



**DIVERSIDAD, ESTRUCTURA Y REGENERACIÓN
EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECOS
PRESENTES EN EL NORTE DE COLOMBIA**

**ROSA MARY SILVA CUADRADO
SAMIR DE JESUS VILLA ANDRADE**

**UNIVERSIDAD MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SANTA MARTA D.T.C.H
2020**



DIVERSIDAD, ESTRUCTURA Y REGENERACIÓN EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECOS PRESENTES EN EL NORTE DE COLOMBIA

**ROSA MARY SILVA CUADRADO
SAMIR DE JESUS VILLA ANDRADE**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título
de:

BIÓLOGO

Director (a):

**Msc WILLINTON ANDRÉS BARRANCO
PÉREZ**

Codirector (a):

Ph.D. JEINER CASTELLANO BARLIZA

Línea de Investigación:

AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD

Grupo de Investigación:

ECOLOGIA NEOTROPICAL (GIEN)

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA DE BIOLOGIA
SANTA MARTA D.T.C.H
2020**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de
Programa en cumplimiento de
los requisitos exigidos por el
Acuerdo Superior N° 11 de 2017
y Acuerdo Académico N° 41 de
2017 para optar al título de
Biólogo

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ de ____

Dedicatoria

A Dios en primera instancia por regalarme la fortaleza para continuar y sabiduría para guiarme en esta bella carrera, porque ha estado conmigo a cada paso que doy...

De igual forma, a mis hermosos padres, Álvaro Silva y Deniris Cuadrado a quien les debo todo en la vida, que, con su esfuerzo, dedicación y su inmenso amor me han sabido formar con buenos hábitos y valores para ser una buena profesional. A mis hermanas Roselys y Rosiris por ser mi mano derecha, por ese apoyo que me han brindado siempre y por ser ese ejemplo de dedicación y tenacidad. A mi compañero de lucha y apoyo siempre, Familia y amigos; Mil palabras no bastarían por su apoyo, comprensión y sus consejos en los momentos difíciles. Va por ustedes.

Rosa Mary Silva Cuadrado

A Dios en primer lugar por estar siempre a mí lado, siendo la guía y la base para seguir adelante en este largo camino.

De igual manera, a mis padres, Luis Villa y Estrella Andrade quienes me han apoyado incondicionalmente durante toda mi vida y a quienes les debo todo lo que soy. A mis hermanos Luis y Andrea por apoyarme y ayudarme a ser mejor persona, a mí compañera incondicional María Alejandra, a mi hija Liz Alejandra y a todos mis compañeros y familiares.

Samir De Jesús Villa Andrade

AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos orientó por este camino y nos regaló la sabiduría y el entendimiento para poder lograr los objetivos.

A nuestro director Willinton Barranco Pérez y codirector Jeiner Castellano Barliza., por la ayuda y asesoría brindada durante todo este proceso.

A nuestra *alma mater*, la Universidad del Magdalena por todos estos años de conocimiento, crecimiento profesional y personal por ser el puente de desarrollo de habilidades y competencias relacionadas con el perfil profesional del biólogo.

Al Herbario UTMC de la Universidad del Magdalena, su director Eduino Carbonó por su gran ayuda en la identificación de las muestras.

Agradecimiento a la administración de la Reserva Miramar, Hermanas Olmos, en especial Eva Tulia Olmos, por todo el apoyo prestado durante todo el trabajo y por permitir la elaboración del proyecto en la Reserva. De igual forma a todo el personal de la reserva en especial al señor Evangelista de la Cruz Ramos por su ayuda incondicional en la fase de campo.

De manera especial a Omar Guerra y Jean Carlos Guzmán estudiantes de biología, por la ayuda en la fase de campo y por la compañía durante todo este proceso.

Contenido

Resumen.....	3
ABSTRACT	4
1. Introducción	5
2. Metodología.....	10
Área de estudio.....	10
Monitoreo de la estructura y composición florística	13
Regeneración natural.....	14
Fase de análisis	15
3. Resultados.....	18
Riqueza, composición y estructura de especies arbóreas	18
Regeneración de Bosque seco tropical	25
Biomasa aérea en la regeneración.....	29
4. Discusión.....	31
5. Conclusión	38
6. Bibliografía	39
A. Anexos	49

Lista de figuras

Figura 1. Localización de las parcelas en los tres fragmentos de bosque seco en los departamentos de La Guajira y el Magdalena. Fuente: (Peluffo, 2020).	10
Figura 2. Parcela circular de regeneración natural.	14
Figura 3. Análisis de la diversidad 0D, 1D y 2D en fragmentos de bosques secos del departamento del Magdalena y Guajira. RM 1: Reserva Miramar; PT 2: Parque Tayrona-Gairaca y UM 3: Unimagdalena.	19
Figura 4. Análisis de la diversidad beta (Disimilitud del índice de Jaccard). Partición de la diversidad beta en recambio y anidamiento de especies en fragmentos de bosques secos. RM 1: Reserva Miramar; PT 2: Parque Tayrona- Gairaca y UM 3: Unimagdalena.	20
Figura 5. Número de individuos según los estratos de altura presentes en los tres fragmentos de bosque seco.	21
Figura 6. Número de individuos según las clases diamétrica en los sitios de estudio. Clase I: DAP $\geq 2,5$ cm a < 5 cm; Clase II: ≥ 5 cm a < 10 cm; Clase III: DAP ≥ 10 cm a < 20 cm; Clase IV: DAP ≥ 20 cm.	22
Figura 7. Análisis de clúster Jaccard de Similitud para los sitios de estudio	27
Figura 8. Distribución de las clases de diamétrica de la regeneración en las tres áreas de estudio.	29
Figura 9. Distribución de la biomasa aérea en las clases diamétrica en los fragmentos de estudio: a. Reserva Miramar b. Parque Tayrona- Gairaca c. Unimagdalena.	¡Error!
Marcador no definido.	

Lista de tablas

Tabla 1. Categoría de alturas totales de los individuos por estrato arbóreo	17
Tabla 2. Categoría de diámetro a la altura del pecho DAP	17
Tabla 3. Riqueza de especie y familia, abundancia de los individuos registrados en los tres fragmentos de bosque seco.	18
Tabla 4. Características estructural de las especies arbóreas presente en los tres fragmentos de bosque seco. D: densidad (arboles ha), G: área basal (m ² /ha), H: altura (m), IVI: valor de importancia.	24
Tabla 5. Riqueza de especie y familia, abundancia de tallos registrados en los tres fragmentos de bosque seco.	25
Tabla 6. Consolidado de variables generales de la regeneración natural	26
Tabla 7. Características estructural de las especies arbóreas presente en los tres fragmentos de bosque seco. D: densidad (arboles ha), G: área basal (m ² ha), H: altura (m), IVI: valor de importancia.	28

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Km ²	Kilómetros cuadrados
ha	Hectárea
m	Metros
m ²	Metros Cuadrados
mm	Milímetros

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Composición florística de los tres fragmentos de bosque seco	549
--	-----

Resumen

Los bosques secos tropicales son considerados como uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo, debido a procesos de fragmentación y actividades antrópicas. Este estudio presentó dos enfoques, el primero conocer la diversidad, la estructura de la vegetación y el segundo la regeneración natural y su aporte de biomasa aérea en dos fragmentos de bosque seco con más de 20 años de recuperación y uno de 14 años. Se establecieron 12 parcelas permanentes en monitoreo de 0,04 ha distribuidos en los tres sitios de estudio, con cuatro parcelas cada uno. Se encontraron 1062 individuos con $DAP \geq 2,5$ cm, correspondientes a 120 especies, de 63 familias de especies arbóreas. La familia Fabaceae presentó el mayor número de especies para estos bosques. Así mismo, la mayoría de los individuos se encontraron en la clase II, que corresponde a la clase diamétrica de 2 a 10 cm; la cual representó la categoría de latizales altos. Los mayores valores de biomasa aérea se registraron en la Reserva Miramar con $81,3 \text{ Mg ha}^{-1}$, siendo *Protium sagotianum* la especie con mayor aporte. Se concluye que la diferencia en la composición y estructura entre los sitios de muestreo es debido, las condiciones ambientales, la inclinación de la pendiente y la profundidad de los suelos y los bosques se encuentran en estado de sucesión temprano.

Palabras claves: regeneración natural, biomasa aérea, sucesión vegetal y bosque seco tropical.

ABSTRACT

Tropical dry forests are considered one of the most threatened ecosystems in the world, due to fragmentation processes and anthropic activities. This study presented two approaches, the first to know the diversity, the structure of the vegetation and the second the natural regeneration and its contribution of aerial biomass in two fragments of dry forest with more than 20 years of recovery and one of 14 years. Twelve permanent monitoring plots of 0.01 ha were established at the three study sites, with four plots each. 1062 individuals with DBH ≥ 2.5 cm were found, corresponding to 120 species, from 63 families of tree species. The Fabaceae family presented the highest number of species for forests. Likewise, most of the individuals were found in class II, which corresponds to the diameter class of 2 to 10 cm. Which represented the category of high latizales. The highest values of aerial biomass were recorded in the Miramar Reserve with 81.3 Mg ha⁻¹, *Protium sagotianum* being the species with the highest contribution. It is concluded that the difference in the composition and structure between the sampling sites is due to the environmental conditions, the steepness of the slope and the depth of the soils and forests are in a state of early succession.

Keywords: natural regeneration, aerial biomass, plant succession and dry forest

1. Introducción

El bosque seco tropical (BST) se caracteriza por tener una vegetación adaptada a la carencia de agua, desarrollando estrategias, como la pérdida de sus hojas durante la época de sequía, también presenta hojas compuestas, troncos con cortezas lisas debido a modificaciones en su estructura física y con presencia de espinas (IAvH., 2014). Los bosques tropicales secos (BST) tiene una temperatura media anual superior a los 17 °C, precipitación anual variable entre los 250 a 2000 mm año⁻¹ y una elevada evapotranspiración potencial. Una característica distintiva de este tipo de bosques es su estacionalidad con cuatro a seis meses secos del año (Caron *et al.*, 2015). El BST es el ecosistema que se encuentra más degradado y fragmentado y es conocido como uno de lo más perturbados (Alvarado y Otero, 2015). En Colombia el estado de conservación de los BST es alarmante con una extensión de 1.5% de la extensión original de 80.000 km² de remanentes de vegetación natural, además de 10.000 km² que corresponden a vegetación secundaria (Álvarez *et al.*, 2012) y el 13% (76,581 km²) de ecosistema de bosque seco tropical pertenece a la vegetación secundaria, no incluyendo a los arbustales (Ruiz y Fandiño, 2009).

Los bosques tropicales cuentan con la mayoría de los grupos de plantas ricas en especies del mundo, pero debido a la transformación de la cobertura vegetal y a otros usos de la tierra, la estructura y dinámica se ve realmente afectada (Olascuaga-Vargas, Mercado-Gómez y Sánchez-Montaña, 2016). El BST es uno de los ecosistemas más afectado por diversos factores antropogénicos como la agricultura, la ganadería, las presiones de la minería, el crecimiento poblacional y el turismo, todas estas actividades ocasionan que el BST se encuentre actualmente muy fragmentado y en estados sucesionales intermedios.

La regeneración de los bosques tropicales, constituye la base para la renovación y la continuidad de las especies, lo que la convierte en uno de los procesos más importante en el ciclo de vida de la plantas (Norden,2014); la regeneración natural es un proceso biológico y ecológico que ocurre en el bosque natural como mecanismo de sucesión vegetal o forestal a través del tiempo, además es la encargada de reponer todos los árboles viejos que caen ya sea por alguna causa natural, por el aprovechamiento o por la deforestación (Quishpe, 2015), es una parte importante de la dinámica del bosque, ya que este proceso implica el establecimiento de nuevos individuos y por lo tanto puede determinar la composición futura del bosque. En la sucesión se encuentran inmersos los procesos de regeneración, es decir, la renovación o reemplazo de elementos de la comunidad vegetal, o la recuperación de biomasa vegetal en una unidad de espacio y tiempo definidos; sin los cuales la sucesión no puede ocurrir (Maza-Villalobos *et al.*,2011).

Describir el proceso de sucesión vegetal en los bosques secos tropicales, es entender la capacidad de resiliencia o recuperación que presentan los bosques secundarios después de un gran disturbio, esto proporcionaría herramientas para desarrollar estrategias de recuperación y manejo para los ecosistemas de bosques secos que están siendo afectados por las actividades antes mencionadas.

La evaluación de la estructura tiene como referente los estudios de Kalacska *et al.*, (2004) en el noroeste de Costa Rica, Hartter *et al.* (2008) en la península de Yucatán y Almazán-Núñez *et al.* (2012) en el suroeste de México, estos determinaron la composición, estructura y diversidad de plantas en los diferentes estados sucesionales, marcando las diferentes etapas tanto tempranas, intermedias y tardías en el proceso de regeneración y obtiene como resultado en los estados intermedios es mucho más complejo que lo estados tardíos, la diferencia radica en la abundancia de plantas pioneras característica de la etapas temprana, la cual hace referencia la estructura de la vegetación.

En el neotrópico, Chazdon *et al.* (2007) estudiaron las tasas de cambio en las comunidades de árboles de los bosques secundarios después de grandes disturbios y describieron como es la historia de vida de las especies y la composición de especies regionales que influyen en los cambios sucesionales de un bosque secundario, los estudios de sucesión vegetal y características estructurales en Bolivia (Wolfgang y Gero, 2007; Howorth y Colonnello, 2005) en Perú, (Sotomayor y Jiménez, 2008) en Ecuador (Jadan *et al.*, 2017). En Colombia, los estudios de composición florísticas y estructura de BST se han dado en la costa caribe por Carbonó- De la hoz y García, (2010); Flórez y Etter, (2003); Ruiz y Fandiño (2009); en Sucre, estudiaron el estado de sucesión, la estructura y composición presente en fragmentos de bosque seco tropical (Olascuaga-Vargas *et al.*, 2016; Sanmartín-Sierra *et al.*, 2016) Córdoba 2015; en Bolívar, en los municipios de Santa Ana y Santa Bárbara de Pinto estudiaron las características del bosque ripários perteneciente al bosque seco tropical y además de su diversidad, composición florística. Londoño y Torres, (2015) compararon la estructura y composición florística en dos estrategias de regeneración en el BST del eco-parque Bataclán de Cali y Torres *et al.*, (2012) en su trabajo conoció la dinámica de vegetación por medio del cambio de la estructura, composición y el almacenamiento de biomasa de la vegetación en la parcela permanente de PNR El Vínculo, Valle de cauca.

Las estimaciones que se han realizado sobre la distribución y el estado de conservación o el estado sucesional de los bosques secos en las regiones tropicales son muy escasas, debido a esto se requieren estudios ecológicos de sucesión, funcionalidad ecológica y servicios ecosistémicos para poder llegar a la conservación y la restauración de los bosques secos (Pizano *et al.*, 2017).

La caracterización de los bosques secundarios contribuye a entender la función que desempeñan los factores ambientales y antrópicos en la restauración de la vegetación secundaria, la cual se considera clave para la rehabilitación de la biodiversidad (Granda *et al.*, 2015); además estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante

para evaluar su contribución al ciclo de carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques tropicales (Vásquez y Arellano, 2012), estos estudios son indispensable porque abarca un interés práctico y científico, para proyectar y desarrollar planes de manejo de restauración, rehabilitación y silvicultural en los boques tropicales (Vela, 2013).

En Colombia es poco el conocimiento que existe del bosque seco en comparación con otros ecosistemas más húmedos, porque son pocos los trabajos publicados que detallan la composición y estructura de la vegetación (Mendoza, 1999). Hoy en día en Colombia solo se mantiene el 1,5 % de la cobertura original de bosque seco tropical, situación que es alarmante, ya que no existen medidas que garanticen su recuperación y protección (González *et al.*, 2014).

Los bosques secos secundarios presentes en la región son un conjunto de mosaicos de fragmentos y parches con distintas edades de rehabilitación y estados de sucesión vegetal, los cuales se convierten en un escenario donde se pueden valorar muchos procesos ecológicos. Además, describir el proceso de regeneración en nuestros ecosistemas de bosque secos tropicales caribeños, es describir la capacidad de resiliencia o recuperación que tienen nuestros bosques secundarios después de un gran disturbio, tal conocimiento nos proporcionaría una herramienta para desarrollar estrategias de recuperación y manejo para nuestros pocos ecosistemas de bosque secos que están siendo afectados constantemente por las actividades humanas como la agricultura y la ganadería (Martínez-Ramos y García-Orth 2007).

El objetivo de este estudio fue conocer la diversidad, la estructura de la vegetación; Así como, la regeneración natural y su aporte de biomasa aérea en dos fragmentos de bosque seco con más de 20 años de recuperación y uno de 14 años; el cual responde a estas preguntas: ¿Cómo es la variación de la composición y estructura de especies arbóreas en tres sitios con diferentes grados de intervención y edades? ¿Cómo cambian los patrones de regeneración en bosques con diferentes grados de intervención?

Este estudio probó las siguientes hipótesis: (1) dado que los sitios tienen una historia de disturbio diferente, se espera encontrar mayor riqueza, área basal y altura total en sitios conservados y las clases diamétrica menores, con mayor abundancia en sitios intervenidos y (2) se espera encontrar mayor cantidad de brinzales en sitios que han sido intervenidos y mayor cantidad de latizales en sitios conservados, esto se debe a que los sitios intervenidos presentan mayor degradación y fragmentación.

2. Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en los departamentos de La Guajira y el Magdalena. Se seleccionaron tres bosques secundarios secos tropicales con patrones de uso de la tierra diferentes: la Reserva Miramar ($11^{\circ}11.496' \text{ N} - 073^{\circ} 26.385' \text{ W}$); el Parque Nacional Natural Tayrona – Gairaca ($11^{\circ}18.552' \text{ N} - 074^{\circ} 06.053' \text{ W}$) y el fragmento urbano del bosque seco de la Universidad del Magdalena, en la ciudad de Santa Marta ($11^{\circ}13'18.31'' \text{ N} - 74^{\circ}11'08.80'' \text{ W}$) (Figura 1).

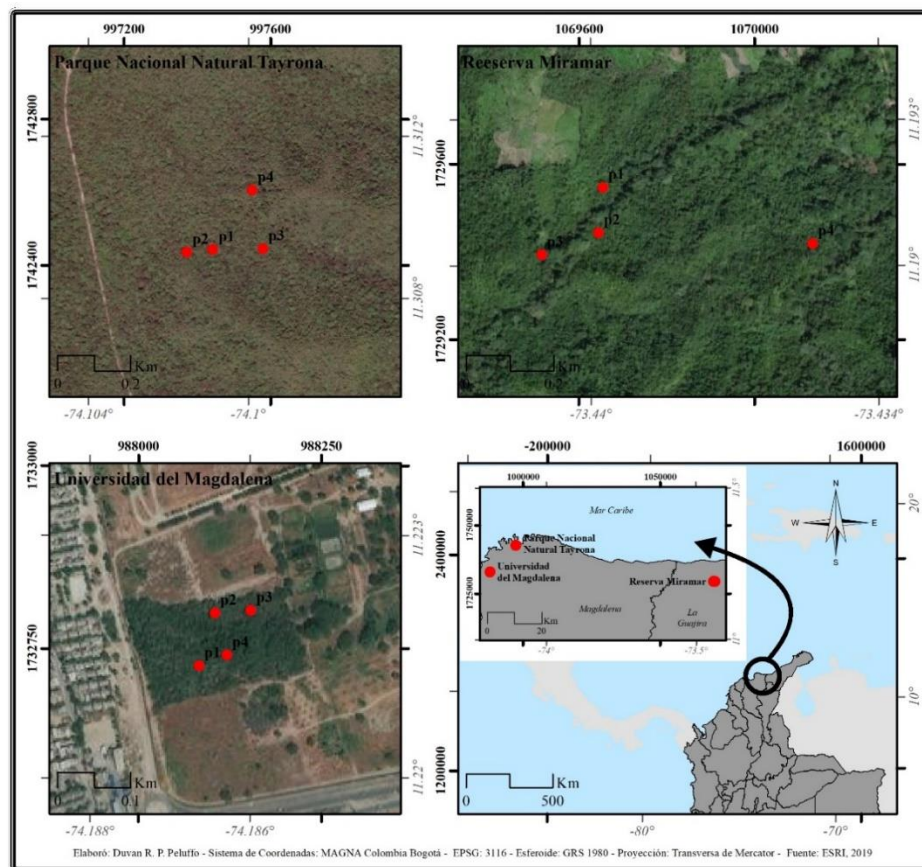


Figura 1. Localización de las parcelas en los tres fragmentos de bosque seco en los departamentos de La Guajira y el Magdalena. Fuente: (Peluffo, 2020).

La Reserva Miramar se encuentra a pocos minutos de la cabecera municipal de Dibulla La Guajira, corresponde a 500 hectáreas verdes de propiedad privada, presenta el nacimiento de agua de la micro-cuenca Río mosquito y poseen fragmentos de bosque, unos entre 3 y 4 años de recuperación, otros fragmentos más conservados de aproximadamente 20 años de recuperación área donde se realizó el estudio. Este sitio presenta un relieve caracterizado por terrenos planos y empinados, con pendientes que van de 10° a 25°. Los principales tipos de suelo son arcillo-arenoso (Olmos, com. pers.), anteriormente en estos fragmentos se practicó la ganadería, deforestación, cultivos de coca y pancoger (cultivos alimenticios) producto de la presencia de grupos ilegales. El área de estudio se caracteriza por presentar una vegetación con mayor número de árboles caducifolios, con una precipitación de 200 a 700 mm al año, la temperatura es de 25°C y cuenta con tres meses de sequía con una precipitación menor a 100 mmmes⁻¹.

El Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) está ubicado a norte del departamento del Magdalena, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). El PNNT cubre altitudes desde 0 msnm hasta 950 msnm, posee un clima cálido de 25°C a 30°C está mediado por los vientos Alisios del nororiente que soplan con fuerzas entre diciembre y abril presentándose escasez de lluvias y un ambiente drásticamente seco (Puentes *et al.*, 2002). Presenta una vegetación de Matorral espinoso y bosque seco que pueden llegar a alcanzar hasta los 12 metros de altura, el clima es cálido seco, en esta se encuentran las Asociaciones Gairaca y Cinto, en donde los suelos son moderadamente profundos, de textura media a moderadamente fina, gravillosa pendiente 1-3-30%, nivel freático muy profundo no hay evidencia de erosión (Gutiérrez *et al.*, 2009). Los fragmentos de bosque PNNT, Gairaca tienen aproximadamente 20 años de conservación, su historia de disturbio está marcada por la presencia de guaquería, cacería, tala selectiva, ganado vacuno y caprino, que en el tiempo ha sido intermitente por situaciones de orden público.

El fragmento urbano del bosque seco ubicado en el campus de la Universidad del Magdalena en la ciudad de Santa Marta, departamento del Magdalena, Colombia (Strewe *et al.*, 2009). El fragmento se caracteriza porque presenta una

temperatura promedio de anual de 27°C y precipitación media anual de 578 mm. El estrato vegetal muestra un perfil con árboles con dosel amplio y un inferior muy denso integrado por arbustos principalmente espinosos y arboles pequeños con estrato medio dominante por árboles entre los 6 a 12 metros de altura (Barranco-Pérez *et al.*, 2016). Tiene una extensión de 2,8 ha y se encuentran en un proceso de restauración pasiva de aproximadamente 14 años, después del abandono de actividades agrícolas. Presenta alrededor áreas agrícolas de cultivos experimentales, edificaciones y estanques piscícolas. Los suelos se clasifican como Entisoles, denominados como Typic ustipsamments, caracterizados por ser de origen aluvial y textura gruesa (Celedón, 2015; Castellano *et al.*, 2019).

La historia de uso de tierra y la información del régimen de perturbación se determinaron en campo, por medio de entrevistas a los dueños y trabajadores de los sitios, además de observaciones cualitativas de la estructura de la vegetación y revisión de imágenes de Google earth, 2011-2016.

Monitoreo de la estructura y composición florística

Para el monitoreo de la estructura y composición florística en cada sitio se aplicó la metodología propuesta por Gentry (1982), se levantaron 4 parcelas en cada sitio para un total de 12 parcelas. Una parcela de 100 m² (2 x 50) metros, cabe resaltar que la ubicación de las parcelas se estableció teniendo en cuenta el criterio de cada uno de los sitios, el régimen de perturbación, la presencia de una pendiente entre un rango de 10 % - 30 % además del uso previo del sitio, estos muestreos se realizaron en marzo y junio del 2019. Se censo toda la vegetación mayor a 2,5 cm de DAP (Diámetro a la Altura del Pecho: 1,3 m de la base) por medio de calibradores digitales y cinta métrica (Villareal *et al*, 2004).

Siguiendo la metodología de Chazdon *et al.* (2007); Letcher y Chazdon (2009) se realizó la medición de parámetros estructurales que describen la estructura y dinámica de la sucesión como los siguientes: diámetro de tallos, densidad de tallos, área basal, riqueza de especies, composición de especies, densidad de especies, diámetro de la copa (DC) y altura total (HT).

La vegetación se identificó en campo y las especies que no se lograron identificar, se identificaron con el material de referencia existente en el herbario de la Universidad del Magdalena (UTMC); se contrastó con la información nomenclatural disponible en la base de datos The Plant List (<http://www.theplantlist.org>) y con la colección virtual de la Universidad Nacional de Colombia (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/>).

Regeneración natural

En cada bosque se establecieron cuatro parcelas circulares de 250 m² (Figura. 2). Cada una se dividió en cuatro subparcelas. Para Brinzales se estableció una subparcela de 1 m² = radio 0,6 m, en donde se midieron individuos entre 20 cm - 1,3 m de altura (H), se identificaron todos los individuos y se tomaron medidas de la altura total y el diámetro en la base del tallo (DBT). En Latizal bajo, se estableció una subparcela de 9 m² = radio 1,7 m. Se midieron individuos mayores o iguales a 1,3 cm H y menores a 2,0 cm de DAP. En Latizal alto se estableció una subparcela de 100 m² = radio 5,6 m, en donde se registraron todos los individuos entre 2,0 cm-10 cm de DAP. Los Fustales se establecieron en un área de 140 m² un radio igual a 8,9 m, midiendo Individuos mayores de 10 cm de DAP; en todas las parcelas circulares se identificaron todos los individuos y se les midió altura total y DAP, esto se realizó entre enero y febrero 2020.

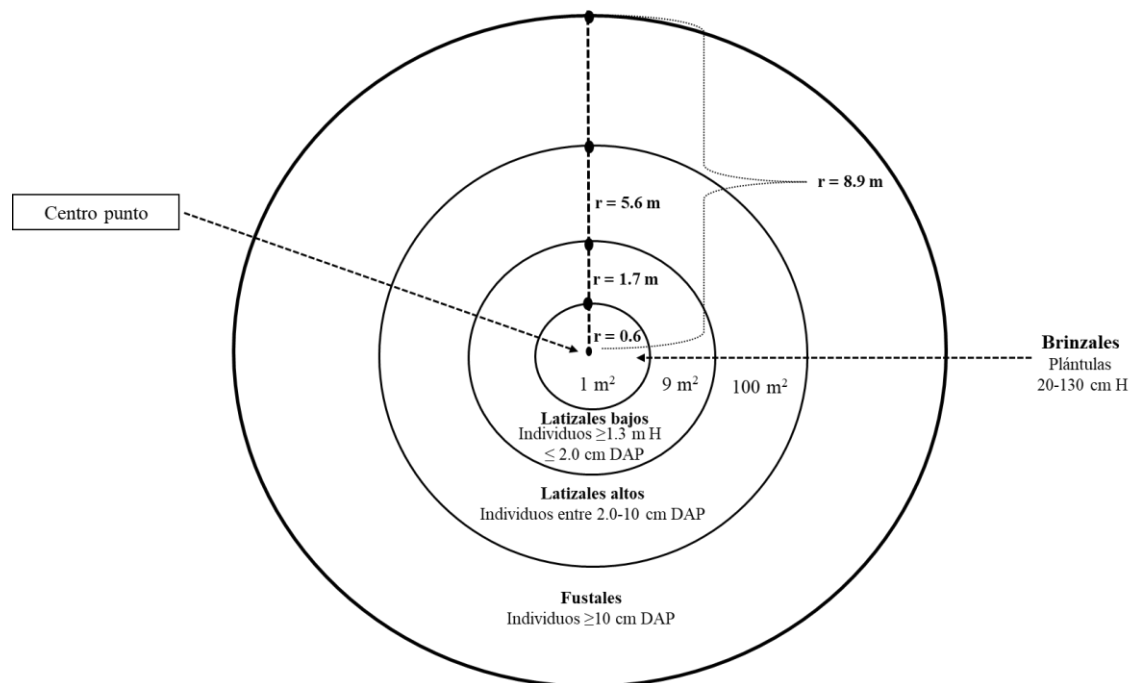


Figura 2. Parcela circular de regeneración natural.

Fase de análisis

Para evaluar la biomasa aérea presente en la regeneración se utilizaron ecuaciones de regresión alométrica reportadas en la literatura para bosques tropicales, se utilizó parámetros de cada censo (DAP y altura total) y la densidad de la madera. Para determinar este último parámetro, se consultó la base de datos global de densidades de madera de (Chave *et al.*, 2009; Zanne *et al.*, 2009), para las especies y familias registradas en cada parcela. En todo el proceso de análisis se utilizó el programa estadístico R studio (R Core Team).

Se utilizó el paquete BIOMASS para R, Réjou-Méchain *et al.*, (2017) en donde se estimó la biomasa con la ecuación propuesta por Chave *et al.*, (2014), donde se tuvieron en cuenta las variables: diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm, la densidad de la madera ρ (g/cm³) y (H): la altura total de árbol (m). Así:

$$BA = 0.0673 * (\rho H DAP^2)^{0.976}$$

Dónde: BA: biomasa área (Mg ha⁻¹); DAP= diámetro a la altura del pecho (cm), H= Altura (m); DM= densidad de madera (g/cm³).

Para el cálculo del contenido de carbono presente en la biomasa aérea, se consideró la equivalencia de que el carbono representa el 50% de la biomasa (Yepes *et al.*, 2011).

Para evaluar las emisiones de CO₂ desde los sitios de estudio, se utilizó la medida del dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) (Yepes *et al.*, 2011), la cual consiste en emplear el factor de 3,67, este resultado aproximado resulta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de carbono, por el peso específico del carbono (44/12= 3,67) y luego se multiplica por la cantidad de toneladas de carbono que almacenan los bosques (Yepes *et al.*, 2011).

Para establecer el contenido de cada familia, se sumaron los valores de biomasa correspondientes a cada especie; los resultados generados en megagramo (Mg), se extrapolaron a hectárea (Mg/ha).

Para los cambios de riqueza de especies y diversidad de cada uno de los sitios se utilizó el análisis de interpolación y extrapolación propuesto por Chao *et al.*, 2014. Para el análisis los número efectivos de Hill (Hill, 1973) en unidades del número efectivo de especies; se calcularon los valores de diversidad verdadera: 0D (riqueza de especies), 1D (el exponencial del índice de Shannon) y 2D (el inverso del índice de Simpson). La diversidad calculada fue comparada utilizando los intervalos de confianza de 95 % y basados en la superposición de éstos para determinar diferencias (Rangel *et al.*, 2019). Este análisis fue realizado con el programa ¡NEXT ONLINE (Chao *et al.*, 2014).

Para evaluar la beta-diversidad (β) se utilizó el índice propuesto por Baselga (2010), el cual descompone la diversidad β utilizando el índice de disimilaridad de Jaccard (β_{Jac}) en dos componentes: recambio de especies (β_{jtu}) y anidamiento (β_{nes}) ($\beta = \beta_{jtu} + \beta_{nes}$). Estos análisis se realizaron utilizando la librería BETAPART del software estadístico R, versión 3.6.3 (Baselga, 2010; R Core Team, 2020).

Por medio del índice de valor de Importancia (IVI) se estimó la dominancia de las especies para poder comparar la estructura de la vegetación entre sitios de estudio y por categorías de regeneración (Carbonó y García, 2010). La abundancia, dominancia y frecuencia fueron calculados en EXCEL 2013 al igual que los valores de IVI por especie y por familia. Los índices de diversidad Shannon-Wiener, Simpson y Margalef fueron determinados con el software libre PAST versión 4.01.

Para determinar la estructura vertical de los tres sitios se establecieron tres estratos en cuanto a las formas de crecimiento, siguiendo la escala diseñada por Rangel y Lozano (1986), donde se realizó algunas modificaciones para ajustar los datos con lo encontrado en campo (Tabla 1).

Tabla 1. Categoría de alturas totales de los individuos por estrato arbóreo

Categoría	Intervalo	Estrato
1	≥ 2 -<6	Arbustivo
2	≥ 6 - <12	Medio
3	≥ 12 - <18	Alto
4	≥ 18	Superior

En el sentido de la estructura horizontal con referente al parámetro diámetro a la altura del pecho (DAP) para cada sitio. Para la cual se establecieron cuatro categorías como en la siguiente (Tabla 2).

Tabla 2. Categoría de diámetro a la altura del pecho DAP

Clases Diamétrica	Intervalo
I	$\geq 2,5$ cm DAP <5 cm
II	≥ 5 cm DAP <10 cm
III	≥ 10 cm DAP <20 cm
IV	≥ 20 cm

Con la información de las bases de datos de las categorías de regeneración, se realizó la distribución de individuos entre las familias, entre las especies y entre las categorías diamétrica para poder observar patrones asociados en abundancia y composición en las categorías de regeneración. Donde también se determinó la composición, la riqueza específica, la riqueza de familia y la distribución de las clases diamétrica por cada una de las categorías. Se estimó el área basal en cada uno de los sitios de muestreo, por especie y por familia con base en el diámetro estimado de cada individuo censado en las parcelas de regeneración. Así mismo se determinaron los índices de diversidad.

3. Resultados

Riqueza, composición y estructura de especies arbóreas

Se registraron 1062 individuos con DAP $\geq$ 2,5 cm, correspondientes a 120 especies, de 63 familias de plantas (Tabla 3).

Tabla 3. Riqueza de especie y familia, abundancia de los individuos registrados en los tres fragmentos de bosque seco.

Fragmento de BST	Especies	Géneros	Familia	No. Individuos
Reserva Miramar	60	55	33	413
Parque Tayrona	38	34	19	398
Unimagdalena	22	20	11	251
Total	108	93	42	1062

La familia más diversificada, en cuanto al número de especies, en los tres sitios de muestreo fue Fabaceae con nueve (9) especies, en la Reserva Miramar y en el fragmento de bosque Unimagdalena y con (12) especies en el PNNT-Gairaca . La segunda familia más diversificada fue Rubiaceae con cinco (5) especie en la Reserva Miramar; Capparaceae con cinco (5) en el Parque Tayrona – Gairaca y Boraginaceae, Capparaceae y Malvaceae con dos (2) especies cada una en el fragmento de bosque Unimagdalena.

DIVERSIDAD

La Reserva Miramar registró la mayor riqueza de especies y abundancia absoluta (Figura 3); seguido por el fragmento del Parque Tayrona – Gairaca. La diversidad de especies comunes (1D), fue alta en el fragmento de bosque del Parque Tayrona – Gairaca (19,3 especies efectivas) en comparación con la Reserva Miramar (15,3 especies efectivas). La diversidad de especies muy abundantes (2D), fue alta en el fragmento de bosque del Parque Tayrona- Gairaca (14,3 especies efectivas), la cual supera al bosque de la Reserva Miramar (6,1 especies efectivas) y el fragmento Unimagdalena (5,1 especies efectivas).

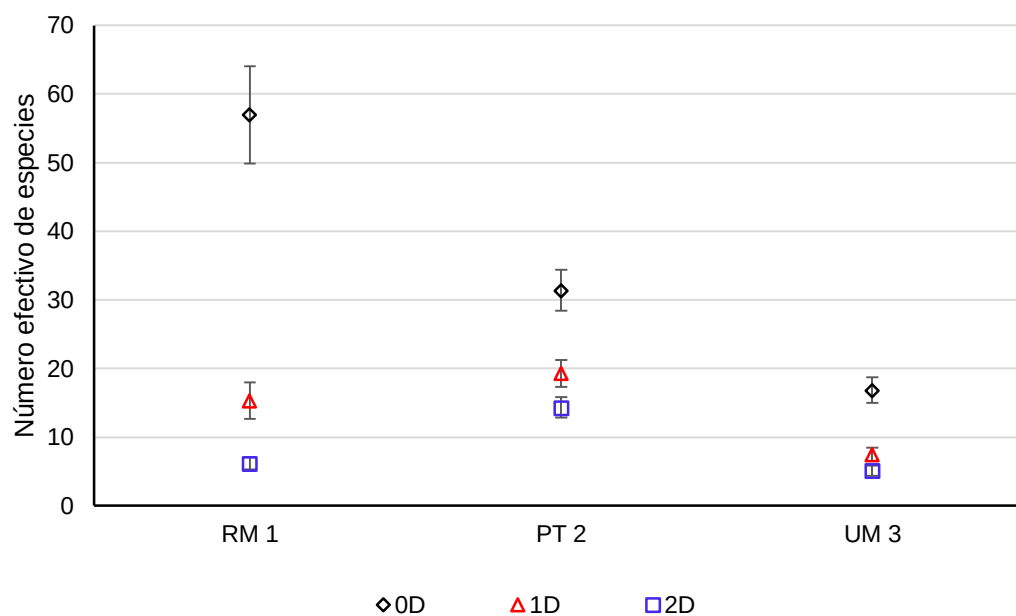


Figura 3. Análisis de la diversidad 0D, 1D y 2D en fragmentos de bosques secos del departamento del Magdalena y Guajira. RM 1: Reserva Miramar; PT 2: Parque Tayrona- Gairaca y UM 3: Unimagdalena.

Para el análisis de la diversidad Beta, los resultados arrojaron un alto recambio de especies entre todos los sitios (Figura 4). Por tanto, en la composición de cada sitio se presenta un mayor número de especies exclusivas; lo mismo ocurre en el fragmento Unimagdalena y Parque Tayrona- Gairaca, demostrando así, en el fragmento de Unimagdalena presenta especies totalmente diferente a los otros sitios, en cambio, en la Reserva Miramar y el Parque Tayrona.- Gairaca, el recambio fue mucho menor.

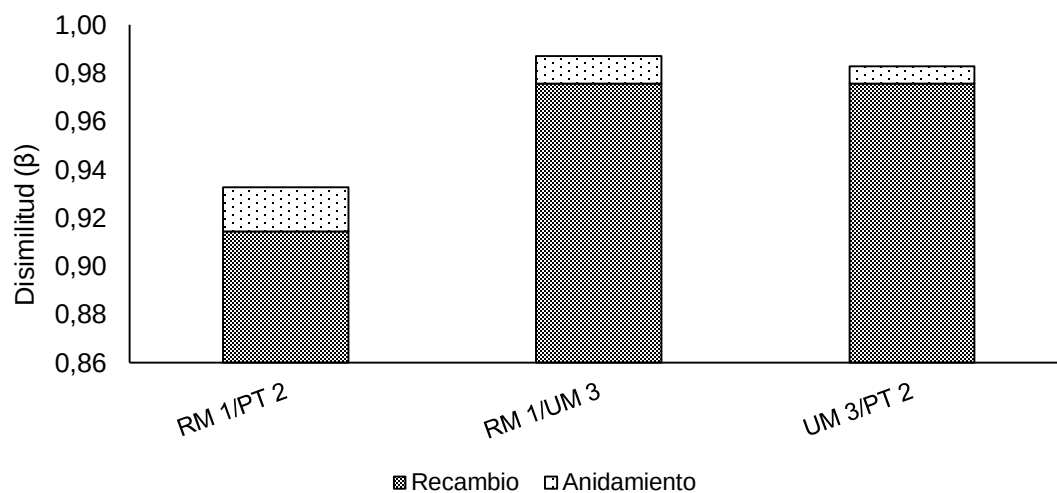


Figura 4. Diversidad beta (Disimilitud del índice de Jaccard). Partición de la diversidad beta en recambio y anidamiento de especies en fragmentos de bosques secos. RM 1: Reserva Miramar; PT 2: Parque Tayrona- Gairaca y UM 3: Unimagdalena.

ESTRUCTURA

De las 60 especies presentes en la Reserva Miramar, 61.6 % son árboles, 28,3 % son arbustos, 6.6 % son lianas y 3,3 % son palmas. De las 38 especies encontradas en el fragmento del Parque Tayrona- Gairaca, tiene porte arbóreo 68.4%, son arbustos leñosos 31.5% y de las 22 especies presentes en el fragmento de bosque Unimagdalená, tienen porte arbóreo 77,2%, son arbustos leñosos 18,1% y el 4,5% es liana. En la estratificación vertical se pueden distinguir: el dosel superior integrado por la copa de los árboles dominantes y un dosel amplio. El promedio de altura general de la Reserva Miramar, Parque Tayrona-Gairaca y el fragmento de bosque Unimagdalená fueron (8,6m; 6,7m y 6,15 m) respectivamente. La mayoría de los individuos tienen alturas entre 5 y 10 metros en los tres sitios de estudio.

La estructura vertical de la vegetación en los tres sitios de muestreo se encontró el mayor número de individuo en el Estrato Medio: Altura de ≥ 6 m a <12 m (Figura 5).

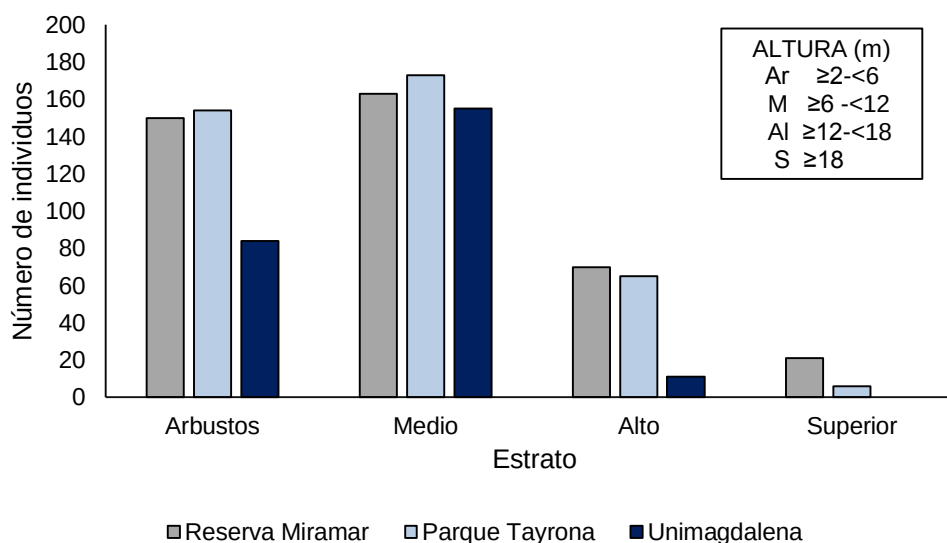


Figura 5. Número de individuos según los estratos de altura presentes en los tres fragmentos de bosque seco.

En la (Figura 6), se puede observar que la mayoría de los individuos en la Reserva Miramar y el fragmento de bosque Unimagdalena pertenecen a las clases diamétrica I, por el contrario, en el fragmento del PNNT (Gairaca) pertenecen a las clases diamétrica II, lo que evidencia la abundancia de individuos de porte arbóreo, pero no con tallos muy robustos.

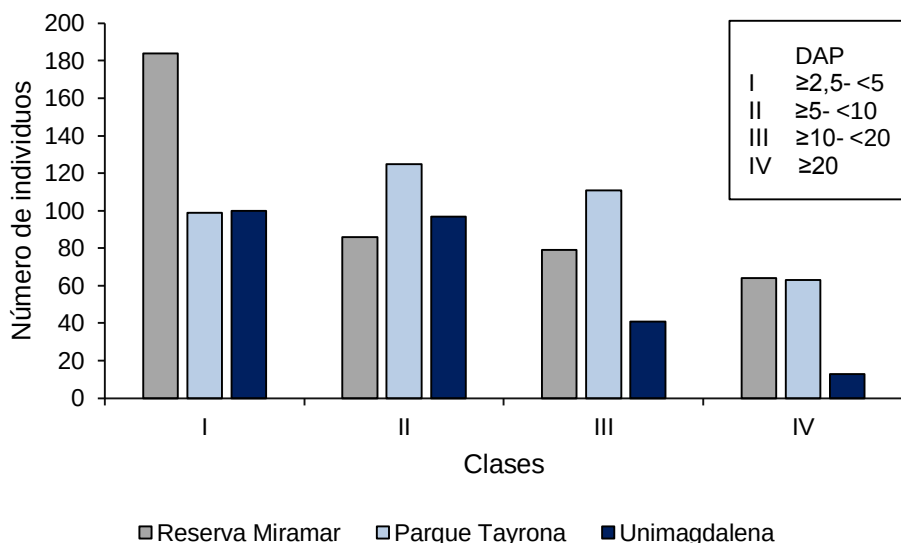


Figura 6. Número de individuos según las clases diamétrica en los sitios de estudio. Clase I: DAP $\geq 2,5$ cm a < 5 cm; Clase II: ≥ 5 cm a < 10 cm; Clase III: DAP ≥ 10 cm a < 20 cm; Clase IV: DAP ≥ 20 cm.

Las especies con mayor número de individuos en la Reserva Miramar fueron *Protium tenuifolium* (Burseraceae), con 140 individuos; *Homalolepis cedron* (Simaroubaceae) con 77; son arboles de porte mediano. En cambio en el Parque Tayrona (Gairaca) las especies con mayor número de individuos fueron *Calycophyllum candidissimum* (Rubiaceae), de la cual se contaron 50; *Casearia tremula* (Flacourtiaceae), con 49; *Capparis flexuosa* (Capparaceae), con 37; son especie leñosas de porte bajo, que se hacen abundantes en cantidad de individuos en el dosel medio y por último en el fragmento de bosque Unimagdalena presentó a *Cordia alba* (Boraginaceae) de la cual se contaron 85 individuos; *Albizia niopoides* (Fabaceae), con 50; *Acacia polyphylla* (Fabaceae), con 36; *Capparis flexuosa* (Capparaceae), 13 (Anexo 1).

El valor acumulado de área basal para la Reserva Miramar, Parque Tayrona y el fragmento de bosque Unimagdalena es de 10,78 m² (107816,31 cm²); 8,44 m² (84352,44 cm²) y 1,73 m² (173,73 cm²) respectivamente. En el fragmento del Parque Tayrona (Gairaca) la mayor cobertura relativa la mostró *Pseudobombax septenatum* con (12,64), especie de porte arbóreo y *Libidibia punctata*, tuvo el segundo mayor valor (11,22), otros árboles de importancia en este bosque son *Handroanthus billbergii* (10,27) y *Astronium graveolens* (7,81). Las especies con mayor cobertura relativa en la Reserva Miramar y en el fragmento de bosque Unimagdalena se pueden observar en la (Tabla 4). Las especies que presentaron los mayores valores de importancia en la Reserva Miramar fueron *Protium tenuifolium*, *Homalolepis cedron*, *Ficus insípida*, *Schizolobium parahyba* y *Spondias mombin*; en el fragmento del Parque Tayrona, son: *Handroanthus billbergii*, *Casearia tremula*, *Capparidastrium tenuisiliquum*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Astronium graveolens* y en el fragmento de bosque Unimagdalena *Albizia niopoides*, *Cordia alba*, *Acacia polyphylla*, *Capparis flexuosa* y *Albizia saman* (Tabla 4). Las especies de árboles referenciadas son típicas de sectores secos.

Tabla 4. Características estructurales de las especies arbóreas presente en los tres fragmentos de bosque seco. D: densidad (árboles ha⁻¹), G: área basal (m² ha⁻¹), H: altura (m), IVI: valor de importancia, COR: Cobertura

Fragmento de BST	Parámetros				
	D	Área basal (m ²)	H (m)	IVI	COR
Reserva Miramar					
<i>Protium tenuifolium</i>	33,89	3,95	10,67	75,43	36,72
<i>Homalolepis cedron</i>	18,64	0,10	4,66	24,47	1,01
<i>Ficus insípida</i>	0,96	2,15	19,25	23,33	19,95
Total	17,83	2,06	11,52		
Parque Tayrona					
<i>Handroanthus billbergii</i>	6,28	0,86	10,28	20,94	12,27
<i>Casearia tremula</i>	12,31	0,34	6,85	20,74	4,03
<i>Capparidastrum tenuisiliquum</i>	12,56	0,18	4,24	19,15	2,19
Total	10,39	0,46	7,12		
Unimagdalena					
<i>Albizia niopoides</i>	19,92	0,83	8,24	80,92	48,34
<i>Cordia alba</i>	33,86	0,27	6,29	62,14	15,62
<i>Acacia polyphylla</i>	14,34	0,23	9,26	38,89	13,15
Total	22,71	0,44	7,93		

En la Reserva Miramar las familias con mayor importancia ecológica fueron: Burseraceae (79,60); Fabaceae (46,59); Moraceae (33,48); en el fragmento del Parque Tayrona- Gairaca fueron las familias: Fabaceae (80,38), Capparaceae (4,87), estas dos encontrándose en el fragmento de bosque Unimagdalena con un valor de (41,56), (21,58) respectivamente, pero la familia con mayor importancia ecológica en el fragmento de bosque Unimagdalena fue Boraginaceae (60,44). Puede anotarse que las familias presentes y con mayor número ecológico son comunes en la mayoría de los bosques secos de Colombia.

Regeneración de Bosque seco tropical

Riqueza, Composición Florística

En los tres fragmentos de bosque seco se encontraron un total de 474 tallos pertenecientes a 82 especies diferentes, con 39 familias y 69 géneros (Tabla 5).

Tabla 5. Riqueza de especie y familia, abundancia de tallos registrados en los tres fragmentos de bosque seco.

Fragmento de BST	Especies	Géneros	Familia	No. Tallos
Reserva Miramar	37	31	20	165
Parque Tayrona	27	21	11	115
Unimagdalena	18	17	8	194
Total	82	69	39	474

En los tres fragmentos de estudios la familia con mayor diversidad fue Fabaceae, la segunda mayor familia fue Capparaceae pero solamente se encontró en el Parque Tayrona (Gairaca) y en el fragmento de bosque Unimagdalena, en cambio en la Reserva Miramar el segundo valor lo obtuvieron las familias Apocynaceae y Melastomataceae, ambas representadas por cuatro especies.

En la categoría brinzales en los tres fragmentos de estudio, la Reserva Miramar fue la que presento el mayor número de tallos (21), seguido del fragmento de bosque Unimagdalena (18). Las familias más diversificadas en cuanto al número de especies fueron: Araliaceae y Lauraceae en la reserva Miramar; Fabaceae en el Parque Tayrona (Gairaca) y Capparaceae en Unimagdalena; cada una de las familias con dos especies.

En la categoría de Latizales bajos se registraron un total de 70 tallos para los tres fragmentos siendo el fragmento del Parque Tayrona (Gairaca) el de mayor número de tallos y de especies. En la categoría de latizales altos, el fragmento de bosque Unimagdalena fue el fragmento con mayor número con 139 tallos. Las familias más diversificadas en la reserva Miramar fueron: Apocynaceae y Melastomataceae, con cuatro especies cada una, en cambio, en el Parque Tayrona (Gairaca) y el fragmento de bosque Unimagdalena fueron: Capparaceae y Fabaceae.

En la categoría de fustales, el fragmento de bosque Unimagdalena tuvo el mayor número de tallos con un total de 17, sin embargo, la Reserva Miramar y el Parque Tayrona (Gairaca) registraron 12 tallos correspondientes a 8 especies. La familia con mayor número de especies fue Fabaceae en los tres fragmentos de estudio, (Tabla 6).

Tabla 6. Consolidado de variables generales de la regeneración natural

Parámetros					
Fragmento de BST	Familias	Géneros	Especies	Nº Tallos	Área basal (m ²)
Reserva Miramar					
Brinzales	9	10	11	21	0,001
Latizales Bajos	7	6	7	19	0,002
Latizales Alto	16	24	29	113	0,272
Fustales	6	8	8	12	3,348
Parque Tayrona					
Brinzales	3	4	5	16	0,001
Latizales Bajos	3	7	10	31	0,004
Latizales Alto	8	17	19	56	0,124
Fustales	5	8	8	12	2,105
Unimagdalena					
Brinzales	3	4	5	18	0,000
Latizales Bajos	3	4	4	20	0,003
Latizales Alto	7	12	12	139	0,274
Fustales	3	5	5	17	1,239

En la (Figura 7), se observa una muy baja similaridad entre las tres parcelas, con menos del 1,5% entre ellas y casi un 10% entre el fragmento de bosque Unimagdalena y el Parque Tayrona (Gairaca) indicando que estos dos fragmentos se asemejan un poco en cuanto a su composición, los cuales comparten especies. En cambio, en la Reserva Miramar y el Fragmento del Parque Tayrona (Gairaca) el valor es cero no comparten ninguna especie, es decir la beta diversidad es máxima.

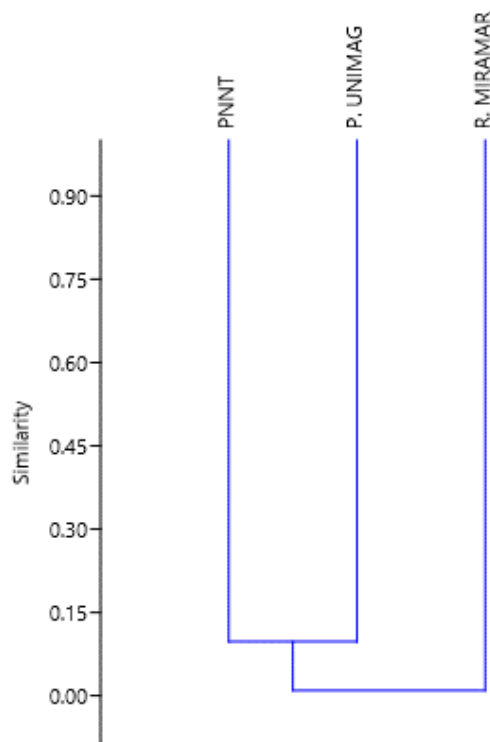


Figura 7. Análisis de clúster Jaccard de Similaridad para los sitios de estudio

En los tres fragmentos de regeneración, la familia con mayor IVI fue Fabaceae. Así Capparaceae fue la segunda familia valor de importancia en los sitios del parque Tayrona (Gairaca) y el fragmento de bosque Unimagdalena, en cambio en la Reserva Miramar la segunda familia con mayor importancia ecológica fue Anacardiaceae. Las especies con mayor importancia ecológica IVI fueron *Protium sagotianum*, *Lonchocarpus punctatus*, *Spondias mombin*, *Attalea butyracea* y *Capparis flexuosa* en los tres sitios de estudio (Tabla 7).

Tabla 7. Características estructurales de las especies arbóreas presente en los tres fragmentos de bosque seco. D: densidad (árboles ha), G: área basal (m^2 ha), H: altura (m), IVI: valor de importancia.

Parámetros	Fragmento de BST		
	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
D	153	103	177
G (m^2)	0,27	0,13	0,27
H (m)	4,7	3,3	3,6
IVI	<i>Protium sagotianum</i> (31,07)	<i>Lonchocarpus punctatus</i> (32,57)	<i>Capparis flexuosa</i> (111,06)
	<i>Cordia collococca</i> (24,83)	<i>Monilicarpa tenuisiliqua</i> (27,13)	<i>Cordia alba</i> (54,65)
	<i>Aniba sp</i> (24,31)	<i>Pithecellobium</i> <i>hymenaeafolium</i> (22,91)	<i>Quadrella odoratissima</i> (20,94)
	<i>Spondias mombin</i> (24,18)	<i>Manihot carthaginensis</i> (22,04)	<i>Machaerium</i> <i>milleflorum</i> (19,89)
	<i>Sapium</i> <i>glandulosum</i> (23,75)	<i>Casearia tremula</i> (21,45)	<i>Bignonia sp</i> (16,17)

La distribución diamétrica de los árboles

La mayoría de los tallos se encuentran en la clase II, que corresponde a la clase diamétrica de 2 a 10 cm representando a la categoría de latizales altos. El sitio más representativo fue el fragmento de bosque Unimagdalena el cual obtuvo en promedio 35 tallos y un área basal de $0,27 \text{ m}^2$ ($2743,01 \text{ cm}^2$), seguido de la Reserva Miramar con un promedio de 28 tallos y un área basal de $0,27 \text{ m}^2$ ($2720,19 \text{ cm}^2$) y el fragmento del Parque Tayrona (Gairaca) obtuvo en promedio 14 tallos, área basal $0,12 \text{ m}^2$ ($1236,74 \text{ cm}^2$), (Figura 8).

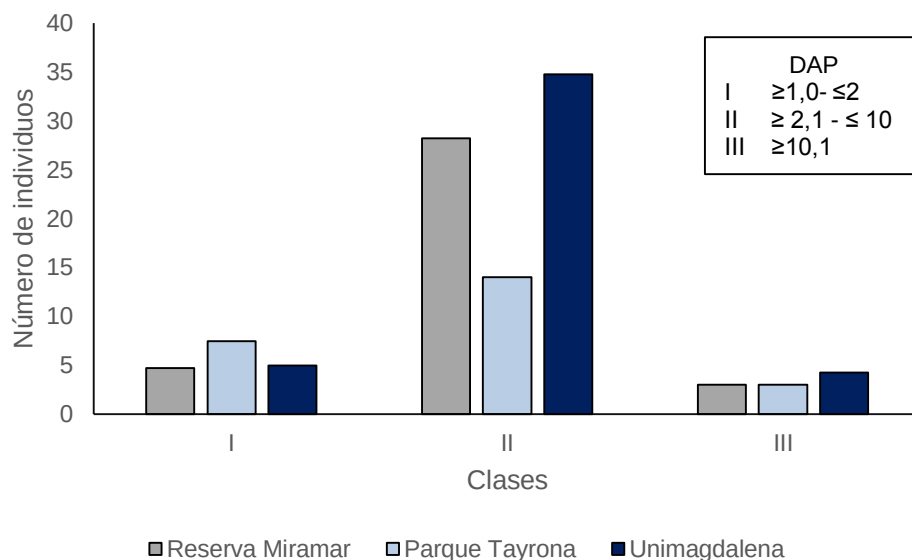


Figura 8. Distribución de las clases de diamétrica de la regeneración en las tres áreas de estudio.

Biomasa aérea en la regeneración

El mayor aporte de biomasa se registró en el fragmento de la Reserva Miramar con $81,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ y el menor en el fragmento Parque Tayrona- Gairaca $39,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, (Figura 9). Las especies que más aportan biomasa fueron: *Protium sagotianum* ($14,3 \text{ Mg ha}^{-1}$), *Aspidosperma schultesii* ($10,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), *Spondias mombin* ($7,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) para la Reserva Miramar; *Lonchocarpus punctatus* ($5,7 \text{ Mg ha}^{-1}$), *Casearia tremula* ($4,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) para el fragmento de bosque de Parque Tayrona (Gairaca); *Capparis flexuosa* ($24,2 \text{ Mg ha}^{-1}$) y *Cordia alba* ($6,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) para el fragmento de bosque Unimagdalena. El aporte de biomasa para cada una de las categorías de regeneración, se observa un patrón general de disminución en las categorías brinzales y latizales bajos; los fustales que fueron los que brindaron el mayor aporte de biomasa.

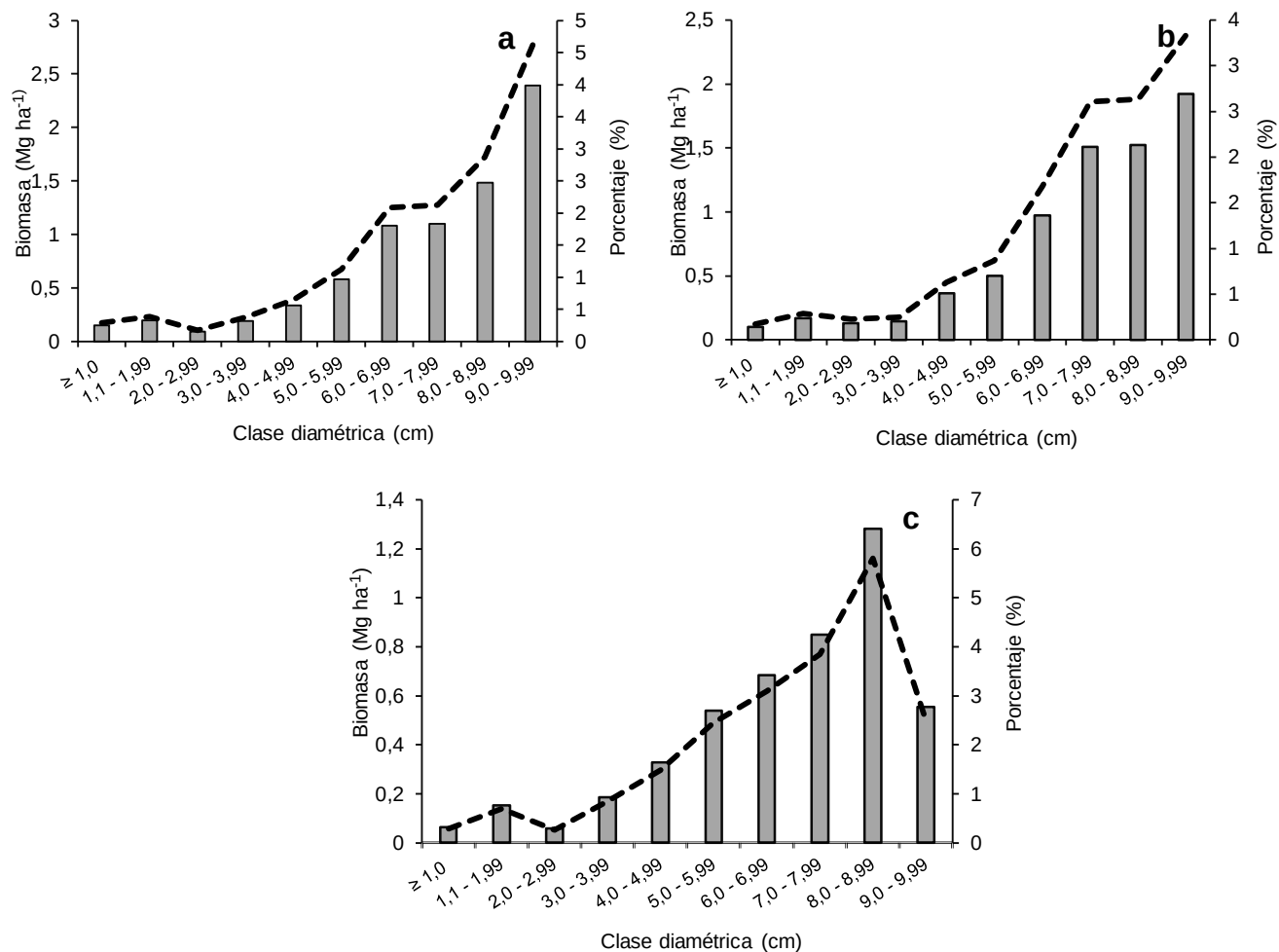


Figura 9. Distribución de la biomasa aérea en las clases diamétrica en los fragmentos de estudio: a. Reserva Miramar b. Parque Tayrona- Gairaca c. Unimagdalena.

4. Discusión

Los bosques secos tropicales son consistentes en su composición florística, siendo Fabaceae la familia dominante en cuanto a número de especies, y encontrándose comúnmente especies de las familias Capparaceae, Rubiaceae, Burseraceae, Malvaceae y Sapindaceae (Gentry 1995; Mendoza 1999; Gillespie *et al.*, 2000; Marulanda *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2012). La familia Fabaceae es considerada como la más importantes en estos ecosistemas, debido a sus adaptaciones fisiológicas y estructurales, hábitos de crecimiento y formas de vida (Sanmartín-Sierra *et al.*, 2016). La segunda familia con mayor número de especies en la reserva Miramar fue Rubiaceae, estuvo representada por cinco especies resultado similar a lo presentado por Sanmartín-Sierra *et al.*, 2016 en el bosque seco de Sanguaré-Sucre, esta familia es diversa en los bosques húmedos y andinos, sin embargo, se ha establecido con gran importancia en los bosques secos. Mendoza (1999) sugiere que, en los boques secos en Colombia, es unas de las familias más representadas e importante en los bosques de la región del Caribe colombiano. Al igual que la familia Capparaceae, en el fragmento del Parque Tayrona – Gairaca y el de Unimagdalena ha sido registrada como un grupo dominante y con mayor número de especies, como menciona Herazo *et al.*, 2017, en los Montes de María. La presencia de este grupo es de importancia ya que puede ser utilizada como indicador de procesos de restauración ecológica dada su resistencia a fuertes fluctuaciones en ecosistemas secos.

Las diferencias en la riqueza, abundancia y diversidad de especies arbóreas fue principalmente en los sitios de la Reserva Miramar y el fragmento del Parque Tayrona- Gairaca, donde la intensidad de la perturbación fue diferente, además de las variaciones ambientales a pequeñas escalas geográficas, procesos ecosistémicos particulares de cada sitio y la topografía (Almazán *et al.*, 2012).

La riqueza específica para Unimagdalena puede considerarse baja, a comparación con valores observados en otras regiones de bosque seco en Colombia, aunque teniendo en cuenta que dentro del bosque seco tropical las presiones asociadas con la estacionalidad pueden marcar variaciones de la riqueza en cada sitio

específico (Carbonó y García, 2010; Dirzo *et al.*, 2011), así mismo, por la mayor intervención de este fragmento ubicado en el centro de una ciudad, las condiciones edáficas; la vegetación que se desarrolla sobre los suelos del valle del río Manzanares y no sobre laderas de cerros, además, el régimen de disturbio presentado en este fragmento de bosque durante mucho tiempo (Castellano *et al.*, 2019).

La composición de cada sitio presenta un mayor número de especies exclusivas, es decir, con una mayor disimilitud y un mayor recambio, estos sitios conservan el máximo de especies que no se comparten entre sitios estudio, resultado similar al de Yepes *et al.*, 2007, debido al proceso de remplazamiento florístico, en el que el grado y frecuencia de intervención antrópica, condicionan el establecimiento y posterior desarrollo de las diferentes especies arbóreas. Las diferencias en similitud de especies en los fragmentos reflejan la alta diversidad beta, ya que la composición florística depende de varios factores como la amplitud del régimen de disturbio, la flora de los alrededores, los agentes dispersores y los usos previos de la tierra (Fontaine *et al.*, 1980; Yepes *et al.*, 2007). Estas variaciones en la composición florística al influjo de las variaciones ambientales de cada sitio y que pueden sugerir la existencia de una diversidad funcional de las especies arbóreas ante condiciones ambientales y procesos ecosistémicos particulares, además esta disimilitud puede estar relacionada por la distancia entre los fragmentos, Reserva Miramar y fragmento Unimagdalena, cuya separación es 82 km, que entre el Parque Tayrona- Gairaca y Unimagdalena distanciados a 13 km (Pizano y García, 2014; González *et al.*, 2003; Bonilla, 2018; Morales y Fonseca, 2018; Dezzio *et al.*, 2008).

La diversidad de cada uno de los fragmentos estudiados puede estar influenciada por el uso de la tierra, el tipo de perturbación y características específicas como la pendiente y altitud. En el estudio de Yepes *et al.*, 2007 sugieren que los fragmentos utilizados previamente a la agricultura como el caso del fragmento Unimagdalena presentan una mayor beta diversidad en comparación con aquellos con actividades de ganadería, ya que la degradación producida en el suelo pudo afectar la riqueza y diversidad de especies, la composición florística establecida.

Con respecto a la estructura vertical y a las formas de crecimiento, se verificó que en la distribución de los estratos se asemeja a lo observado en otros fragmentos de bosque secos de la región Caribe (Rodríguez *et al.*, 2012; Mendoza, 1999). En este estudio el estrato arbustivo en los tres fragmentos ocupó el segundo valor en la estructura vertical. Así mismo, Olascuaga-Vargas *et al.* (2016) comparte también esta distribución donde los arbustos aparecen en toda la sucesión en el segundo tipo de crecimiento, debido a factores ecológicos que domina el ecosistema seco. En cambio, el estrato arbóreo fue dominante en cada uno de los fragmentos de estudio.

Los valores de las clases diamétrica y la altura en la Reserva Miramar y el fragmento de bosque Unimagdalena fueron similares. El área basal (de 10.18 m²; 8.44 m² y 1.73 m²) encontrada para los tres fragmentos de bosque seco, estuvieron muy por debajo del valor estimado para BST que varía entre 17 m² ha⁻¹ y 40 m² ha⁻¹ (Murphy y Lugo, 1986), lo que indica que los bosques se encuentran en una etapa de sucesión temprana. Asimismo, Adarve *et al.*, 2010; Londoño y Torres, 2015 mencionan, el patrón de distribución con la mayoría de los individuos en la primera clase diamétrica, en la segunda clase de altura y la altura máxima promedio de los árboles inferior a 10 m.

Aunque existe carencia de datos ambientales puntuales, las diferencias marcadas entre el número de individuos y especies presentes en estos bosques se presentan por las condiciones de las características ecológicas de los ambientes en que se desarrollan y de la humedad que se encuentran en cada zona de estudio. Las diferencias encontradas en diversidad pueden deberse a las diferencias ecológicas entre sitios, estacionalidad y demanda de precipitaciones (Leal y Linares., 2005).

Las especies con mayor IVI en los fragmentos de estudio fueron *Protium tenuifolium*, *Homalolepis cedron*, *Ficus insípida*, *Handroanthus billbergii*, *Casearia tremula*, *Capparidastrium tenuisiliquum*, *Albizia niopoides*, *Cordia alba* y *Acacia polyphylla*, presentan la densidad absoluta y frecuencia más altas en estos sitios, parámetros que determinan su dominancia en cuanto a número de individuos y distribución espacial. Las especies con mayor área basal también tienen alto IVI, a excepción de *Pseudobombax septenatum*, en el fragmento del Parque Tayrona

cuyo aporte de área basal se debe a que sus individuos presentaron diámetros entre 40 y 69 cm. Este intervalo se encuentra en clases diamétrica que estuvieron representadas por el menor número de individuos registrados en ese fragmento (Torres *et al.*, 2012).

Regeneración natural de bosque seco

La composición florística en la regeneración de los BST estudiados presentó una distribución parecida en cuanto a la riqueza de familias y especies de plantas, dentro de cada hábito de crecimiento.

Las familias con mayor riqueza de especies en los tres fragmentos de bosque en regeneración fue Fabaceae, seguida de Capparaceae para el fragmento de bosque Unimagdalena y el Parque Tayrona -Gairaca, pero la Reserva Miramar fueron las familias (Apocynaceae y Melastomataceae), son familias comúnmente encontradas en los BST a nivel mundial (Gentry, 1995; Londoño y Torres., 2015).

El índice de diversidad de Shannon y el número de especies por familias determinadas para este estudio, nos indican que este ecosistema posee una diversidad baja. En donde la familia más diversa resulta ser la Fabaceae, que según (Gentry *et al.*, 1995), es el grupo más representativo y la familia con mayor número de especies en los bosques secos.

Para el caso de las categorías de la regeneración, aunque las diferencias no son significativas entre el número de especies entre las categorías menores (Plántulas y brinzales) frente a las categorías mayores (latizales altos y bajos), éstas últimas tienden a presentar mayor número de especies. El comportamiento inverso de la riqueza, en donde a medida que la comunidad de especies que llega a conformar las categorías de regeneración adultas va disminuyendo, se puede deber a factores como el sistema de dispersión de semillas y consecuentemente la distribución de las especies, que no siguen un patrón uniforme, más bien uno de tipo aleatorio. Esto ya que en varios casos se ha observado que la disponibilidad de agua restringe los patrones de distribución de muchas especies y en consecuencia filtran las especies que forman la comunidad (Balvanera *et al.*, 2011; Quishpe, 2015).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son similares con otro estudio realizado por López y García (2002) en bosque seco ubicado en Nandaime, Nicaragua, la cual encontraron que la mayor riqueza de especies estaba en la categoría latizal, seguida por los fustales y la categoría de brinzal con la menor cantidad de especies estas variaciones pueden ocurrir por factores ambientales, posición geográfica, la dinámica de los bosques y la ecología de sus especies (Méndez y Picado, 2006). Sin embargo, los resultados de este estudio muestran una cantidad de individuos en las categorías de Latizal bajo y Latizal alto de las especies típicas del bosque seco que permite mantener la estructura del bosque. Esto último, contradice lo reportado por el Herbario Loja *et al.*, (2001) y Contento (2000) que aseguran que la regeneración natural fue escasa (Aguirre-Mendoza *et al.*, 2013).

La Reserva Miramar presenta una buena regeneración, ya que se encuentran más individuos jóvenes que adultos; resultado similar al estudio de Uslar *et al.*, 2004 lo que sugiere que es un tipo de bosque más dinámico en comparación a los otros sitios de estudio y varias especies en este bosque tienen una estructura que indica que estas tienen una buena regeneración probablemente esto se debe a que este lugar no ha sufrido grandes perturbaciones en los últimos siete años.

La familia Fabaceae con mayor IVI en los tres sitios de estudio de la regeneración natural del bosque y las familias Capparaceae y Anacardiaceae, presentaron en el segundo valor de importancia, también han sido registradas como importantes y dominantes para otros BST (Gentry, 1995; Ruíz y Fandiño, 2009; Adarve *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2012a; Londoño y Torres., 2015). Por otra parte, el IVI más alto de la familia Fabaceae se debe principalmente a que es la familia más rica en especies en los bosques estudiados (IAVH, 1998; Mendoza, 1999; Gillespie *et al.*, 2000; Marulanda *et al.*, 2003; Adarve *et al.*, 2010; Carbonó y García, 2010).

Las especies con mayor IVI en la Reserva Miramar (*Spondias mombin*, *Attalea butyracea*, *Protium sagotianum*, *Albizia saman*) presentaron la mayor dominancia y cobertura más altas en las parcelas, de este fragmento, encontrar la especie *Attalea butyracea* es completamente atípico a lo observado en el bosque seco como lo mencionada Sanmartín- Sierra *et al.*, 2016, con datos similares ya que esta especie

fue el segundo grupo dominante en el bosque de Sanguaré – Sucre. Sin embargo, este resultado puede ser producto de las cercanías a los puntos del mar o factores climático (climas poco pluviales con vientos húmedos predominantes) y edáficos (suelos ácidos y bien drenados) lo cual favorecen al crecimiento de esta especie, lo que concuerda con las características de la zona.

Biomasa aérea en la regeneración

La biomasa es importante para los procesos de recuperación de bosques (Yepes *et al.*, 2011). Los estudios de la biomasa han demostrado que este, es un componente primordial en la funcionalidad de los bosques secos tropicales debido a sus altas reservas de carbono (Phillips *et al.*, 2016; Ureta 2015; Palomino, 2007; Martínez, 2003), esto es dependiente de la diversidad de especies vegetales presentes.

La cantidad de carbono total en la biomasa aérea registrada en la regeneración natural para los tres sitios de estudio fue de 86,4 t C ha⁻¹. Estos valores representan altos contenidos de carbono en comparación con los registrados para bosques secos tropicales en regeneración (23-45 t C ha⁻¹, IPCC 2003). Por otro lado, al calcular sobre estos valores de carbono en la biomasa total, las posibles emisiones de CO₂ a la atmósfera, observamos que 317.3 Mg CO₂-eq. ha⁻¹ potencialmente pueden perderse hacia la atmosfera, debido a factores antrópicos que ocurren con frecuencia en los ecosistemas secos de Caribe, entre ellos, agricultura, ganadería e incendios forestales. Esto podría tener fuertes implicaciones en términos de impactos futuros sobre el cambio climático y la degradación de los suelos.

La categoría que registró el mayor aporte de biomasa para los tres puntos de muestreo fue fustales, seguido de los latizales, para fuste se cuantifico la mayor cantidad de biomasa (Huerta y Martínez 2011; Chacón 2007), esto es similar a los resultados presentados por Herrera y colaboradores (2001) en su estudio donde cuantificaron el aporte de biomasa por estado sucesional, encontrando que en los estados primario e intermedio el aporte de biomasa es mayor en comparación con el estado tardío de sucesión vegetal. Polania (2009) y Aguilar (2011) reportan resultados similares en sus estudios, donde se logró observar que los bosques primarios fueron los que presentaron el mayor aporte de biomasa.

Este significativo aporte de biomasa por parte de los bosques en procesos de sucesión primaria e intermedia se atribuye a la gran cantidad de fustales que se encuentran en los bosques primarios (Ulate, 2011).

Sabiendo que los tres fragmentos estudiados presentaron diferentes historias de disturbio esto ha llevado a que el aporte de biomasa disminuya en cada uno de ellos, debido a esto el Parque Tayrona- Gairaca presentó la mayor cantidad de aporte de biomasa entre los tres sitios estudiados, también hay que tener en cuenta que este es el fragmento más conservado y menos fragmentado, esto lo podemos ver en un estudio realizado por Torres *et al.* (2012) donde hace referencia a que los bosques más conservados son los que brindan el mayor aporte de biomasa y la fragmentación de estos ecosistemas con lleva a que disminuya el aporte de biomasa, las edades de conservación también son muy importantes esto se ve reflejado en la diferencia de aporte entre el fragmento de bosque de Unimagdalena que tiene una edad de conservación menor a las del parque Tayrona-Gairaca y la Reserva Miramar, esto es similar a los realizado por (Yepes *et al.*, 2010; Ontiveros *et al.*, 2018).

5. Conclusión

Los fragmentos de bosque de este estudio presentan una gran heterogeneidad florística y estructural, la cual está en parte asociada con las condiciones específicas de cada sitio. Los resultados obtenidos nos invitan a valorar los bosques desde una mirada más precisa y menos general, por ejemplo, la gran riqueza florística, abundancia de individuos, área basal y una mayor cantidad de brinzales de la Reserva Miramar, asociada a su ubicación, nos aporta una idea del grado de conservación, conectividad e importancia de este ecosistema, además, el evidente contraste con el bosque del Parque Tayrona- Gairaca, donde la riqueza de especies y biomasa aérea fue menor, aunque representada por un mayor número de individuos y área basal brinda un mejor soporte sobre la valoración de los bosques y las prioridades de conservación. El fragmento de bosque Unimagdalena aunque fue el sitio de menor edad de regeneración y más intervenido fue complejo estructuralmente y mostró especies totalmente diferentes o exclusivas en relación a los otros sitios, mayor cantidad de latizales y se evidenció un alto contenido de carbono en la regeneración en comparación al fragmento del Parque Tayrona. La estructura de los sitios de estudio demostró amplias diferencias, confirmadas por el IVI contrastante, asimismo de estructuras verticales variadas, demostrando la particularidad estructural de cada bosque con historia de disturbio diferentes. Por lo tanto, se acepta y se cumple la primera hipótesis planteada, pero, no apoya la segunda hipótesis, la cual no se cumple, ya que el sitio más intervenido presentó mayor cantidad de latizales. Por otra parte, la beta-diversidad evidenció ecosistemas ampliamente diferentes, donde su similitud no alcanza el 2 % y en términos de conservación y restauración es importante porque hay una alta diversidad de especies que potencialmente puede mantenerse con el paso del tiempo. Los contenidos de carbono y los patrones en las características del bosque encontrados en este estudio representan valores de referencia que pueden ser utilizados para la gestión, protección y manejo del bosque seco en la región. Por esa razón, es fundamental aumentar los esfuerzos concernientes a la investigación del BST, que permitan completar los vacíos de conocimiento, además, que se empleen estrategia para mitigar la pérdida de la cobertura vegetal en los ecosistemas de BST ya que la pérdida de esta representa efectos a futuro del cambio climático.

6. Bibliografía

- Adarve, J., Torres, A., Home, J., Vargas, J., Rivera, K., Duque, O y Gonzalez, A. (2010). Estructura y riqueza florística del Parque Natural Regional el Vinculo-Buga, Colombia. *Cespedesia*, 32(90/91), 23-38. .
- Aguilar-Arias, H. (2011). Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica.
- Aguirre-Mendoza, Z., Betancourt-Figueras, Y y Geada- López, G. (2013). Regeneración natural en los bosques secos de la provincia de Loja y utilidad para el manejo local. *Revista Cedamaz*, 3(1), 54-65.
- Almazán, C., Arizmendi, M., Eguiarte, L y Corcuera, P. (2012). Cambios en la composición, diversidad y estructura de plantas leñosas en etapas sucesivas de bosque seco tropical en el suroeste de México. *Revista Mexicana Biodiversidad*, 83(4), 1096-1109.
- Almazán-Nuñez, R. C., Arizmendi, M., Eguiarte, L y Corcuera, P. (2012). Changes in composition, diversity and structure of woody plants in sucesional stages of tropical dry forest in southwest Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 1096-1109 .
- Alvarado, D y Otero, J. (2015). Distribución espacial del bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta biologica. Colombiana.*, 20(3), 141-153. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.46703>
- Álvarez, E., Mendoza, I., Pacheco, M., Restrepo, Z., Gutiérrez, T., Ramírez, O y Gómez, F. (2012). ¿Por qué implemetar estudios de largo plazo en el bosque seco del Caribe Colombiano? *INTROPICA*, 7, 97-113.
- Araujo- Murakamii, A., Arroyo-Padilla, L., Killeen, T y Saldias-Paz, M. (2006). Dinamica del bosque, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. *Ecologia en Bolivia*, 41(1), 24-25.
- Balvanera, P., Castillo, A., Avila, P., Caballero, K., Flores, A., Galicia, C y Sarukhán, J.

- (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América latina. El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. *Conceptos, herramientas y estudios de casos*.
- Barranco-Pérez, W., Castellano-Barliza, J., Garcia-Quiñones, H y Yepes-rapelo, D. (2016). Florula de un fragmento urbano de bosque seco tropical. *Revista de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 5(1), 141-147.
- Bonilla, V. (2018). Variación en composición y estructura de la vegetación leñosa de un bosque húmedo premontano transición seca, debido a la actividad agrícola y ganadera. *UNED Research Journal*.(ISSN digital: 1659-441X), 11(2), 24-37.
- Carbonó De La Hoz, E y García Quiñones, H. (2010). La vegetación terrestre en la ensenada de Neguanje, parque nacional natural tayrona (Magdalena, Colombia). *Caldasia*, 32(2), 235-256.
- Caron, M., Dalmasso, A., Ortín, A y Verheyen, K. (2015). Regeneracion post fuego en un bosque tropical seco del monte en el noroeste de Argentina. *Multequina*, num 24. Pp 5-17.(24), 5-17.
- Castellano, J., Barranco, W y León, J. (2019). *Evaluación Ecológica de un Fragmento Urbano de Bosque Seco* (1ra edición ed.). Editorial Unimagdalena.
- Celedón, G. (2015). Especie con potencial como abono verde para la restauración de un Typic Ustipsamments en la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.(Tesis de pregrado). *Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia*.
- Chacón, P., Leblanc, H. A y Russo, R. O. (2007). Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 3(11), 1-11.
- Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T., Sander, E., Ma, K y Colwell, R. (2014). Raefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity stidies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67. Obtenido de <https://dor.org/10.1890/13-0133.1>
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S., Swenson, N y Zanne, A. (2009). Towards a

- worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12, 351–366. doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x.
- Chave, J., Réjou - Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W y otros. (2014). Modelos alométricos mejorados para estimar la biomasa aérea de árboles tropicales. *Glob Change Biol*, 20, 3177-3190. doi:10.1111 / gcb.12629.
- Chazdon, R., Letcher, S. G., Van Breugel, M., Martínez-Ramos, M., Bongers, F y Finegan, B. (2007). Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 362(1478), 273-289.
- Contento, R. (2000). Estudio de la composición florística y regeneración natural del bosque seco en el Ceiba Grande, Zapotillo. (*Tesis de pregrado*) Ecuador. *Universidad Nacional de Loja Área agropecuaria y recursos naturales renovables*, 72.
- Córdoba, M. (2015). Caracterización florística del bosque ripário perteneciente al bosque seco tropical de los municipios Santa Ana, Santa Barbara de Pinto y Córdoba, Colombia. *Universidad Militar Nueva Granada*.
- Dezzeo, N., Flores, S., Zambrano, S., Rodger, L yOchoa, E. (2008). Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los Llanos Orientales del Orinoco, Venezuela. *INCI [online]*, 33(10), 733-740. ISSN 0378-1844.
- Dirzo, R., Young, H., Mooney, H y Ceballos, G. (2011). *Introduction*. En R.Dirzo ,H., Young,H., Mooney,H y Ceballos, G (Eds.), *Seasonaly dry tropical forests* (pp.XI-XIII).Whashington D.C.,EE.UU:Island Press.
- Flórez, A y Etter, A. (2003). Caracterización ecológica de las islas Múcura y Tintipán, archipiélago de San Bernardo, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27(104), 343-356.
- Fontaine, R., Gomez, A y Ludlow, B. (1980). Sucesiones secundarias.pp. 245-263.En: UNESCO,UNEP,FAO (eds.).Ecosistemas de los bosques tropicales: Informe sobre el estado de conocimiento. *Serie de investigaciones sobre los recursos naturales XVI.Madrid*.
- Gentry, A. (1982). Patterns of Neotropical plants species diversity. *Evolutionary Biology*,

15, 1-84.

Gentry, A. (1995). Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest. En S. Bullock, H.A.Mooney, & E. (eds), *Seasonally dry tropical forest* (págs. 146-194). Cambridge Reino Unido. : Cambridge University Press.

Gillespie, T., A.Grijalva y Farris, C. (2000). Diversity, composition and structure of tropical dry forest in Central America. *Plant Ecology*, 147(1), 31-47.

González Elizondo, M., Jurado Ybarra, E., González Elizondo, S., Aguirre Calderón, Ó. A., Jiménez Pérez, J y Návar Cháidez, J. D. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UNAL*.

González-M, Isaacs, P., García, H y Pizano, C. (2014). Memoria técnica para la verificación en campo del mapa de bosque seco tropical en Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia*, 29-30.

Granda, V., Finegan, B., Ramos, Z., Detlefsen, G y Molina, A. (2015). Granda, V., Finegan,B.,Potencial de manejo de bosque restaurados por sucesión natural secundaria en Guanacastes, Costa Rica. *Boletín técnico n° 78 centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE).Turrialba,Costa Rica*.

Gutiérrez, L., Gutiérrez, Y., Noriega, O., Buitrago, N., Fonseca, C., Ortega, E y García, H. (2009). *Caracterización y diagnóstico y análisis de vulnerabilidades y amenazas en el departamento del Magdalena*. CORPAMAG- UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO .

Hartter, J., Lucas, C., Gaughan, A y Lizama, L. (2008). Detecting tropical dry forest succession in a shifting cultivation mosaic of the Yucatán Peninsula, Mexico. *Applied Geography*, 28, 134-149.

Herazo, F., Mercado, J y 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.

Herbario Loja, UNISIG, CINFA. (2001). Zonificación y determinación de los tipos de bosques seco en el suroccidente de la provincia de Loja. *Informe final. Herbario*

Loja- Proyecto bosque seco, Universidad Nacional de Loja, Ecuador, 144.

Herrera, M. A., del Valle, J. I y Orrego, S. A. (s.f.). Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia.

Hill, M. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54, 427-432. doi:doi:10.2307/1934352.

Howorth, R y Colonnello, G. (2005). Sucesión secundaria como consecuencia de diferentes tipos de suelo de la tierra en bosques pluviales montanos en la cordillera de la Costa Central (Venezuela). *Memoria de la Fundación de la Salle de Ciencia Nturales* , 137-165.

Huerta Quezada, G. A y Martínez Quezada, L. D. (2011). Evaluación del carbono almacenado en la biomasa y suelo del bosque tropical seco en el municipio de Nandaime, departamento de Granada, Nicaragua (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agrar.

Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH). (1998). El Bosque seco tropical (bs-T) en Colombia. Bogotá: Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. , 24.

Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt.(IAvH). (2014). *Bosques tropicales de Colombia*. Obtenido de www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/endesarrollo/bosques-secos-tropicales-en-colombia.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*. (I. f. (IGES), Ed.) IPCC National Greenhouse Gases Inventory Programme.

Jadan, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, A., Zea, P y Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secudario altos-andinos (Azuay-Ecuador). *Bosque*, 38(1), 141-154. doi:10.4067/S0717-92002017000100015.

Kalacska, M., Sánchez-Azofeifa, G. A., Calvo-Alvarado, J. C., Quesada, M., Rivard, B y

- Hanzan, D. H. (2004). Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 200, 227-247.
- Leal, J y Linares, R. (2005). Los bosques secos de la reserva de biosfera del noroeste (Perú):diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia* 27 (82), 195-211.
- Letcher, S. G y Chazdon, R. L. (2009). Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 41(5), 608-617.
- Londoño, V y Torres, A. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia forestal*, 18(1), 71-85.
- López, R y García, G. (2002). Composición florística y estructural de las especies arbóreas en el bosque seco secundario de la finca Santa Ana, Nandaime, Nicaragua. (Tesis de Pregrado). *Universidad Nacional Agraria*.
- Martínez, G. R., Mata, J. J y Martínez, A. V. (2003). Las masas forestales como sumideros de CO₂ ante un cambio climático global. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9(1), 57-67.
- Martínez-Ramos, M y García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 69-84.
- Marulanda, L., Uribe, A., Velasquez, P., Montoya, M., Idárraga, A., López, M y López, J. (2003). Estructura y composición de la vegetación de un fragmento de bosque seco en San Sebastián, Magdalena (Colombia). Composición de plantas vasculares. *Actualidades Biológicas*, 25(78), 17-30.
- Maza-Villalobos, S., Balvanera, P y Martinez-Ramos, M. (2011). Early regeneration of tropical dry forest from abandoned pastures: Contrasting chronosequence and dynamic Approaches. *Biotropica*, 43(6), 666-675.
- Mendez, A y Picado, E. (2006). Analisis de tres estados sucesionales del bosque seco deciduo, desarrollado sobre campos agrícolas abandonados, Nandarola, Nicaragua.

(Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria, Managua-Nicaragua.

Mendoza-C., H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 21(1), 70-94.

Morales, B y Fonseca, L. (2018). Evaluación de la composición florística, la estructura y la diversidad de tres bosques secos tropicales en el alto Magdalena, departamento del Tolima. (Tesis de Pregrado). Universidad del Tolima, Ibagué- Tolima.

Murphy, P y Lugo, A. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67-88.

Norden, N. (2014). Del porqué de la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia forestal*, 17(2), 247-261.

Olascuaga-Vargas, D., Mercado-Gómez, J y Sánchez-Montaña, L. (2016). Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Toluviéjo-Sucre (Colombia). *Colombia Forestal*, XIX(1), 23-40.

Ontiveros, S., Manrique, S., Franco, J y Ellenrieder, G. (2018). Biomasa aérea leñosa en un área natural protegida, La Caldera-Salta: balance de una década. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 41, 49-56. ISSN 2684-0073.

Phillips, J., Duque, Á., Scott, C., Wayson, C., Galindo, G., Cabrera, E y Duivenvoorden, J. (2016). Vive las reservas de carbono sobre el suelo en los bosques naturales de Colombia. *Forest Ecology and Management*, 374, 119-128.

Pizano, C y García, H. (. (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia

Pizano, C., Gonzalez-M, R., Hernandez- Jaramillo, A y Garcia, H. (2017). Agenda de investigación y monitoreo en bosque secos tropicales de Colombia (2013-2015): fortaleciendo redes de trabajo para la gestión integral del territorio. *Biodiversidad en la práctica documento de trabajo del Instituto Humboldt*, 2(1), 48-86.

- Polania, K. (2019). Biomasa aérea en estados sucesionales del bosque seco tropical en el norte del Tolima, Colombia. (*Tesis de pregrado*). Universidad Distrital Francisco José de Calda. Bogotá D.C, Colombia.
- Puentes, M., Pacheco, R y Deluque, M. (2002). *Plantas Parque Nacional Natural Tayrona, las 100 especies más sobresalientes*. Santa Marta : Lito Camargo Ltda.
- Quishpe, D. (2015). Influencia de la diversidad y estructura arbórea sobre la regeneración natural en el bosque seco tropical de la reserva ecológica Arenillas. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, pág 85.
- Rangel, J., Martínez, N y Yonoff, R. (2019). Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91 (2020:e912879).
- Réjou-Méchain, M., Tanguy, A., Piponiot, C., Chave, J. and Hérault, B. (2017), biomass: an r package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forests. *Methods Ecol Evol*, 8: 1163-1167. doi:[10.1111/2041-210X.12753](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12753)
- Rodríguez, G., Banda-R, K., Reyes, S y Estupiñán, A. (2012). Lista comentada de las plantas vasculares de bosque seco prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). *Biota Colombiana*, 13(2), 7-39.
- Ruiz, J y Fandiño, M. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe Suroccidental. *Academia Colombiana De Ciencia*, XXXIII(126), 5-16.
- Sanchez, G., Hernadez, M., Mayor, G., Gómez, C., Corredor, I., Puente, M y Frake, R. (2006). *Plan de manejo 2005-2009 Parque Nacional Natural Tayrona*. Santa Marta-Magdalena: Ministerio De Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Sanmartín- Sierra, D., Angarita-Hernandez, D y Mercado-Gomez, J. (2016). Estructura y composición florística de bosque seco tropical de Sanguaré. *Ciencia en Desarrollo*, 7(2), 43-56.

- Sotomayor, D y Jimenez, P. (2008). Patrones de Sucesión Vegetal: Implicancias para la conservación de la Lomas de Atiquipa del Desierto Costero del Sur de Perú. *Zonas Áridas*, 12(1), 74-96.
- Strewe, R., Villa, C., Alzate, J., Beltran, J., Moya, J y Navarro, C (2009). Las aves del campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. *Revista Intropica*(4), 79-91.
- Suarez-R, S y Vargas-R, O. (2019). Composición florística y relaciones ecológicas de las especies de borde, parches y árboles aislados de un bosque seco tropical en Colombia. Implicaciones para su restauración ecológica. *Caldasia*, 4(1), 28-41.
- Torres, A. M., Peña, E. J., Zúñiga, O y Peña, J. A. (2012). Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 16(1), 132-142.
- Torres, A., Bautista, J., Cardenas, M., Vargas, J., Londoño, V., Rivera, K y Gonzalez, A. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, XIII(2), 66-85.
- Ulate Quesada, C. A. (2011). Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. trabajo de grado para optar al título de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal,
- Ureta Adrianzén, M. (2015). Aporte de biomasa aérea de las especies arbóreas de la familia Myristicaceae en los bosques Amazónicos del Perú. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 263-273.
- Uslar, Y., Mostacedo, B y Saldías, M. (2004). Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz. *Bolivia en Ecología*, 39(1), 25-43.
- Vásquez, A y Arellano, H. (2012). Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de Córdoba. Colombia Diversidad Biótica XII, La región Caribe de Colombia (Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional

de Colombia, Bogotá, 2012) 923-961

- Vela, D. (2013). Composición Estructural de un bosque primario y un bosque secundario de 12 años en la Reserva Nacional ALLPAHUAYO-MISHANA, Iquitos-Perú. *Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Forestal*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. P 47.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F y Umaña, A. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. *Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá Colombia*, 236-237.
- Wolfgang, G y Gero, R. (2007). *Estructura, composición y dinámica del bosque seco*. San Ignacio de Velasco, Bolivia: Proyecto Bosques - CIAT. Pp 50.
- Yepes, A. P., del Valle, J. I., Jaramillo, S. L y Orrego, S. A. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Revista de Biología tropical*, 58(1), 427-445.
- Yepes, A., Jaramillo, S., Valle, J y Orrego, S. (2007). Diversidad y composición florísticas en bosques sucesionales andinos de la región del río Porce, Colombia. *Actual biológica*, 29(86), 107-117.
- Yepes, A., Navarrete, D., Duque, A., Philips, J., Cabrera, K., Álvarez, E y Ordoñez, M. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa –carbono en Colombia. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM- Bogotá D.C., Colombia*, 162.
- Zanne, A., Lopez - Gonzalez, G., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S., Miller, R y Lopez - Gonzalez, G. (2009). Base de datos Global Wood Density. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235> .

A. Anexos

Anexo 1. Composición florística de los tres fragmentos de bosque seco

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Anacardiaceae (S=3,N=45)	<i>Anacardium excelsum</i> (Kunth) Skeels	1	0	0
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	10	26	0
	<i>Spondias mombin</i> L.	8	0	0
Apocynaceae (S=3,N=9)	<i>Aspidosperma desmanthus</i> Benth. ex Müll. Arg	4	0	0
	<i>Calotropis procera</i> L.) W.T.Aiton	0	0	1
	<i>Tabernaemontana grandiflora</i> Jacq.	4	0	0
Arecaceae (S=2,N=7)	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess.Boer	3	0	0
	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	4	0	0
Aristolochiaceae (S=1,N=1)	<i>Aristolochia maxima</i> Jacq.	1	0	0
Asteraceae (S=1,N=2)	<i>Verbesina columbiana</i> B.L. Rob	2	0	0
Bignoniaceae (S=4,N=32)	<i>Adenocalymma aspericarpum</i> (A.H.Gentry) L.G.Lohmann	4	0	0
	<i>Handroanthus billbergii</i> (Bureau & K.Schum.) S.O.Grose	0	25	0
	<i>Fridericia pubescens</i> (L.) L.G. Lohmann	0	0	1
	<i>Bejuco Kalimba</i> (6304)	2	0	0
	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0	0
Bixaceae (S=1,N=1)	<i>Cordia alliodora</i> (Bureau & K.Schum.) S.O.Grose	0	1	0
Boraginaceae (S=3,N=91)	<i>Cordia alba</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	0	0	85
	<i>Cordia collococca</i> L.	2	0	3

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Bombacaceae (S=1,N=1)	<i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand	0	1	0
Burseraceae (S=3,N=166)	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	5	7	4
	<i>Protium sagotianum</i> Marchand	10	0	0
	<i>Protium tenuifolium</i> (Engl.) Engl.	140	0	0
Cactaceae (S=1,N=2)	<i>Pereskia guamacho</i> F.A.C. Weber	0	2	0
Caesalpiniaceae (S=1,N=2)	<i>Bauhinia glabra</i> Jacq.	2	0	0
Capparaceae (S=6,N=140)	<i>Capparidastrum tenuisiliquum</i> (Jacq.) Hutchinson	0	50	0
	<i>Capparis indica</i> (L.) Druce	0	3	0
	<i>Crataeva tapia</i> L.	1	0	2
	<i>Capparis flexuosa</i> Presl, Jan Svatopluk (Swatopluk)	0	37	26
	<i>Morisonia americana</i> L.	0	1	0
	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	0	20	0
Celastraceae (S=1,N=1)	<i>Maytenus</i> sp. (6323)	1	0	0
Chrysobalanaceae (S=2,N=2)	<i>Hirtella racemosa</i> Lam.	1	0	0
	<i>Parinari pachyphylla</i> Rusby	1	0	0
Combretaceae (S=1,N=3)	<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	1	0	0
	<i>Combretum</i> sp.	2	0	0
Connaraceae (S=1,N=2)	<i>Connarus panamensis</i> Griseb.	2	0	0
Dilleniaceae (S=1,N=1)	<i>Bejuco Quemador</i> (Davilla) A. St.-Hil.	1	0	0

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Fabaceae (S=24,N=238)	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	6	3	50
	<i>Albizia saman</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	0	0	3
	<i>Brownea rosa-de-monte</i> P.J. Bergius	3	0	0
	<i>Centrolobium paraense</i> Tul.	13	0	0
	<i>Latigo</i> (6303) (Jacq.) Benth.	2	0	0
	<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth	3	15	0
	<i>Machaerium biovulatum</i> Micheli	6	10	0
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	4	0	
	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	1	6	36
	<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	1	0	0
	<i>Acacia tamarindifolia</i> (L.) Willd.	0	3	0
	<i>Libidibia coriaria</i> (Jacq.) Schltdl.	0	1	0
	<i>Libidibia punctata</i> (Willd.) Britton	0	5	0
	<i>Machaerium goudotii</i> Benth.	0	6	0
	<i>Machaerium milleflorum</i> Pittier	0	0	13
	<i>Pithecellobium hymenaeafolium</i> (Willd.) Benth.	0	1	0
	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand	0	9	0
	<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	0	24	0
	<i>Caesalpinia punctata</i> Willd.	0	0	1
	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	0	0	2
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	0	0	1
	<i>Pithecellobium roseum</i> (Vahl) Barneby & J.W. Grimes	0	0	2
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	0	0	6
	<i>Pterocarpus sp.</i> (Jacq.)	0	2	0

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Euphorbiaceae (S=4,N=43)	<i>Croton niveus</i> Jacq.	0	32	0
	<i>Manihot carthaginensis</i> (Jacq.) Müll. Arg.	0	5	0
	<i>Hura crepitans</i> L.	0	0	5
	<i>Pera</i> sp.	1	0	0
Hypericaceae (S=1,N=10)	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	10	0	0
Lacistemataceae (S=1,N=2)	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	2	0	0
Lauraceae (S=1,N=12)	<i>Aniba citrifolia</i> (Nees) Mez	12	0	0
Lecythidaceae (S=1,N=2)	<i>Lecythis minor</i>	0	0	2
Malpighiaceae (S=3,N=3)	<i>Bunchosia argentea</i> (Jacq.) DC.	1	0	0
	<i>Bunchosia diphylla</i> (Jacq.) Cuatrec. & Croat	0	1	0
	<i>Bunchosia odorata</i> (Jacq.) Kunth	1	0	0
Malvaceae (S=5,N=9)	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	2	0	0
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0	0
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	0	0	1
	<i>Sterculia apetala</i> Jacq. H.Karst.	0	0	1
	<i>Pterygota colombiana</i> Cuatrec.	1	0	0
Melastomataceae (S=2,N=4)	<i>Miconia ibaguensis</i> (Bonpl.) Triana	1	0	0
	<i>Miconia spicellata</i> Bonpl. ex Naudin	3	0	0
Meliaceae (S=1,N=1)	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	1	0	0
Moraceae (S=3,N=26)	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	16	0	0
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	4	0	0
	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J.F. Macbr.	6	0	0
Myrtaceae (S=1,N=1)	<i>Myrcia</i> sp.	1	0	0

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Nyctaginaceae (S=3,N=9)	<i>Guapira fragrans</i> (Dum.-Cours.) Little	0	3	0
	<i>Pisonia aculeata</i> L.	0	0	4
	<i>Neea nigricans</i> Fawc. & Rendle	0	2	0
Piperaceae (S=1,N=4)	<i>Piper reticulatum</i> L.	4	0	0
Polygonaceae (S=3,N=13)	<i>Coccoloba obtusifolia</i> Fawc. & Rendle	0	3	0
	<i>Ruprechtia ramiflora</i> (Jacq.) C.A. Mey.	0	9	0
	<i>Coccoloba obovata</i> Kunth	1	0	0
Primulaceae (S=1,N=2)	<i>Bonellia frutescens</i> B.Ståhl & Källersjö	0	2	0
Rubiaceae (S=6,N=24)	<i>Isertia</i> sp.	1	0	0
	<i>Palicourea domingensis</i> (Jacq.) DC.	2	0	0
	<i>Pentagonia parviflora</i> Steyerm	1	0	0
	<i>Pogonopus speciosus</i> (Jacq.) K. Schum.	1	0	0
	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	0	14	0
	<i>Rudgea cornifolia</i> (Kunth) Standl.	5	0	0
Flacourtiaceae (S=2,N=50)	<i>Casearia tremula</i> (Griseb.) Griseb. ex C. Wright	0	49	0
	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	1	0	0
Simaroubaceae (S=1,N=77)	<i>Homalolepis cedron</i> (Planch.) Devecchi & Pirani	77	0	0
Sapindaceae (S=2,N=3)	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq. 1760	0	0	2
	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	0	1	0

Familia	Especie	Reserva Miramar	Parque Tayrona	Unimagdalena
Solanaceae (S=1,N=2)	<i>Cestrum</i> (6309) L.	2	0	0
Sapotaceae (S=1,N=7)	<i>Pradosia colombiana</i> (Standl.) Penn. ex T.J. Ayers & Boufford	0	7	0
Mimosaceae (S=2,N=10)	<i>Leucaena trichodes</i> (Jacq.) Benth.	0	6	0
	<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	0	4	0
Verbenaceae (S=1,N=2)	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	0	2	0
Total General		413	398	251
Número de especies:		407	398	250
Número de individuos:		57	38	21
Compleitud del muestreo (%):		0,946	0,982	0,98