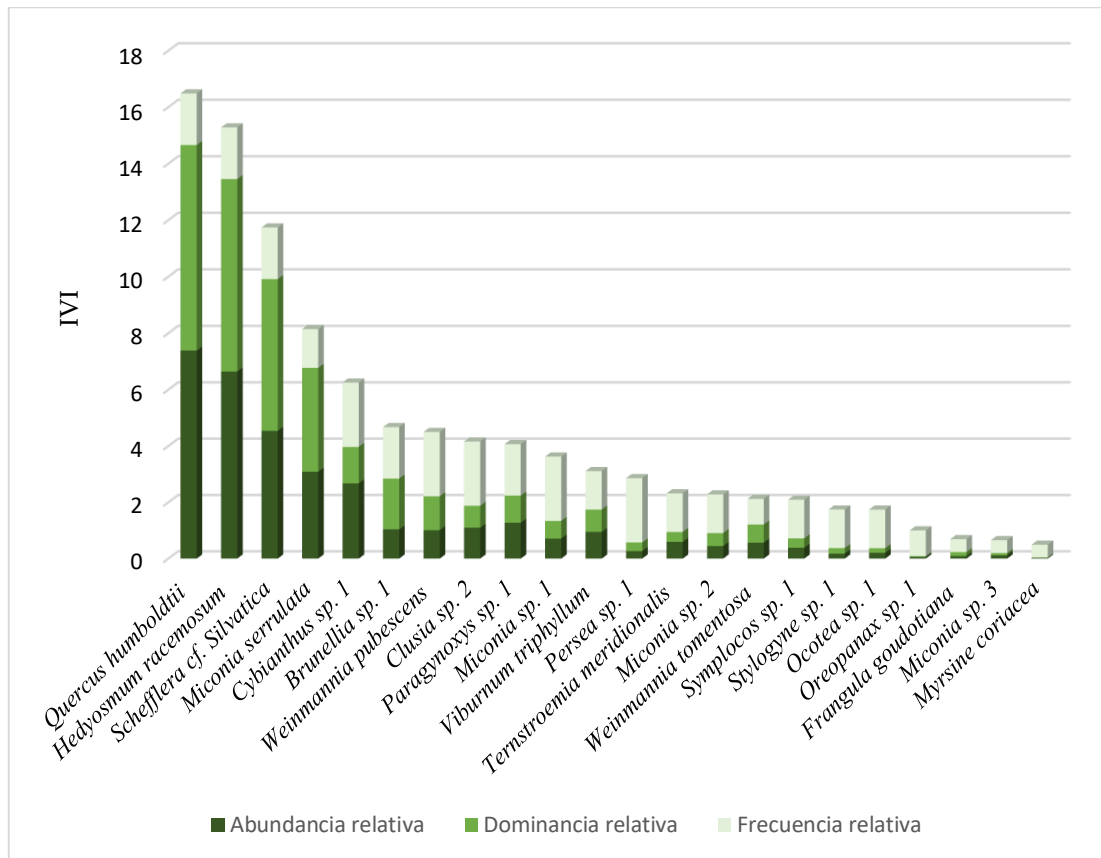


Figura 7. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase latizal en el robledal

5.1.5 Estructura vertical. La distribución vertical del bosque presenta alturas que van desde su primer intervalo entre 1 y 7 m, hasta los 30,6 m. En la Figura 7, se muestra la distribución de los árboles respecto a su altitud, lo cual indica que el 58,87% de las especies alcanzan un rango de alturas entre 1 y 7 m y, por otro lado, se encuentra que tan solo el 0,8% de las especies logran alcanzar alturas de 27,1 y 33,0 m.

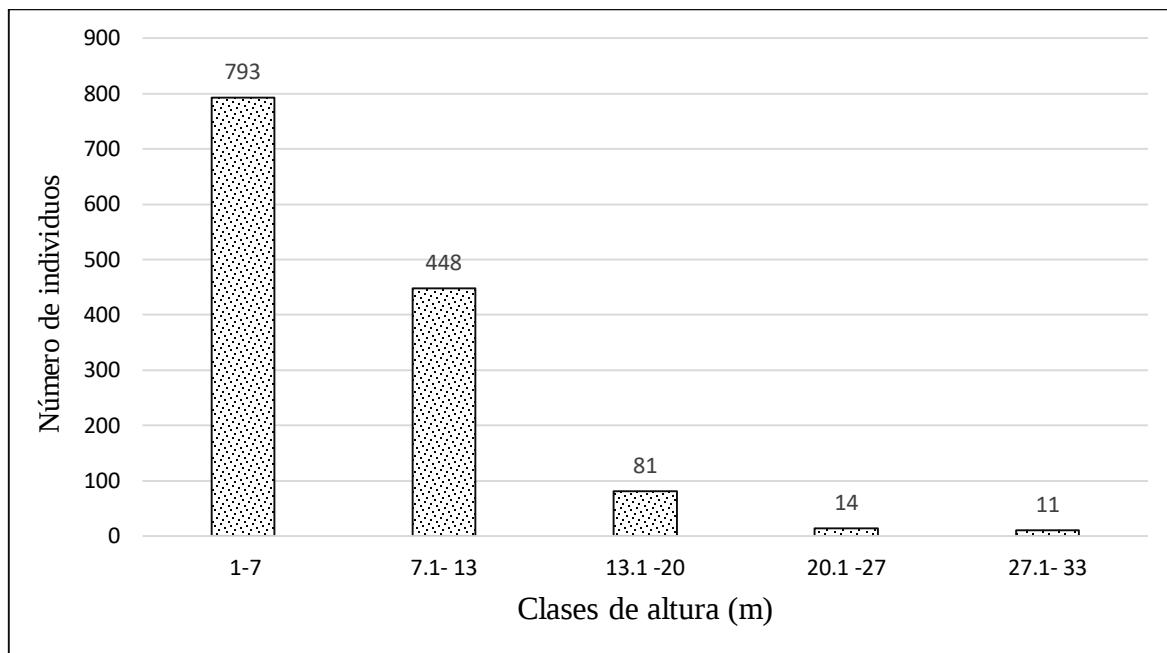


Figura 8. Diagrama de distribución de los árboles respecto a su altitud

5.1.5.1 Altura media. Los resultados de la altura media están representados por parcela para cada categoría de clase diamétrica, como se muestra en la Tabla 9, en la cual se observa un promedio en altura de 13,29 m para la categoría de clase fustal y un promedio de 5,83 m para la categoría de clase latizal.

Tabla 9.

Altura media para cada unidad de muestreo en el robledal

Clase diamétrica	Parcela	Altura media
Fustal	1	12,78
	2	12,38
	3	15,56
	4	12,37
	5	13,38
Altura media total		13,29 (+/- 1,33)
Latizal	1	5,78
	2	6,83
	3	5,27
	4	5,64

Clase diamétrica	Parcela	Altura media
	5	5,63
Altura media total		5,83 (+/- 0,59)

5.1.5.2 Índice de posición sociológica. El índice de posición sociológica permite ver la estructura de la vegetación en los diferentes sustratos del bosque y el aporte que tienen las especies para cada uno de ellos, para hallar el resultado de este índice se tomaron tres sustratos de altura: bajo (1-11) con un total de 1163 individuos, intermedio (11-22) con un total de 166 individuos y alto (>22) con un total de 18 individuos. En la Figura 8, se muestran los resultados para el índice de posición sociológica, se puede observar que la especie más dominante fue el *Quercus humboldtii* Bonpl, con un total de individuos equivalentes al 26,8 %, la segunda especie más dominante fue la especie *Hedyosmum racemosum* (Ruiz & Pav.) G.Don, con un total de individuos equivalentes al 18,3%, a pesar de no ser dominante en el subnivel alto e intermedio, en el tercer lugar se encuentra la especie *Schefflera cf. silvatica* Cuatrec, con un total de individuos equivalentes al 12,4%, predominando en el subnivel bajo y en un leve porcentaje en el subnivel intermedio. Entre las especies con menor valor de posición sociológica se encuentran: *Frangula goudotiana* (Triana y Planch.) Grubov, *Oreopanax sp. 1* y *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult., con valores que oscilan entre 0,2% y 0,1%.

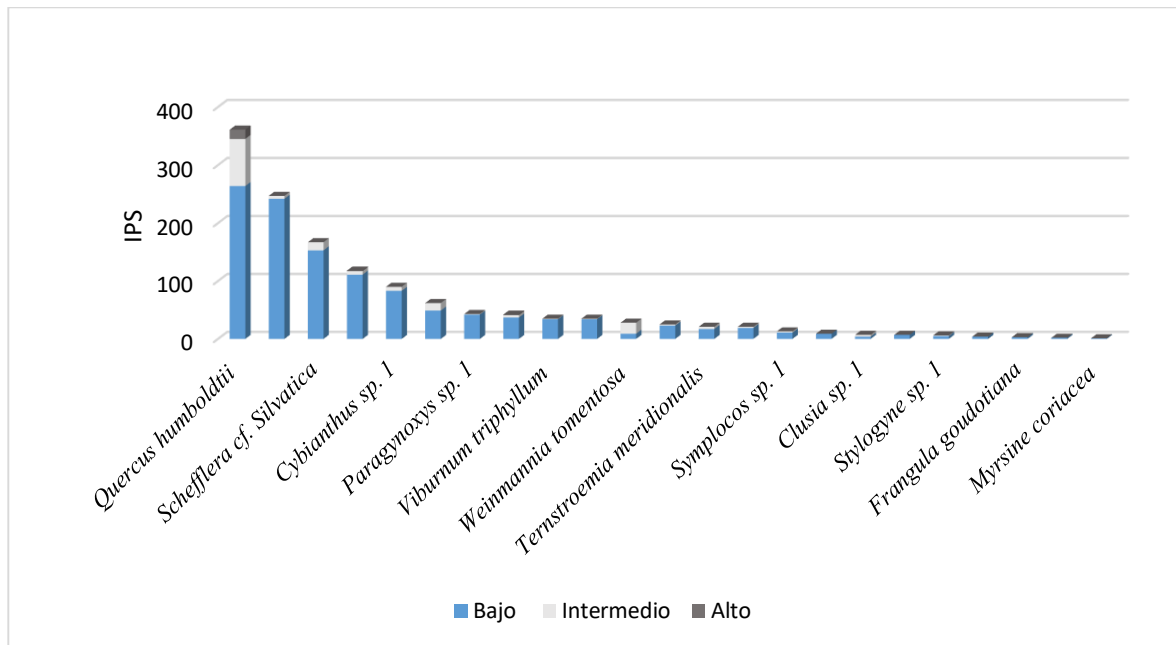


Figura 9. Índice de posición sociológica para robledal

5.1.5.3 Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura. En la Figura 9, se puede observar que la clase diamétrica que alcanzó mayores alturas fue el intervalo 60,1 – 7,0 con una altura promedio de 29,4 m, y el intervalo de clase diamétrica con alturas más bajas se encuentra en 2,5 – 10,0 con una altura promedio de 6,1 m. Los diferentes intervalos de clases diamétricas presentan diferentes variaciones.

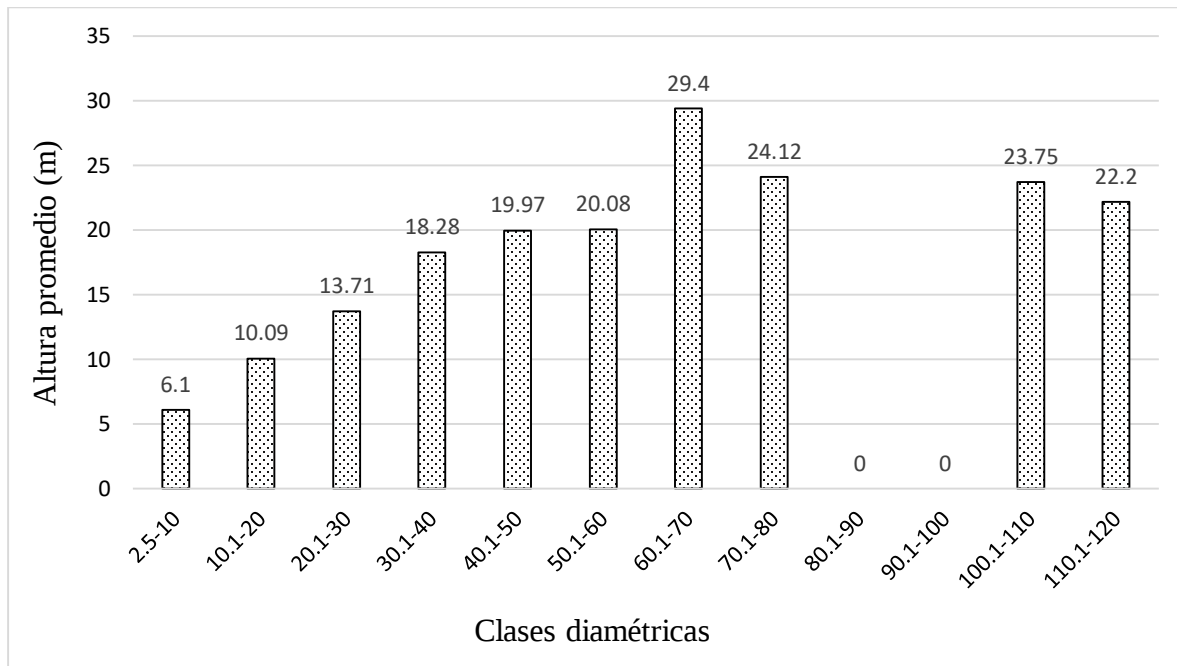


Figura 10. *Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura para robledal*

5.1.6 Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones. Se realizaron relaciones dendrométricas mediante regresiones simples entre el DAP, altura y diámetro de copa para cada categoría de clase diamétrica (fustal y latizal). Para el cálculo de estas relaciones, se hicieron correlaciones de Pearson, las cuales permitieron observar las relaciones de ellas entre sí, para posteriormente, obtener gráficos de dispersión y la ecuación de las mismas.

Correlación y regresión entre DAP y altura :

La correlación para entre DAP y altura arrojó que estas variables tienen una fuerte relación en la categoría de clase diamétrica fustal, a diferencia de la clase diamétrica latizal, la cual, según su resultado estas variables no se relacionan entre sí. El R^2 para fustal fue de 0,710 y para latizal de 0,002.

Se estimó un modelo de regresión lineal para la relación entre estas dos variables (Figura 10), el cual permite observar que no hay una relación significativa entre el DAP y la altura para la categoría de clase diamétrica latizal, a diferencia de la categoría diamétrica fustal, en la que se evidencia una relación entre las variables.

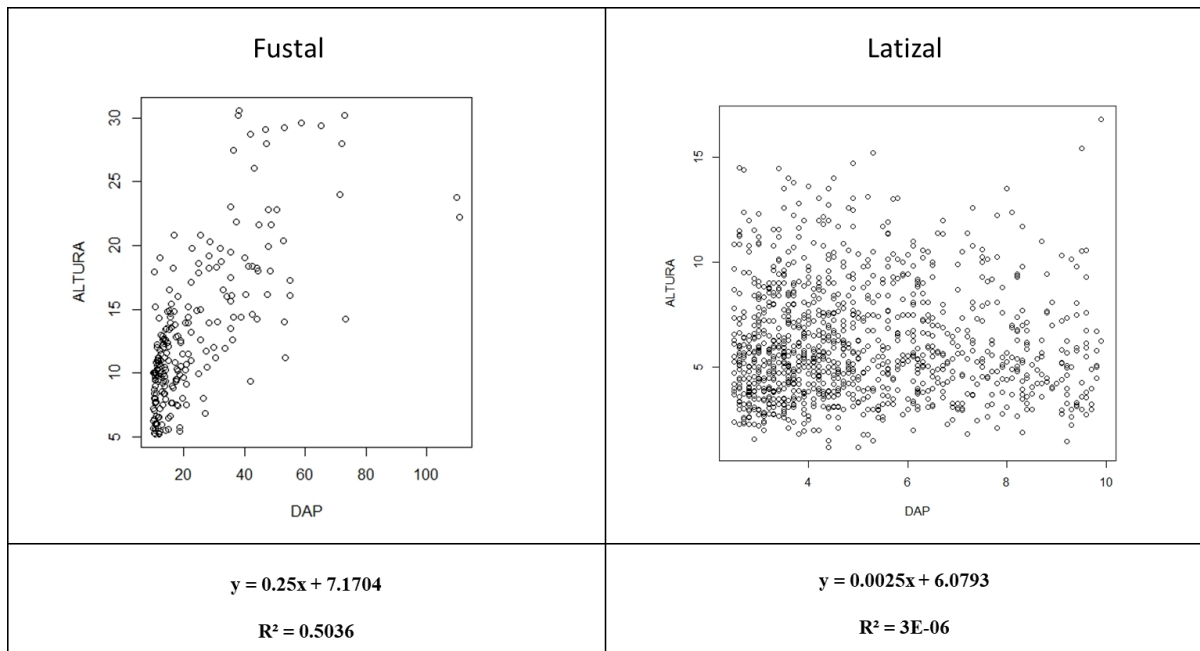


Figura 11. Regresión lineal entre DAP y altura para latizal y fustal para robledal

Correlación y regresión entre DAP y diámetro de copa:

La correlación para entre DAP y el diámetro de copa arrojó que estas variables tienen una fuerte relación en la categoría de clase diamétrica fustal, a diferencia de la clase diamétrica latizal, la cual, según su resultado estas variables no se relacionan entre sí. El R^2 para fustal fue de 0,854 y para latizal de 0,54.

Se estimó un modelo de regresión lineal para la relación entre estas dos variables (Figura 11), el cual permite observar que no hay una relación significativa entre el DAP y el área de copa para

la categoría de clase diamétrica latizal, a diferencia de la categoría diamétrica fustal, en la que se evidencia una alta relación entre las variables.

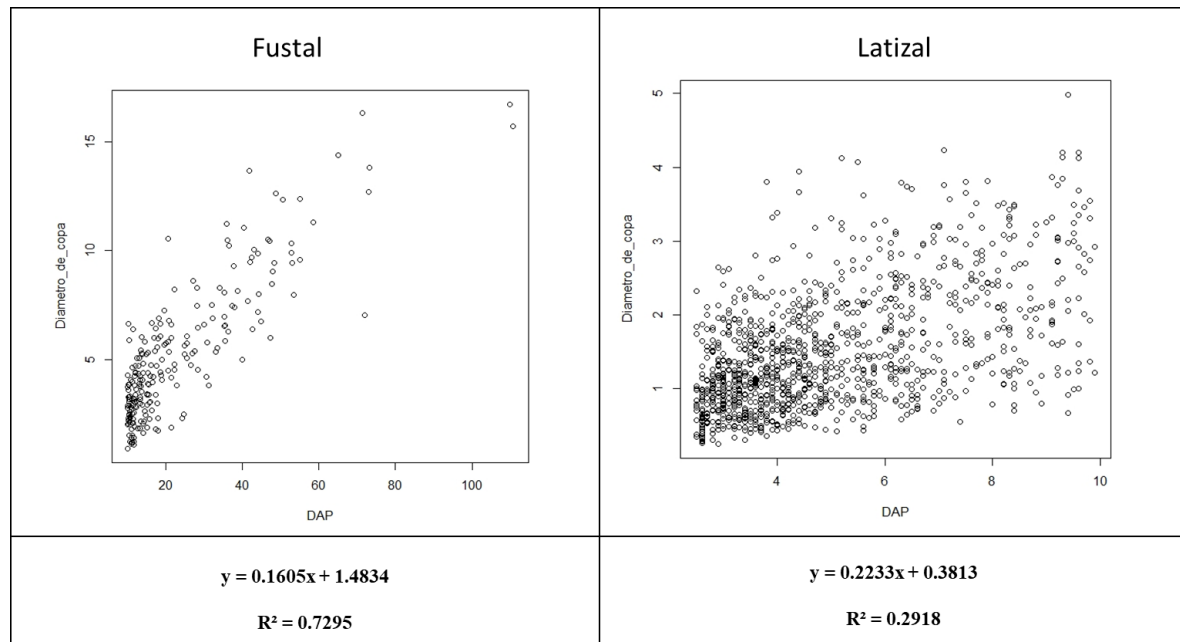


Figura 12. Regresión lineal entre DAP y diámetro de copa para latizal y fustal para robledal

5.1.7 Estado de conservación de especies. El estado de conservación de especies encontradas en la zona de estudio se evaluó revisando la Union internacional para la conservación de la naturaleza (UICN) en donde se encontró la especie *Quercus humboldtii* Bonpl., en estado vulnerable (VU), para el resto de las especies se tiene que estas no se encuentran evaluadas.

Tabla 10.

Estado de conservación de especies para robledal

Nombre científico	Origen	UICN
<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naudin	Nativo	NE
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Nativo y cultivado	VU
<i>Schefflera cf. silvatica</i> Cuatrec.	Endémica	NE
<i>Ternstroemia meridionalis</i> Mutis ex Lf	Nativo	NE
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Nativo	NE
<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	Nativo	NE

Nombre científico	Origen	UICN
<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.	Nativo	NE
<i>Frangula goudotiana</i> (Triana y Planch.) Grubov	Nativo	NE
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Nativo	NE

5.2. Bosque seco

5.2.1 Composición florística. Al realizar el inventario florístico para el total del área de bosque seco, se registraron 461 individuos (Tabla 11), dentro de los cuales 122 fueron para la categoría de clase diamétrica fustal y 339 para la categoría de clase diamétrica Latizal, representados en un total de 14 especies pertenecientes a 12 familias y 14 géneros, los cuales se muestran en la tabla 12. Posteriormente, se realizó la composición florística para cada categoría de clases diamétricas (fustal y latizal).

Tabla 11.

Cantidad de familias, géneros, morfoespecies e individuos para fustal y latizal para bosque seco

Clase Diamétrica	Nº Familias	Nº Géneros	Nº Morfoespecies	Nº Individuos
Fustal	10	11	11	122
Latizal	9	10	10	339

Tabla 12.

Familias y morfoespecies identificadas en bosque seco

No	Familia	Nombre Científico
1	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
2	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.
3	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
4	Capparaceae	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.
5	Combretaceae	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) RAHoward
6	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum oxycarpum</i> O.E.Schulz
7	Fabaceae	<i>Machaerium biovulatum</i> Micheli
8	Fabaceae	<i>Mimosoidea</i> sp. 1
9	Moraceae	<i>Ficus pallida</i> Vahl

No	Familia	Nombre Científico
10	Polygonaceae	<i>Coccoloba lehmannii</i> Lindau
11	Rhamnaceae	<i>Ziziphus</i> sp. 1
12	Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i> Jacq.
13	Rutaceae	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.
14	Solanaceae	<i>Solanaceae</i> sp. 1

En la Tabla 13, se presenta el número de géneros, morfoespecies e individuos pertenecientes a cada familia encontrada a nivel general, para las dos categorías de clase diamétrica (fustal y latizal).

Tabla 13.

Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el bosque seco

Familia	Nº género	Nº morfoespecie	Nº individuos
Anacardiaceae	1	1	58
Araliaceae	1	1	1
Burseraceae	1	1	16
Capparaceae	1	1	19
Combretaceae	1	1	9
Erythroxylaceae	1	1	21
Fabaceae	2	2	30
Moraceae	1	1	3
Polygonaceae	1	1	2
Rhamnaceae	1	1	28
Rutaceae	2	2	145
Solanaceae	1	1	129
TOTAL			461

5.2.2 Índices de diversidad alfa. Para determinar la diversidad alfa se usaron los mismos indicadores que en el robledal. Los datos representados en la Tabla 14 indican, que en general para todos los índices, se presentó una leve mayor diversidad en la categoría de clase diamétrica fustal. El nivel más cercano al 1 del índice de Simpson se encuentra en la parcela 9 con un valor de 0,79, posicionándose como la parcela más diversa y el nivel más cercano al 0 se encuentra en la parcela 8 de la categoría de clase latizal con un valor de 0,22, lo que indica que esta parcela es la menos

diversa. Sin embargo, se encuentra que para las dos categorías de clase diamétrica en todos los índices su diversidad no es muy alta. El cociente de mezcla permite definir que el bosque a nivel general es muy homogéneo.

A continuación, se presenta la Tabla de datos con los resultados de los índices de diversidad alfa para cada categoría de clase diámetrica (fustal y latizal).

Tabla 14.

Valores de índices de diversidad alfa para fustal y latizal en el bosque seco

CATEGORÍA A	Parcela	ÍNDICE DE DOMINANCIA	ÍNDICE DE EQUIDAD	RIQUEZA ESPECÍFICA	CM
		Simpson	Shannon – Wiener	Margalef	
FUSTAL	6	0,55	1,15	1,43	0,18
	7	0,53	1,21	1,72	0,21
	8	0,70	1,46	1,64	0,29
	9	0,79	1,73	2,00	0,35
	10	0,61	1,08	1,11	0,27
	Promedio	0,64 (+/-0,11)	1,33 (+/-0,27)	1,58 (+/-0,33)	0,26 (+/-0,07)
LATIZAL	6	0,83	1,85	1,48	0,12
	7	0,75	1,65	1,59	0,10
	8	0,22	0,53	0,95	0,08
	9	0,57	1,10	1,49	0,07
	10	0,74	1,43	1,57	0,21
	Promedio	0,62 (+/-0,24)	1,31 (+/-0,52)	1,42 (+/-0,26)	0,12 (+/-0,07)

5.2.3 Curvas de acumulación de especie – área. Según la curva de acumulación de especie representada en la Figura 12 la línea de tendencia R^2 para fustal arrojó un valor de 97,35% y para latizal de 93,13%, lo cual indica que los datos tienen una correlación muy alta entre ellos. La curva de acumulación de especies tanto para latizal, como para fustal presentó un fuerte incremento hasta la parcela 3 equivalente a 0,3 ha, donde se produjo un cambio drástico, pero aun así no llega a ser asintótica. Se determinó la ecuación para cada clase diamétrica con el fin de determinar la tendencia a encontrar especies nuevas en más unidades de muestreo, al reemplazar “x” para

unidades de muestreo superiores a las ya registradas en la gráfica, se tiene que para cada unidad de muestreo aumentada, es posible encontrar teóricamente una especie nueva.

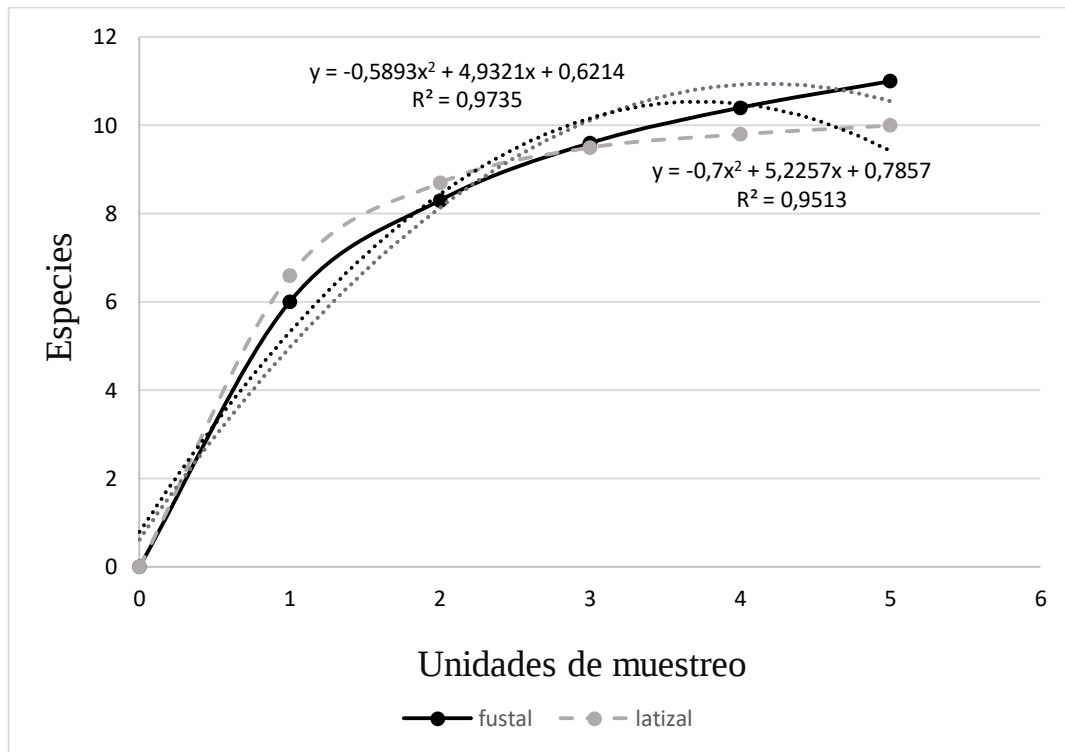


Figura 13. Curvas de acumulación especie – área para latizal y fustal para bosque seco

5.2.4 Estructura horizontal

5.2.4.1 Distribución de clases diamétricas. El DAP medio de las especies para la categoría de clase diamétrica fustal fue de 17,86 y para la clase diamétrica latizal de 5,77, en la Tabla 15 se puede observar el DAP medio para cada categoría de clase diamétrica.

Tabla 15.

DAP medio para cada parcela en el bosque seco

Parcelas	DAP Medio fustal	DAP medio latizal
6	16,91	5,92

Parcelas	DAP Medio fustal	DAP medio latizal
7	14,91	6,15
8	16,65	5,15
9	22,56	5,63
10	18,28	5,98
DAP medio total	17,86 (+/- 2,89)	5,77 (+/- 0,39)

En la Figura 13, se puede observar la distribución de clase diamétrica, el cual indica que la mayor parte de individuos se presentan en el intervalo de 2,5 – 10 con un 74%, a partir de estos se presenta una reducción de individuos a medida que aumenta el DAP.

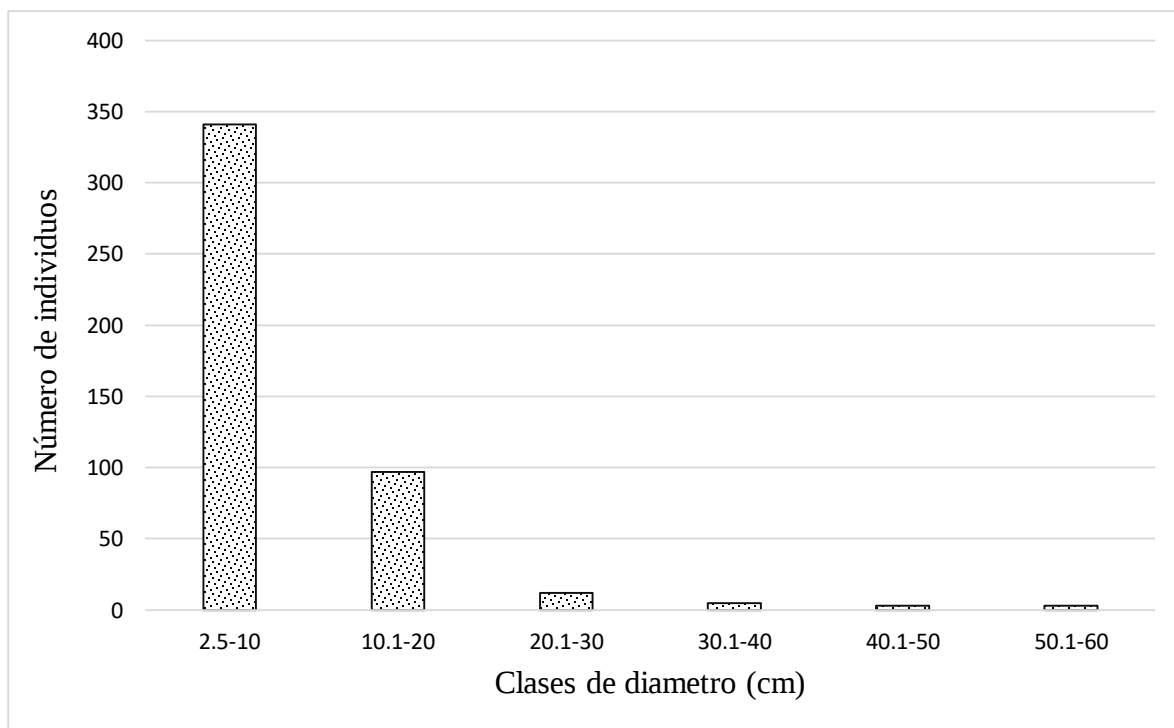


Figura 14. Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para bosque seco

5.2.4.2 Distribución del área basal. La distribución del área basal se realizó por cada parcela de muestreo, de cual se tiene que el área basal acumulada en el bosque es de 4,71 m², del cual la categoría de clase diamétrica fustal ocupa 3,73 m² y la categoría de clase diamétrica latizal ocupa

1,96 m² Tabla 16. Para la categoría de clase diamétrica fustal, todas las parcelas tienen valores similares a excepción de la parcela 9, debido a que en este sitio se encontraron las especies con mayores dimensiones de diámetro, lo cual produjo un aumento considerable en el área basal de la parcela y en la categoría de clase diamétrica latizal los valores varían respectivamente, en la cual se observa que una parcela cuenta con un área basal muy baja de 0,08.

Tabla 16.

Área basal para cada parcela en el bosque seco

Parcelas	Área Basal Fustal	Área Basal Latizal
6	0,83	0,17
7	0,71	0,27
8	0,53	0,16
9	1,14	0,30
10	0,52	0,08
Total Área basal m²	3,73	0,98
AB/ha (m²/ha)	7,46	1,96

5.2.4.3 Densidad. Como se muestra en la Tabla 17, se realizó el cálculo de la densidad para cada parcela de muestreo y se sacó un promedio general, lo cual permite identificar que tanto para la categoría de clase diamétrica fustal como para la categoría de clase diamétrica latizal, la parcela con un alto valor de densidad es la numero dos.

Tabla 17.

Densidad para cada unidad de muestreo en el bosque seco

Parcela	Densidad F / ha	Densidad L / ha
6	330	580
7	330	810
8	210	660
9	200	1100
10	150	240
Promedio	244 (+/- 81,7)	678 (+/- 315,2)

5.2.4.4 Índice de valor de importancia (IVI). En la Figura 14 se muestran los resultados del IVI para la categoría de clase diamétrica fustal. Se puede observar que la especie más importante según el IVI es el *Astronium graveolens* Jacq., con un valor equivalente a 25,92%, posicionándose en este lugar por su alta abundancia y dominancia relativas. La segunda especie más importante es el *Bursera simaruba* (L.) Sarg., con un valor equivalente a 21,42%, en el tercer lugar se encuentra la especie *Solanaceae* sp. 1, con un valor equivalente a 15,30%, las cuales sobresalen por su dominancia y frecuencia relativa. Por el contrario, dentro de las especies menos importantes están: *Quadrella odoratissima* (Jacq.) Hutch, *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. y *Coccoloba lehmannii* Lindau, con valores que oscilan entre 1,81% y 1,59%.

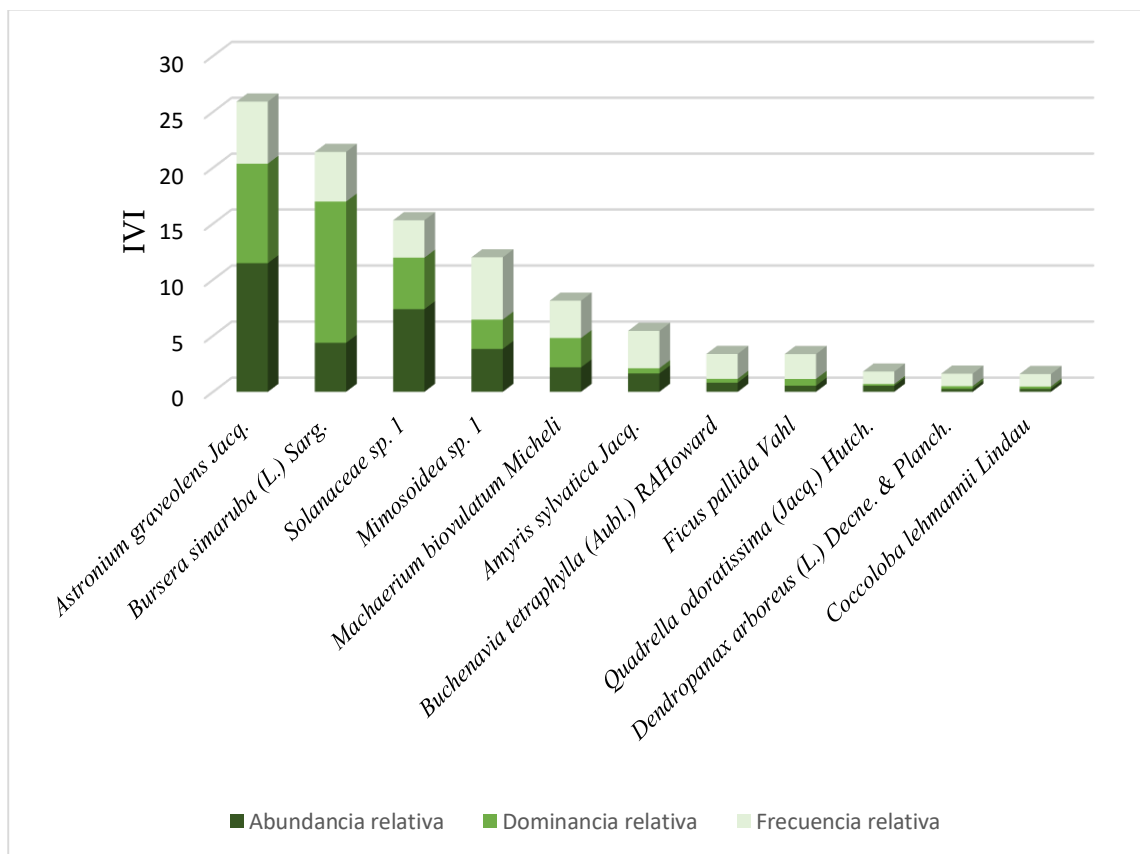


Figura 15. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase fustal en el bosque seco

En la Figura 15 se muestran los resultados del IVI para la categoría de clase diamétrica latizal. Se puede observar que la especie más importante según el IVI es el *Amyris sylvatica* Jacq., con un valor equivalente a 28,66%, posicionándose en este lugar por su alta abundancia y dominancia relativas. La segunda especie más importante es el *Solanaceae sp. 1* con un valor equivalente a 25,10%, la cual sobresale por su alto porcentaje en su abundancia y dominancia relativas, en el tercer lugar se encuentra la especie *Erythroxylum oxycarpum* O.E.Schulz, con un valor equivalente a 8,83%, la cual a pesar de no ser una especie abundante ni dominante sobresale por su alto valor en la frecuencia. Por el contrario, dentro de las especies menos representativas están: *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., *Buchenavia tetraphylla* (Aubl.) RAHoward y *Coccoloba lehmannii* Lindau, con valores que oscilan entre 4,84% y 1,30%.

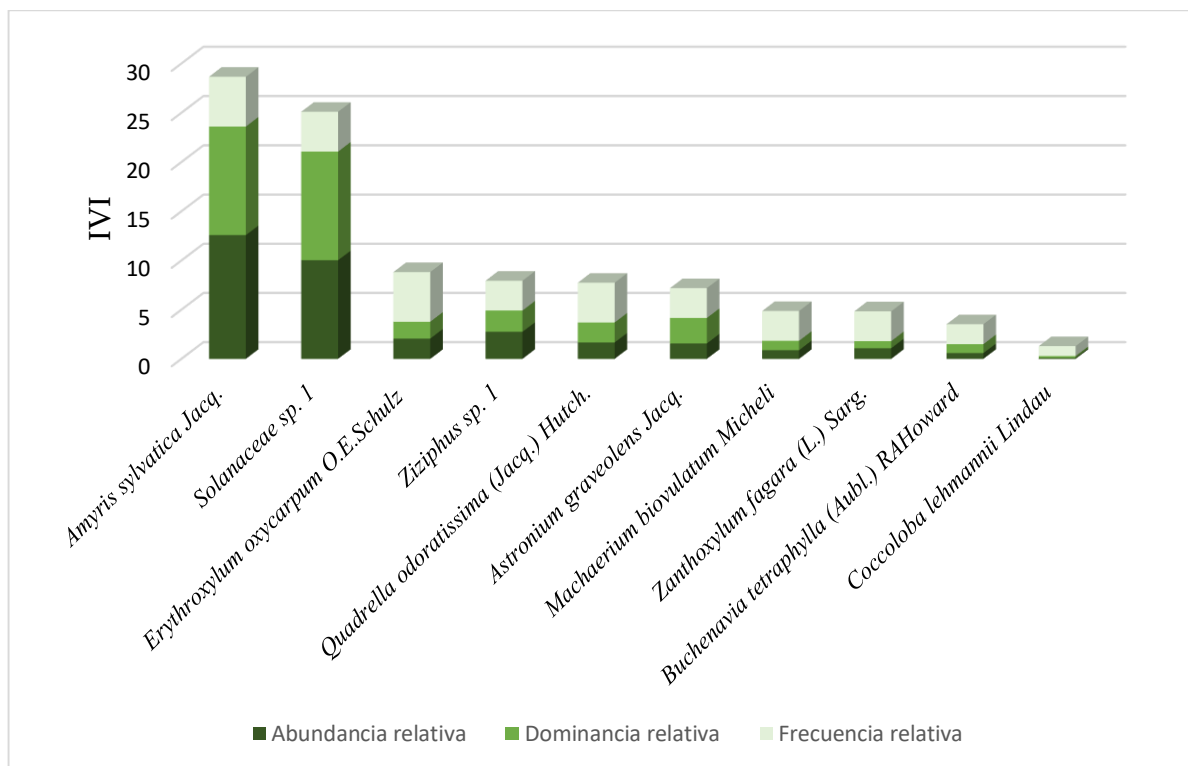


Figura 16. Índice de valor de importancia (IVI) para la categoría de clase latizal en el bosque seco

5.2.5 Estructura vertical. La distribución vertical del bosque presenta alturas que van desde su primer intervalo entre 1 y 6 m, hasta los 15,03 m. En la Figura 16, se muestra la distribución de los árboles respecto a su altitud, lo cual indica que el 77,70% de las especies alcanzan un rango de alturas entre 1 y 6 metros, por otro lado se encuentra que tan solo el 3% de las especies logran alcanzar alturas de 11,1 y 17 metros.

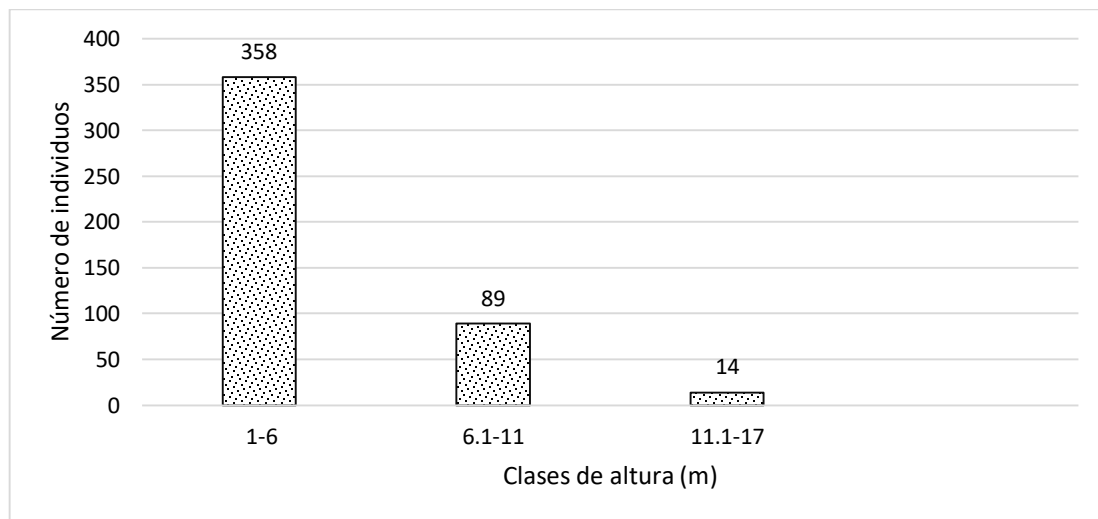


Figura 17. *Diagrama de distribución de clases diamétricas por número de individuos para bosque seco*

5.2.5.1 Altura media. Los resultados de la altura media están representados por parcela para cada categoría de clase diamétrica, como se muestra en la Tabla 18, en la cual se observa un promedio de altura de 7,47 para la categoría de clase fustal y un promedio de 4,27 para la categoría de clase latizal.

Tabla 18.

Altura media para cada unidad de muestreo en el bosque seco

Clase diamétrica	Parcelas	Altura media
Fustal	6	7.19
	7	6.79
	8	8.46
	9	7.41
	10	7.49
Altura media total		7.47 (+/- 0.62)
Latizal	6	3.88
	7	4.46
	8	4.33
	9	4.32
	10	4.36
Altura media total		4.27 (+/- 0.23)

5.2.5.2 Índice de posición sociológica. El índice de posición sociológica permite ver la composición florística en los diferentes sustratos de la vegetación y el aporte que tienen las especies para cada uno de ellos, para hallar el resultado de este índice se tomaron 3 sustratos de altura: bajo (<6) con un total de 344 individuos, intermedio (6-12) con un total de 106 individuos y alto (>12) con un total de 11 individuos. En la Figura 17, se muestran los resultados para el índice de posición sociológica, se puede observar que la especie más dominante fue el *Amyris sylvatica* Jacq., con un total de individuos equivalentes al 29,97%, encontrándose en mayor proporción en el subnivel bajo, la segunda especie más dominante fue la especie *Solanaceae sp. 1*, con un total de individuos equivalentes al 27,98%, dominando en los subniveles bajo e intermedio, en el tercer lugar se encuentra la especie *Astronium graveolens* Jacq., con un total de individuos equivalentes al 12,58%, predominando en el subnivel intermedio, el subnivel bajo y en un leve porcentaje el subnivel alto. Entre las especies con menor valor de posición sociológica se encuentran: *Coccoloba lehmannii* Lindau, *Ficus pallida* Vahl y *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch, con valores que oscilan entre 0,43% y 0,22%.

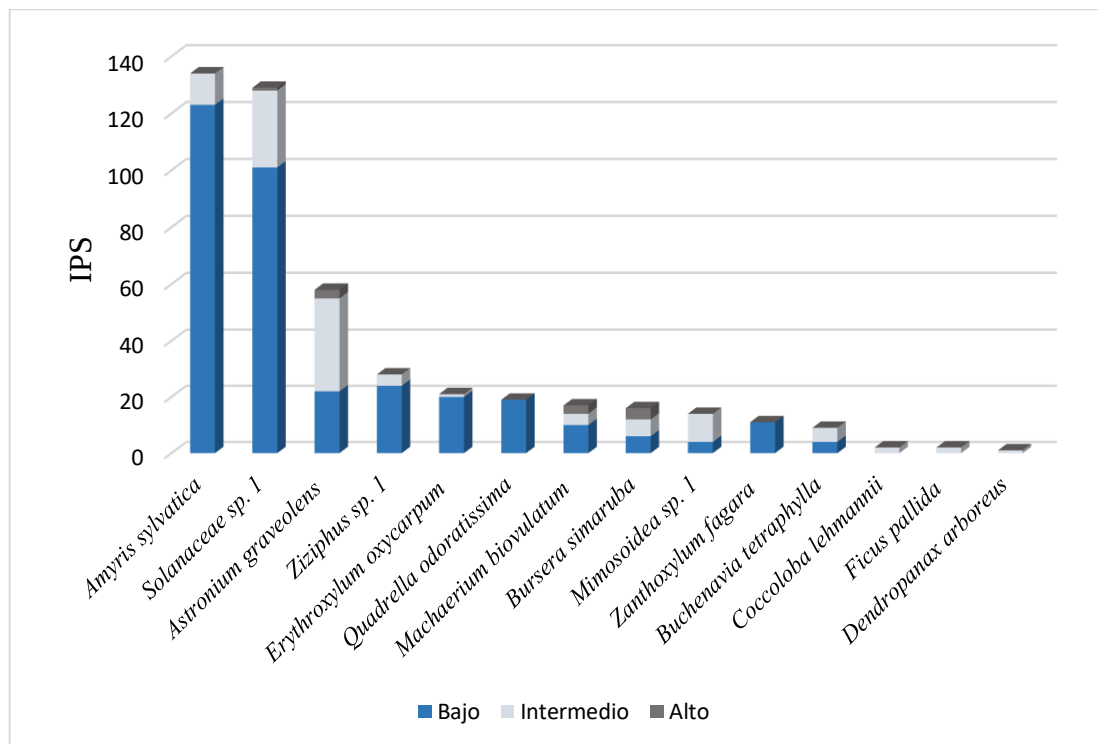


Figura 18. Índice de posición sociológica para bosque seco

5.2.5.3 Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura. En la figura 18, se puede observar que la clase diamétrica que alcanzó mayores alturas fue el intervalo 50,1 – 60, con una altura promedio de 14,2 m, y el intervalo de clase diamétrica con alturas más bajas se encuentra en 2,5 – 10 con una altura promedio de 6, 1 m, se encuentra que los demás intervalos de frecuencia diamétrica aumentan a medida que aumenta la altura promedio.

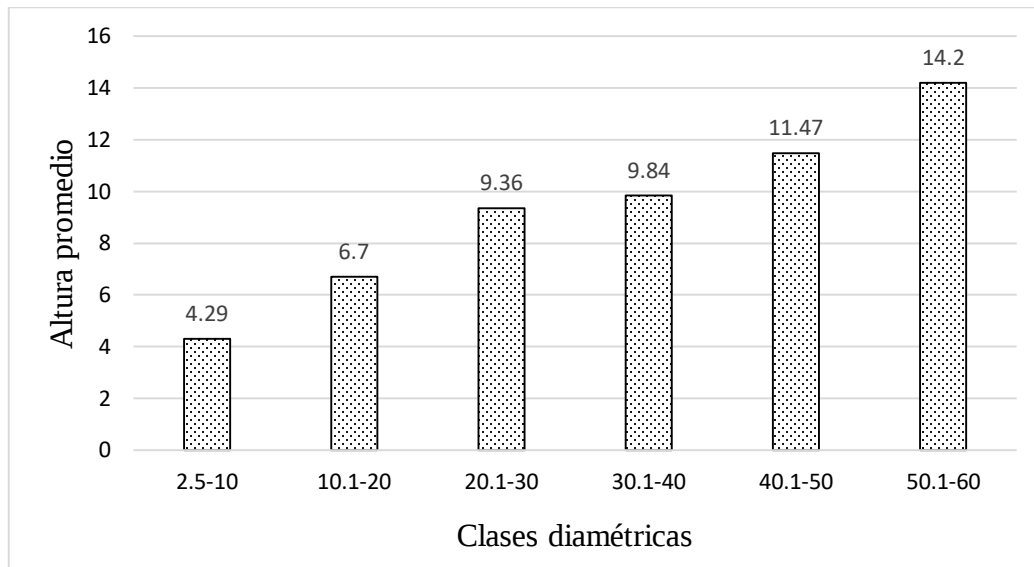


Figura 19. *Histograma de frecuencias diamétricas con respecto a la altura para bosque seco*

5.2.6 Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones. Se realizaron relaciones dendrométricas mediante regresiones simples entre el DAP, altura y diámetro de copa para cada categoría de clase diamétrica (fustal y latizal). Para el cálculo de estas relaciones se hicieron correlaciones de Pearson, las cuales permitieron observar la relaciones de ellas entre sí, para posteriormente obtener gráficos de dispersión y respectivamente la ecuación de las mismas.

Correlación y regresión entre DAP y altura:

La correlación para entre DAP y altura arrojo que estas variables tienen una leve relación en la categoría de clase diamétrica fustal, a diferencia de la clase diamétrica latizal, la cual, según su resultado estas variables no se relacionan entre sí. El R^2 para fustal fue de 0,611 y para latizal de 0,410.

Se estimó un modelo de regresión lineal para la relación entre estas dos variables (Figura 19), el cual permite observar que no hay una relación significativa entre el DAP y la altura para ninguna categoría de clase diamétrica

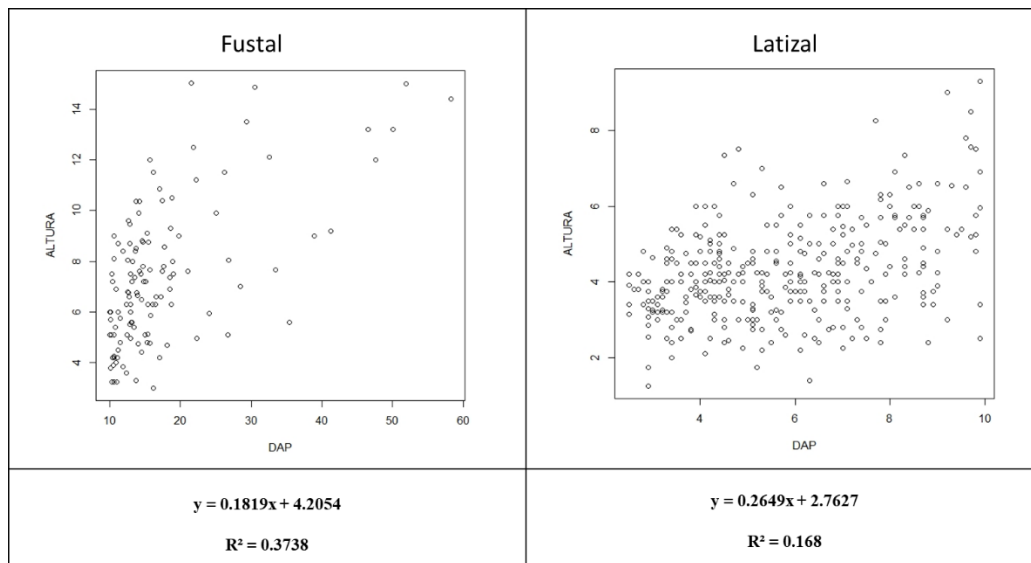


Figura 20. Regresión lineal entre DAP y altura para latizal y fustal para bosque seco

Correlación y regresión entre DAP y diámetro de copa:

La correlación para entre DAP y el diámetro de copa arroja que estas variables tienen una fuerte relación en la categoría de clase diamétrica fustal, a diferencia de la clase diamétrica latizal, la cual, según su resultado estas variables no se relacionan entre sí. El R^2 para fustal fue de 0,83 y para latizal de 0,52.

Se estimó un modelo de regresión lineal para la relación entre estas dos variables (Figura 20), el cual permite observar que no hay una relación significativa entre el DAP y el área de copa para la categoría de clase diamétrica latizal, a diferencia de la categoría diamétrica fustal, en la que se evidencia una alta relación entre las variables.

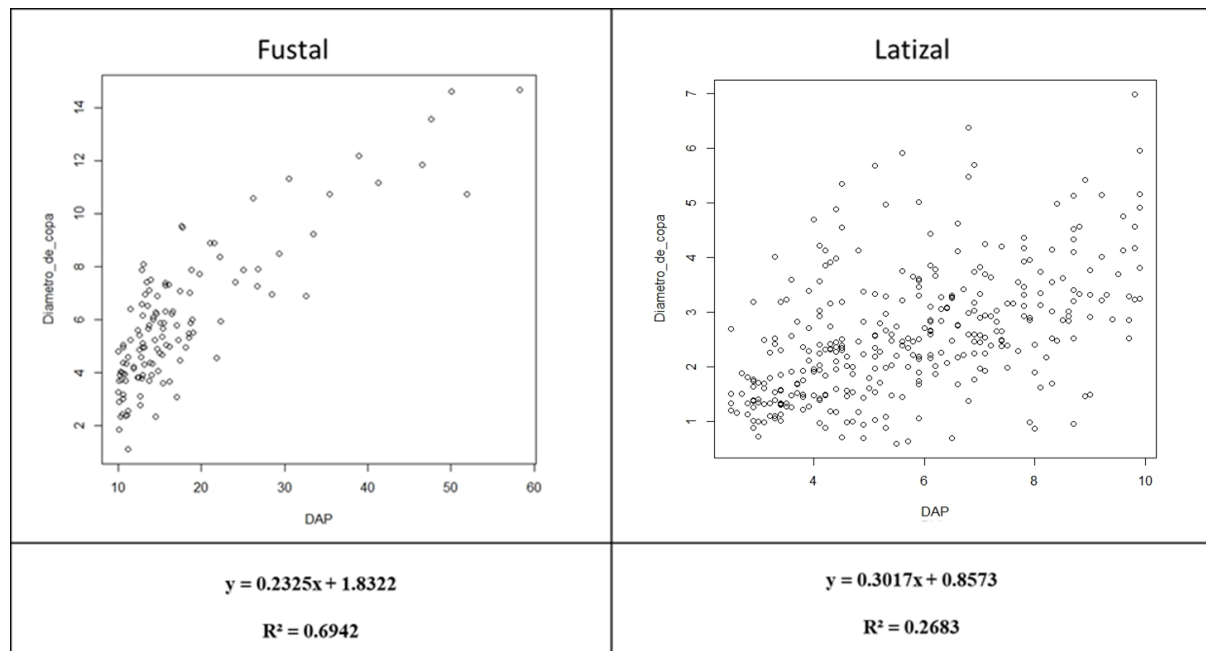


Figura 21. Regresión lineal entre DAP y diámetro de copa para latizal y fustal para bosque seco

5.2.7 Estado de conservación de especies. Según la UICN, se encontró que la especie *Machaerium biovulatum* Micheli, se encuentra en preocupación menor (PM)

Nombre científico	Origen	Estado de conservación
<i>Amyris sylvatica</i> Jacq.	Nativo	NE
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Nativo	NE
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) RAHoward	Nativo	NE
<i>Coccoloba lehmannii</i> Lindau	Nativo	NE
<i>Erythroxylum oxycarpum</i> O.E.Schulz	Nativo	NE
<i>Machaerium biovulatum</i> Micheli	Nativo	PM
<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	Nativo	NE
<i>Solanaceae sp. 1</i>	-	-
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Nativo	NE
<i>Ziziphus sp. 1</i>	-	-
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Nativo	NE
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	Nativo	NE
<i>Ficus pallida</i> Vahl	Nativo	NE

6. Discusión

Al observar la composición florística realizada en el presente estudio, se tiene que el robledal presentó una alta abundancia de individuos de las familias Fagaceae, Chloranthaceae, Araleaceae y Melastomataceae, las cuales según estudios realizados por investigadores (Gentry, 1993; Rangel & Velásquez, 1997) son familias típicas de la composición de bosques alto andinos, de las cuales se encuentra que la familia Melastomataceae es una de las más diversas en este tipo de bosque (Rangel & Velásquez, 1997; Villareal *et al.*, 2004).

Con relación al IVI, la especie más dominante fue el *Quercus humboldtii* Bonpl., el cual, dado su carácter dominante es natural que haya tenido un valor superior al de otras especies, tanto para la categoría de clase diamétrica fustal como para la categoría de clase diamétrica latizal. Según Vargas (2002), esta especie tiende a formar bosques monoespecíficos, en los cuales su espesa copa no permite el desarrollo total de las especies establecidas bajo su cobertura. Aunque se tiene una alta dominancia del bosque por la especie *Quercus humboldtii* Bonpl., es importante resaltar la dominancia de la especie *Hedyosmum racemosum* (Ruiz & Pav.) G.Don., la cual se encuentra en importantes valores en otros estudios referentes a bosques altoandinos (Alvear *et al.*, 2010; Bohórquez *et al.*, 2012).

Aunque el índice de Simpson arrojó que la categoría de clase diamétrica latizal era más diversa que la categoría de clase diamétrica fustal, se encuentra que a nivel general para todos los índices la diversidad no es muy alta. De acuerdo a esto, se puede comprobar la dominancia de una sola especie y la diversidad medianamente baja en general, lo cual generalmente a nivel ecológico se ajusta con la alelopatía en las comunidades donde predomina el roble (Lozano & Torres, 1974; Muñoz, 2014), lo que representa una ventaja competitiva del roble sobre otras especies.

La distribución de clase diamétrica en el robledal presentó una J-invertida, la cual también es similar en el bosque seco. Esta curva es típica de bosques naturales sin signos fuertes de intervención, con una dinámica de sucesión constante, donde coexisten árboles de diferentes especies y tamaños (Oliver & Larson, 1990; Yepes, 2010). La forma de esta distribución permite determinar una garantía para la existencia y supervivencia de la comunidad forestal, permitiendo que el ecosistema se mantenga (Lamprech, 1990). Para el caso del robledal de encontré que en dos categorías de clase diamétrica hay ausencia de árboles, según lo observado en el bosque, se permite definir que esto se debe a la caída de individuos, ya sea por la pendiente, fuertes vientos, su edad, entre otros factores. La densidad de este bosque coincide con lo encontrado en un estudio realizado en un mismo bosque, el cual tiene resultados similares a los encontrados en este trabajo (Suescún *et al.*, 2019).

Por otro lado, la curva de acumulación de especies área muestra que para las dos categorías de clase diamétrica, aproximadamente para la parcela dos equivalente a 0,2 ha, la curva reunió la mayoría de las especies, lo que indica que el área muestreada fue representativa para estimar la diversidad, lo cual se permite demostrar con un R^2 equivalente al 97,29% para la categoría de clase diamétrica fustal y para latizal de 94,89%, lo cual expresa la confiabilidad. Este resultado tiene una similaridad para el bosque seco, con valores de R^2 equivalentes a 95,13% para fustal y 97,35% para latizal. Sin embargo, para ninguno de los dos bosques la curva se estabiliza totalmente hasta encontrar una línea asintótica. Cabrera (2005), menciona que una mayor intensidad de muestreo no asegura una estabilidad en la curva de acumulación de especies área y afirma, que la estabilización de esta curva no sucede prácticamente en ningún estudio de bosques tropicales, esto debido a que las especies que aportan a la diversidad son especies raras y de distribución poco conocida.

En el robledal, la distribución de las especies a nivel de altura presenta una abundancia significativa en las clases de altura 1-7 y 7,1 – 13, lo cual es similar a los datos registrados en diferentes localidades colombianas de estudios realizados (Galindo et al., 2003), donde en los intervalos más bajos se reúnen el mayor número de especies. Tal situación, según Gentry (1982), es frecuente en bosques tropicales.

Por su parte, se tiene que el bosque seco presentó una alta abundancia de individuos de las familias Rutaceae, Solanaceae y Fabaceae, esta última con el mayor número de especies, lo cual permite definir que el bosque presentó una composición típica de bosques secos en Colombia, en los cuales la familia Fabaceae reporta el mayor número de especies (Newton, 2007; Rangel & Velásquez, 1997; Rodríguez *et al.*, 2012). Con relación al IVI, a nivel de la categoría fustal, se encuentra que la especie más dominante para esta área de estudio es el *Astronium graveolens* Jacq., especie que coincide con las reportadas en estudios en otras regiones (Mendoza, 1999).

Aunque los resultados de índices de diversidad para el bosque seco arrojaron que para la categoría de clase diamétrica fustal, fue levemente más alta su diversidad, se logra descifrar que para las dos categorías de clase diamétricas los índices no representan una alta diversidad. En comparación con otros estudios (Carrillo *et al.*, 2007), en los cuales se tienen índices de diversidad con valores más altos en los que se establece la equidad de los valores de importancia de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001), lo cual indica que las especies albergadas en estos bosques se distribuyen uniformemente. De acuerdo a lo anteriormente dicho, se puede determinar a este bosque de acuerdo a los resultados en los índices de diversidad, como un bosque poco diverso, con una distribución poco uniforme y homogénea.

La distribución de las especies a nivel de altura presenta una alta abundancia en las clases de altura 1-6 y 6.1 – 11, lo cual es similar a los datos registrados en diferentes localidades colombianas

de estudios realizados (Sanmartín *et al.*, 2016), donde en los intervalos más bajos se reúnen el mayor número de especies. Se encontró que las alturas observadas no sobrepasan una altura de 15 m, de lo cual se permite referir que este bosque se encuentra en un estado temprano de regeneración, lo cual lo tipifica como bosque secundario, según lo dicho por Huertas, (2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos por los dos bosques y aunque estos no son bosques con una misma estructura y composición florística, se puede denotar en los resultados que estos comparten una similitud en algunas variables de la estructura horizontal tanto vertical. Lo cual permite ver un comportamiento parecido en la distribución espacial que tienen tanto a nivel fustal como latizal.

En síntesis, estos resultados podrán servir como línea base para proveer estrategias y mecanismos de conservación de especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción, teniendo en cuenta los hábitos de crecimiento de las especies a nivel del sotobosque y el dosel, además de tipificar especies potenciales para restauración o rehabilitación de ecosistemas degradados, principalmente en el bosque seco, el cual es un bosque fuertemente intervenido con fuertes presiones de deforestación por la ampliación de la frontera agrícola, la urbanización y el cambio climático. Cabe mencionar que aunque son ecosistemas difieren en su diversidad, estos son fundamentales por los servicios ecosistémicos que prestan a las comunidades humanas.

7. Conclusiones

Aunque el número de familias y géneros es mayor en el robledal que en el bosque seco, se puede evidenciar una gran similitud para el caso de los fustales en todos los índices de diversidad, caso

contrario ocurre en los latizales, ya que el bosque seco presenta los mayores índices, debido a que estos individuos tienen más libertad de crecimiento y menos competencia que en el robledal.

Las especies de mayor peso ecológico en el robledal fueron el *Quercus humboldtii* Bonpl. con IVI de 49,67%, esto debido a su alta dominancia y frecuencia relativa; así mismo para el bosque seco, el *Astronium graveolens* Jacq., posee un valor de 25,992% tomando esta posición por su abundancia y dominancia relativa en todas las parcelas en la categoría diamétrica fustal; caso contrario ocurre a nivel de latizal, ya que para bosque seco la familia predominante es el *Amyris sylvatica* Jacq. Con un 28,66%, la cual prima por su abundancia y dominancia relativa.

Para el caso del robledal, el *Quercus humboldtii* Bonpl. es una especie en estado vulnerable; sin embargo, durante este estudio se evidencia que en los tres estratos predomina y se encuentra representada aún como una especie dominante sobre el bosque.

8. Recomendaciones

Se recomienda elaborar un plan de conservación para la especie *Quercus humboldtii* Bonpl, ya que se encuentra en estado vulnerable, el cual durante este estudio se pudo evidenciar su alto peso ecológico, con el fin de incrementar el número de individuos y garantizar la supervivencia en la zona.

Es necesario ampliar las áreas de conservación e implementar mecanismos de preservación para las especies presentes en el bosque seco, debido a que es un ecosistema que se encuentra muy degradado, para así lograr su recuperación.

Es importante realizar otro tipo de estudios que complementen la información obtenida, para poder tener una mejor visión sobre la dinámica del bosque, para así identificar los puntos críticos

donde se presente degradación o pérdida tanto de flora y fauna y con ello implementar diferentes mecanismos de preservación y conservación.

Referencias Bibliográficas

- Alvear, M., Betancur, J., y Franco, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Cordillera Central colombiana. *Caldasia*, 32(1), 39-63. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36193>
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 21(1-2), 136-147. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/16374396.pdf>
- Cabrera, W. (2005). Diversidad florística de un bosque montano en los Andes tropicales del noreste de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 40 (3), 380-395. Recuperado de <http://ecologiaenbolivia.com/documents/14Bosquemontano40-3.pdf>
- Carrillo, M., Rivera, O., y Sánchez, R. (2007). Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del cerro tasajero, San José de Cúcuta (norte de Santander), Colombia. *Actual Biol*, 29 (86), 55-73. Recuperado de scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-35842007000100005
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2011). *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios eco sistémicos .Costa Rica*: CATIE. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/319875200_Valoracion_y_analisis_de_la_diversidad_funcional_y_su_relacion_con_los_servicios_ecosistemicos/link/5b4b7f600f7e9b4637dd5e4f/download
- Fosado, E., y Vázquez, V. (2014, Enero). Bosques y cambio climatico una miradasocial y de género. *Researchgate*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/336229590_Bosques_y_cambio_climatico_Una_mirada_social_y_de_genero
- Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. (2014). *V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia*. Recuperado de <https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informe-biodiversidad-2014.pdf>

- Galeano, G. (2001). Estructura, riqueza y composición de plantas leñosas en el golfo de Tribugá, Chocó, Colombia. *Caldasia*, 23(1), 213-236. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17667>
- Gentry, A. H. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú)*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/249158337_Book_ReviewA_Field_Guide_to_the_Families_and_Genera_of_Woody_Plants_of_Northwestern_South_America_Colombia_Ecuador_Peru_With_Supplementary_Notes_on_Herbaceous_Taxa_Alwyn_H_Gentry
- Herzog, S. R. (2012). *Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales*. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/201357161125gloria.pdf>
- Lozano, G., y Torres, J. (1974). Aspectos generales sobre la distribución, sistemática fitosociológica y clasificación ecológica de los bosques de robles (*Quercus*) en Colombia. *Ecología Tropical*, 1 (2), 45-78. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000140&pid=S0120-0739201400010000600016&lng=en
- Muñoz, A., y Churio, J. (2014). Tipos de bosques de roble (*Quercus humboldtii*) en el corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque (Santander-Boyacá, Colombia): su conservación y uso sostenible. *Colombia Forestal*, 17(1), 100-116. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.1.a06>
- Rodríguez, G., Banda, K., Reyes, S., y Estupiñán, A (2012). Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). *Biota Colombiana*, 13(2), 7-39. Recuperado de <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/261/259>
- Sanmartín, D., Angarita, D., y Mercado, J. (2016). Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia). *Ciencia de desarrollo*, 7 (2), 43-56. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v7n2/v7n2a04.pdf>
- Suescún, D., León, J., Villegas, J., García, V., Correa, G., y Flórez, C. (2019). ENSO and rainfall seasonality affect nutrient exchange in tropical mountain forests. *Ecohydrology*, 193 (1-4), 83-96. Recuperado de <https://doi.org/10.1002/eco.2056>

- Vallejo, M., Londoño, A., López, R., Galeano G., Álvarez, E., y Devia, W. (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Bogotá. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 310 p.
- Villareal, H. M., Álvarez, S., Cordoba, F., Escobar, G., Fagua, F., Gast, H. Umaña, A.M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. *Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. 236 p.
- Yepes, P., Del Vale, J., Jaramillo, S., y Orrego, S. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 427-445. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000100031
- Yepes, Q. (2011). Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. *Actual Biol*, 33(95), 193-208. Recuperado de <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/14306/12585>

Apéndice A. Formato para la recolección de datos en campo

 INGENIERIA FORESTAL UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	FORMULARIO PARA EL INVENTARIO FORESTAL. PROYECTO DE GRADO ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE FUSTALES Y LATIZALES EN DOS BOSQUES NATURALES TROPICALES BAJO CONDICIONES CONTRASTANTES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD: IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN
---	---

[illegible]

Parcela: código asignado a la parcela por grupo. **Cobertura:** tipo de cobertura vegetal **CAP:** circunferencia a la altura del pecho (cm). **Ht:** altura total (m). **Dc:** Distancia entre copas (m). **L:** (Latizal). **F:** (Fustal).

Apéndice B. Información de las parcelas permanentes ubicadas en los dos bosques

Robledal	
Tipo de descriptor	Aspectos que debe incluir
Institución	Nombre de la entidad: Universidad Industrial de Santander Sede-Málaga. Persona(s) encargada(s) de la investigación: María Sthepanie Rosales y Eliana Mayerly Jaimes.
Localización	Nombre del sitio o localidad: Vereda el Llano Departamento: Santander Municipio: Molagavita Coordenadas geográficas: Latitud: 6°39'6.65" Longitud: 72°46'15.68" Altitud(m.s.n.m.): 3149
Clima	Temperatura promedio: 12°C

Bosque seco	
Tipo de descriptor	Aspectos que debe incluir
Institución	Nombre de la entidad: Universidad Industrial de Santander Sede-Málaga. Persona(s) encargada(s) de la investigación: María Sthepanie Rosales y Eliana Mayerly Jaimes.
Localización	Nombre del sitio o localidad: Vereda el Juncal Departamento: Santander Municipio: Enciso Coordenadas geográficas: Latitud: 6°36'35.75" Longitud: 72°42'28.46" Altitud(m.s.n.m.): 1223

Apéndice C. Establecimiento de parcelas







Apéndice D. Inventario florístico





Apéndice E. Algunas muestras botánicas colectadas en campo



Astronium graveolens Jacq.



Paragynoxys sp. 1



Amyris silvatica Jacq.



Weinmannia tomentosa L.f.

Apéndice F. Fotografía zona de estudio del robledal



Apéndice G. Fotografía zona de estudio del bosque seco



Apéndice H. Identificación de especies en herbario

