

Diversidad, Estructura y Crecimiento de Plántulas en Bosques Naturales Tropicales: Relación  
Bajo Condiciones Edafoclimáticas Contrastantes

Yasmin Alvarado Caicedo

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Forestal

Director

Diego Suescún Carvajal

Ingeniero Forestal Msc en Bosques y Conservación Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Ingeniería Forestal

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

El presente estudio va dedicado, primero que todo a *Dios*, quien es el ser supremo que orienta mi vida y mis decisiones.

A mi madre *María de Jesús Caicedo Montañez*, quien me da fuerzas cada día para seguir adelante, me enseñó el ser persona, y nunca decaer bajo los tropiezos en el camino.

A mis hermanos *Teresa, Jesús y German*, quienes estuvieron durante todo este proceso para formarme como profesional.

A toda mi familia, compañeros y amigos, quienes alegraron mis días durante este recorrido, dejando grandes enseñanzas y experiencias.

*Yasmin Alvarado Caicedo*

*“El roble más fuerte del bosque no es el que está protegido de la tormenta y oculto del sol. Es el que permanece a la intemperie donde se ve obligado a luchar por su existencia contra los vientos, las lluvias y el sol abrasador”*

*Napoleón Hill.*



### **Agradecimientos**

Este reconocimiento va dirigido a todas las personas que con su apoyo hicieron posible el desarrollo del estudio, hago reconocimiento.

A la Universidad Industrial de Santander, quien abrió sus puertas para que me formase como profesional.

A mi director de tesis Ing. Diego Suescún MSc. Por dar su voto de confianza en mí durante todo el proceso de la investigación, por guiarme siempre, por el conocimiento compartido y su paciencia, mil gracias.

A los señores Jairo Jaimes y Delfo Uribe quienes hicieron parte de este trabajo, me abrieron las puertas de su casa y la oportunidad de llevar a cabo la investigación en los dos bosques.

A Yurany Judith Castro Barajas, quien estuvo durante todo el proceso, dándome palabras de aliento, por el acompañamiento durante todo el trabajo en campo, su disposición y especialmente su amistad durante toda mi formación.

**Tabla de contenido**

Introducción .....	15
1. Objetivos.....	17
1.1. Objetivo General.....	17
1.2. Objetivos Específicos.....	17
Antecedentes.....	17
2. Marco referencial.....	20
2.1. Marco teórico.....	20
2.1.1. Regeneración en bosques naturales.....	20
2.1.2. Bosques altoandinos.....	20
2.1.3. Bosque seco tropical.....	20
2.1.4. Cambio climático.....	21
2.1.5. Servicios ecosistémicos.....	21
2.2. Marco conceptual.....	22
3. Metodología.....	24
3.1. Área de estudio.....	24
3.2. Trabajo en campo.....	26
3.2.1. Establecimiento de parcelas permanentes.....	27

3.2.2. Establecimiento de subparcelas .....	28
3.2.3. Medición y marcación de la regeneración natural .....	29
3.3. Identificación de las especies .....	30
3.4. Procesamiento de datos.....	30
3.4.1. Composición florística .....	30
3.4.2. Estructura física.....	32
3.4.3. Tasas de Crecimiento .....	33
4. Resultados .....	33
4.1. Robledal .....	33
4.1.1. Composición florística .....	33
4.1.2. Índices de diversidad alfa.....	35
4.1.3. Curva de acumulación de especie – área .....	36
4.1.4. Estructura horizontal .....	37
4.1.5. Estructura vertical .....	42
4.1.6. Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones .....	46
4.1.7. Tasas de crecimiento.....	48
4.2. Estado de conservación de especies.....	49
4.3. Bosque seco .....	50
4.3.1. Composición florística .....	50
4.3.2. Índices de diversidad alfa.....	52
4.3.3. Curva de acumulación de especie – área .....	53
4.3.4. Estructura horizontal .....	54

4.3.5. Estructura vertical .....	58
4.3.6. Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones .....	61
4.3.7. Tasas de crecimiento .....	64
4.4. Estado de conservación de especies .....	65
5. Discusión .....	66
6. Conclusiones .....	69
7. Recomendaciones .....	70
Referencias bibliográficas .....	72
Apéndices .....	78

**Lista de tablas**

Tabla 1. Coordenadas de cada una de las parcelas permanentes. ....	24
Tabla 2. Familias y morfoespecies registradas en el robledal .....	33
Tabla 3. Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el robledal .....	34
Tabla 4. Número de familias, especies e individuos registrados por subparcelas en el robledal .	35
Tabla 5. Valores de índices de diversidad alfa en el en robledal .....	36
Tabla 6. DAP medio y DAC medio para cada subparcela en el robledal .....	38
Tabla 7. Área basal promedio por subparcelas en el robledal .....	41
Tabla 8. Densidad para cada unidad de muestreo en el robledal .....	41
Tabla 9. Altura media para cada unidad de muestreo en robledal .....	43
Tabla 10. Estado de conservación de especies para el robledal.....	50
Tabla 11. Familias y morfoespecies registradas en bosque seco. ....	50
Tabla 12. Número de géneros, morfoespecies e individuos por familia en el robledal.....	52
Tabla 13. Número de familias, especies e individuos registrados por subparcelas en el bosque seco .....	51

Tabla 14. Valores de índices de diversidad alfa en el bosque seco .....	52
Tabla 15. DAP medio y DAC medio para cada subparcela en el bosque seco .....	54
Tabla 16. Área basal promedio por subparcelas en el bosque seco .....	56
Tabla 17. Densidad para cada unidad de muestreo en el bosque seco.....	57
Tabla 18. Altura media para cada unidad de muestreo en el bosque seco.....	59

**Lista de Figuras**

Figura 1. Mapa de ubicación de parcelas permanentes, municipio de molagavita.....	25
Figura 2. Mapa de ubicación de parcelas permanentes, municipio de enciso. ....	26
Figura 3. Boceto parcelas permanentes .....	27
Figura 4. Boceto subparcelas .....	28
Figura 5. Curva de acumulación de especies – área en el robledal .....	37
Figura 6. Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAP en el robledal.....	39
Figura 7. Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAC en el robledal. ....	40
Figura 8. Diagrama de alturas en el robledal .....	43
Figura 9. Histograma de frecuencias diamétricas DAP con respecto a la altura para el robledal	44
Figura 10. Histograma de frecuencias diamétricas DAC con respecto a la altura para el robledal .....	45
Figura 11. Correlación entre DAC y altura en el robledal.....	46
Figura 12. Correlación entre diámetro de copa y altura en el robledal.....	47
Figura 13. Correlación entre dac y diámetro de copa en el robledal .....	48

Figura 14. Tasa de crecimiento bajo el modelo de hosffeld I en el robledal .....	49
Figura 15. Curva de acumulación de especies – área en el bosque seco .....	53
Figura 16. Diagrama de distribución de clases diamétricas para dap en el bosque seco.....	55
Figura 17. Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAC en el bosque seco .....	56
Figura 18. Diagrama de alturas en bosque seco.....	58
Figura 19. Histograma de frecuencias diamétricas DAP con respecto a la altura para bosque seco .....	61
Figura 20. Histograma de frecuencias diamétricas DAC con respecto a la altura para bosque seco .....	61
Figura 21. Correlación entre dac y altura en el bosque seco .....	62
Figura 22. Correlación entre diámetro de copa y altura en el bosque seco .....	63
Figura 23. Correlación entre DAC y diámetro de copa en el bosque seco .....	64
Figura 24. Tasa de crecimiento bajo el modelo de hosffeld I en el bosque seco.....	65

### Apéndices

Apéndice A. Formato para el registro de datos en campo .....	78
Apéndice B. Establecimiento de subparcelas en robledal .....	79
Apéndice C. Establecimiento de subparcelas en bosque seco .....	80
Apéndice D. Inventario florístico .....	81
Apéndice E. Zona de estudio robledal .....	82
Apéndice F. Zona de estudio bosque seco .....	83

## Resumen

**Título:** Diversidad, Estructura y Crecimiento de Plántulas en Bosques Naturales Tropicales: Relación Bajo Condiciones Edafoclimáticas Contrastantes

**Autor:** Yasmin Alvarado Caicedo

**Palabras Clave:** Conservación, ecosistemas, robledal, bosque seco, dinámica, servicios ecosistémicos, clima.

**Descripción:** Los bosques naturales han sido sometidos a procesos de intervención antrópica, convirtiéndose en un foco de presión debido a la demanda de servicios ambientales, económicos y culturales. El conocimiento de la composición, estructura y función de estos ecosistemas aún son limitados, lo que ha contribuido a la homogenización del paisaje, la erosión y la irregularidad hidrológica. En este estudio, se analizó la diversidad alfa de brinzales por medio de la evaluación de los índices de Simpson, Shannon y Margalef, la estructura vertical y horizontal y las tasas de crecimiento mediante modelos no lineales. Se estableció, una red de parcelas permanentes de forma rectangular de 50x20 m (0,1 ha) cada una, para un total de 10 parcelas, cinco por cada bosque, ubicadas en el departamento de Santander, municipios de Molagavita y Enciso. Durante el proceso se marcaron, midieron y registraron todos los individuos para la categoría diamétrica brinzal con DAC (diámetro a la altura del cuello), entre 0,5 y 2,5 cm. De igual forma, se midió su altura y diámetro de copa. Se encontró para el robledal un total de 262 individuos distribuidos en, 18 especies, 18 géneros y 14 familias, donde la especie dominante fue *Quercus humboldtii* Bonpl. En el bosque seco se registraron 21 individuos pertenecientes a, dos especies, dos géneros y dos familias, donde la especie dominante fue *Solanum* sp. 1. Los índices de diversidad, ambos tipos de bosques presentan una baja diversidad, en general, estos bosques se encuentran directamente influenciados por la intervención de factores internos y externos, mismos que inciden directa e indirectamente en el establecimiento de la regeneración natural, por ende, es importante seguir contribuyendo con estudios que determinen el estado de los bosques naturales y su potencial bajo la mitigación del cambio climático.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Instituto de Proyecciones Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director. Suescún Carvajal, Diego. MSC Bosques y Conservación Ambiental.

### Abstract

**Title:** Seedling Diversity, Structure and Growth in Tropical Natural Forests: Relationship Under Contrasting Edaphoclimatic Conditions

**Author:** Yasmin Alvarado Caicedo

**Key Words:** Conservation, ecosystems, oak, forest, dynamics, ecosystem services, climate.

**Description:** Natural forests have been subjected to processes of human intervention, becoming a source of pressure due to the demand for environmental, economic, and cultural services. Knowledge of the composition, structure, and function of these ecosystems, as well as the alternatives for species management, are still limited, which has contributed to the homogenization of the landscape, erosion, and hydrological irregularity. In this study, the alpha diversity of seedlings was analyzed through the evaluation of the Simpson, Shannon, and Margalef indices, the vertical and horizontal structure, and the growth rates through non-linear models, under the registration of four measurements for all the study process. A network of permanent rectangular plots of 50x20 m (0.1 ha) each was established, for a total of 10 plots, five for each forest, located in the department of Santander, municipalities of Molagavita and Enciso. During the process, all the individuals were marked, measured, and recorded for the seedling diameter category with DAC (diameter at neck height), between 0.5 and 2.5 cm. Similarly, its height and crown diameter were measured. A total of 262 individuals distributed in 18 species, 18 genera, and 14 families were found for the oak forest, where the dominant species was *Quercus humboldtii* Bonpl. In the dry forest, 21 individuals belonging to two species, two genera, and two families were recorded. , where the dominant species was *Solanum sp. 1*. The diversity indices, both types of forests present low diversity, in general, these forests are directly influenced by the intervention of internal and external factors, which directly and indirectly affect the establishment of natural regeneration, therefore It is important to continue contributing with studies that determine the state of natural forests and their potential under the mitigation of climate change.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Instituto de Proyecciones Regional y Educacion a Distancia IPRED. Programa de Ingeniería Forestal. Director. Suescún Carvajal, Diego. MSC Bosques y Conservacion Ambiental.

## Introducción

Los bosques alto andinos, son ecosistemas que poseen especies significativas, y procesos ecológicos importantes (Sarmiento et al., 2013), sin embargo, las actividades antrópicas han afectan el mismo, poniendo en peligro su función, composición, estructura, y por consiguiente, la disminución y hasta destrucción de la cobertura (Vargas y Gomez, 2008).

El bosque seco tropical, según Holdridge (1947) (bs-T), cuenta con menos del 4% de su cobertura original debido a la expansión agrícola, pecuaria, y el urbanismo (Vitola et al., 2017). Estas acciones de origen antrópico ocasionan el deterioro del ecosistema a pesar de tener un gran potencial ecológico y florístico, es por ello, que dichas prácticas conllevan a la disminución de la diversidad de fauna y flora, modificación y fragmentación de hábitats, y sobreexplotación de especies nativas (Uslar et al., 2004).

La implementación de sistemas productivos dedicados a la agricultura y ganadería, han afectado significativamente los bosques naturales y consigo el proceso de la regeneración natural, dichas acciones se ven reflejadas en el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Universitario, 2002), es allí, donde la ciencia, juega un papel importante en cuanto al poder realizar estudios sobre la dinámica de la regeneración natural, conocer el potencial de estos bosques, e implementar diferentes estrategias de conservación.

A causa, de la deficiencia de investigaciones acerca de la diversidad y estructura, de bosques naturales del departamento de Santander, dicho estudio busco, obtener información básica de la regeneración natural, presente en un robledal y bosque seco ubicados en dicho departamento, con el fin de, determinar el estado de los dos bosques naturales, demostrar su potencial bajo la

mitigación del cambio climático, logra establecer lineamientos en pro del proceso de conservación y contribuir con la escala de la investigación.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Evaluar la diversidad, estructura y crecimiento de la regeneración natural en dos bosques naturales, bajo condiciones edafoclimáticas contrastantes de humedad y temperatura.

### **1.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar la riqueza y diversidad de la regeneración natural en un robleal y un bosque seco.
2. Determinar la estructura (vertical y horizontal) de la regeneración natural en un robleal y un bosque seco.
3. Determinar la tasa de crecimiento de la regeneración natural en ambos tipos de bosques.

## **Antecedentes**

### **Diversidad y estructura de un robleal en la reserva Biológica Cachalú, Encino (Santander-Colombia).**

Se caracterizó la diversidad, la estructura y los aspectos relacionados con la dinámica de un robleal, provenientes de una parcela permanente de una hectárea, en la Reserva Biológica Cachalú, correspondiente a una altitud entre 2100 y 2200 m s. n. m. Se censaron todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 10$  cm, se estimaron alturas totales (ht), alturas fustales (hf), y diámetros de copa, con los datos arrojados se realizaron curvas de acumulación de especies respecto al área y al número de individuos, se analizó el comportamiento

de la riqueza relativa y para diversidad, se tuvo en cuenta los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), y Simpson (1-D) (Ávila et al., 2010).

### **Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia)**

En este estudio se evaluó la comunidad vegetal del bosque del Ecoparque Bataclán, Cali, Colombia; mediante la determinación de su estructura y composición en dos estrategias de regeneración. Una de ellas consistió en regeneración natural con barreras de bambú y la otra en regeneración natural sin barreras de bambú. Se establecieron tres parcelas permanentes de 500 m<sup>2</sup> en cada una de las estrategias de regeneración (seis parcelas en total). Se determinó la composición y estructura, teniendo en cuenta todos los hábitos de crecimiento, con diferentes tipos de muestreo (Londoño y Torres, 2015).

### **Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la Cordillera Central de Colombia**

Se evaluó la composición y estructura florística de tres bosques de robles andinos ubicados en tres localidades (San Andrés de Cuerquia, Belmira y Guarne) de Antioquia, para determinar las similitudes en su estructura y composición florística. En cada sitio se estableció, una parcela permanente de 5000 m<sup>2</sup> (0,5 ha), midiendo a cada individuo el DAP  $\geq 10$  cm (León et al., 2009).

### **Estructura de la vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en bosque seco en la comuna Limoncito provincia de Santa (Ecuador).**

Este estudio hace referencia a la estructura de la vegetación de un bosque seco tropical en el cual se analizaron los tipos de vegetación, el grado de conservación y su regeneración natural, donde se establecieron 11 unidades de muestreo de 400 m<sup>2</sup>, ubicadas en la comuna El Limoncito

provincia de Santa Elena, a cada unidad se la dividió en tres estratos, y en ellas, se tomaron datos de las especies como: altura, DAP y diámetro de copa para calcular los valores de IVI, IVF, diversidad y similitud florística (Mendoza et al., 2011).

### **Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semidecíduo en Santa Cruz, Bolivia.**

Se analizó la estructura, composición y dinámica de un bosque seco semidecíduo en el Jardín Botánico de Santa Cruz, donde se midió la riqueza, abundancia, el diámetro a la altura del pecho (DAP) en individuos iguales o mayores a 10 cm, altura, y posición de copa, se estableció una parcela permanente de una hectárea, la cual fue dividida en 25 sub-parcelas de 20 x 20 m y para evaluar la regeneración natural en las 25 sub-parcelas de 20 x 20 m, se instalaron sub-parcelas de 20 x 10 m, donde se contabilizaron la plántulas de tres a 10 cm de DAP (Uslar et al., 2004).

### **Análisis florístico del bosque de roble (*Quercus humboldtii* Bonpl., Fagaceae) de la Reserva Protectora Forestal Quininí, municipio de Tibacuy, Cundinamarca.**

Se analizó la estructura y composición florística de un robledal, ubicado en la Reserva Forestal Protectora de Quininí, Tibacuy, Cundinamarca. Se establecieron 10 transectos de 2 x 50 m en los cuales se midieron individuos con DAP mayor o igual a 2,5 cm, cobertura de copa y altura, y con ello se estimó la densidad relativa (DeR), frecuencia relativa (FR), dominancia relativa (DoR), área basal (AB), cobertura relativa (CoR). Se realizó una distribución por clases de Sturges con base en el DAP, altura y cobertura obtenidos y se utilizaron tres índices de similitud; Índice cualitativo de Sorensen (presencia - ausencia de especies), Índice cuantitativo de Morisita-Horn (áreas basales) y el índice de Simpson (# taxones y la abundancia de los mismos) (Torres, 2016).

## **2. Marco referencial**

### **2.1. Marco teórico**

#### ***2.1.1. Regeneración en bosques naturales***

La regeneración natural es el proceso que llevan las plántulas desde el momento de su germinación hasta el establecimiento de la misa, pasando por diferentes filtros ambientales, hasta encontrar su punto estable de crecimiento y asegurar la sostenibilidad del recurso florístico, por ende, es de importante, llevar el monitoreo, análisis y evaluación de dicho proceso a través del tiempo, y así, conocer la diversidad, estructura y potencial de los bosques naturales (Muñoz, 2017).

#### ***2.1.2. Bosques altoandinos***

Los bosques altoandinos son ecosistemas boscosos de montaña, representados por condiciones bioclimáticas secas, estacionalmente húmedas, ubicadas en gradientes ambientales asociados a la compleja topografía de los Andes, presentan un rango de elevación que va de los 1000 m s. n. m., a la línea superior del bosque, están caracterizados por su alta diversidad y endemismo y parte de su importancia radica en los servicios ecosistémicos que prestan (Quintero et al., 2017).

En Colombia se encuentra el 24,9% de bosques andinos, de los que son característicos los bosques de robles, con zonas templadas del hemisferio norte, “desde los 750 m s. n. m., hasta los 3450 m s. n. m., (Avella, 2016), estos bosques se consideran refugios de varias especies amenazadas, con valores altos de conservación, de igual forma, cuentan con cantidad de bienes y servicios de especial relevancia en la regulación del componente hídrico, grandes sumideros de carbono, mitigación del cambio climático y gran potencial ecológico (Peña, 2016).

#### ***2.1.3. Bosque seco tropical***

En la actualidad el bosque seco tropical se constituye como uno de los ecosistemas más amenazados del Neotrópico, con mayor fragmentación y menos conocidos, esto a que, sus suelos

contienen buena fertilidad, siendo foco de desarrollo para actividades de intensa transformación de la cobertura, por dichas acciones, ha quedado eliminado el 99% del bosque seco tropical del mundo (Quiroga et al., 2019).

Estos ecosistemas reflejan gran variedad de adaptaciones e interacción para soportar el déficit hídrico y el cambio de temperatura, aun así, la intervención antrópica, ha dejado en su mayoría la pérdida de su cobertura, quedando, como el ecosistema con mayor amenaza, donde, si se llega a un mejor desarrollo dentro de la composición, estructura y crecimiento de la regeneración natural, se puede conocer el estado del bosque y llevarlo a procesos de conservación (Londoño y Torres, 2015).

#### ***2.1.4. Cambio climático***

El cambio climático hace referencia a la modificación en el estado del clima, que persiste durante periodos de décadas o por más tiempo, el fenómeno se atribuye, directa o indirectamente, a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global, dichas actividades humanas, que resultan también en cambios en el uso de la tierra y en alteración de la atmósfera por la emisión de gases de efecto invernadero, han ejercido durante los últimos 100 años una influencia significativamente mayor sobre el sistema climático del planeta (Franco et al., 2013).

#### ***2.1.5. Servicios ecosistémicos***

Los ecosistemas tienen la capacidad de llevar procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente (Constanza, 2008), ello implica que la variedad de servicios provenientes de los ecosistemas requieran de una ordenación que permita clasificarlos, en este caso en función de regular los

procesos ecológicos, proporcionar hábitats de refugio, procesos de reproducción y funciones de información, esta catalogación facilita la toma de decisiones en cuanto a las estrategias de conservación y manejo (Camacho y Ruiz, 2012).

## **2.2. Marco conceptual**

### ***Bosque altoandino***

Se consideran como los ambientes de montaña más ricos en especies y géneros en comparación con otras floras de alta montaña, dichos ecosistemas son cruciales en la regulación de los ciclos hídricos y de los caudales de las corrientes (Avella et al., 2014).

### ***Bosque seco tropical (bs-T)***

Formación vegetal que se encuentra entre los 0 y los 1000 m s. n. m., con temperaturas superiores a los 24°C y con uno o dos periodos de sequía al año (Londoño y Torres, 2015).

### ***Calentamiento global***

Fenómeno que se atribuye al efecto de la contaminación humana, en particular a la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo y a la tala de bosques, cuya consecuencia ha traído el incremento acelerado de las temperaturas en los últimos 150 años (Caballero et al., 2007).

### ***Diversidad***

Esta es fundamental para el desarrollo de planes de conservación y uso sostenible de los ecosistemas y sus componentes, por lo que su conocimiento, cuantificación y análisis, es esencial para entender la naturaleza y los cambios inducidos por la actividad humana (Ávila et al., 2010).

### ***Estructura***

La estructura es definida por los individuos en ciertos parámetros de edad, tamaño entre otras características, esto establece las normas básicas hacia un manejo orientado a calidad y la prolongación de los rendimientos (Galindo et al., 2003).

### ***Regeneración***

La regeneración natural es un proceso en el que se desarrollan las fases de producción, dispersión de semillas, germinación y establecimiento de la plántula, lo que lleva a los bosques naturales al mantenimiento de su diversidad, y la estructuración de las comunidades de árboles (Norden, 2014).

### ***Regulación climática***

La regulación climática esta principalmente ligada al ciclo vital y desarrollo de los bosques y también al ciclo del carbono donde por medio del crecimiento de los árboles se va incorporando dióxido de carbono manejado en el sector forestal y uso de la tierra (Pardos, 2010).

### ***Servicios ecosistémicos***

Se clasifican como componentes generados por los ecosistemas naturales para el servicio y las necesidades de los seres humanos, siendo catalogados como servicios de regulación, de suministro y culturales que no afectan la biodiversidad al ser utilizados (Balvanera, 2012).

### 3. Metodología

#### 3.1. Área de estudio

Las parcelas permanentes donde se realizó la investigación se encuentran en los dos bosques naturales, ubicados en el departamento de Santander, en las veredas “El Llano” del municipio de Molagavita y “El Juncal” del municipio de Enciso. En la tabla 1, se presentan las coordenadas de las parcelas permanentes.

**Tabla 1**

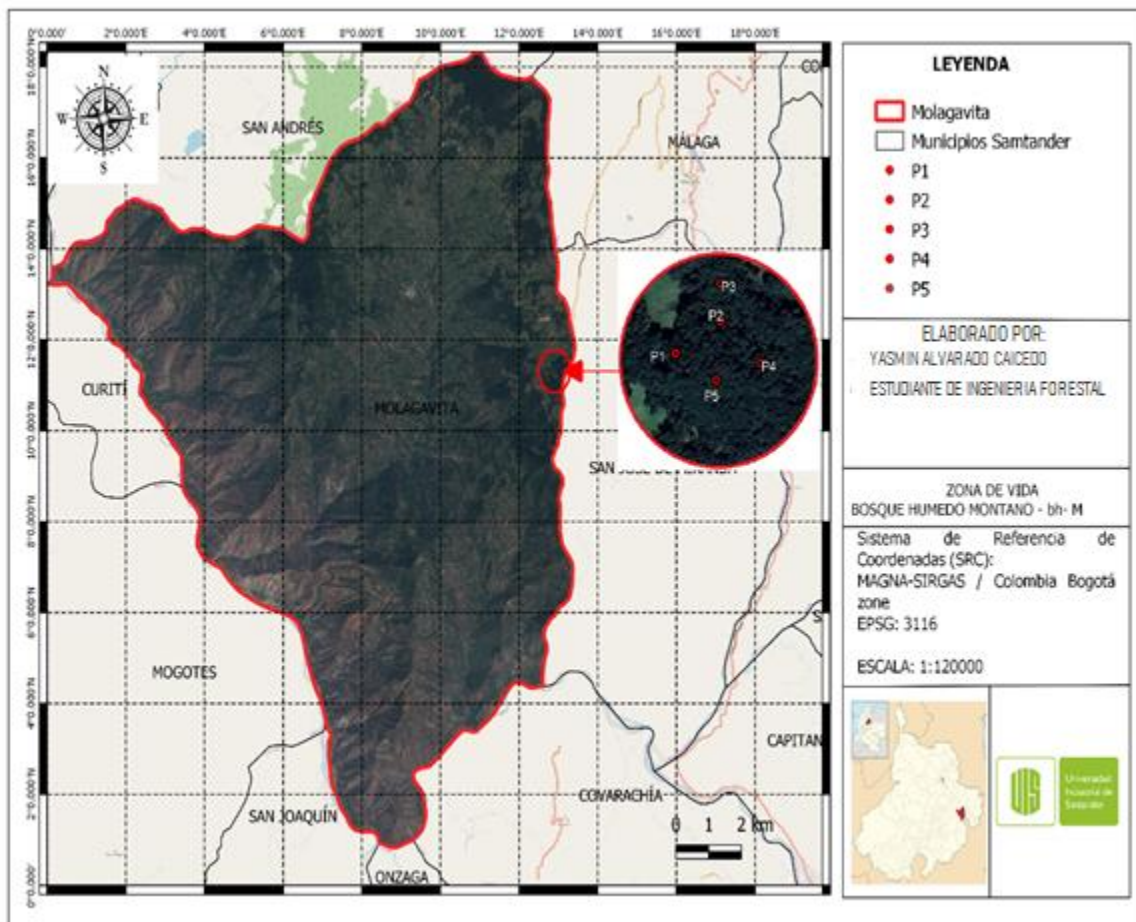
*Coordenadas de cada una de las parcelas permanentes.*

<b>Robledal</b>			
<b>Parcela</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
1	6°39'6.65"	72°46'15.8"	3149
2	6°39'8.55"	72°46'12.58"	3155
3	6°39'10.75"	72°46'12.61"	3137
4	6°39'6.06"	72°46'9.84"	3184
5	6°39'5.07"	72°46'28.88"	3176
<b>Bosque seco</b>			
<b>Parcela</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
6	6°36'35.75"	72°42'28.46"	1234
7	6°36'34.02"	72°42'26.74"	1236
8	6°36'36.39"	72°42'23.72"	1246
<b>Parcela</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
9	6°36'39.59''	72°42'26,45''	1223
10	6°36'32.46''	72°42'29,48''	1249

En la Figura 1, se presenta el mapa de ubicación de las parcelas permanentes presentes en la vereda “El Llano” del municipio de Molagavita.

**Figura 1**

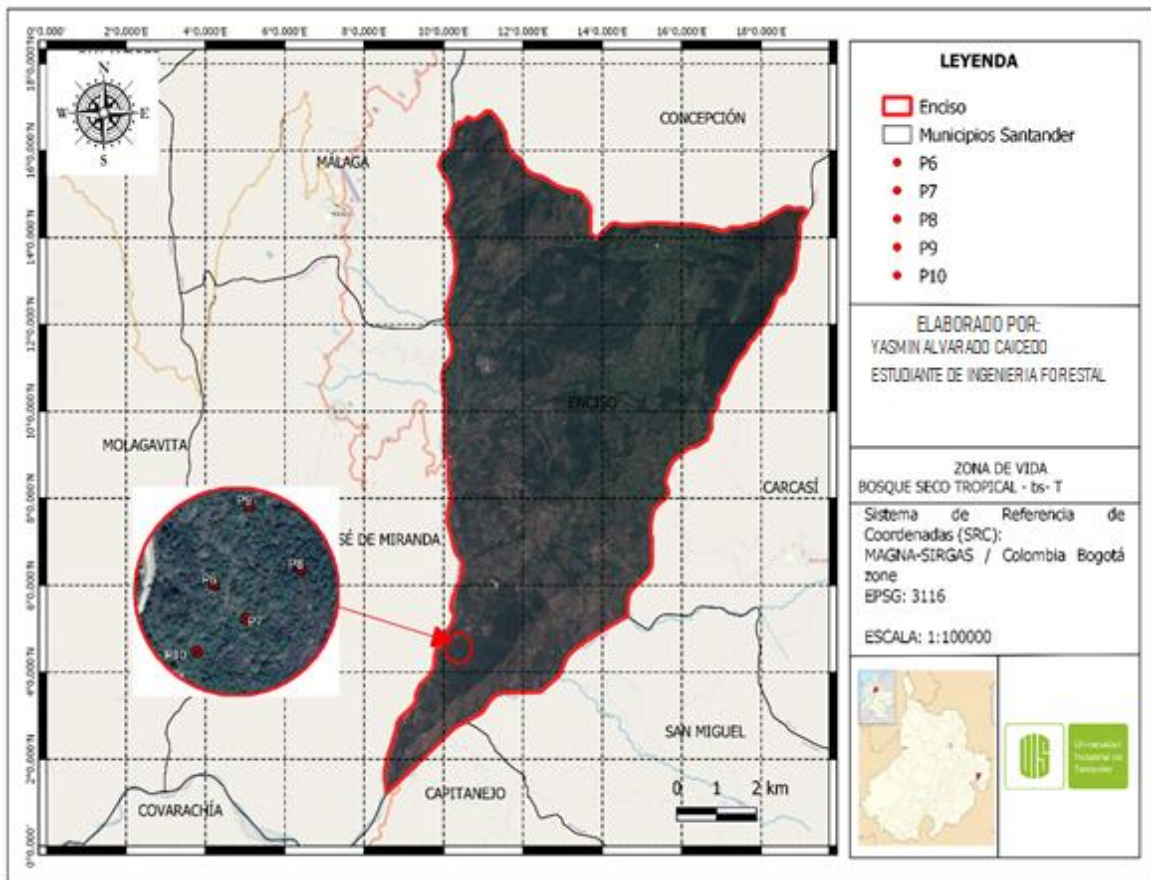
*Mapa de ubicación de parcelas permanentes, municipio de Molagavita.*



En la Figura 2, se presenta el mapa de ubicación de las parcelas permanentes presentes en la vereda “El Junca” del municipio de Enciso.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de parcelas permanentes, municipio de Enciso.*



### 3.2. Trabajo en campo

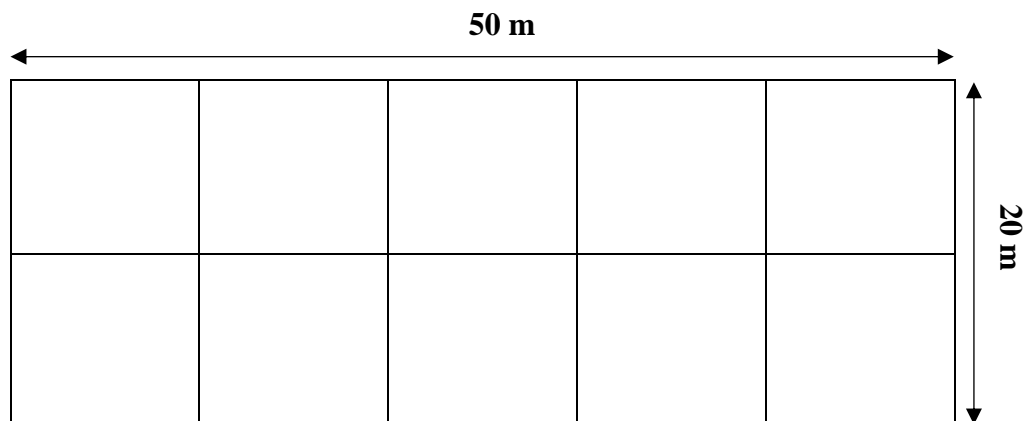
El inventario de la regeneración natural (brinzales), se inició el 18 de agosto del año 2019, correspondiente a la primera medición, a partir de allí, se efectuó el mismo procedimiento cada tres meses, hasta completar un total de cuatro mediciones, siendo la última el 25 de julio del año 2020.

### 3.2.1. Establecimiento de parcelas permanentes

Figura 3, se muestra el boceto de las parcelas permanentes que fueron establecidas en campo. El levantamiento de cada una de ellas se realizó de forma rectangular (50 x 20 m) correspondiente a 0,1 ha, separadas entre sí como mínimo 50 m (Jaimes y Rosales, 2019).

**Figura 3**

*Boceto parcelas permanentes*



**3.2.1.1. Corrección de pendiente.** Debido a que el terreno no es completamente plano se realizó la respectiva corrección de pendiente al momento del establecimiento de las parcelas, esto se hizo mediante 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, este método se basa en la medición del ángulo de inclinación en un tramo determinado del terreno (Vallejo et al., 2005).

Una vez hecha la corrección de pendiente, se manejó una brújula de precisión y cinta métrica con lo que se construyó una red de 10 x10 m la cual formó un total de 10 cuadrantes por cada parcela instalada, cada cuadrante se precisó con tubos PVC de un metro de largo insertados por

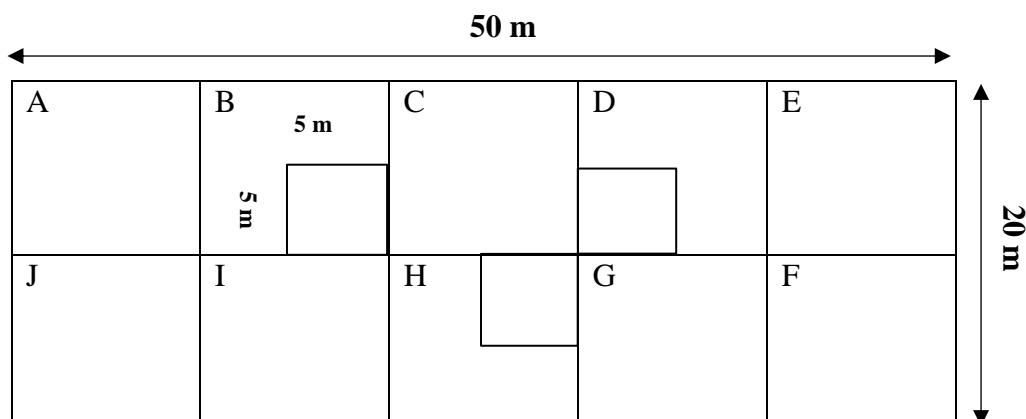
medio de un mazo de goma. Los tubos se perforaron en la parte superior, donde se instaló una plaqueta de papel foil de dimensiones 7 x 4 cm, que contiene el número de la parcela y la letra del cuadrante al que pertenezca (A, B, C, D, E, F, G, H, I y J). Luego se delimitó el área de la parcela con una pita de polipropileno color blanco, montando cuadrante por cuadrante para al final definir toda la faja, esto para evitar errores de rumbo a medida que se van precisando las distancias.

### 3.2.2. *Establecimiento de subparcelas*

Una vez establecidas las 10 parcelas con sus respectivos cuadrantes, se procedió a dividir en subparcelas de (5 x 5 m) en los cuadrantes B, D y H (Figura 4), insertando un tubo PVC en el centro del cuadrante según el vértice de corte entre las distancias, siendo este, punto de referencia para la señalización con su respectiva plaqueta de papel foil el cual contiene la letra del cuadrante y el número de la parcela en la que se encuentra ubicado. Por último, las subparcelas fueron cercadas con cintas de plástico color amarillo para prevenir el ingreso a las mismas y por consiguiente el pisoteo y destrucción de la regeneración.

**Figura 4**

*Boceto subparcelas*



### ***3.2.3. Medición y marcación de la regeneración natural***

Para el desarrollo del inventario florístico se diseñó un formato el cual contiene las indicaciones para la medición de brinzales, en este caso observaciones generales del cuadrante, número de especie, nombre de la especie, DAP o DAC según corresponda, su altura total, distancia entre copas y observaciones de la especie.

En segunda instancia, el trabajo en campo consistió en la medición de la regeneración natural que se encontraba en cada subparcela, tomando en cuenta parámetros importantes como: la medición del DAP entre 0,50 cm y 2,49 cm, adoptando la altura estándar de 1,30 m; mientras que los individuos que no tenían DAP se procedió a medir el DAC entre 0,50 cm y 2,49 cm, siempre a dos centímetros de la base, para dicha medición, se hizo el respectivo uso del instrumento calibre Vernier (pie de rey).

Seguido a esto, se procedió a medir sus respectivas alturas con un flexómetro, desde la base hasta la última hoja del individuo, tomadas solo hasta los dos metros, en caso de que sobrepasaran esta medida, su altura no fue registrada, pero si el resto de sus datos, luego a ello, se registró la medición del diámetro de la copa bajo la toma de dos direcciones Norte-Sur y Este-Oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos.

En última instancia, se registraron las observaciones respecto al estado fitosanitario (herbivoría, pudrición, clorosis, marchitamiento, quebrada) de cada especie o las condiciones en las que se encontraba el ejemplar. Luego, se grabó en una plaqueta de papel foil la letra del cuadrante y el número del ejemplar con la utilización de un lapicero ranchado repasando lo escrito con un sharpie color negro, en seguida se sujetó con un alambre dulce suficientemente amplio para que en un futuro cuando el árbol tome crecimiento no se estrangule. Se siguió esta metodología hasta

registrar todos los brinzales en las subparcelas correspondientes de los dos bosques, para luego cada tres meses realizar el mismo procedimiento, y completar una totalidad de cuatro mediciones.

### **3.3. Identificación de las especies**

Luego de registrado cada ejemplar en el formulario, se procedió a recolectarlo y hacer una buena toma fotográfica, con la anotación de detalles importantes para su respectiva identificación, la cual se realizó mediante revisión de literatura y uso de herbarios virtuales como el herbario COL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, también mediante la consulta a expertos, por otro lado, los individuos que no se lograron identificar hasta especie, fueron nombradas como morfoespecies.

### **3.4. Procesamiento de datos**

Luego de establecida la base de datos mediante el programa Microsoft Excel, se calcularon los índices de diversidad alfa, la estructura horizontal y vertical y el manejo de modelos de crecimientos bajo las diferentes variables.

#### ***3.4.1. Composición florística***

Se evaluó la diversidad en sus diferentes componentes, teniendo en cuenta los supuestos en los que están enmarcados, se construyó la curva de acumulación de especies - área para los dos bosques mediante el programa EstimateS 9.1, para ello, tomando solo la primera medición inventariada, y finalmente, se modeló el crecimiento de la regeneración, por medio del modelo de Hosffeld bajo la utilización de las cuatro mediciones.

**3.4.1.1. Diversidad alfa.** Su resultado se clasifica mediante el proceso evolutivo que se exterioriza en diferentes especies dentro de los ecosistemas, este índice manifiesta, que se realiza el conteo del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica), donde existen variedad de índices para medir la diversidad alfa cada uno ligado al tipo de información que se quiere analizar. Se calculó el índice de Simpson, que se basa en la dominancia tomando en cuenta la especie que está mejor representada, con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, este manifiesta que los individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001), matemáticamente el índice de Simpson se representa de la siguiente manera:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

El símbolo  $\lambda$  representa el índice de Simpson,  $p_i$  expresa la abundancia relativa de la especie ( $i$ ), es decir, el número de individuos de la especie ( $i$ ) dividido entre el número total de individuos de la muestra. En segunda medida, se determinó el índice de Shannon, quien se basa principalmente en la abundancia de cada especie y que tan uniforme se encuentra distribuida, este expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001), matemáticamente el índice de Shannon se representa de la siguiente manera:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Donde  $H'$  indica el índice de Shannon,  $P_i$  representa 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. Por otro lado, se calculó el índice de Margalef quien está ligado a una relación

funcional entre el número de especies de acuerdo con el número total de individuos (Álvarez et al., 2006), matemáticamente del índice de Margalef se representa de la siguiente forma:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

El símbolo  $D_{Mg}$  representa el índice de Margalef, S denota el número de especies y N enseña el número total de individuos. Por último, se halló el coeficiente de mezcla quien analiza el grado de intensidad de la mezcla de especies en una superficie dada (Zamora, 2010), matemáticamente el coeficiente de mezcla se expresa de la siguiente manera:

$$CM = \sum \left( \left( \frac{n_i}{S} \right) \right)$$

Donde  $CM$  denota el Cociente de Mezcla;  $n$  representa al número total de especies (i); S: número total de individuos (i).

### **3.4.2. Estructura física**

Dentro de la observación de la estructura vertical y horizontal de los bosques para la competencia entre las especies, se analizó por medio de varios parámetros entre ellos el área basal ( $m^2/ha$ ), la densidad (individuos/ha), DAP medio (cm), DAC medio (cm), altura media (m) e histograma de frecuencia diamétrica con respecto a la altura, y así, poder determinar el grado de ocupación de los individuos en el área de trabajo (Corvalán y Hernández, 2006).

**3.4.2.1. Estructura vertical.** La estructura vertical se basó en los tamaños alcanzados por las diferentes especies en cada bosque, por medio de la distribución de alturas a nivel de clases diamétricas y la construcción de histogramas de frecuencia diamétrica con respecto a la altura.

#### 2.4.2.2. Estructura Horizontal

El análisis de la estructura horizontal se basó en ¿cómo es la disposición de la regeneración en el espacio de acuerdo con sus formas de vida? Se midió el número de individuos por hectárea, es

decir, la densidad de especies presentes y por medio de la medición del DAC y DAP en cada individuo se determinó el área basal ( $m^2/ha$ ), el DAP medio (cm) y DAC medio (cm).

### 3.4.3. Tasas de Crecimiento

Para evaluar el crecimiento de la regeneración natural, se realizó mediante el estudio de las variables correspondientes a DAC, y altura, para realizar modelos no lineales como Hosffeld I, bajo la expresión matemática  $y = \frac{t^2}{(a+bt)^2}$  siendo importante tanto en la dinámica del bosque como ecológicamente por su utilidad para predecir su crecimiento (Kiviste, 2002).

## 4. Resultados

Una vez depurada la base de datos se procedió a realizar los respectivos análisis frente a la composición florística de la regeneración natural en los dos bosques de estudio. Resultados descritos a continuación:

### 4.1. Robledal

#### 4.1.1. Composición florística

Según el inventario florístico, se registró un total de 262 individuos de brinzales, correspondientes a 18 especies, distribuidas en 18 géneros y 14 familias.

En la Tabla 2, se presenta el listado de las familias y morfoespecies en el robledal.

**Tabla 2**

*Familias y morfoespecies registradas en el robledal*

Familia	Nombre científico	Nombre común
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Garrocho

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Araliaceae	<i>Oreopanax sp. 1</i>	Mano de oso
Araliaceae	<i>Schefflera cf. silvatica</i> Cuatrec.	Cheflera
Asteraceae	<i>Paragynoxys sp. 1</i>	
Brunelliaceae	<i>Brunellia sp. 1</i>	Riñón
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G.Don	Silvo silvo
Clusiaceae	<i>Clusia sp. 1</i>	Gaque
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.	Encenillo
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Roble
Lauraceae	<i>Ocotea sp. 1</i>	Laurel chaquiro
Lauraceae	<i>Persea sp. 1</i>	laurel
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav) G.Don	
Melastomataceae	<i>Miconia sp. 1</i>	
Melastomataceae	<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naudin	Espadero
Poaceae	<i>Chusquea</i> Kunth	Suro
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	
Primulaceae	<i>Stylogyne sp. 1</i>	
Symplocaceae	<i>Symplocos sp. 1</i>	Calabacito

En la Tabla 3, se presenta el número de géneros, morfoespecies e individuos pertenecientes a cada familia encontrada a nivel general en la categoría brinzal.

**Tabla 3**

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

<b>Familia</b>	<b>N° Géneros</b>	<b>N° Morfoespecies</b>	<b>N° Individuos</b>
Fagaceae	1	1	57
Melastomataceae	2	2	53
Primulaceae	2	2	51
Clusiaceae	1	1	37
Chloranthaceae	1	1	16
Symplocaceae	1	1	14
Araliaceae	2	2	10
Brunelliaceae	1	1	6
Lauraceae	2	2	5
Cunoniaceae	1	1	4
Loranthaceae	1	1	4
Adoxaceae	1	1	2
Asteraceae	1	1	2
Poaceae	1	1	1
<b>Total</b>			<b>262</b>

En la Tabla 4, se presenta el número de familias, morfoespecies e individuos registrados por subparcelas.

**Tabla 4**

*Número de familias, especies e individuos registrados por subparcelas en el robledal*

<b>Subparcela</b>	<b>N° Familias</b>	<b>N° Morfoespecies</b>	<b>N° Individuos</b>
1B	4	5	33
1D	6	7	14
1H	7	8	23
2B	4	4	16
2D	5	5	13
2H	3	3	9
3B	6	6	20
3D	5	5	30
3H	5	6	34
4B	4	5	6
4D	4	4	7
4H	4	4	19
5B	4	4	22
5D	3	3	11
5H	4	4	5
<b>Total</b>			<b>262</b>

#### *4.1.2. Índices de diversidad alfa*

Para los resultados arrojados con respecto a la diversidad alfa estudiada en robledal, lo cual permite conocer el enfoque acerca de la riqueza específica y la abundancia proporcional del bosque. En la Tabla 6, se indica, una diversidad baja para el índice de Shannon, con un valor promedio de 0,66, destacando una mayor equidad en la subparcela 1H; diversidad baja para el índice de Margalef con un valor promedio de 1,49, destacando una mayor riqueza específica en la subparcela 1D y diversidad media para el índice de Simpson con un valor promedio de 0,65, destacando mayor dominancia en la subparcela 1H. Para el grado de intensidad de la mezcla se

obtuvo un valor promedio de 0,37, por lo que se observa un bosque en tendencia a la homogeneidad.

A continuación, se presentan los datos con los resultados de los índices de diversidad alfa (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Valores de índices de diversidad alfa en el en robledal*

	Índice de dominancia	Índice de equidad	Riqueza específica	Heterogeneidad
Subparcela	Simpson	Shannon-Wiener	Margaleft	CM
1B	0,56	1,12	1,14	0,15
1D	0,79	1,73	2,27	0,50
1H	0,80	1,81	2,23	0,35
2B	0,54	0,99	1,08	0,25
2D	0,58	1,18	1,56	0,38
2H	0,67	1,21	1,37	0,44
3B	0,49	1,08	1,67	0,30
3D	0,73	1,41	1,18	0,17
3H	0,65	1,38	1,42	0,18
4B	0,78	1,56	2,23	0,83
4D	0,69	1,28	1,54	0,57
4H	0,74	1,37	1,02	0,21
5B	0,61	1,10	0,97	0,18
5D	0,43	0,76	0,83	0,27
5H	0,72	1,33	1,86	0,80
<b>Promedio</b>	0,65(+/-0,11)	1,29(+/-0,28)	1,49(+/-0,48)	0,37(+/-0,22)

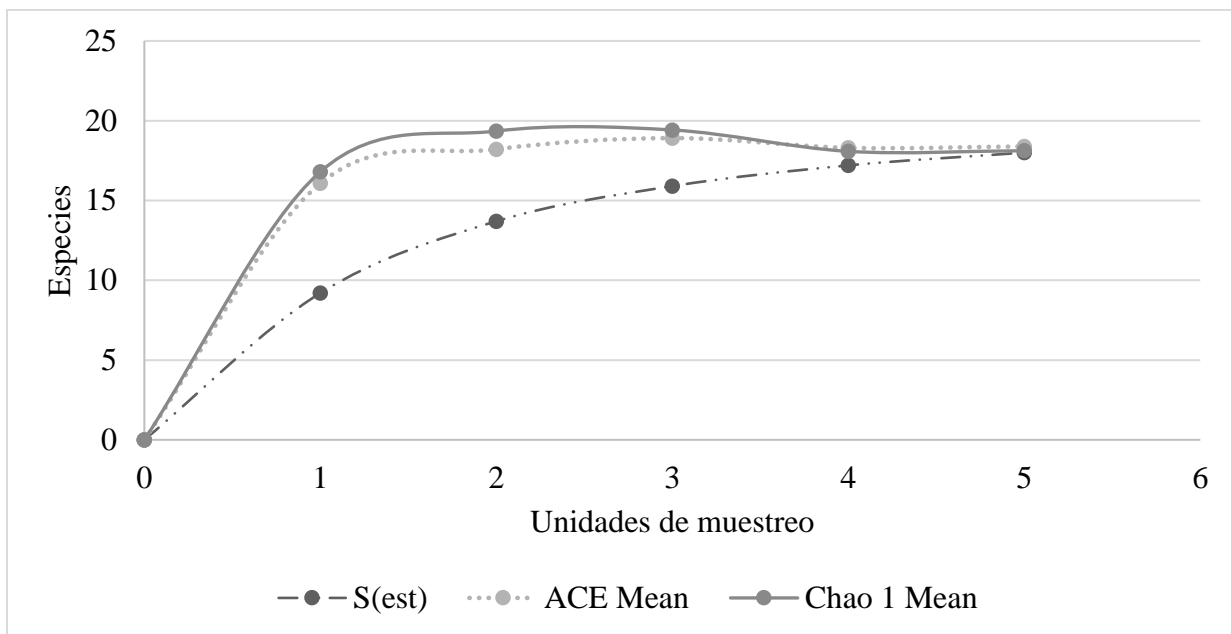
#### *4.1.3. Curva de acumulación de especie – área*

En la Figura 5, se ilustra la curva de acumulación de especies – área, donde se muestra que para el modelo no paramétrico ACE se observa un incremento en las especies solamente en la parcela 2, de allí se estabiliza en una asíntota a medida que aumenta el área de muestreo, por otro lado, para el modelo no paramétrico Chao 1 de igual forma el incremento se observa solo hasta la parcela

2, seguido por una asíntota, se demuestra, que tanto ACE y Chao 1 en la parcela cuatro se intersectan lo que determina que se ha llegado a una riqueza de especies en un máximo de acumulación de especies probables de encontrar.

### Figura 5

*Curva de acumulación de especies – área en el robledal*



#### 4.1.4. Estructura horizontal

**4.1.4.1. Distribución de clases diamétricas.** El DAP medio fue de 1,13 cm, siendo la subparcela 4H la de mayor diámetro promedio con 1,73 cm, y la subparcela que registró menor DAP promedio fue 3B con 0,65 cm. Por otro lado, para el DAC medio se registró un total de 0,79 cm, siendo la subparcela 5H la de mayor diámetro promedio con 1,13 cm y la subparcela con menor DAC promedio fue 4D con 0,61 cm, dicha información suministrada en la Tabla 6.

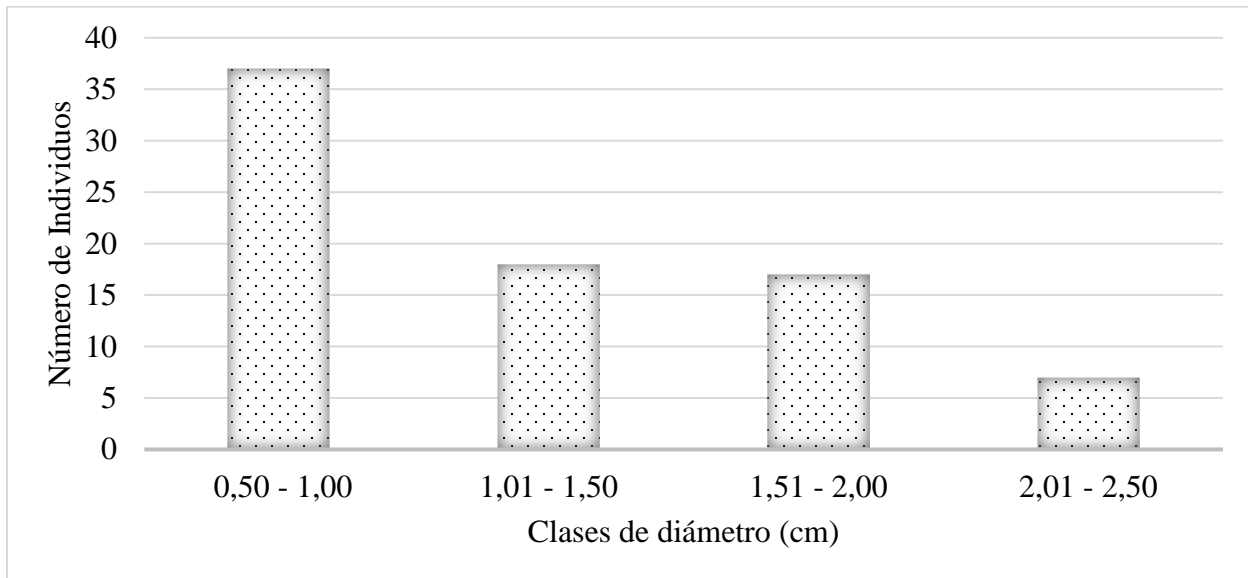
**Tabla 6***DAP medio y DAC medio para cada subparcela en el robledal*

<b>Subparcela</b>	<b>DAP Medio (cm)</b>	<b>DAC Medio (cm)</b>
1B	1,23	0,82
1D	0,70	0,81
1H	1,36	0,86
2B	1,29	1,05
2D	1,51	0,87
2H	0,81	0,78
3B	0,65	0,64
3D	1,34	0,66
3H	1,23	0,64
4B	0,77	0,63
4D	1,03	0,61
4H	1,73	0,66
5B	0,98	0,82
5D	1,01	0,84
5H	1,33	1,13
<b>Total</b>	<b>1,13(+/-0,31)</b>	<b>0,79(+/-0,16)</b>

En la Figura 6, se presentan las clases diamétricas para DAP, donde el mayor número de individuos de sitúa en la primera clase diamétrica correspondiendo a diámetros entre 0,5 y 1,00 cm, lo que representa el 46,84% del total de los individuos y desciende progresivamente a medida que aumentan las clases diamétricas, tomando así la forma típica de J invertida, este fenómeno ocurre producto de la competencia intra e interespecífica y de las exigencias lumínicas que requieren algunas de las especies para obtener un sitio dentro el bosque.

**Figura 6**

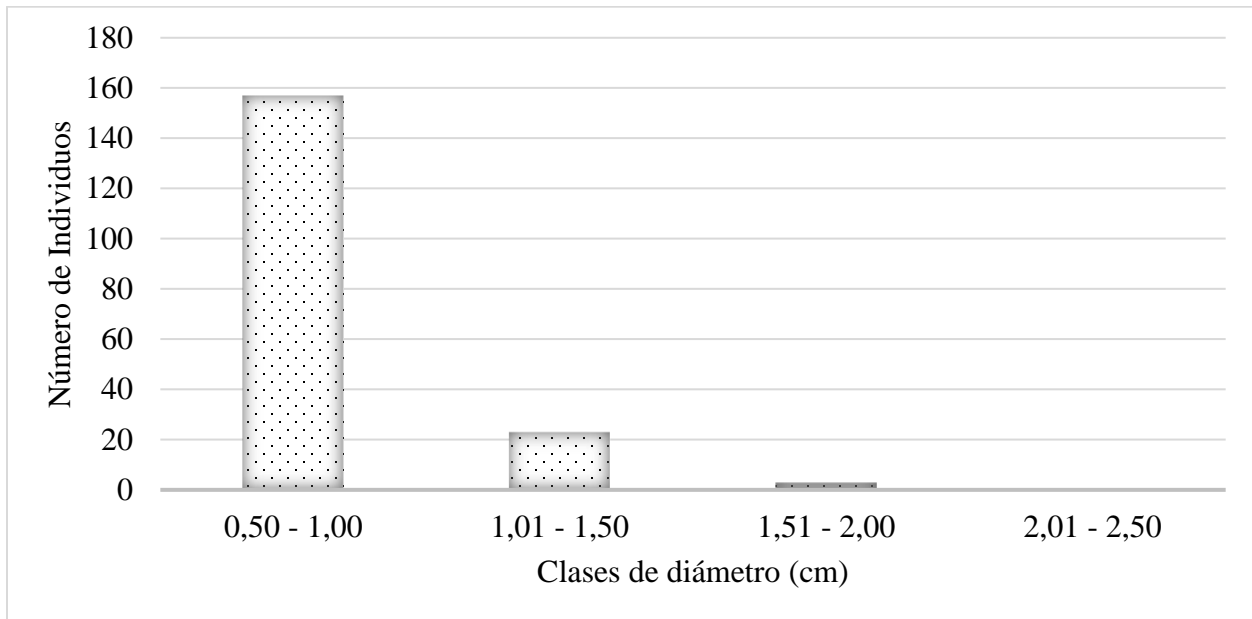
*Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAP en el robleal.*



En la Figura 7, se presentan las clases diamétricas para DAC, donde el mayor número de individuos se sitúa en la primera clase diamétrica correspondiendo a diámetros entre 0,5 y 1,0 cm lo que representa el 85,79% del total de los individuos, a partir de este diámetro el crecimiento decrece a medida que aumentan las clases diamétricas, se tiene en cuenta que dentro de la última clase diamétrica entre 2,01 y 2,50 no se encuentra registro de ningún individuo, finalmente el gráfico presenta la forma típica de J invertida.

**Figura 7**

*Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAC en el robledal.*



**4.1.4.2. Distribución del área basal.** Se calculó el área basal para cada subparcela muestreada como se observa en la Tabla 7, donde, se evidencia que el total en promedio del área basal en toda la cobertura es de  $0.0035 \text{ m}^2/\text{ha}$  para el DAP y el área basal para la variable DAC es de  $0,0016 \text{ m}^2/\text{ha}$ , del cual la subparcela 1D y 3B son las que contiene el valor más bajo con  $0,00003 \text{ m}^2/\text{ha}$  para el DAP y para el DAC con el valor más bajo las subparcelas 3B, 3D, 3H, 4B, 4D, 4H con de  $0,00003 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Por otro lado, las subparcelas que tuvieron un aumento considerable en el área basal por especies con mayores diámetros fueron para el DAP la subparcela 4H con un valor de  $0,00025 \text{ m}^2/\text{ha}$  y para el DAC la subparcela 5H con un valor de  $0,00011 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

**Tabla 7***Área basal promedio por subparcelas en el robledal*

<b>Subparcela</b>	<b>Área basal en DAP (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área basal en DAC (m<sup>2</sup>)</b>
1B	0,00015	0,00006
1D	0,00003	0,00005
<b>Subparcela</b>	<b>Área basal en DAP (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área basal en DAC (m<sup>2</sup>)</b>
1H	0,00014	0,00006
2B	0,00015	0,00010
2D	0,00020	0,00006
2H	0,00005	0,00004
3B	0,00003	0,00003
3D	0,00015	0,00003
3H	0,00013	0,00003
4B	0,00004	0,00003
4D	0,00008	0,00003
4H	0,00025	0,00003
5B	0,00008	0,00005
5D	0,00008	0,00006
5H	0,00016	0,00011
<b>Total área basal (m<sup>2</sup>)</b>	0,0018	0,00082
<b>AB (m<sup>2</sup>/ha)</b>	0,0035	0,0016

**4.1.4.3. Densidad.** El análisis de la densidad se manejó para todas las subparcelas como se ilustra en la Tabla 8, en donde se obtuvo una densidad promedio de 6986 Ind/ha, resaltando la subparcela 3H la cual contiene mayor densidad con un valor de 13.600.

**Tabla 8***Densidad para cada unidad de muestreo en el robledal*

<b>Subparcela</b>	<b>Densidad Ind/ha</b>
1B	13.200
1D	5600
1H	9200
2B	6400
2D	5200
2H	3600
3B	8000
3D	12.000

3H	13.600
4B	2400
4D	2800
4H	7600
5B	8800
5D	4400
5H	2000
<b>Promedio</b>	6986 (+/- 3818)

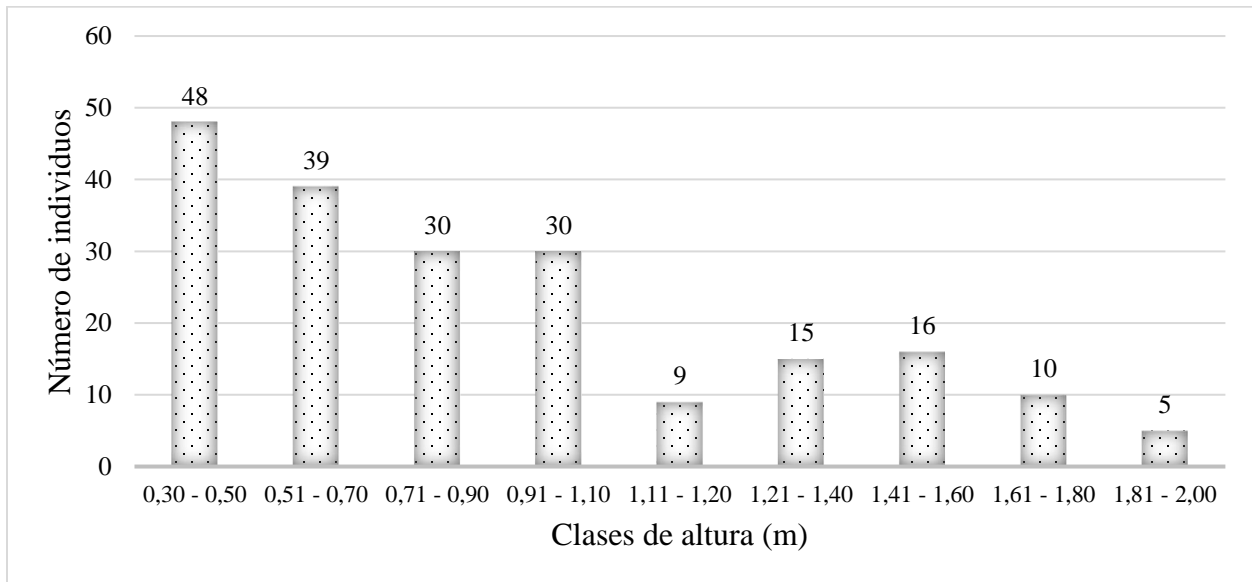
---

#### *4.1.5. Estructura vertical*

La distribución vertical del bosque dentro de las subparcelas estudiadas se encuentra en la Figura 8, donde se evidencia la distribución de los árboles respecto a su altura, dado que la mayor parte de los individuos se encuentran entre los intervalos de 0,30 y 0,50 m contando con un 23,76% del total de los individuos, a partir de allí, la curva desciende a medida que aumentan las clases de altura. Por otro lado, al llegar a las clases de altura entre 1,11 y 1,20 m se aprecia que la cantidad de individuos disminuye y asciende hasta llegar a la clase de altura entre 1,41 y 1,60 m para volver a descender, cabe resaltar que dentro de esta clasificación se descartan 60 individuos de los cuales no fueron registradas sus alturas por ser mayores a los dos metros saliendo de la clasificación como brinzal.

**Figura 8**

*Diagrama de alturas en el robledal*



**4.1.5.1. Altura media.** Los resultados de la altura media están representados por subparcelas para la categoría brinzal como se muestra en la Tabla 9, se observa un promedio de 0,88 m, donde se destaca la mayor proporción de alturas en la subparcela 5B y, por otro lado, la menor proporción de alturas en la subparcela 3B.

**Tabla 9**

*Altura media para cada unidad de muestreo en robledal*

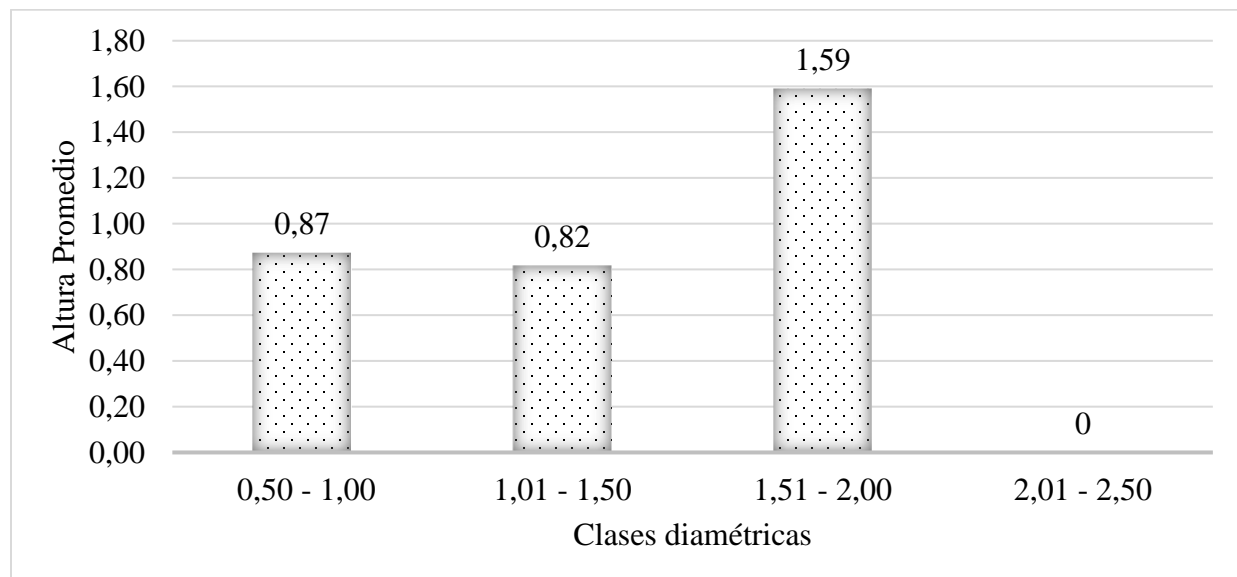
Subparcela	Altura media
1B	1,16
1D	0,99
1H	1,12
2B	0,99
2D	0,87
2H	0,78
3B	0,58
3D	0,74

3H	0,59
4B	0,71
4D	0,78
4H	0,66
5B	1,43
5D	0,98
5H	0,80
<b>Altura media total</b>	<b>0,88 (+/- 0,24)</b>

**4.1.5.2. Histograma de frecuencia diamétrica DAP con respecto a la altura.** En la Figura 9, se puede observar que para la clase diamétrica que alcanzó mayores alturas fue el rango de 1,51 a 2,00 cm, con un promedio de alturas de 1,59 m y el rango de clases diamétricas que no cuenta con una cantidad promedio de alturas es de 2,01 – 2,50 cm, y en cuanto a los demás rangos no contienen una diferencia significativa entre los mismo.

**Figura 9**

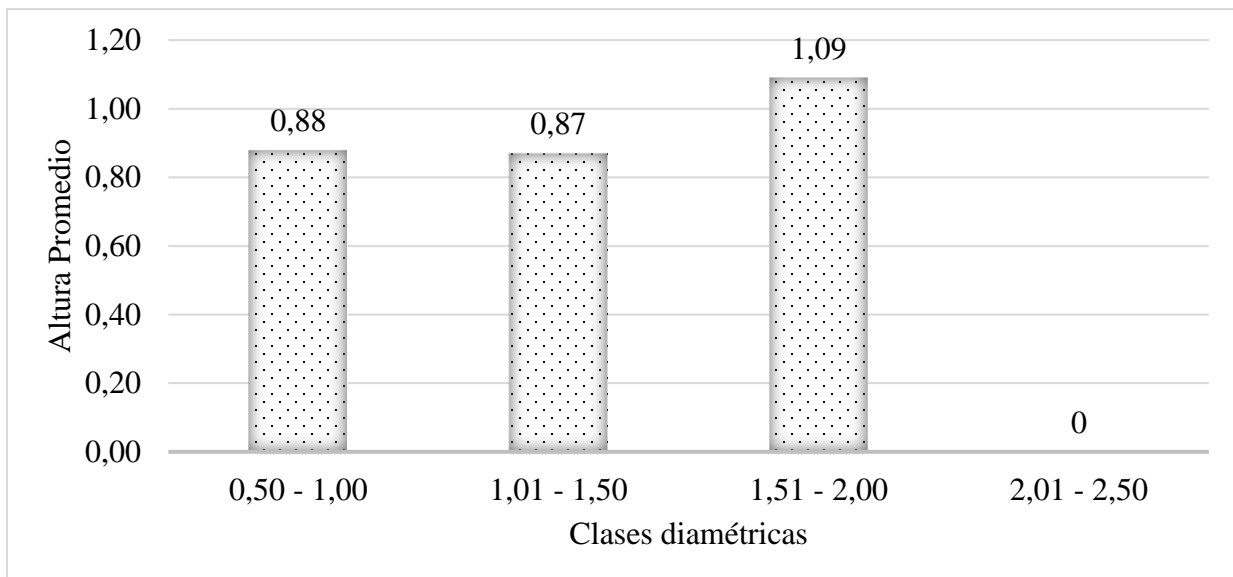
*Histograma de frecuencias diamétricas DAP con respecto a la altura para el robledal*



**4.1.5.3. Histograma de frecuencia diamétrica DAC con respecto a la altura.** En la Figura 10, se puede observar que para la clase diamétrica que alcanzó mayores alturas fue el rango de 1,51 a 2,00 cm, con un promedio de alturas de 1,09 m y el rango de clases diamétricas que no cuenta con una cantidad promedio de alturas es de 2,01 – 2,50 cm, y en cuanto a los demás rangos no contienen una diferencia significativa entre los mismo.

**Figura 10**

*Histograma de frecuencias diamétricas DAC con respecto a la altura para el robledal*



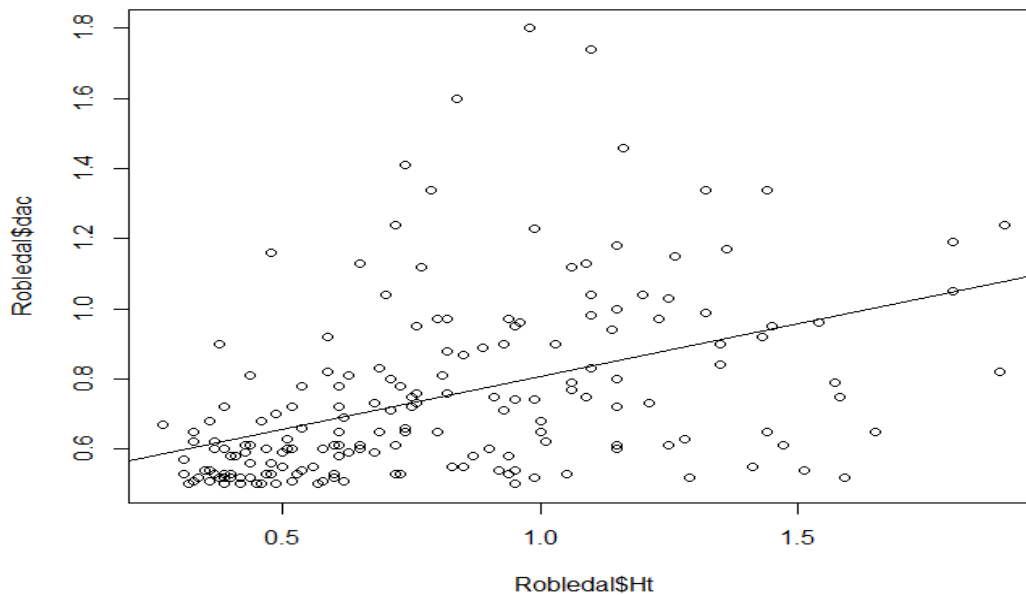
#### 4.1.6. Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones

Se identificaron las variables DAP, DAC y diámetro de copa, estas variables se relacionaron entre ellas, mediante correlaciones de Pearson, las cuales permitieron ver el nivel de relación y así obtener gráficos de dispersión.

**Correlación entre DAC y altura.** Se obtuvo una correlación positiva alta entre las variables DAC y altura, es decir a medida que el DAC aumenta, la altura también. En el diagrama de dispersión (Figura 11) se observa la alta incidencia entre las variables por medio del conjunto de puntos, demostrando que el aumento en sus valores corresponde a una correlación positiva.

**Figura 11**

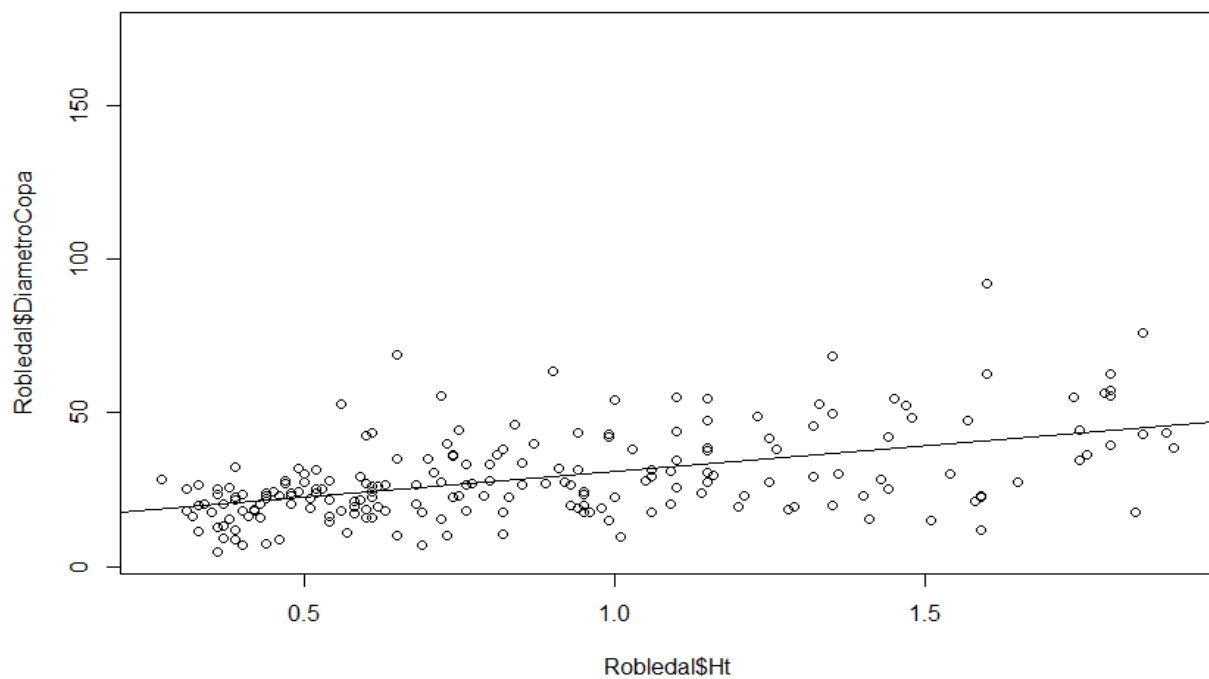
*Correlación entre DAC y altura en el robledal*



**Correlación entre diámetro de copa y altura.** Dentro de la relación entre las variables Dc y altura representada en el diagrama de dispersión (Figura 12) se observa que la correlación se mantiene constante ya que a pesar de que la altura va en aumento el Dc presenta un crecimiento, pero no con una diferencia significativa.

### Figura 12

*Correlación entre Diámetro de copa y altura en el robleal*

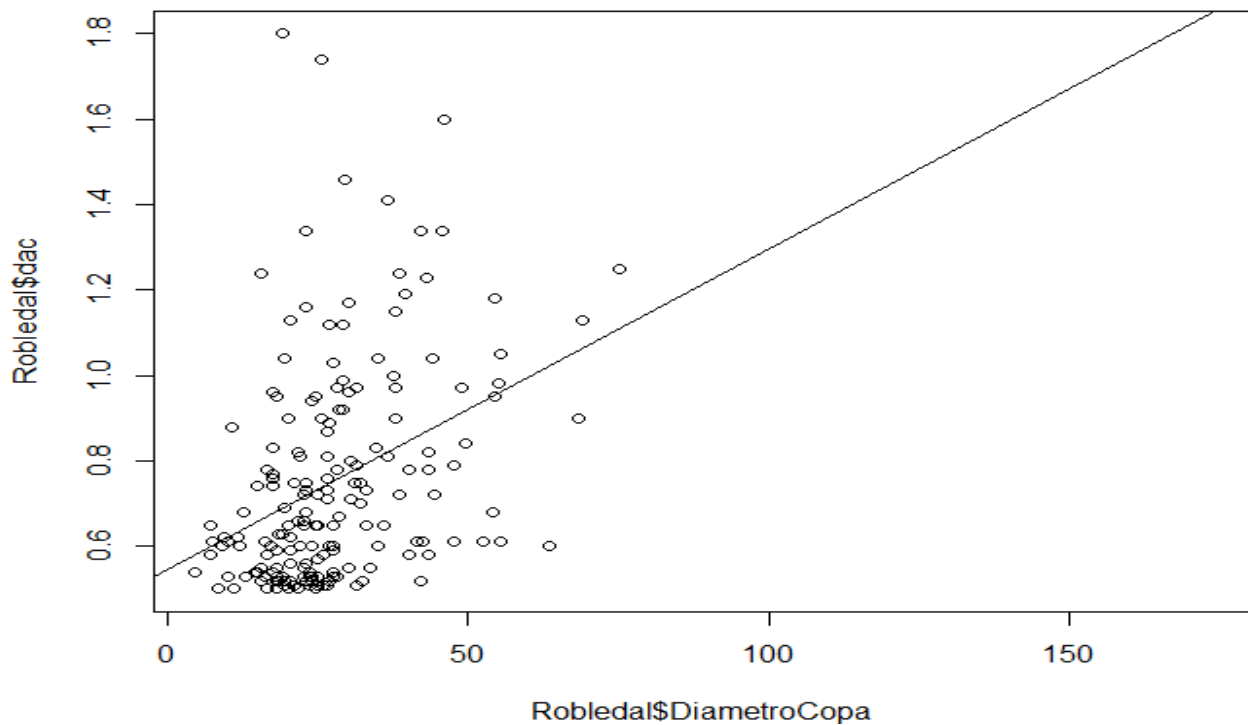


**Correlación entre DAC y diámetro de copa.** Se obtuvo una correlación significativa alta entre las variables DAC y Dc, ya que, a medida que el DAC aumenta, la altura va en aumento de la misma manera. En el diagrama de dispersión (Figura 13) se observa la alta incidencia entre las

variables por medio del conjunto de puntos, demostrando que el aumento en sus valores corresponde a una correlación alta positiva.

### Figura 13

*Correlación entre DAC y diámetro de copa en el robleal*



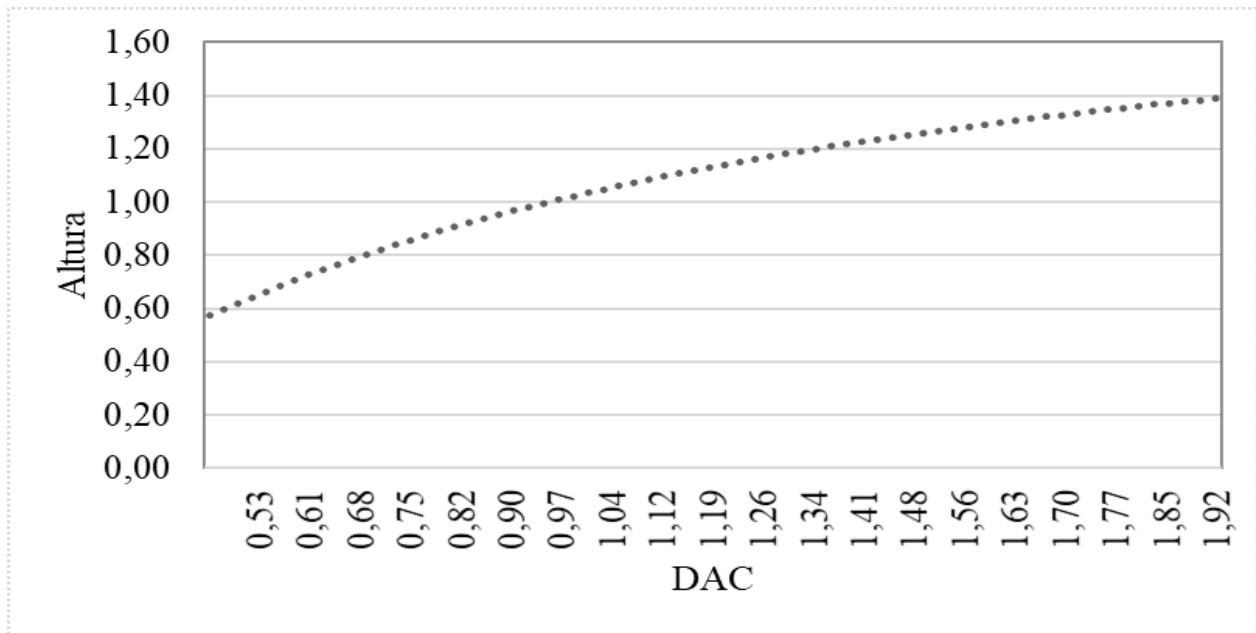
#### *4.1.7. Tasas de crecimiento*

Las tasas de crecimiento se realizaron bajo la relación de las variables, altura y DAC, donde se describen las variaciones que experimenta el tamaño de la población dentro del bosque, para ello se manejó el modelo de crecimiento de Hosffeld I.

En la Figura 14, se muestra el ajuste para el modelo Hosffeld I en cuanto al crecimiento con respecto a la relación entre altura y DAC, donde se obtiene que el robledal alcanza un crecimiento máximo en DAC hasta 1,92 cm, mientras que para altura llego a alcanzar 1,40 m, queriendo determinar, que dicha cobertura posee buenos conductos de crecimiento, pero por el ajuste de ganancias de altura y a las condiciones edafoclimáticas por las que pasa la regeneración natural es un proceso de crecimiento lento, representado por la ecuación  $y = \frac{t^2}{(a+bt)^2}$

**Figura 14**

*Tasa de crecimiento bajo el modelo de Hosffeld I en el robledal*



**4.2. Estado de conservación de especies**

El estado de conservación de especies encontradas en la zona de estudio representadas en la Tabla 10, se evaluó revisando la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

(UICN), el catálogo de plantas y líquenes de Colombia y el libro rojo de plantas de Colombia del Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, en donde, se encontró que la especie representativa del robleal *Quercus humboldtii* Bonpl, se encuentra en estado vulnerable (VU), y para el resto de las especies se tiene que estas no se encuentran evaluadas.

**Tabla 10**

*Estado de conservación de especies para el robleal*

Nombre científico	Origen	UICN	Significado abreviatura
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Nativo	NE	No evaluada
<i>Schefflera cf. silvatica</i> Cuatrec.	Endémica	NE	No evaluada
<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.	Nativo	NE	No evaluada
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Nativo y cultivado	VU	Vulnerable
<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naudin	Nativo	NE	No evaluada
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Nativo	NE	No evaluada

### 4.3. Bosque seco

#### 4.3.1. Composición florística

Según el inventario florístico se registró un total de 21 individuos de brinzales, correspondientes a dos especies, dos géneros y dos familias.

En la Tabla 11, se presenta el listado de las familias y especie en el bosque seco.

**Tabla 11**

*Familias y morfoespecies registradas en bosque seco.*

Familia	Nombre científico	Nombre común
Rutaceae	<i>Amyris sylvatica</i> Jacq	
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp. 1	Pimpollos

En la Tabla 12. se presenta el número de géneros, morfoespecies e individuos pertenecientes a cada familia encontrada a nivel general.

**Tabla 12**

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

<b>Familia</b>	<b>N° Género</b>	<b>N° Morfoespecie</b>	<b>N° Individuos</b>
Solanaceae	1	1	19
Rutaceae	2	1	2
<b>Total</b>			<b>21</b>

En la Tabla 13, se presenta el número de familias, morfoespecies e individuos registrados por subparcelas.

**Tabla 13**

*Número de familias, especies e individuos registrados por subparcelas en el bosque seco*

<b>Subparcela</b>	<b>N° Familias</b>	<b>N° Morfoespecies</b>	<b>N° Individuos</b>
6B	1	1	1
6D			
6H			
7B	1	1	2
7D	1	1	3
7H	1	1	6
8B	1	1	1
8D			
8H			
9B			
9D	1	1	5
9H	1	1	2
10B	1	1	1
10D			
10H			
<b>Total</b>			<b>21</b>

*Nota.* Los espacios vacíos en la tabla, corresponden a las subparcelas donde no se encontró ningún individuo, por consiguiente, ni familia, ni morfoespecie.

### 4.3.2. Índices de diversidad alfa

Para los resultados arrojados con respecto a la diversidad alfa estudiada en bosque seco, lo cual permite conocer el enfoque acerca de la riqueza específica y la abundancia proporcional del bosque. En la Tabla 16, se muestra que dicha cobertura no posee diversidad ya que en cada una de las subparcelas se encontró una mínima cantidad de individuos de una sola especie, por consiguiente, al evaluar los diferentes índices de diversidad alfa su valor es 0, debido a que solo se encontraron dos especies repartidas en 21 individuos, y por consiguiente para obtener valores superiores a 0 se necesitan mínimo tres especies, seguido a ello, para el grado de intensidad de la mezcla se obtuvo un valor de 0,31, por lo que se observa un bosque en tendencia a la homogeneidad.

A continuación, se presentan los datos con los resultados de los índices de diversidad alfa (Tabla 14).

**Tabla 14**

*Valores de índices de diversidad alfa en el bosque seco*

Subparcela	Índice de dominancia Simpson	Índice de equidad Shannon-Wiener	Riqueza específica Margaleft	Heterogeneidad CM
6B	0	0	0	1
6D				
6H				
7B	0	0	0	0,50
7D	0	0	0	0,33
7H	0	0	0	0,17
8B	0	0	0	1
8D				
8H				
9B				

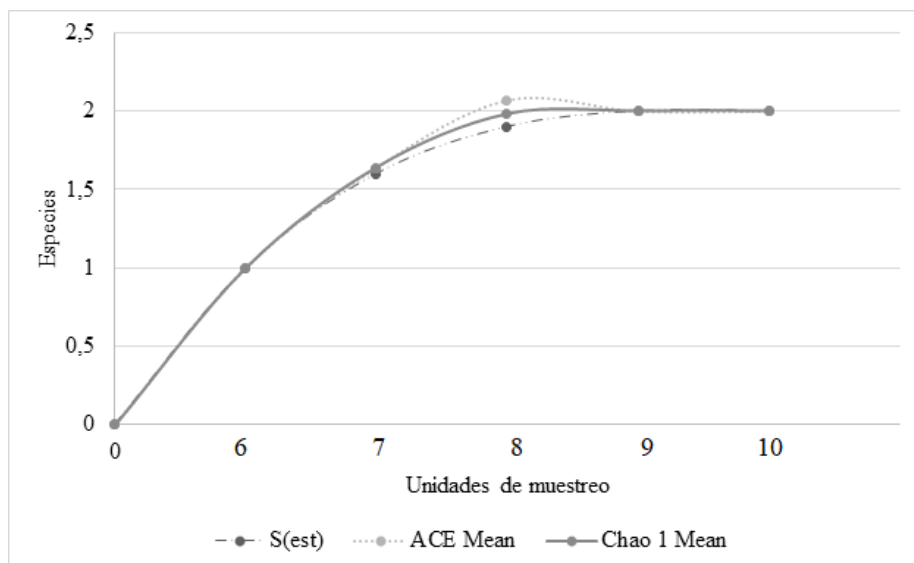
9D	0	0	0	0,20
9H	0	0	0	0,50
10B	0	0	0	1
10D				
10H				
<b>Promedio</b>	0 (+/-)	0 (+/-)	0 (+/-)	0,31 (+/- 0,40)

**4.3.3. Curva de acumulación de especie – área**

En la Figura 15, se ilustra la curva de acumulación de especies – área, donde se muestra que para el modelo no paramétrico ACE se observa un incremento en las especies hasta llegar a la parcela ocho, de igual forma se presenta el comportamiento de la curva para el modelo paramétrico Chao 1, donde finalmente se observa que tanto ACE y Chao 1 en la parcela nueve se intersectan y se establece por completo la asíntota, lo que determina que se ha llegado a una riqueza de especies en un máximo de acumulación de especies probables de encontrar.

**Figura 15**

*Curva de acumulación de especies – área en el bosque seco*



#### 4.3.4. Estructura horizontal

**4.3.4.1. Distribución de clases diamétrica.** El DAP medio fue de 0,27 cm, siendo la subparcela 8B la de mayor diámetro promedio con 2,06 cm, y la subparcela que registró menor DAP medio fue 7H con 0,87 cm. Por otro lado, para el DAC medio se registró un total de 0,53 cm, siendo la subparcela 6B la de mayor diámetro promedio con 1,68 cm y la subparcela con menor DAC promedio fue 7B con 0,78 cm, dicha información suministrada en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*DAP medio y DAC medio para cada subparcela en el bosque seco*

Subparcela	DAP Medio (cm)	DAC Medio (cm)
6B		1,68
6D		
6H		
7B		0,78
7D		1,12
7H	0,87	0,93
8B	2,06	
8D		
8H		
9B		
9D		1,31
9H	1,12	1,28
10B		0,89
10D		
10H		
<b>Total</b>	<b>0,27 (+/-0,61)</b>	<b>0,53 (+/-0,62)</b>

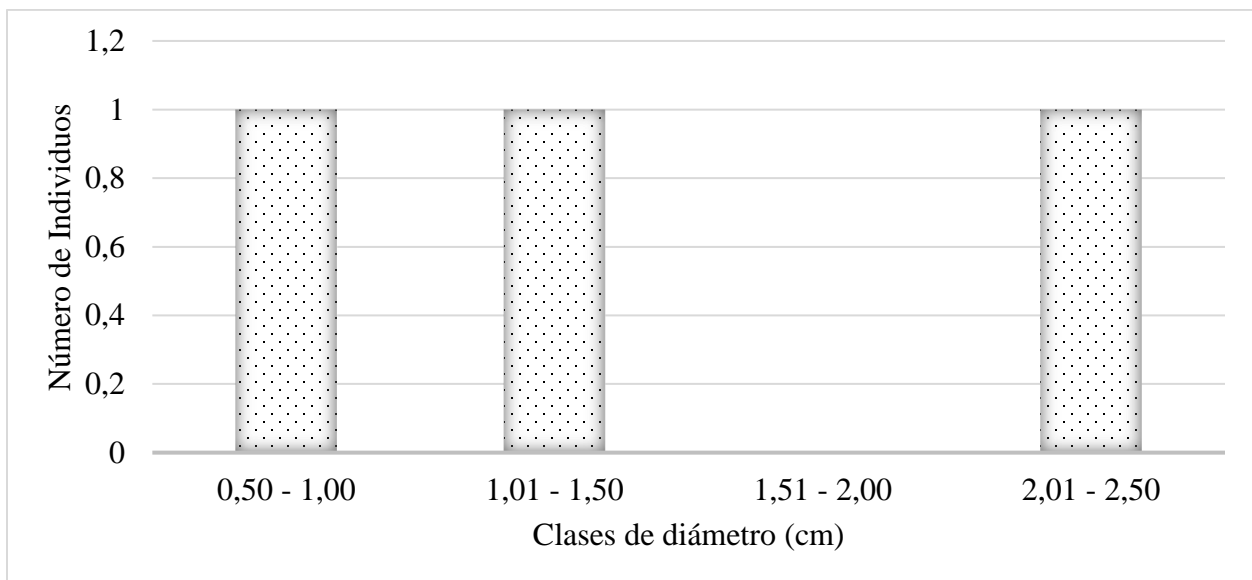
*Nota.* los espacios vacíos en la tabla, son debido a que si se tomó el registro del DAP no se debía tomar el DAC, y en promedio resultan subparcelas en donde no se registró ningún individuo.

En la Figura 16, se presentan las clases diamétricas para la medición del DAP, donde se obtiene la misma cantidad de individuos (1) por las clases diamétricas entre 0,5 cm y 1,0 cm; 1,0 y 1,5 cm y 2,01 cm y 2,50 cm, tomando cada una de ellas el 33,33% del total de los individuos para DAP,

para un total de tres individuos, ya que los 18 individuos restantes se encuentran en las clases diamétricas para la medición del DAC, por consiguiente en la clase diamétrica restante no se registra el valor de ningún individuo.

### Figura 16

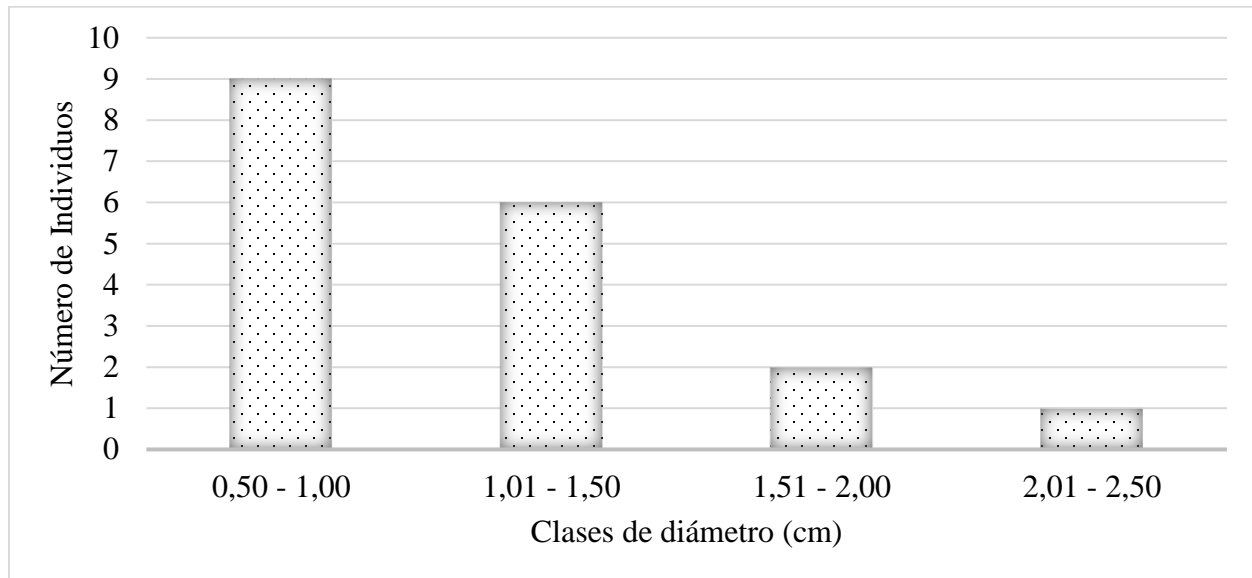
*Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAP en el bosque seco*



En la Figura 17, se presentan las clases diamétricas para la medición del DAC, donde el mayor número de individuos se sitúa en la primera clase diamétrica correspondiendo a diámetros entre 0,5 y 1,0 cm lo que representa el 50% del total de los individuos para DAC y descende progresivamente a medida que aumentan las clases diamétricas, lo que presenta la forma típica de J invertida.

**Figura 17**

*Diagrama de distribución de clases diamétricas para DAC en el bosque seco*



**4.3.4.2. Distribución del área basal.** A continuación, se presentan los valores de área basal establecidos en la Tabla 16, donde se determinó un área basal promedio para DAP de 0,0010 m<sup>2</sup>/ha y área basal promedio para DAC de 0,0016 m<sup>2</sup>/ha, se tiene en cuenta que para dicha cobertura se encuentran subparcelas que no registraron área basal ya que no se evidenció presencia de regeneración natural en las mismas, por ello la subparcela 8B fue la que obtuvo mayor área basal de 0,00033 m<sup>2</sup>/ha con respecto al DAP y para el DAC el mayor registro de área basal fue de 0,00022 m<sup>2</sup>/ha para la subparcela 6B. Por otro lado, la subparcela con menor área basal con respecto al DAP fue la subparcela 7H con un valor de 0,00005 m<sup>2</sup>/ha y para el DAC con menor registro de área basal fue la subparcela 7B con un valor de 0,00004 m<sup>2</sup>/ha.

**Tabla 16**

*Área basal promedio por subparcelas en el bosque seco*

Subparcela	Área basal en DAP (m <sup>2</sup> )	Área basal en DAC (m <sup>2</sup> )
6B		0,00022
Subparcela	Área basal en DAP (m <sup>2</sup> )	Área basal en DAC (m <sup>2</sup> )
6D		
6H		
7B		0,00004
7D		0,00009
7H	0,00005	0,00007
8B	0,00033	
8D		
8H		
9B		
9D		0,00016
9H	0,00009	0,00013
10B		0,00006
10D		
10H		
<b>Total área basal (m<sup>2</sup>)</b>	0,00049	0,00079
<b>AB (m<sup>2</sup>/ha)</b>	0,0010	0,0016

**4.3.4.3. Densidad.** El análisis de la densidad se manejó para todas las subparcelas como se ilustra en la Tabla 17, en donde se obtuvo una densidad promedio de 646 Ind/ha, resaltando la subparcela 7H la cual contiene mayor densidad con un valor de 2400.

**Tabla 17**

*Densidad para cada unidad de muestreo en el bosque seco*

Subparcela	Densidad Ind/ha
6B	400
6D	
6H	
7B	800
7D	1200
7H	2400
8B	400
8D	
8H	
9B	
9D	2000
9H	800

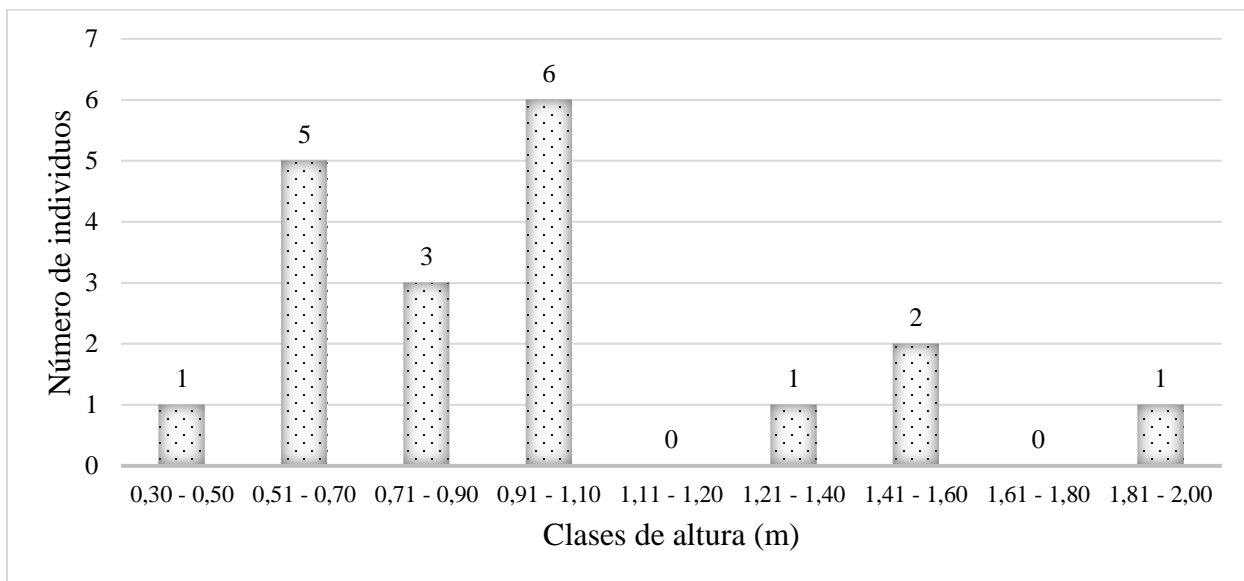
10B	400
10D	
10H	
<b>Promedio</b>	<b>646 (+/- 792)</b>

**4.3.5. Estructura vertical**

En la distribución vertical del bosque dentro de las parcelas estudiadas que se ilustra en la Figura 18, se evidencia la distribución de los árboles respecto a su altura, donde, la mayor parte de los individuos se encuentran entre los intervalos de 0,91 y 1,10 m contando con un 31,58% del total de los individuos, a partir de allí, en las clases de altura restantes podemos observar que varía entre 1 y 5 individuos.

**Figura 18**

*Diagrama de alturas en bosque seco*



**4.3.5.1. Altura media.** Los resultados de la altura media están representados por subparcelas para la categoría brinzal como se muestra en la Tabla 18, se observa un promedio de 0,39 m, donde se destaca el mayor promedio de alturas en la subparcela 7H con un valor de 1,24 m y, por otro lado, el menor promedio de alturas en la subparcela 9H con un valor de 0,57.

**Tabla 18**

*Altura media para cada unidad de muestreo en el bosque seco*

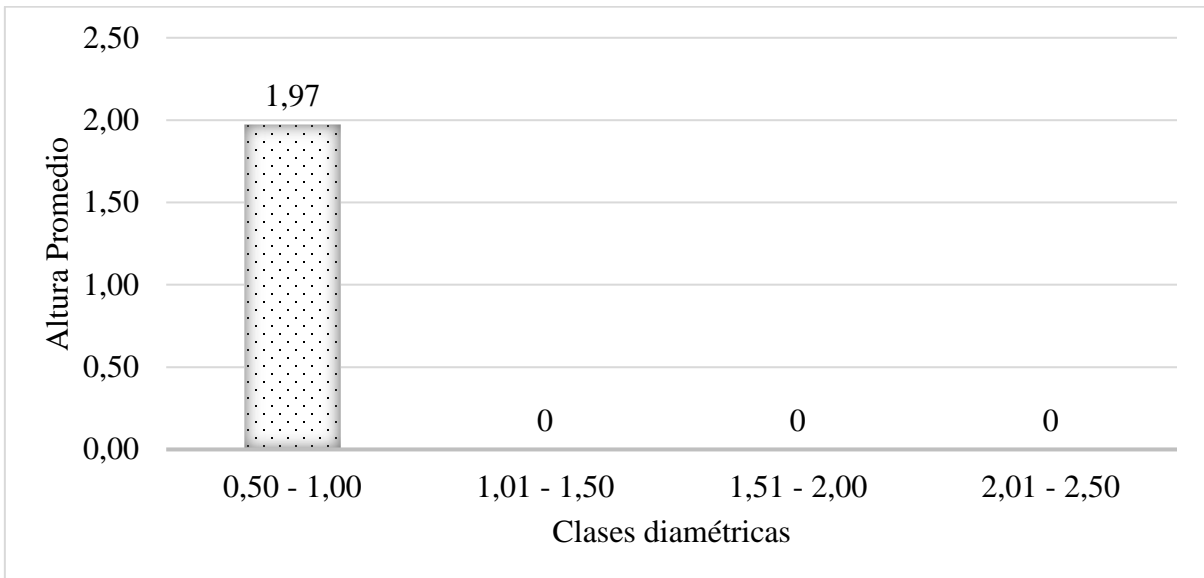
<b>Subparcela</b>	<b>Altura media</b>
6B	0,93
6D	
6H	
7B	0,79
7D	0,63
7H	1,24
8B	
8D	
8H	
9B	
9D	1,06
9H	0,57
10B	0,58
10D	
10H	
<b>Altura media total</b>	<b>0,39 (+/- 0,44)</b>

*Nota.* los espacios vacíos corresponden a las parcelas donde no hubo registro de ningún individuo, por ende, no se observa ningún promedio.

**4.3.5.2. Histograma de frecuencia diamétrica DAP con respecto a la altura.** En la Figura 19, se puede observar que para la clase diamétrica que alcanzó mayores alturas fue el rango de 0,50 y 1,00 cm, con un promedio de alturas de 1,97 m, mientras que los demás rangos de clases diamétricas no cuentan con registros promedios de altura.

**Figura 19**

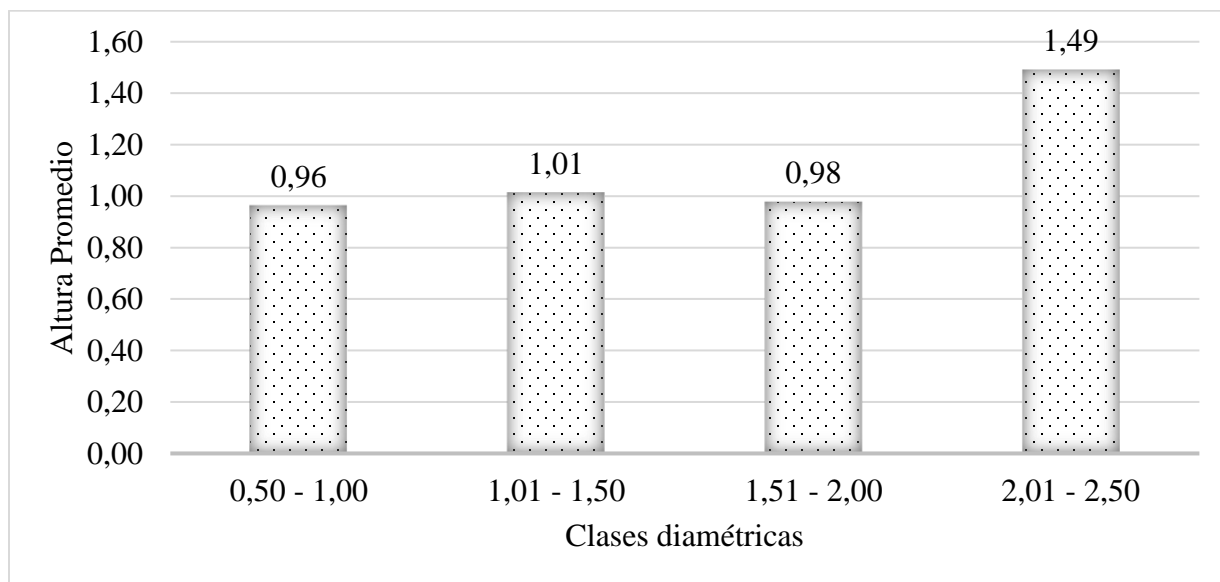
*Histograma de frecuencias diamétricas DAP con respecto a la altura para bosque seco*



**4.3.5.3. Histograma de frecuencia diamétrica DAC con respecto a la altura.** En la Figura 20, se puede observar que para la clase diamétrica que alcanzo mayores alturas fue el rango de 2,01 y 2,50 cm, con un promedio de alturas de 1,49 m y para las clases diamétricas restantes no contienen una diferencia significativa en cuanto a la variación de sus alturas.

**Figura 20**

*Histograma de frecuencias diamétricas DAC con respecto a la altura para bosque seco*



#### ***4.3.6. Análisis de relaciones dendrométricas mediante regresiones***

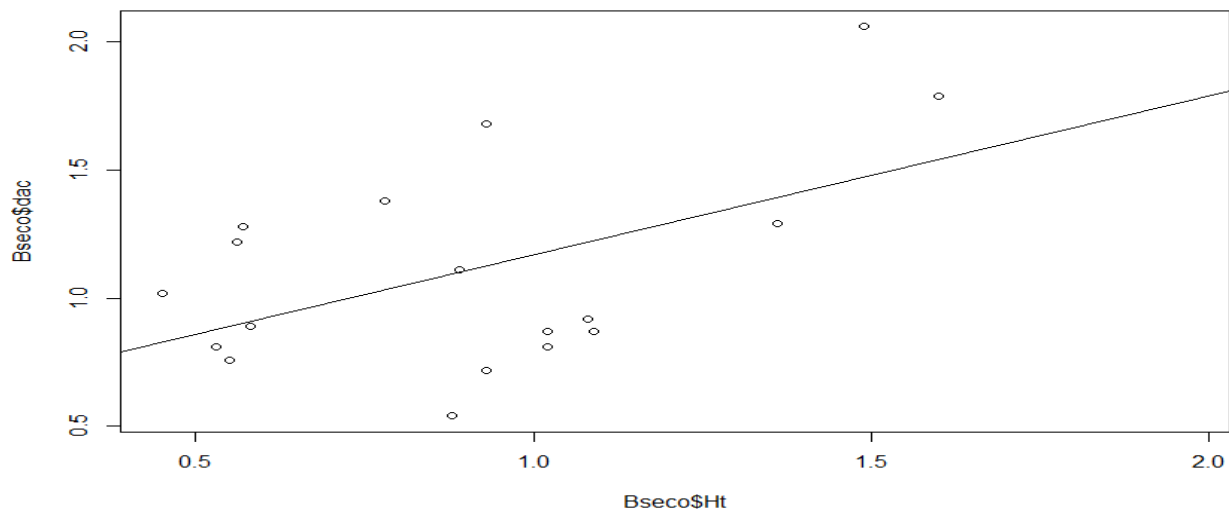
Se identificaron las variables DAP, DAC y diámetro de copa, estas variables se relacionaron entre ellas, mediante correlaciones de Pearson, las cuales permitieron ver el nivel de relación y así obtener gráficos de dispersión y la ecuación de las mismas.

**Correlación entre DAC y altura.** Se obtuvo una correlación positiva entre las variables DAC y altura, es decir a medida que el DAC aumenta, la altura también. En el diagrama de dispersión

(Figura 21) se observa la alta incidencia entre las variables por medio del conjunto de puntos, demostrando que el aumento en sus valores corresponde a una correlación positiva.

### Figura 21

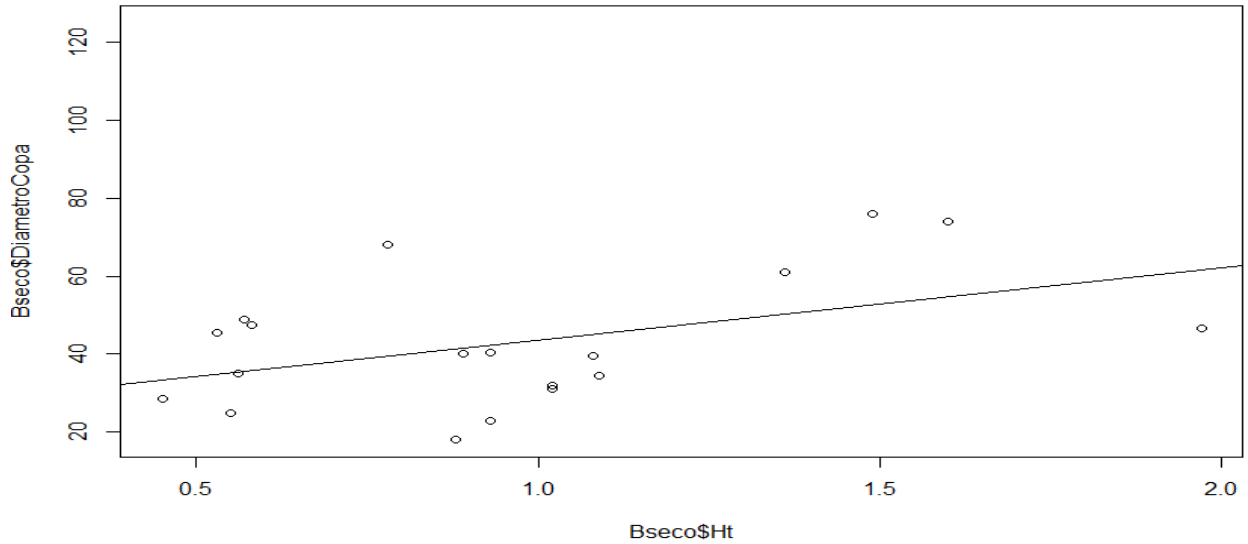
*Correlación entre DAC y altura en el bosque seco*



**Correlación entre diámetro de copa y altura.** Dentro de la relación entre las variables Dc y altura representada en el diagrama de dispersión (Figura 22) se observa que la correlación se mantiene constante ya que a pesar de que la altura va en aumento el Dc presenta un crecimiento, pero no con una diferencia significativa.

**Figura 22**

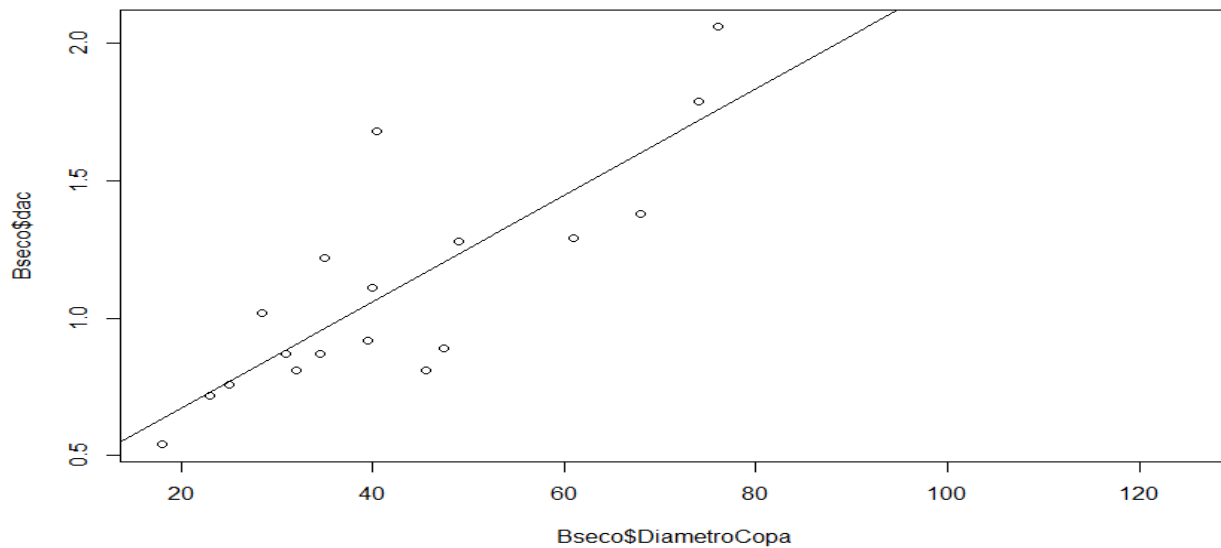
*Correlación entre diámetro de copa y altura en el bosque seco*



**Correlación entre DAC y diámetro de copa.** Se obtuvo una correlación significativa alta entre las variables DAC y Dc, ya que, a medida que el DAC aumenta, la altura va en aumento de la misma manera. En el diagrama de dispersión (Figura 23) se observa la alta incidencia entre las variables por medio del conjunto de puntos, demostrando que el aumento en sus valores corresponde a una correlación alta positiva.

**Figura 23**

*Correlación entre DAC y diámetro de copa en el bosque seco*

**4.3.7. Tasas de crecimiento**

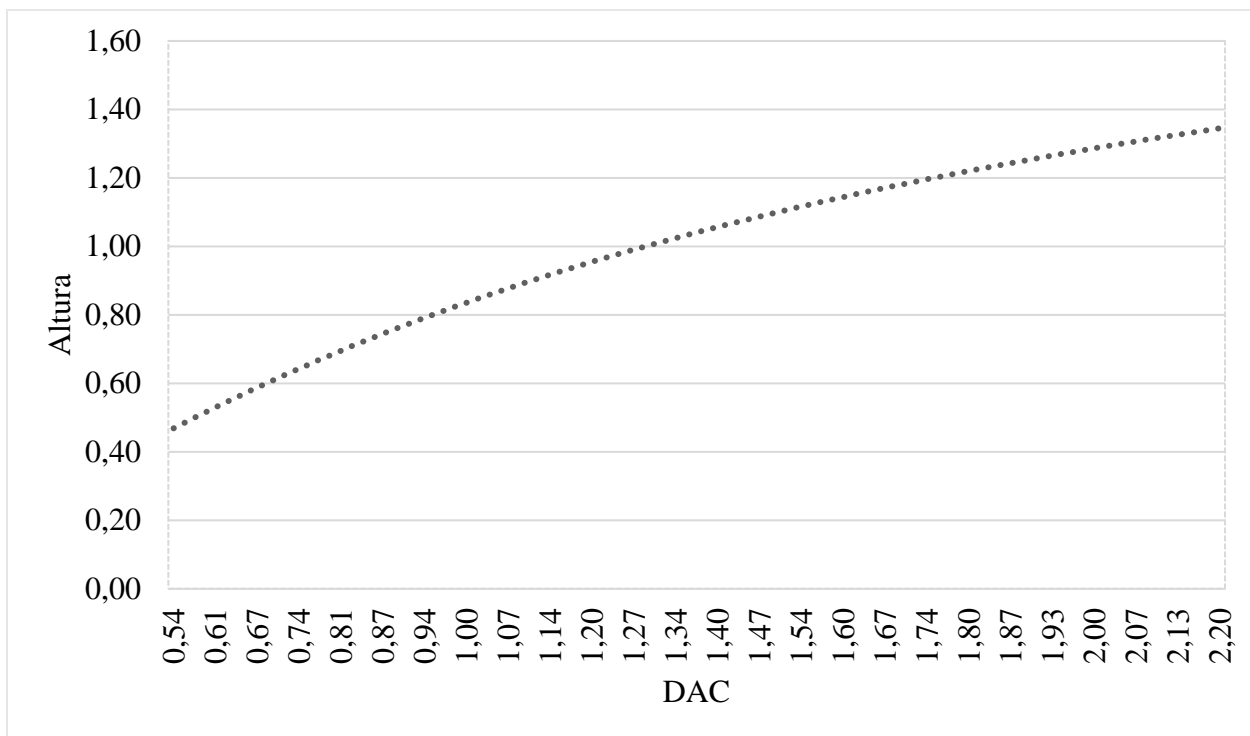
Las tasas de crecimiento se realizaron bajo la relación de las variables altura y DAC, donde se describen las variaciones que experimenta el tamaño de la población dentro del bosque, para ello se manejó el modelo de crecimiento de Hosffeld I.

Figura 24. Se muestra el ajuste para el modelo Hosffeld I en cuanto al crecimiento con respecto a la relación entre altura y DAC, donde se obtiene que el bosque seco alcanza valores máximos en cuanto al DAC hasta 2,20 cm, por lo que, para su máximo de alturas alcanza 1,35 m, lo que explica

que dicha cobertura posee mayores conductos de crecimiento por el ajuste de ganancias de altura y a las condiciones edafoclimáticas por las que pasa la regeneración natural para un proceso de crecimiento lento, representado por la ecuación  $y = \frac{t^2}{(a+bt)^2}$

**Figura 24**

*Tasa de crecimiento bajo el modelo de Hosffeld I en el bosque seco*



#### 4.4. Estado de conservación de especies

El estado de conservación de especies encontradas en la zona de estudio, se evaluó revisando la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el catálogo de plantas y líquenes de Colombia y el libro rojo de plantas de Colombia del Instituto de investigación de

recursos biológicos Alexander von Humboldt, en donde se encontró que la especie *Amyris sylvatica* Jacq se halló no evaluada (NE).

## 5. Discusión

Se encontró una diferenciación entre las dos condiciones contrastantes de humedad y temperatura, entre un bosque andino húmedo, lluviosos y frío, y un bosque seco caliente y seco, con respecto a su diversidad y crecimiento, esto debido a que, en el bosque seco la baja humedad y la alta temperatura hace que las condiciones sean muy difíciles para la adaptación de las especies (Espinosa et al., 2012), mientras que en el robledal las condiciones son menos agresivas presentando mayor diversidad (Cárdenas et al., 2020), a pesar de ser un bosque dominado por *Quercus humboldtii* Bonp (Avella & Cardenas, 2010). A nivel de crecimiento, se encontró un mayor crecimiento en el bosque seco, esto debido a que la presencia de luz es más intensa y consigo la tasa de fotosíntesis para el ciclo de crecimiento es mayor (Burkhart & Tomé, 2012) que en el robledal, ya que en esta cobertura el dosel de árboles adultos son los que reciben la mayor cantidad de luz, dejando el sotobosque con un porcentaje menor del recurso.

En la composición florística frente al estudio de la regeneración natural en el robledal, se determinó la presencia de una alta abundancia en las familias Fagaceae, Melastomataceae, Primulaceae y Clusiaceae, lo cual en primera posición se establece la especie *Quercus humboldtii* Bonpl, típica de bosques de montaña (Avella & Cardenas, 2010), por otro lado, para el bosque seco tropical, se estableció una alta abundancia en la familia Solanaceae, con la especie *Solanum* sp. 1 (Villanueva et al., 2015).

En cuanto al estudio de la diversidad para el robledal dio como resultado para el índice de Simpson una diversidad media, mientras que, para el índice de Shannon y Margaleft se evidencia

una diversidad baja como en estudios realizados por (Martinez y Castillo, 2019), esto debido a que las plántulas presentan una competencia en cuanto a la obtención del factor luz y los nutrientes dispuestos en el suelo, en el momento en que ocurre la caída de árboles adultos quedando claros en el bosque, que permiten la ganancia de dichos factores con más factibilidad (Avella & Cardenas, 2010). Mientras que la diversidad en bosque seco, bajo en el análisis de los mismos índices para la cobertura anterior, no hubo diversidad, debido a que solo se encontraron dos especies repartidas en 21 individuos, y por consiguiente para obtener valores superiores a 0 se necesitan mínimo tres especies (Ruiz Vega & Saab, 2020), esto ocurre, por los estrictos cambios de sequía y la irregularidad de las lluvias presentes en el bosque, lo que causa que los nutrientes acumulados en la hojarasca en épocas de lluvia pocas especies los tomen, además, de que solo prima el factor viento para la dispersión de semillas, ya que es poca la fauna que soporta las condiciones climáticas para habitar este ecosistema (Zamora, 2010).

Por otro lado, la curva de acumulación de especies área con respecto al robleal, se estudió por medio de dos índices ACE y Chao 1, indicando, que para los dos índices la riqueza de especies en un máximo de acumulación de especies probables de encontrar llega hasta la parcela dos y se estabiliza en una asíntota a medida que aumenta el área de muestreo (Catillo et al., 2013). Mientras que, para el bosque seco por medio del análisis de los mismos índices para la cobertura anterior, se mostró que para ACE y el índice de Chao 1 se generó incremento hasta la parcela ocho continuando con la asíntota, queriendo decir que la cantidad de especies tanto en robleal como en bosque seco se mantiene estable en cuanto a lo registrado en el inventario, a partir de allí, en el incremento del área se volverán a repetir las especies ya encontradas (Grijalva y Blandón, 2005).

Dentro de las clases diamétricas para DAP en el robledal, el mayor número de individuos se situó en la primera clase diamétrica correspondiendo a diámetros entre 0,5 y 1,00 cm y descende progresivamente formando J invertida, de igual forma se presenta la mayor cantidad de individuos en la primera clase diamétrica para el DAC, esta forma se presenta debido a las exigencias lumínicas que requieren las especies durante el transcurso de su crecimiento y la competencia entre especies, alcanzando una escasez en el número de individuos (Parra et al., 2011). Por otra parte, los resultados arrojados para la evaluación de las clases diamétricas con respecto al bosque seco, en cuanto a DAP se obtiene la misma cantidad de individuos (1) por las clases diamétricas presentes, mientras que para la clase diamétrica de DAC presenta una J invertida irregular ya que para esta categoría se registraron mayor cantidad de individuos con las condiciones establecidas que para el DAP, estos resultados guardan relación bajo los estudio realizados por (Pérez, 2002).

Dentro de la distribución vertical del bosque para robledal se estableció que para las clases de altura entre los intervalos de 0,30 y 0,50 m fue el rango con mayor registro de individuos contando con un 23,76% del total de los individuos, lo cual indica que el bosque pasa por un proceso temprano de regeneración, contemplando resultados similares en los estudios realizados por (López, 2015), donde se identificó la mayor cantidad de individuos con alturas menores a 0,50 m. Con respecto a lo arrojado en las clases altimétricas en bosque seco, se demostró que la mayoría de los individuos se registran en la cuarta clase de alturas correspondientes a 0,91 y 1,10 m contando con un 31,58% del total de los individuos, lo que indica que el bosque promete un avance más acelerado en cuanto al crecimiento de la regeneración, ya que está expuesto a una mayor cantidad de luz para realizar su proceso fotosintético con mayor rapidez (Romero, 2001).

Para el análisis de la tasa de crecimiento por medio del modelo de Hosffeld I, para las cuatro mediaciones realizadas durante un intervalo de tiempo de un año, se determinó que para el robledal los individuos llegaron a alcanzar diámetros hasta 1,92 cm y alturas hasta 1,40 m, mientras que para el bosque seco se llegó a obtener un promedio de diámetros hasta 2,20 cm y alturas hasta 1,30 m, donde, se identifica que para la dinámica del bosque seco a través del tiempo se da de una manera lenta, ya que la disposición de las condiciones edafoclimáticas como los nutrientes y el agua son escasos para que las plantas en dicho bosque crezcan de una manera más acelerada (Gonzalez y Castro, 2012).

## **6. Conclusiones**

Bajo los estudios de la diversidad, estructura y crecimiento de la regeneración natural, a pesar de que el robledal posee más cantidad de familias, géneros y especies este presenta una diversidad baja, debido a las condiciones edafoclimáticas como la poca cantidad de luz que puede llegar al sotobosque y la competencia con árboles adultos, mientras que el bosque seco no presenta diversidad ya que al encontrar una sola especie, los índices evaluados registran resultados de 0, esto debido a la alta incidencia antrópica por la que paso el bosque anteriormente y las altas condiciones de sequía lo que genera que los árboles no se desarrollen con plenitud.

Frente a las estructura horizontal y vertical obtenida en los dos bosques naturales, se mostró una similitud entre el comportamiento, a pesar de las diferentes condiciones del clima, las características, estrategias de las especies y los efectos de disturbios sobre la dinámica de los

bosques, se reflejó que la regeneración natural logra establecerse en el bosque a lo largo del tiempo a pesar de los cambios y procesos dinámicos a los que están sometidos.

Bajo el análisis del crecimiento de la regeneración obtenido en un intervalo de tiempo de un año, se obtuvo, que el robledal tiene una mayor tasa de crecimiento a comparación del bosque seco ya que es una cobertura con altas temperaturas y pocos recursos en cuanto a nutrientes y agua.

## **7. Recomendaciones**

Continuar con el monitoreo de la dinámica del bosque, para generar información relevante que facilite la toma de decisiones para el manejo responsable del mismo.

Crear actividades dirigidas específicamente a la conservación, tales como la identificación de árboles semilleros con el fin de aumentar la productividad del bosque, a su vez impulsar un sistema de monitoreo dirigido a valorar la regeneración de manera periódica con el fin de generar información relativa del estado del bosque.

Es importante tener una idea clara de diversos beneficios que se puede generar del manejo adecuado de un bosque y lograr de esta manera que se realicen estudios y estrategias de desarrollo que tengan como objetivo promover la conservación de la regeneración natural, y el adecuado

manejo de los servicios ecosistémicos, dentro de los cuales se destacan: el abastecimiento de agua, la fertilidad de los suelos, la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono, el aprovechamiento de semillas, y la obtención de frutos.

A la hora de evaluar la distribución espacial de las especies, es importante realizar estos estudios a gran escala, y tener en cuenta varias unidades de muestreo, con el fin de tener el mayor número de individuos posibles por especie, ya que esto nos permite ampliar el rango de especies a estudiar, permitiendo modelar otros aspectos como la mortalidad, que se ha establecido como importante, para indagar más acerca de la competencia intra e inter-específica que pueda existir en bosques naturales.

### Referencias bibliográficas

- Agudelo, M. I. (2009). Biomasa Aérea y Contenido de Carbono en Bosques de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*: Corredor de Conservación de Robles Guantiva – La Rusia – Iguaque (Santander – Boyacá) . *Facultad de Ciencias Básicas, Tesis de P*, 110.
- Avella, A. (2016). Los bosques de robles (Fagáceas) en Colombia: Composición florística, estructura, diversidad y conservación, 388.
- Álvarez, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., & Schiele, R. (2006). Manual de métodos instituto de investigación de recursos biológicos. *Instituto de investigación de recursos biológicos alexander von humboldt*.
- Avella, Andres, Torres, S., Gómez, W., & Pardo, M. (2014). Los páramos y bosques altoandinos del pantano de montequiva o pantano de martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota colombiana*.
- Avella, A., & Cardenas, L. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en elcorredor de conservación Guantiva-LaRusia-Iguaque departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia Forestal*, 13(1), 5–26.
- Ávila, F. A., Patricia Ángel, S. P., & López C, R. (2010). Diversidad y estructura de un robledal en la reserva biológica cachalú, encino (Santander-Colombia). *Colombia forestal*, 13(1), 87.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Asociación española de ecología terrestre*, 21, 1–10.
- Bossa Cárdenas, R., Garavito Guerrero, B. A., & López-Camacho, R. (2020). Lineamientos para la conservación de *Quercus humboldtii* (Fagaceae) en la provincia del Guavio, Cundinamarca. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 12(1), 33–47.

<https://doi.org/10.46571/jci.2020.1.4>

Burkhardt, H., & Tomé, M. (2012). *Modeling forest trees and stand*. Berlín: Springer-Verlag. 457.

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Universidad autónoma de México*, 8(10), 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.04.002>

Camacho valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio ciencias*, 1, 3–15.

<http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/biociencias/article/view/19/17>

Catillo, D., Ipia, J., Zuñiga, J., Paz, J. Pablo, & Londoño, L. (2013). Caracterización biológica y socioeconómica del humedal universidad, municipio de Popayán, Colombia. *II*(1), 10.

Clark, D., & Clark, D. (1987). Analysis of canopy trees in tropical very humid forest: theoretical and practical aspects. Costa Rica university. *Bio. Trop*, 41–54.

Constanza, R. (2008). Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological conservation*, 350–352.

Corvalán, P., & Hernández, J. (2006). Densidad del rodal. 5.

Espinosa, C., Cruz, M., Luzuriaga, A., & Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Geology in China*, 167–179.

Franco, I., delgado, J., & Andrade, G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. 22, 17.

Galindo, R., betancur, J., & Cadena, J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna guanentá-alto río fonce, Cordillera oriental

- Colombiana. *Caldasia*, 25(2), 313–335.
- Grijalva, M., & Blandón, M. (2005). Estado actual de la regeneración natural del bosque seco en el refugio de vida silvestre Chacocente, Carazo. 55.
- Gonzalez, B., & Castro, G. (2012). Factores a Considerar En La Regeneración Natural Del Bosque Tropical Seco En Nicaragua. 11(16), 5–11. <https://doi.org/10.5377/calera.v11i16.747>
- Imaña, J., & encinas, O. (2008). Epidometria forestal. *Facultad de ciencias forestales*, 66.
- Jaimes B, Eliana mayerly Rosales cáceres, M. S. (2019). Estructura y diversidad de fustales y latizales en dos bosques naturales tropicales bajo condiciones contrastantes de temperatura y humedad: implicaciones para la conservación. 2–84.
- Holdridge. (1947). Determination of plant world formations from simple climatic data. 367–368.
- Kiviste, A. (2002). Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal Faculty of Forestry . Estonian Agricultural University Kreutzwaldi. 198.
- León, J. D., Vélez, G., & Yepes, A. P. (2009). Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la cordillera central de Colombia. *Revista de biología tropical*, 57(4), 1165–1182. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i4.5454>
- Londoño, V., & Torres, A. M. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (cali, colombia). *Colombia forestal*, 18(1), 71–85. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a04>
- López, R. (2015). Regeneración natural en el bosque de neblina de “chonta”, montero - ayabaca - piura. 73.
- Martinez, C., & Castillo, L. (2019). Distribución espacial y dinámica de la biomasa del bosque alto andino en Guasca, Cundinamarca. 85.

Mendoza, J., Jimenez, E., Superior, E., Espol, I., Galindo, C. G., Perimetral, K. V. (2011). Estructura de la vegetación , diversidad y regeneración natural de árboles en bosque seco en la comuna limoncito- provincia de santa elena materiales y métodos. may, 7.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Centro de investigaciones biológicas*, 1, 84.

Muñoz, J. (2017). Regeneración natural : una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del ecuador natural regeneration : a review of the ecological aspects in the tropical mountain forest of southern ecuador. 7(2), 130–143.

Norden, N. (2014). De porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia forestal*, 17(2), 247.

<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>

Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global.

Parra, C. A., Diaz Gómez, M. C., & Moreno, F. H. (2011). Regeneracion natural en dos poblaciones de la cordillera oriental de los andes, Colombia. 64(2), 6175–6189.

Peña-Torres, J. (2016). Análisis florístico del bosque de roble (*quercus humboldtii*) bonpl. (Fagaceae) de la reserva protectora forestal quinini, municipio de Tibacuy, Cundinamarca. march 2017, 97. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.36267.90409>

Pérez, R. (2002). Evaluación del impacto del aprovechamiento forestal en los mogos, península de Osa, Costa rica. 1–96.

<http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/2238/489/evaluacionaprovechamientoforestal.pdf?sequence=1>

Quintero, E., Benavides, A., Moreno, N., & Gonzales, S. (2017). Bosques andinos, estado actual

y retos para su conservación en Antioquía. Medellín, Colombia.

Quiroga, C. J. A., Roa, R. H. Y., Melo, O., & Fernández, M. F. (2019). Structure of tropical dry forest fragments in the south of the departament of Tolima, Colombia. *Boletin Cientifico Del Centro de Museos*, 23(1), 31–51. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>

Romero, Y. (2001). Caracterización de la composición florística y el suelo del bosque húmedo tropical del sector Santa Rosa, valle Sancán, Manabí, Ecuador. *Angewandte Chemie International Edition*, 76.

Ruiz Vega, R., & Saab, H. P. (2020). Diversidad florística del bosque seco tropical en las subregiones bajo y medio Sinú, Córdoba, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 167–179. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.38286>

Sarmiento, C., Cardenas, M., Sarmiento, J., & Zapata, O. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. 46.

Universitario, C. (2002). Biología reproductiva y conservación : el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*quercus* spp.). *Revista chilena de historia natural*, 75, 5–15.

Uslar, Y. V, Mostacedo, B., & Saldias, m. (2004). Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. 39(1), 25–43.

Vallejo Joyas, M. I., Londoño Vega, A. C., López Camacho, R., Galeano, G., Álvarez Dávila, E., & Devia Álvarez, w. (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de colombia volumen 1 (issue november).

- Vargas, O., & Gomez, P. (2008). Experiencias de restauración ecológica en Colombia “entre la sucesión y los disturbios.” *Escuela de restauración ecológica*, 89.
- Villanueva Tamayo, B., Melo Cruz, O., & Rincón-González, M. (2015). Estado Del Conocimiento Y Aportes a La Flora Vasculare Del Bosque Seco Del Tolima. *Colombia Forestal*, 18(1), 9–23. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a01>
- Vitola, F., Mercado, J., & Mendoza, H. (2017). Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los montes de María ( sucre - Colombia ). *Ciencia en desarrollo*, 8(1), 71–82.
- Zamora, M. (2010). Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, miramar, Puntarenas, Costa Rica.



Apéndice B. Establecimiento de subparcelas en robleal



Apéndice C. Establecimiento de subparcelas en bosque seco





Apéndice E. Zona de estudio robledal



Apéndice F. Zona de estudio bosque seco

