



**ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL ROBLE NEGRO (*Colombobalanus
excelsa*) EN EL VALLE DEL CAUCA, UNA HERRAMIENTA PARA LA
FORMULACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PARA SU CONSERVACIÓN**

JUAN SEBASTIÁN MORENO SILVA

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2014**

**ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL ROBLE NEGRO (*Colombobalanus
excelsa*) EN EL VALLE DEL CAUCA, UNA HERRAMIENTA PARA LA
FORMULACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PARA SU CONSERVACIÓN**

JUAN SEBASTIÁN MORENO SILVA

Proyecto de grado

Tutor Académico

William G. Vargas, M.Sc.

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2014

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. PROBLEMA A TRATAR.....	13
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
2.2 FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA	13
2.3 JUSTIFICACIÓN	14
3. MARCO DE REFERENCIA.....	15
3.1 ANTECEDENTES	15
3.2 MARCO TEÓRICO	16
3.2.1 LOS ROBLES COLOMBIANOS, FAMILIA FAGACEAE	16
3.2.2 <i>Colombobalanus excelsa</i>	17
3.2.3 ESTRUCTURA POBLACIONAL	19
3.2.4 IMPORTANCIA DE UN VIVERO PARA LLEVAR A CABO ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	20
4. OBJETIVOS.....	21
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
5. METODOLOGÍA	22
5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	22
5.2 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS	23
5.3 ESTRUCTURA POBLACIONAL	24
5.4 CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS Y TRASPLANTE DE PLÁNTULAS	24
5.4.1 BANCO DE SEMILLAS.....	24
5.4.2 GERMINACIÓN Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS	25
5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	25
5.5.1 ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS	25
5.5.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: MORISITA-HORN	26
5.5.3 TRANSECTOS	27
5.5.4 COEFICIENTE DE SIMILITUD DE JACCARD.....	28
6. RESULTADOS.....	29
6.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	29

6.2 ESTRUCTURA	30
6.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COEFICIENTE DE SIMILITUD	34
6.4 BANCO DE SEMILLAS.....	36
7. DISCUSIÓN	40
7.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	40
7.2 ESTRUCTURA	41
7.3 INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA	43
7.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COEFICIENTE DE SIMILITUD	43
7.5 BANCO DE SEMILLAS.....	44
7.6 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	44
8. CONCLUSIONES	47
9. RECOMENDACIONES	48
10. BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de abundancia y composición de especies correspondientes a las dos parcelas permanentes establecidas.....	29
Tabla 2. Dominancia absoluta y relativa de las familias y especies más representativas en las dos parcelas permanentes.....	33
Tabla 3. Semillas colectadas en los 3 puntos de muestreo y su estado físico. (BE) buen estado, (D) descomposición.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Finca La Irlanda (3°17'11.72"N y 76°38'1.55"W), municipio de Jamundí, corregimiento de San Vicente.....	22
Figura 2. Parcela permanente de 50x20 m, para la evaluación de la estructura poblacional y distribución espacial en donde se evaluaron los individuos de <i>Colombobalanus excelsa</i>	23
Figura 3. Transecto tipo Gentry 20x2 m. En rojo se representa el borde del fragmento y el rombo azul es la ubicación de una especie a 5.2 m desde el borde dentro del transecto en el interior.....	28
Figura 4. Abundancia relativa de las once especies registradas en las dos parcelas permanentes.....	30
Figura 5. Número de individuos por clases diamétricas de <i>Colombobalanus excelsa</i> en las dos parcelas permanentes establecidas.....	31
Figura 6. Número de individuos por clases diamétricas de <i>Colombobalanus excelsa</i> y las especies asociadas, en las dos parcelas permanentes establecidas.....	31
Figura 7. Estructura poblacional de las tres especies más abundantes dentro de las dos parcelas permanentes establecidas.....	32
Figura 8. Índice de valor de importancia (IVI) para las once especies encontradas en las dos parcelas permanentes establecidas.....	33
Figura 9. Distribución de individuos por distancia en el interior y exterior del bosque. La distancia negativa representa individuos en el exterior y positiva en el interior.....	34
Figura 10. Distribución de individuos de <i>Colombobalanus excelsa</i> por distancia en el interior y exterior del bosque. La distancia negativa representa individuos en el exterior y positiva en el interior.....	35
Figura 11. Semillas encontradas en la Parcela 1 (MS-1) y su estado físico. (A) Semilla de <i>A. latifolia</i> (BE), (B) Semilla de <i>A. latifolia</i> (D), (C) Semilla de <i>C. excelsa</i> (D), (D) Semilla de <i>C. excelsa</i> (D).....	37
Figura 12. Semillas encontradas en la Parcela 2 (MS-1, MS-2) y su estado físico. (A) Semilla de <i>C. excelsa</i> (D), (B) Semilla de <i>C. excelsa</i> (D).....	38
Figura 13. Semilla de <i>A. latifolia</i> encontrada en la zona de plántulas, muestra de suelo 1 (MS-1) y su estado físico.....	39

Figura 14. Fragmento de bosque de *C. excelsa* y especies asociadas. En amarillo se observa el robledal con un área de 7846 m², las flechas azules indican cultivos de lulo rodeando el fragmento.....42

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Estructura y Dinámica de las especies en las dos parcelas permanentes en el fragmento de bosque de roble negro en el PNN Los Farallones. (Ab) abundancia absoluta, (Ab%) abundancia relativa, (Fr) frecuencia absoluta, (Fr%), frecuencia relativa, (G) dominancia absoluta, (G%) dominancia relativa, (IVI) índice de valor de importancia.....54
- Anexo 2.** Pruebas de germinación y viabilidad de semillas de roble negro *Colombobalanus excelsa* colectados en la cordillera oriental de los Andes de Colombia. Tabla 2 tomada de Parra *et al.* (2011b).....54
- Anexo 3.** Semillas encontradas en el fragmento de bosque fuera de las parcelas, en diferentes épocas de estados físicos, (A) cúpulas de las semillas de roble negro después de ser consumidas por *Psittacara wagleri*. (B) semillas colectadas en época de poca precipitación vacías y fragmentadas, (C) semillas colectadas en época de alta precipitación y en estado de descomposición.....55

RESUMEN

El roble negro, *Colombobalanus excelsa*, es una especie endémica de Colombia y en peligro de extinción, incluida actualmente en un grado vulnerable con un alto riesgo de entrar en una categoría mayor debido a la velocidad con la que disminuyen sus poblaciones a causa de actividades humanas. Su distribución actual está restringida a cuatro poblaciones aisladas entre sí, ubicadas en los departamentos del Huila (PNN Cueva de los Guacharos), Antioquia (Amalfi), Santander (SFF Guanentá Alto Río Fonce) y Valle del Cauca (PNN Los Farallones).

La ecología de los robledales se ha quedado limitado por lo general a una sola especie, el roble común (*Quercus humboldtii*) dejando a un lado los estudios del roble negro, especie de la cual se ha estudiado poco. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la estructura poblacional y el estado actual de conservación de la única población conocida de *C. excelsa* en la cordillera Occidental (PNN Farallones de Cali), para proponer estrategias de conservación y restauración de esta especie en el 2013. Se evaluó la estructura poblacional, composición y estructura de la flora arbórea asociada del roble negro mediante el establecimiento de dos parcelas permanentes de 50 x 20 m ubicadas aleatoriamente, en donde se tuvo en cuenta un registro total de la especie. Por último se evaluaron los bancos de semillas del suelo de *C. excelsa* mediante muestras de suelo al azar dentro de las parcelas permanentes.

Se encontró que *Colombobalanus excelsa* y las especies asociadas presentaron una distribución diamétrica en forma de J invertida indicando un óptimo desarrollo del robledal en donde predominaron las clases diamétricas menores de 9,99 cm. A medida que iban aumentando su diámetro la abundancia iba disminuyendo característica propia de un bosque secundario. En las dos parcelas permanentes establecidas se registraron 515 individuos representados en 7 familias, 9 géneros y 11 especies arborescentes. Las familias Fagaceae, Euphorbiaceae y Moraceae representaron el 82,52% de los individuos de las parcelas. El índice de valor de importancia (IVI) más alto fue de 45% y correspondió a *C. excelsa*. Además presentó una distribución al azar con un índice de Morisita-Horn igual 1,0. En el banco de semillas no se registraron semillas en las muestras de suelo y las únicas semillas encontradas presentaban un estado avanzado de descomposición.

Los resultados estarían dirigidos a conocer a largo plazo la dinámica de las poblaciones, la distribución natural dentro del PNN Farallones de Cali, la flora asociada, las tasas de reclutamiento y fenología.

Palabras Clave: *Colombobalanus excelsa*, estructura poblacional, vivero, robledal, parcela permanente, conservación

ABSTRACT

The black oak, *Colombobalanus excelsa* is an endemic species of Colombia and is considered endangered, included today in a vulnerable category with a high risk of entering a higher category because of the rate in which their populations decline due to human activities. Its current distribution is restricted to four populations isolated, located in the departments of Huila (PNN Cueva de los Guacharos), Antioquia (Amalfi), Santander (SFF Guanentá Alto Rio Fonce) and Valle del Cauca (PNN Los Farallones).

The ecology of the oak has been generally limited to one species; the common oak (*Quercus humboldtii*), leaving aside studies related with the black oak, a species that has been vaguely studied. This study aims to estimate the population structure and the current state of conservation of the only known population of *C. excelsa* in the West Andes (PNN Farallones de Cali), to propose different strategies of conservation and restoration of this specie in 2013. The population structure, composition and structure of the tree flora associated to the black oak was evaluated through the establishment of two plots of 50 x 20 m randomly located. Finally seed bank of the species was measured, using soil samples randomly within the permanent plots.

It was found that *Colombobalanus excelsa* and the associated species diameter distribution showed a J-shaped inverted indicating an optimal development where the individuals of oak predominated under 9.99 cm diameter classes and as its diameter would increase the abundance was. In both plots established were recorded 515 individuals in 7 families, 9 genera and 11 species arborescents. The Fagaceae, Euphorbiaceae and Moraceae families accounted for 82.52 % of the individuals in the plots. The highest IVI (Importance Value Index) was 45 % of *C. excelsa*. This species showed a random distribution with an index of Morisita-Horn equal to 1.0. Seeds were not recorded in the soil samples and the only seeds found had an advanced state of decomposition.

The results would target to know long-term population dynamics, natural distribution within the PNN Farallones de Cali, associated flora, recruitment rates and phenology.

Keywords: *Colombobalanus excelsa*, population structure, nursery, oak, permanent plot, conservation

1. INTRODUCCIÓN

Una de las formaciones boscosas más representativas de los bosques andinos lo constituyen los bosques dominados por roble común (*Quercus humboldtii*) y roble negro (*Colombobalanus excelsa*) (Ávila *et al.* 2010). Los robledales al igual que la mayoría de bosques andinos, fueron objeto de un intenso aprovechamiento y disminución de su área de distribución. Teniendo en cuenta que el rango de distribución del roble ha sido reducido al 42% del original, Cárdenas & Salinas (2007), categorizaron la especie como especie vulnerable (IUCN).

Una de las grandes amenazas que tienen estas poblaciones es la pérdida de hábitat, ya que se considera que sólo queda el 27% del área original de los bosques andinos. La conservación de estas especies no sólo tiene impacto, en términos de la conservación de este recurso forestal, sino que tiene importancia al conservar el ecosistema relacionado con éste, ya que estos árboles crecen en asociaciones que permiten el desarrollo de gran cantidad de especies que han hecho del ecosistema de roble su nicho (Palacio & Fernández, 2006).

Colombobalanus excelsa (Lozano *et al.* 1979; Nixon & Crepet, 1989) es una especie monotípica y endémica de los bosques andinos premontanos (Cárdenas y Salinas, 2007). Su distribución actual está restringida a cuatro poblaciones aisladas (León & Giraldo, 2000) y muy distantes entre sí en los departamentos de Huila, Antioquia, Santander y Valle del Cauca.

Este proyecto busca contribuir al diseño de una estrategia de conservación, mediante el análisis de la información colectada en parcelas permanentes respecto a su estado de conservación y la estructura poblacional en un sector del Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Para esto se establecieron dos parcelas permanentes de 50x20 m, en donde se evaluaron características estructurales y florísticas. Además en cada parcela se evaluaron bancos de semillas, mediante la colecta de muestras de suelo al azar dentro de las parcelas permanentes.

Colombobalanus, por ser un género monotípico y tener una distribución tan restringida, hace prioritario tomar decisiones sobre las estrategias de conservación de esta especie, la cual se encuentra altamente amenazada por diversos factores y de la cual se conoce muy poco. Esta especie estaría teniendo una disminución importante por causas naturales debido a su poca capacidad de competir frente a *Quercus humboldtii* (Palacio, 2005), lo cual se suma a extracción de la madera, depredación de semillas y de plántulas, aislamiento de las poblaciones y ausencia de estrategias para su conservación.

Los aportes que se pueden hacer desde este trabajo estarán dirigidos a conocer a largo plazo la dinámica de las poblaciones y a corto plazo la distribución natural

dentro del PNN Farallones de Cali, la flora asociada, las tasas de reclutamiento y fenología. Los estudios de vivero brindarán la oportunidad de conocer sus tasas de germinación y desarrollo, así como tasas de adaptación y supervivencia luego del trasplante.

2. PROBLEMA A TRATAR

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El roble negro (*Colombobalanus excelsa*) es una de las especies más emblemáticas de los bosques andinos, tanto por ser endémica, como por su reciente descubrimiento, creciente deterioro de sus poblaciones y grado de amenaza. Se busca para finales del 2013 contribuir al diseño de una estrategia de conservación, mediante el análisis de la información colectada en parcelas permanentes respecto a su estado de conservación y la estructura poblacional en un sector del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

2.2 FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La familia de los robles (Fagaceae), se caracteriza por estar conformada de árboles leñosos perennes de larga vida de los cuales se espera que sean resilientes a cambios en la diversidad genética debido al amplio flujo génico y largos tiempos generacionales (White *et al.* 1999). La fragmentación trae consigo problemas de aislamiento, que conllevan a la reducción flujo génico y por lo tanto también de pérdida de diversidad genética a través de la deriva génica (Fernández & Zork, 2006).

Colombobalanus excelsa (Lozano, Hern. Cam. & Henao) Nixon & Crepet, conocida comúnmente como roble negro, especie monotípica y endémica de Colombia se encuentra ubicada en cuatro poblaciones aisladas y muy distantes entre sí en los departamentos del Huila (PNN Cueva de los Guacharos), Antioquia (Amalfi), Santander (SFF Guanentá Alto Río Fonce) y Valle del Cauca (PNN Los Farallones) (Cárdenas & Salinas, 2007), sometida a la reducción, pérdida, degradación y fragmentación del hábitat principalmente por causas antrópicas, como la explotación ilegal desmedida para la utilización de su madera, la producción de carbón y el consumo de su corteza para la curtiembre de cueros (Barrios *et al.* 2006, Parra *et al.* 2011a). El auge que ha tenido el café en los últimos años y otro tipo de cultivos como los frutales ha traído consigo la ampliación de la frontera agrícola y consecuentemente la disminución del área ocupada por estos bosques, agravando los procesos de fragmentación y riesgo para la especie (Parra *et al.* 2011a). La fragmentación del hábitat puede amenazar la viabilidad de las poblaciones, alterando múltiples procesos ecológicos y genéticos (Templeton *et al.* 1990).

Por los factores mencionados anteriormente, esta especie se clasifica actualmente en la categoría vulnerable (VU). Esto significa que no está en peligro crítico o en

peligro, pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo (UICN, 1987). La necesidad de conservar esta especie, así como los robledales, hace necesario el estudio ecológico de sus poblaciones, haciendo uso de herramientas como la estructura y dinámica poblacional, fenología, flora asociada, interacciones planta-animal para poder generar nuevo conocimiento sobre el roble negro. Su importancia ecológica y su nivel de amenaza hacen necesaria la formulación de estrategias de conservación y restauración.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia del estudio y establecimiento de sistemas de parcelas en el estudio de las formaciones boscosas en Colombia es de vital importancia para el entendimiento de los cambios ambientales dentro de las poblaciones que ocurren en el planeta y para la implementación de planes adecuados en el manejo de ecosistemas. Con este sistema se pueden conocer los patrones de productividad primaria, acumulación de materia orgánica, patrones de diversidad y abundancia de poblaciones claves (en este caso robledales compuestos por *C. excelsa*), perturbaciones naturales y perturbaciones ocasionadas por el hombre. Un punto fundamental es la cuantificación periódica de los cambios en la composición y la estructura de los bosques (Joyas *et al.* 2005).

La importancia del proyecto radica en conocer la dinámica de las poblaciones de *Colombobalanus excelsa* la distribución natural dentro del PNN Farallones de Cali, la flora asociada, las tasas de reclutamiento y su fenología.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

Gonzales (2001) realizó estudios de diversidad y estructura genética en *Colombobalanus excelsa* para tres de las cuatro localidades registradas de esta especie: PNN Farallones de Cali, PNN Cueva de los Guácharos y SFF Alto Guanentá Río Fonce, utilizando 17 microsatélites desarrollados originalmente para *Quercus petraea* y cuatro marcadores moleculares desarrollados originalmente para *Q. mirsinifolia*, de los 21 marcadores evaluados en total se escogieron tres. Se encontraron valores altos de R_{st} (0.066) (estimador de estructura poblacional) lo que indica divergencia poblacional. Además el roble negro presentó mayores valores de diversidad genética en las poblaciones de PNN Farallones de Cali, siendo intermedios los de SFF Alto Guanentá Río Fonce en Santander y con evidentes signos de desequilibrio en la población de PNN Cueva de los Guácharos; lo que sugiere que todas las tres poblaciones son importantes para conservar.

Palacio (2005) realizó un estudio comparativo de la diversidad genética de los robles colombianos representados por las especies *Colombobalanus excelsa* (roble negro) y *Q. humboldtii* (roble común). Con el objetivo de comparar la diversidad genética y divergencia evolutiva entre poblaciones de las especies, fueron estudiados adultos de tres poblaciones de cada especie en las mismas localidades, a la misma escala geográfica; encontrándose valores similares, aunque ligeramente más altos de diversidad genética local en *C. excelsa*, especie de poblaciones relictuales. Por otro lado, y en una escala evolutiva más extensa, las poblaciones de *C. excelsa* divergen más que las de *Q. humboldtii*. Los resultados de este estudio se enfocaron en el establecimiento de medidas de conservación independientes para cada especie en cada población por los niveles altos de diversidad genética local y estructura genética que aún mantienen.

Estudios posteriores a Palacio (2005) fueron hechos por Arroyave (2007) en el laboratorio de Biología Molecular del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), el cual consistía en determinar la diversidad genética del roble negro por medio de los marcadores moleculares utilizados para *Q. humboldtii*. Se pudo estimar la variabilidad genética y establecer el grado de divergencia para cuatro poblaciones: PNN Farallones de Cali, SFF Alto Guanentá Río Fonce, PNN Cueva de los Guácharos y la nueva población en Amalfi Antioquia (Aguirre, 2009).

En cuanto a estudios de la estructura poblacional del roble negro se han realizado dos estudios en los departamentos de Huila y Santander (Aguirre, 2009; Parra *et al.* 2011). Aguirre (2009) determinó la estructura poblacional del roble negro en cuatro remanentes de bosque intervenido en los municipios de Acevedo y Timaná

(Huila) por medio de parcelas permanentes. Haciendo uso de modelos probabilísticos de frecuencias diamétricas comparó la distribución espacial en los cuatro remanentes de. Mediante este estudio encontró que los modelos probabilísticos que se ajustaron a cada remanente de bosque se asemejaban a exponenciales inversas o J invertidas, describiendo la población de roble negro estudiada, la cual pertenece a un rodal multietáneo. Esta estructura encontrada siguió patrones que ya han sido establecidos en otros trabajos sobre bosques tropicales. Los resultados fueron orientados hacia el conocimiento necesario para diseñar planes adecuados para la conservación de la especie.

Dos años después de este estudio Parra *et al* (2011) trabajaron en la regeneración natural del roble negro en dos poblaciones de la cordillera Oriental de los Andes, Colombia, específicamente en los departamentos de Huila y Santander. Los resultados muestran un suministro extremadamente bajo de renuevos y propágulos de roble negro, lo cual potencialmente puede poner en riesgo la persistencia de estos bosques.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 LOS ROBLES COLOMBIANOS, FAMILIA FAGACEAE

La familia Fagaceae tuvo su origen en Laurasia, en donde también ocurrió la diferenciación original de sus géneros. Según la evidencia fósil puede aceptarse el Sureste de Asia y parte de Indonesia como el centro de origen de Fagaceae y posiblemente de las Trigonobalanoide durante el Cretáceo (Lozano *et al.*1979).

En Colombia, los bosques de robles se localizan desde la zona subandina o premontana (1400 metros de altitud), hasta las regiones andina y alto andina (2800 m), conformando varios tipos de comunidades boscosas que van desde comunidades homogéneas con dominancia de algunas de las especies de roble, zonas de transición de robledales a bosques heterogéneos, donde predominan las diferentes especies de laureles, entre otras (Parra *et al.* 2011a).

Los robledales son formaciones boscosas, representadas por dos especies: *Colombobalanus excelsa* y *Quercus humboldtii* (León & Giraldo 2000; León *et al.* 2009). Los robles son arboles de hojas alternas, a veces opuestas o verticiladas, de hojas simples, enteras, estipuladas, con flores unisexuales. Las flores masculinas comprendiendo entre 4-40 estambres con filamentos filiformes, anteras basifijas, biceldadas y dehiscencia longitudinal. Las flores femeninas solitarias o en grupos pequeños en un involucre de brácteas imbricadas, en címulas de 2-3 flores con o sin involucre, ovario ínfero, adherido a un perianto de 4-6 lóbulos, triceldado con 6 rudimentos seminales. El fruto es una nuez subtenida

por una cúpula o involucre formado por numerosas brácteas pequeñas y coriáceas (Vargas, 2002).

Los robles poseen características poco comunes en los bosques tropicales. Un ejemplo de esto es la polinización mediada por la fauna, mientras que en los robles colombianos y en todos los neotropicales la polinización es de tipo anemófila, común en árboles de las zonas templadas. Estas especies son de las pocas que presenta polinización anemófila en el trópico húmedo montano, este tipo de polinización es típica de especies que presentan altas densidades poblacionales donde todos los individuos de una población se reproducen en la misma época del año y liberan el polen sincronizadamente en un corto período de tiempo (Lozano *et al.* 1979).

Las fagáceas son elementos comunes de los bosques de las regiones montañosas neotropicales. Constituyen una de las mayores y mejores fuentes de energía de las comunidades rurales, siendo evidente en áreas cercanas a las grandes ciudades de las regiones montañosas. Además de esto su importancia económica puede aun ser incrementada en esquemas modernos de aprovechamiento de su madera, hojarasca y frutos, contribuyendo de manera más efectiva al desarrollo de las comunidades rurales (Espinosa & Marcial, 2006).

3.2.2 *Colombobalanus excelsa*

Colombobalanus excelsa (Lozano, Hern. Cam. & Henao) Nixon & Crepet, es una especie endémica de los Andes colombianos y fue descrita por primera vez en el departamento del Huila, en el Parque Nacional Natural (PNN) Cueva de los Guácharos, por el ingeniero forestal Jesús Henao en 1979, con base en muestras fértiles colectadas (Lozano *et al.* 1979).

Conocido comúnmente como roble negro en el Valle y roble morado o robla en Santander (Calderón, 2001), se clasificó inicialmente dentro del género *Trigonobalanus* Forman, subfamilia Trigonobalanoideae. Desde el punto de vista biogeográfico, el descubrimiento de *C. excelsa* en la región neotropical fue notable ya que hasta ese momento sólo se conocían dos especies con distribución restringida a la Federación Malaya y a Tailandia (Lozano *et al.* 1979). Posteriormente, la especie fue transferida al género monotípico *Colombobalanus*, Subfamilia Fagoidea (Nixon y Crepet, 1989) argumentando que las especies de *Trigonobalanus* no parecían compartir sinapomorfias, complementado con evidencia fósil, se determinó que cada una de las tres especies del género tiene características que son únicas dentro de la familia Fagaceae y por lo tanto justificaba que cada una perteneciera a un género independiente (monotípico): *Trigonobalanus*, *Formanodendron* y *Colombobalanus* (Nixon & Crepet, 1989; Palacio, 2005).

3.2.2.1 DISTRIBUCIÓN

Es una especie monotípica y en peligro de extinción, incluida actualmente en la categoría “vulnerable” de amenaza (Cárdenas y Salinas, 2007), pero probablemente muy pronto estará en una categoría mayor debido a la velocidad con la que aumenta el riesgo de esta especie (Parra *et al.* 2011b). Su distribución actual está restringida a cuatro poblaciones aisladas (León & Giraldo, 2000) y muy distantes entre sí, ubicadas en los departamentos del Huila (PNN Cueva de los Guacharos), Antioquia (Amalfi), Santander (SFF Guanentá Alto Río Fonce) y Valle del Cauca (PNN Los Farallones). Posee un área de distribución estimada menor a 1.100 km², sometida a una disminución a gran velocidad por causa de la expansión de cultivos y la extracción de madera (Parra *et al.* 2011b).

3.2.2.2 ECOLOGÍA

El roble negro se encuentra en elevaciones entre 1800-2000 msnm, con una temperatura media anual de 15.4°C y una precipitación promedio de 2996 mm (Palacio, 2005). Crece generalmente en condiciones de bosque nublado y luminoso, en los flancos internos de las cordilleras de los Andes colombianos (Lozano *et al.* 1979). Forma bosques homogéneos o en asociación con *Q. humboldtii* y con la especie herbácea *Monotropa uniflora* (Calderón, 2001). Al ser una especie de alta tolerancia ecológica, crece sobre diferentes tipos de suelos, desde los medianamente fértiles y profundos, hasta degradados y casi estériles; sin embargo, prospera mejor en suelos poco profundos, con gruesa capa de humus y relativamente sueltos (Devia & Arenas 1995).

De acuerdo a observaciones realizadas en *Colombobalanus excelsa*, la dispersión del polen es anemófila y en cuanto a la dispersión de las semillas no hay estudios claros que provean información detallada, solo hay reportes de aves comedoras de semillas como *Columba fasciata*, *Pionus chalcopterus*, *Bolborhynchus lineola* y *Psittacara wagleri* que durante el vuelo puedan llevar semillas no depredadas en su pico que al dejarlas caer aumentan el rango y la densidad de la población (Calderón, 2001; Lozano *et al.* 1979).

3.2.2.3 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

Son árboles que pueden superar los 40 m de altura, con copa globosa a irregular y fuste recto, cilíndrico, en gran proporción libre de ramas y más de un metro de diámetro, con pequeñas raíces tablares. Su corteza es lisa en estado juvenil, con gran cantidad de lenticelas, dispuestas en líneas horizontales. Consta de hojas simples, alternas, de 8 a 18 cm de largo por 3 a 8 cm de ancho; textura coriácea; generalmente con margen aserrado en el tercio superior de la misma; los nervios o venas secundarias pueden ser alternos o casi opuestos y llegan hasta el final de la hoja. Cuando las hojas son jóvenes pasan de tonos rojizos a verdes muy claros y

luminosos (verde limón), características que los hace distinguibles desde largas distancias, mientras que cuando son maduras, toman un color verde muy oscuro, Un rasgo importante de las hojas es que presentan estípulas, libres y más o menos persistentes, en especial en los tallitos jóvenes (Lozano *et al.* 1979; Parra *et al.* 2011a).

De acuerdo con Lozano *et al.* (1979) el roble negro es una especie monoica, es decir que presenta flores masculinas y flores femeninas en el mismo árbol. Las flores masculinas se agrupan en espigas axilares de 13 a 18 cm de longitud y en posición erecta, localizadas en el extremo de las ramas, en algunos casos por debajo de las flores femeninas. Las inflorescencias femeninas están dispuestas en ramos de hasta 13 cm, con flores sésiles (sin pedúnculo) dispuestas en unas estructuras de base amplia conocidas como cúpulas. Así mismo se describe a los frutos en donde se disponen sobre cúpulas erectas, escamosas, con tres o más lóbulos. Las semillas de roble negro, tienen una base truncada y un tamaño aproximado de 8 a 11 mm de longitud, son de forma triangular debido a la compresión mutua dentro de cada cúpula. La cubierta exterior de la semilla madura presenta un color marrón y apariencia de terciopelo. Sus cotiledones están plegados interiormente, son oleíferos (aceitosos) y asimétricos, sin una cantidad apreciable de reserva. La posición de los cotiledones en el proceso de germinación es epigea, es decir que se dan por encima del sustrato

3.2.2.4 FENOLOGÍA

Estudios realizados en las poblaciones del sur del Huila, el roble negro pierde su follaje con menos intensidad que el roble común. El proceso se observó en la segunda quincena de septiembre en la parte alta de las copas de los árboles, afectando menos del 25% del follaje. Como esta pérdida de follaje no es cuantiosa; los árboles no pierden su aspecto siempreverde (Parra *et al.* 2011a). Con respecto a la floración, después del periodo de reposo reproductivo, se inicia la floración hacia la segunda quincena de agosto extendiéndose hasta la primera quincena de enero. En la primera quincena de septiembre todos los árboles presentan flores y abundantes inflorescencias masculinas caen al suelo; en la segunda quincena de octubre hay evidencias de fructificación. En diciembre se observó otra generación de flores en los mismos árboles (Lozano *et al.* 1979).

3.2.3 ESTRUCTURA POBLACIONAL

La estructura poblacional puede ser entendida como la abundancia relativa y la dispersión espacial de los árboles de distinto tamaño y edad de una especie. Una distribución está balanceada si existen abundantes individuos en las clases de tamaño menores y progresivamente el número de individuos va disminuyendo

hacia las clases de diámetro mayores. Este tipo de distribución es indicativa de una población estable, capaz de autoperpetuarse en el tiempo (Aguirre, 2009).

La estructura poblacional puede evaluarse en términos de diámetros, área basal (suma de áreas de fuste a nivel del DAP en valores por unidad de superficie) o cobertura del dosel (expresión análoga al área basal pero en cobertura de copas); pero, puede evaluarse mucho mejor a partir de distribuciones diamétricas, dada la proporcionalidad que existe entre estas variables, ya que rara vez se mide directamente el área de los individuos así como la cobertura de copa y normalmente se derivan de funciones del DAP (Corvalán *et al.* 2006) citado por (Aguirre, 2009).

3.2.4 IMPORTANCIA DE UN VIVERO PARA LLEVAR A CABO ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

El vivero es de vital importancia para la propagación de especies amenazadas y endémicas, especies claves para los hábitats, especies útiles y potenciales y especies que brindan abundantes recursos para la fauna, como es el caso del roble negro. Alrededor de los viveros se pueden originar procesos de conservación que involucren a las comunidades. En este sentido, el trabajo de vivero permite la participación de diferentes grupos de personas de una comunidad y favorecer la creación de conciencia y compromiso con los procesos. Los viveros son sitios de paso para las plantas, en ellos son propagados y permanecen allí el tiempo necesario hasta lograr la altura y el vigor adecuados para ser llevados al sitio definitivo en el campo (Vargas & Lozano, 2008).

De acuerdo con Vargas *et al.* (2009) algunos elementos son determinantes para el establecimiento y la construcción de viveros para especies nativas, pues a diferencia de la producción de especies forestales industriales, de las que existe abundante información y experiencias de manejo, en las especies nativas, endémicas y amenazadas son muchos los vacíos. En conservación de biodiversidad tiene gran valor la propagación sexual, mientras que para el establecimiento de algunas herramientas de manejo del paisaje la propagación vegetativa o asexual puede tener gran valor. Aunque la mayoría de material vegetal deberá ser obtenido a través de propagación por semillas, como una manera de obtener mayor diversidad genética. La propagación por semillas requiere de un seguimiento en campo de las especies de interés para su propagación. Identificar “el punto de madurez”, así como los mecanismos para obtener semillas de buena calidad son claves, como también lo es el debido tratamiento y manejo adecuado para asegurar una germinación aceptable y tasas de desarrollo de las plántulas acorde con lo requerido.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la estructura poblacional y el estado actual de conservación de una de las poblaciones conocidas de roble negro (*Colombobalanus excelsa*) en la cordillera Occidental (PNN Farallones de Cali) para proponer estrategias de conservación de esta especie.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Evaluar la estructura poblacional del roble negro (*Colombobalanus excelsa*) en el PNN Farallones de Cali mediante distribuciones diamétricas

4.2.2 Evaluar la composición y estructura de la flora arborescente asociada *Colombobalanus excelsa* en el PNN Farallones de Cali

4.2.3 Evaluar la capacidad de germinación de las semillas de *Colombobalanus excelsa*, así como la capacidad de las plántulas para sobrevivir al trasplante a nivel de vivero.

4.2.4 Proponer una estrategia para la conservación de *Colombobalanus excelsa* en el PNN Farallones de Cali.

5. METODOLOGÍA

5.1 ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Farallones de Cali tiene una extensión de 206.770,63 hectáreas, en alturas que van desde 200 a 4.100 metros de elevación. Está ubicado en la cordillera Occidental, en el departamento del Valle del Cauca, en jurisdicción de los municipios de Cali, Jamundí, Dagua y Buenaventura (Parque Nacionales Naturales de Colombia, 2013)

Los fragmentos de roble negro conocidos se encuentran en los municipios de Cali y Jamundí, área de estudio en donde se desarrolló este proyecto. Uno de los sitios de mayor concentración de roble negro es la finca La Irlanda con coordenadas geográficas de $3^{\circ}17'11.72''\text{N}$ y $76^{\circ}38'1.55''\text{W}$, ubicada en el municipio de Jamundí, corregimiento de San Vicente, a alturas entre 1800 y 2100 metros, en los límites del parque (Figura 1).

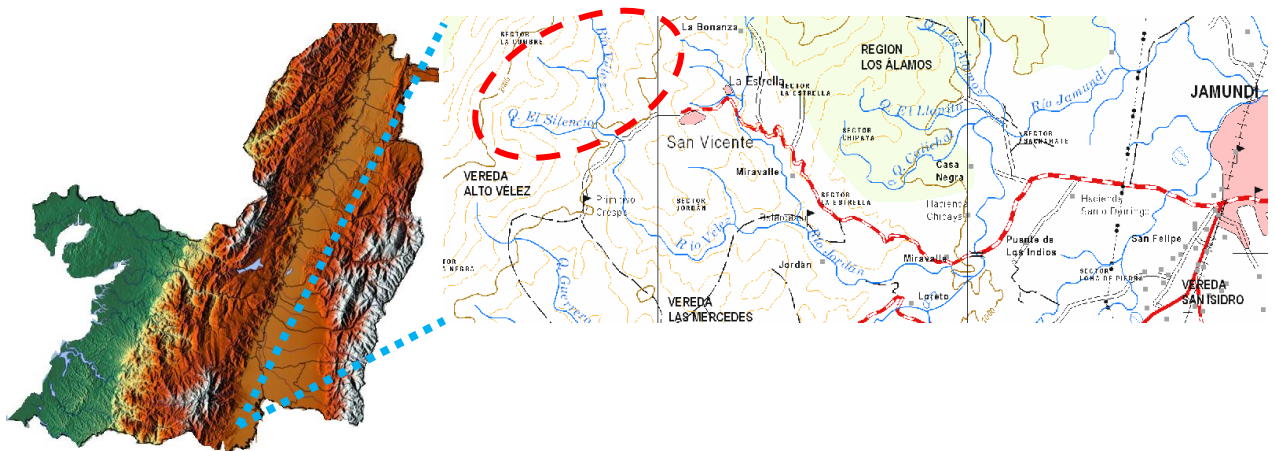


Figura 1. Área de estudio. Finca La Irlanda ($3^{\circ}17'11.72''\text{N}$ y $76^{\circ}38'1.55''\text{W}$), municipio de Jamundí, corregimiento de San Vicente.

5.2 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS

Se establecieron dos parcelas permanentes de 50x20 m (Figura 2) ya que para estudios de dinámica de poblaciones, el tamaño de la parcela debe ser tal que incluya un número representativo de especies de árboles de la comunidad a evaluar. Esta representatividad sólo es posible obtenerla al demarcar un área grande y etiquetar cada uno de los individuos (Joyas *et al.* 2005). Cada parcela se subdividió en diez cuadrantes o subparcelas de 10x10 m, para facilitar la medición dentro de las mismas. Cada una delimitadas con tubos de PVC en cada vértice, asegurándose en cada vértice un ángulo recto. El área de una parcela permanente siempre se refiere a su proyección sobre un plano horizontal, en este caso y como muchos en la práctica, el área de establecimiento estará en sitios con alta heterogeneidad en relación con la topografía o la pendiente del terreno, siendo necesaria hacer una corrección pertinente de la pendiente (Joyas *et al.* 2005).

Se registraron los individuos con números sucesivos. En cuanto al marcaje de individuos, los arboles con un DAP muy grande se marcaron con pintura amarilla o esmalte exterior estándar. Así mismo para los individuos con un DAP pequeño se utilizaron láminas de aluminio marcando sobre ellas su número correspondiente. El diámetro de cada individuo se registró con cinta métrica (Joyas *et al.* 2005).

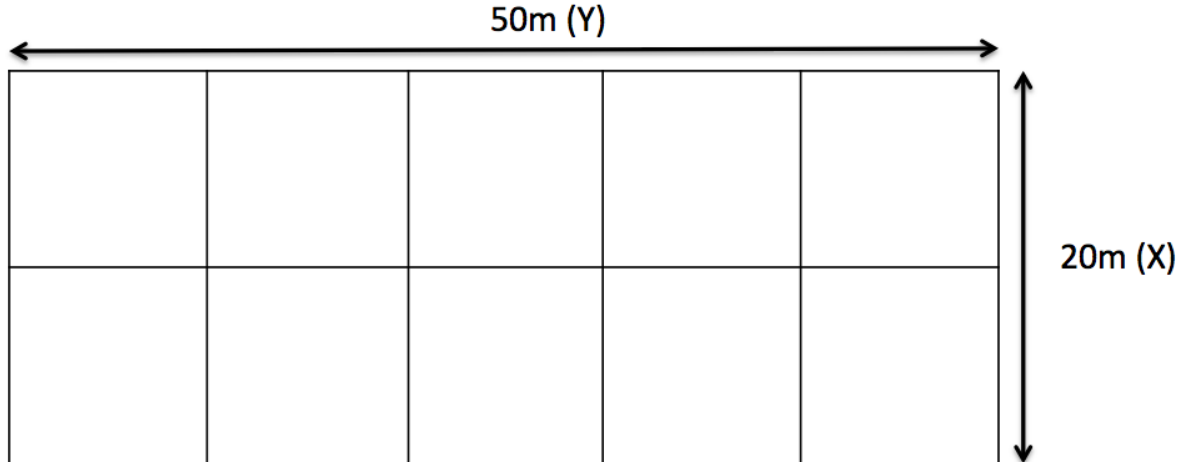


Figura 2. Parcela permanente de 50x20 m, para la evaluación de la estructura poblacional y distribución espacial en donde se evaluaron los individuos de *Colombobalanus excelsa*.

5.3 ESTRUCTURA POBLACIONAL

En cada una de las parcelas se midieron los individuos de todas las especies arborescentes con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 2,5 cm ($DAP \geq 2,5$), se obtuvo registro de la especie, altura, diámetro, estado fenológico y coordenadas locales.

La regeneración se midió en tres subparcelas de 10x10 m, ubicadas al azar dentro de cada una de las parcelas. Se tuvieron en cuenta todos los individuos de especies arborescentes con $DAP < 2,5$ cm y a alturas mayores de 0.3 m (Dávila *et al.* 2012). De cada una de las especies se colectaron especímenes de herbario para su identificación, los exicados se depositaron en los herbarios ICESI, COL y FMB.

5.4 CAPACIDAD DE GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS Y TRASPLANTE DE PLÁNTULAS

5.4.1 BANCO DE SEMILLAS

En las mismas subparcelas de regeneración se tomaron tres muestras al azar para la evaluación del banco de semillas (semillas ha^{-1}) y tres muestras más en donde en una zona de plántulas de roble (fuera de las parcelas). Se utilizó un marco de PVC de 1 x 1 m, para tomar una muestra que incluye la hojarasca, el mantillo y suelo hasta una profundidad de 5 cm.

Cada muestra fue colectada y guardada en una bolsa rotulada con las iniciales MS (muestra de suelo) y su número correspondiente a la parcela (e.g. MS-1, Parcela 1). Cada muestra se pasó por una malla metálica para separar la hojarasca de las semillas y otros materiales. Posterior a esto se realizó una segunda separación manual con la finalidad de extraer las semillas para su cuantificación. Por último se midió el número de semillas en buen estado, depredadas o en descomposición. Cada una de las semillas cuantificadas (sin importar su estado) fueron fotografiadas, con un estereomicroscopio Nikon SMZ 1500 con cámara digital Nikon DS-Fi1, utilizando el software Nikon NIS Elements Advanced Research, con el propósito de ver claramente su estructura.

Durante todo el análisis de banco de semillas también se tomaron en cuenta las semillas que no se encontraban dentro de las parcelas y las cuales fueron colectadas en un tipo de muestreo oportunista aprovechando al máximo cualquier disponibilidad de semillas de *C. excel/sa*.

5.4.2 GERMINACIÓN Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS

Se tenía previsto que ante la presencia de semillas se realizaría en el vivero de la finca La Irlanda pruebas de germinación y viabilidad de semillas con dos tipos de sustratos: arena esterilizada con formol al 1% y mantillo del bosque. En bandejas con cada uno de los sustratos se sembrarían tres repeticiones de 50 semillas, separadas 5 cm una de otra y las plántulas resultantes serían llevadas a vivero para posteriores evaluaciones. En este estudio no se encontraron semillas de *C. excelsa*, por lo que las pruebas de germinación no se pudieron llevar a cabo y por lo tanto no hubo plántulas para trasplantar. La presencia de semillas se vio afectada por las altas precipitaciones, alta humedad en el suelo y depredación por parte de *Psittacara wagleri*.

5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

5.5.1 ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS

Para analizar la estructura poblacional y la distribución de tamaños, se tuvo en cuenta, la distribución diamétrica de cada uno de los individuos en cada parcela, en donde se evaluó mediante histogramas de frecuencias el número de individuos y su clase diamétrica (Caldato *et al.* 2003).

El perímetro medido, conocido como circunferencia a la altura del pecho (CAP) se transformó a DAP, según la ecuación $DAP = CAP/\pi$. Los DAP se transformaron a área basal (AB) a través de la ecuación $AB = \pi/4(DAP)^2$ (Galindo *et al.* 2006; Villareal, 2006).

Teniendo en cuenta la abundancia de la comunidad, la cual se refiere al número de individuos por especie, se puede dividir entre la abundancia absoluta, al número de individuos por especie y la abundancia relativa como la proporción porcentual de cada especie en el número total de individuos (Lamprecht, 1990). Esta última abundancia permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores (Magurran, 1988). Cada una de las abundancias se calculó de la siguiente manera:

Abundancia absoluta = número total de individuos de cada especie en la comunidad

Abundancia relativa = (abundancia absoluta/ número total de individuos en la comunidad) x 100.

La frecuencia puede ser definida como el número de eventos ocurridos en un determinado tiempo (Brower *et al.* 1990). Lamprecht (1990) define frecuencia como la presencia o la ausencia de una especie en determinada parcela. En la mayoría de estudios la frecuencia indica el número de muestreos, en la cual una especie es encontrada. Esta es expresada como la proporción del número total de muestras que contiene la especie en cuestión (Espinosa, 2000)

La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (el 100% se refiere a la presencia de las especies en todas las subparcelas) y la frecuencia relativa de una especie se calcula como un porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Espinosa, 2000). Las frecuencias se calcularon de la siguiente manera:

Frecuencia absoluta = cantidad de veces en que aparece la especie en cada parcela

Frecuencia relativa = (frecuencia absoluta/sumatoria de las frecuencias de todas las especies) x 100

Así mismo Lamprecht (1990) establece que la cobertura de copa de todos los individuos de una especie determina su dominancia, no obstante en el caso de los bosques tropicales, la determinación de las proyecciones de las copas resultan complicadas y con ciertos problemas para su realización. Por lo que escasamente son evaluadas.

Sin embargo, se emplea el área basal como sustituto del verdadero valor de dominancia. Como dominancia absoluta de una especie es definida la suma del área basal individual, expresadas en m². La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área basal total evaluada (Jiménez, 1998 citado por Espinosa, 2000)

Dominancia absoluta = \sum del área basal (AB) de todos los individuos de la especie

Dominancia relativa = (Dominancia absoluta/ \sum del AB de toda la comunidad) x 100

Índice de valor de importancia de cada especie (IVI). El IVI es un estimativo de qué tan dominante es cada especie con respecto a la totalidad de las especies registradas en el muestreo (Villareal, 2006)

5.5.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: MORISITA-HORN

Para analizar el patrón de distribución espacial se consideró el índice de dispersión de Morisita-Horn (1959) ya que es poco influenciado por el tamaño de las parcelas y presenta excelentes cualidades para la detección del grado de dispersión de las especies. El índice puede asumir el valor de 1,0 en el caso de la

dispersión al azar, el valor menor a 1,0 para la distribución uniforme y mayor a 1,0 para una distribución agregada (Caldato *et al.* 2003; Moreno, 2001).

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (an_i \times bn_j)}{(da + db)aN \times bN}$$

Donde:

an_i = número de individuos la i-ésima especie en el sitio A

bn_j = número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B

$$da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2}$$

$$db = \frac{\sum bn_j^2}{bN^2}$$

5.5.3 TRANSECTOS

Se trazaron 8 transectos de 20 x 2 m separados cada uno 10 m, con la finalidad de conocer como se distribuían las especies en el fragmento de bosque y cuál era su colonización en cuanto al interior y exterior del bosque. En cada transecto se registraron todas las especies con DAP \geq 1 cm para poder incluir plántulas e individuos adultos. Cada transecto se dividió 10 m interior y 10 m exterior, teniendo en cuenta el borde de camino que rodeaba el transecto como la línea que dividía el transecto en dos partes. A cada especie se le registro la distancia en donde se encontraba desde el borde hasta el final del transecto como se observa en el ejemplo de la Figura 3.

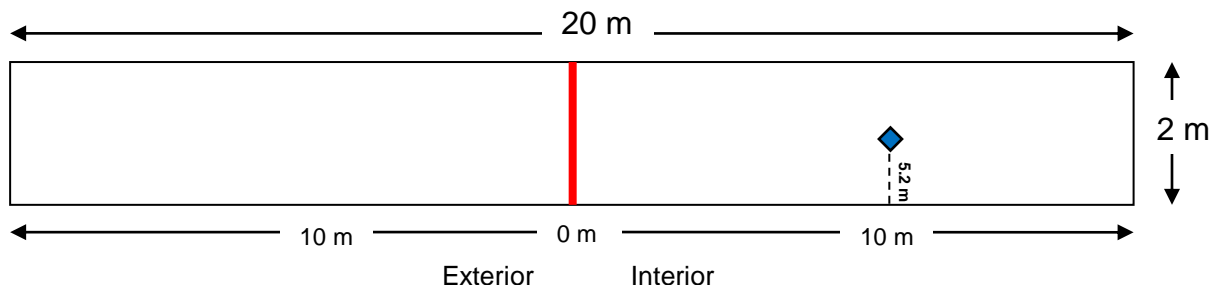


Figura 3. Transecto tipo Gentry 20x2 m. En rojo se representa el borde del fragmento y el rombo azul es la ubicación de una especie a 5.2 m desde el borde dentro del transecto en el interior.

5.5.4 COEFICIENTE DE SIMILITUD DE JACCARD

Para evaluar la similitud de especies entre las dos parcelas se realizó el coeficiente de similitud de Jaccard el cual relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Villareal, 2006).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

En donde:

a = número de especies presentes la parcela 1

b = número de especies presentes la parcela 2

c = número de especies presentes en ambas parcelas 1 y 2

El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001). Tanto el índice como el coeficiente fueron calculados haciendo uso EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

6. RESULTADOS

6.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En las dos parcelas permanentes establecidas se registraron 515 individuos representados en 7 familias, 9 géneros y 11 especies arborescentes. Las familias Fagaceae, Euphorbiaceae y Moraceae representaron un 82,52% de los individuos de las parcelas. Las familias más diversas en cuanto a género y especies correspondieron a Euphorbiaceae y Rubiaceae, con 2 géneros y 4 especies para Euphorbiaceae y 2 géneros y 2 especies para Rubiaceae; el género más diverso fue *Alchornea* con 3 especies (*A. grandiflora*, *A. latifolia* y *A. glandulosa*) (Tabla 1) (Figura 3) (Anexo1).

Tabla 1. Análisis de abundancia y composición de especies correspondientes a las dos parcelas permanentes establecidas.

Familia	Especie	Abundancia	
		Absoluta	Relativa (%)
Fagaceae	<i>Colombobalanus excelsa</i>	227	44,08
Euphorbiaceae	<i>Alchornea grandiflora</i>	106	20,58
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i>	33	6,41
Euphorbiaceae	<i>Mabea klugii</i>	30	5,83
Moraceae	<i>Clarisia sp.</i>	29	5,63
Tapisciaceae	<i>Hurtea glandulosa</i>	27	5,24
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	23	4,47
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	17	3,30
Rubiaceae	<i>Palicourea sp.</i>	17	3,30
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>	5	0,97
Rubiaceae	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	1	0,19
Total	11	515	100

En términos relativos, los individuos de *Colombobalanus excelsa* corresponden a la mayor proporción con un 44,08%, seguido de *Alchornea grandiflora* con 20,58% y *A. latifolia* con 6,41% de las dos parcelas establecidas, en comparación con la especie de menor proporción, *Ladenbergia oblongifolia* con 0,19% (Tabla 1) (Figura 4) (Anexo 1).

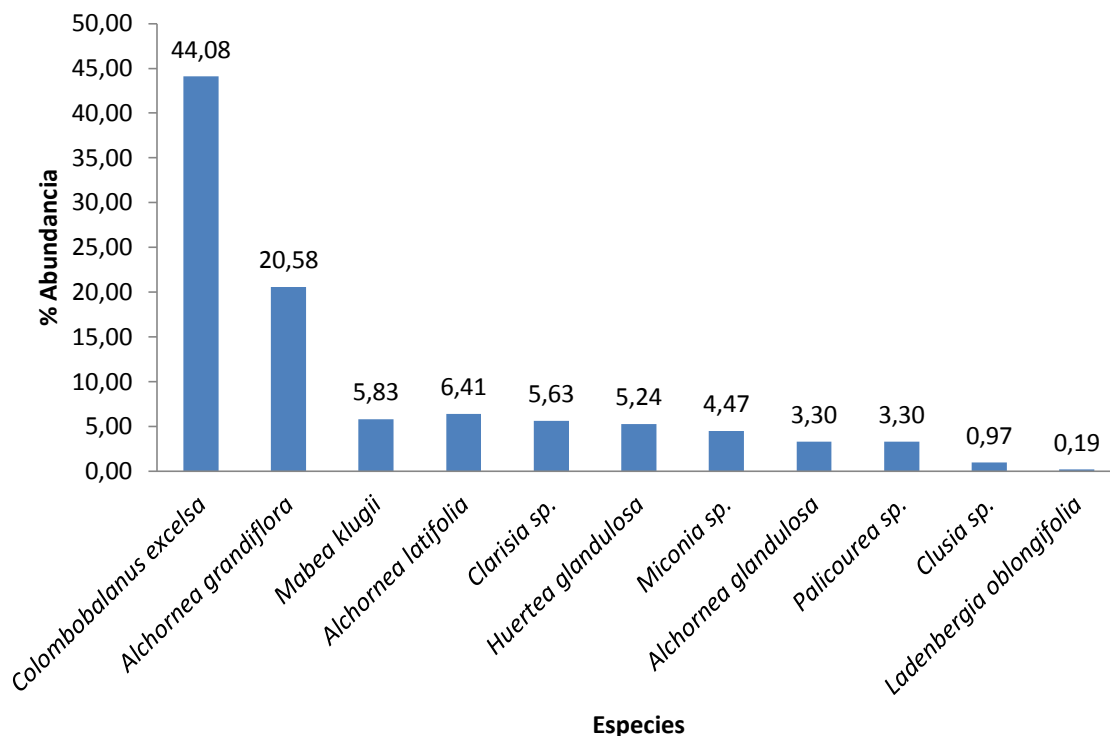


Figura 4. Abundancia relativa de las once especies registradas en las dos parcelas permanentes.

En las dos parcelas permanentes se destacan elementos florísticos relevantes en donde se destaca la presencia de orquídeas como: *Eriopsis rutidobulbon*, *Pleurothallis perijaensis*, *Epidendrum mora-retanae*, *Dichaea pendula* y *Kefersteinia tolimensis*, aráceas como: *Anthurium pedatum*, *Stenospermation* sp. y rubiáceas: como *Manettia corticifera*. En cuanto a las especies leñosas cabe resaltar la presencia fuera de las parcelas como *Thibaudia floribunda*, *Saurauia cuatrecasana*, *Cavendishia* sp. y *Annona quinduense*. Como era de esperarse se destacó la presencia de *Monotropa uniflora*, una especie saprofita y exclusiva del interior de robledales de *Colombobalanus excelsa* y *Quercus humboldtii*, creciendo entre las hojarasca y tallos en descomposición (Vargas, 2002)

6.2 ESTRUCTURA

Se dividieron los diámetros en 6 clases diamétricas con una amplitud de 10 cm (Ajilou *et al.* 2003): $\leq 9,99$, 10-19,99, 20-29,99, 30-39,99, 40-49,99 y ≥ 50 . Se realizaron dos evaluaciones de la estructura poblacional, una de ellas teniendo en cuenta solo a *Colombobalanus excelsa* (Figura 5) y una segunda evaluación a *C. excelsa* pero con las especies asociadas de la comunidad (Figura 6).

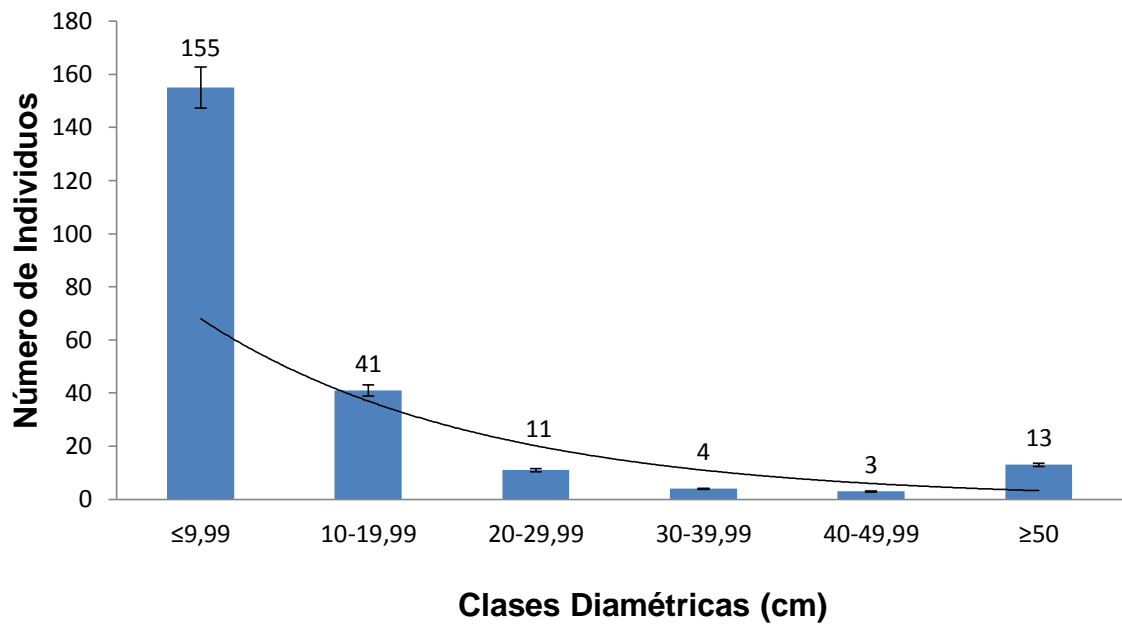


Figura 5. Número de individuos por clases diamétricas de *Colombobalanus excelsa* en las dos parcelas permanentes establecidas.

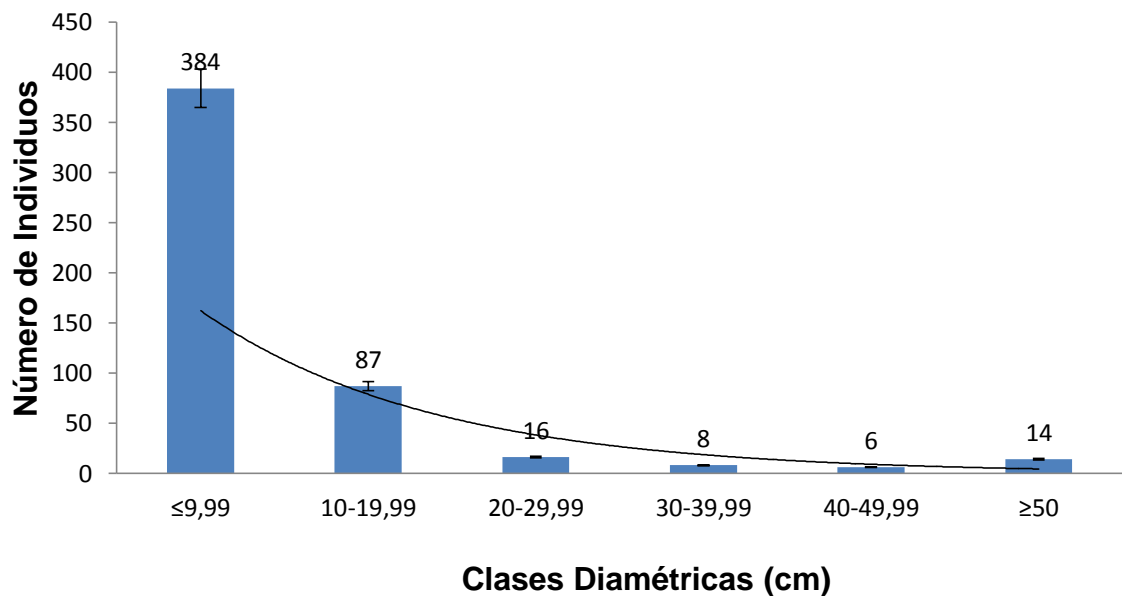


Figura 6. Número de individuos por clases diamétricas de *Colombobalanus excelsa* y las especies asociadas, en las dos parcelas permanentes establecidas.

La distribución de diámetros para ambas figuras (Figura 5 y 6) presentó un comportamiento de “J” invertida. El diámetro promedio de las dos parcelas permanentes en donde se incluía tanto a *C. excelsa* como las especies asociadas, fue de 86,43 cm para los individuos mayores (40-49,99 - ≥ 50). Teniendo en cuenta solo a *C. excelsa*, el diámetro promedio fue de 89,71 cm.

Se tomaron en cuenta como plántulas a los individuos que estuvieron en la categoría de $\leq 9,99$ cm (155) y a los individuos adultos ≥ 40 cm (16) en la estructura poblacional solo de *C. excelsa*. Entre los individuos adultos y plántulas de las dos parcelas para *C. excelsa* el 90,6% corresponde a plántulas y solo el 9,4% a los individuos adultos.

Se evaluó la estructura poblacional de las tres especies más abundantes, *Colombobalanus excelsa*, *Alchornea grandiflora* y *Alchornea latifolia* (Figura 7) para conocer su comportamiento dentro del fragmento. La distribución de diámetros, esta vez organizando las 6 clases mencionadas con números sucesivos de 1-6. Su pudo evidenciar un comportamiento de “J” invertida, con una mayor abundancia por parte de *C. excelsa*

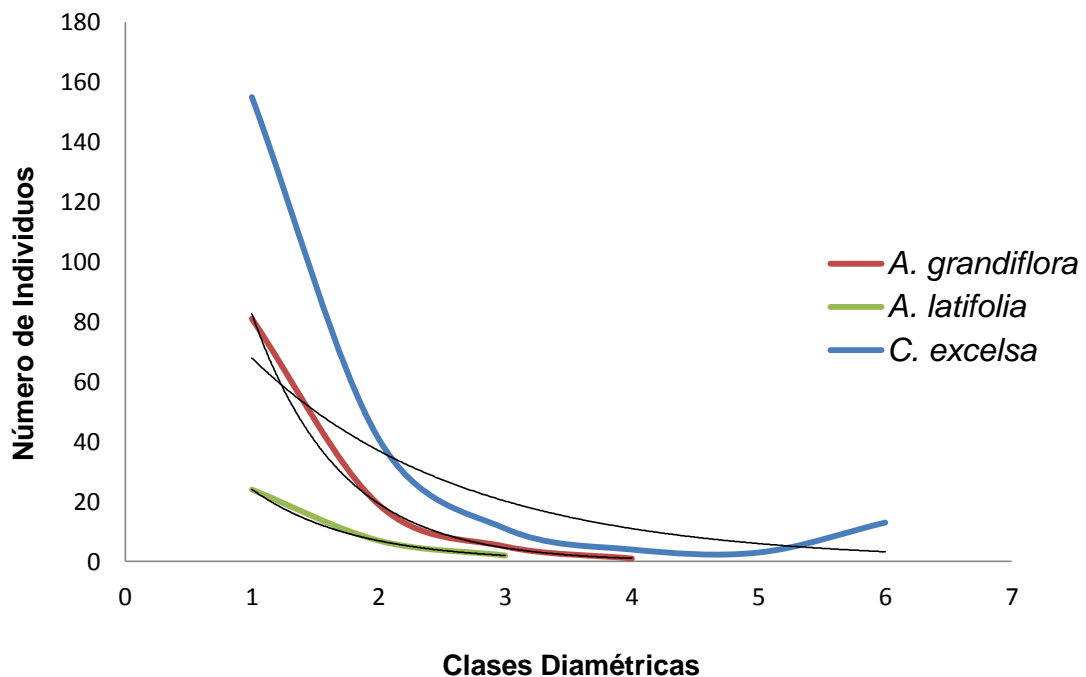


Figura 7. Estructura poblacional de las tres especies más abundantes dentro de las dos parcelas permanentes establecidas en donde se observa en cada especie una líneas de tendencia exponencial invertida.

Las familias dominantes fueron Fagaceae con un 81,39%, representada con la única especie; *Colombobalanus excelsa* y Euphorbiaceae con 4 especies *Alchornea grandiflora*, *A. latifolia*, *A. glandulosa* y *Mabea klugii* con un 16,33% respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Dominancia absoluta y relativa de las familias y especies más representativas en las dos parcelas permanentes.

Familia	Especie	Dominancia Absoluta	Dominancia Relativa (%)
Fagaceae	<i>Colombobalanus excelsa</i>	17,31	81,39
Euphorbiaceae	<i>Mabea klugii</i>	2,23	10,50
Euphorbiaceae	<i>Alchornea grandiflora</i>	0,79	3,70
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i>	0,38	1,80
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	0,07	0,33

Las especies ecológicamente más importantes y que presentan un óptimo desarrollo dentro de la comunidad vegetal de acuerdo al (IVI) (Figura 8) corresponden a *Colombobalanus excelsa* (45%), *Alchornea grandiflora* (11,27%) y *Mabea klugii* (8,62%) (Anexo 1).

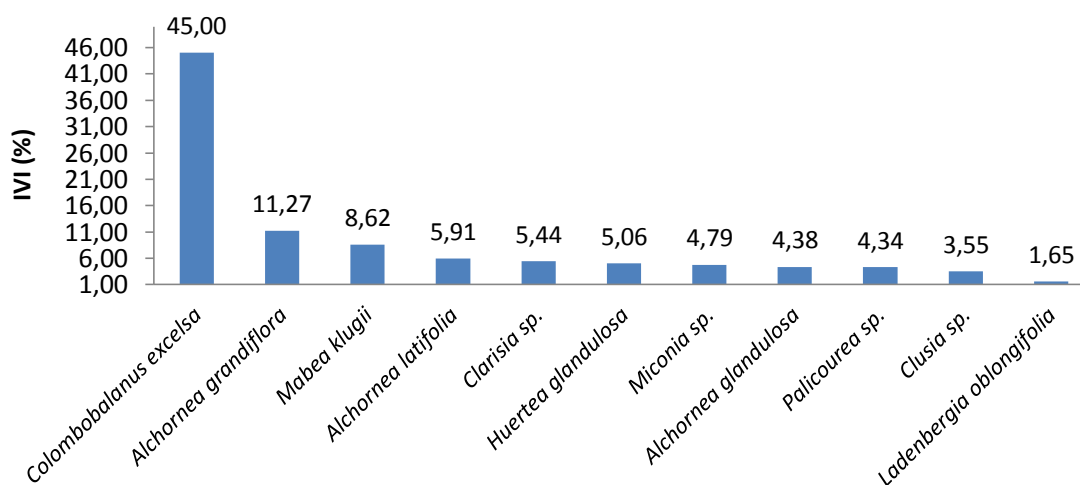


Figura 8. Índice de valor de importancia (IVI) para las once especies encontradas en las dos parcelas permanentes establecidas.

6.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COEFICIENTE DE SIMILITUD

El Índice de Morisita-Horn para la población de *Colombobalanus excelsa* en las dos parcelas permanentes fue de 1,0 lo que representa un patrón de distribución al azar.

De los 8 transectos establecidos teniendo en cuenta el borde, se marcaron las distancias de los individuos fuera del bosque con un signo negativo (-) para indicar el exterior y en positivo los individuos encontrados en el interior y la distancia 0 tomada como el borde. Se registraron 575 individuos en total en los 8 transectos, correspondiendo a 381 individuos en el interior (+) y 194 en el exterior (-) representando un 66,3% de abundancia en el interior del bosque y un 33,7% en el exterior. De los 8 transectos trazados se puede observar una tendencia balanceada de individuos en los primeros 5 transectos, cambiando drásticamente en el 5 transecto. El transecto 7 se caracterizó por tener mayor abundancia con 76 individuos seguido del transecto 8 y el transecto 6 en el interior. En cuanto al exterior del bosque, los transectos 8 y 5 tuvieron la menor abundancia con 11 y 15 individuos respectivamente (Figura 9).

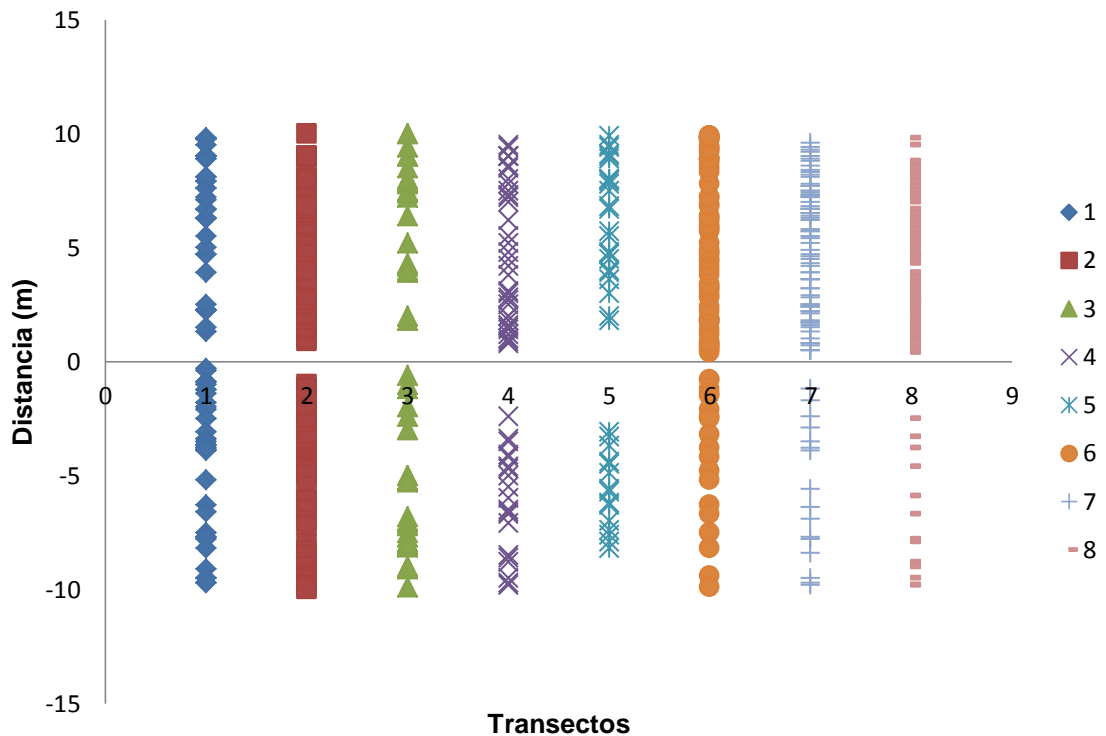


Figura 9. Distribución de individuos por distancia (10 m) en el interior y exterior del bosque. La distancia negativa representa individuos en el exterior del rodal y positiva en el interior, en 0 se representa el borde.

Se realizó la misma distribución de distancias de individuos de los 8 transectos solo para *Colombobalanus excelsa*. Se registraron 325 individuos de *C. excelsa* representando en total el 56,5% de los 575 de individuos de todo el bosque. Hubo un total de 266 individuos en el interior del robledal y 59 individuos en el exterior de *C. excelsa* representando así un 81,8% y 18,2% respectivamente. El transecto 6,7 y 8 se caracterizaron por presentar más abundancia en el interior. En cuanto al exterior los transectos 5 y 7 presentaron un solo individuo, seguido del transecto 8 con 2 (Figura 10)

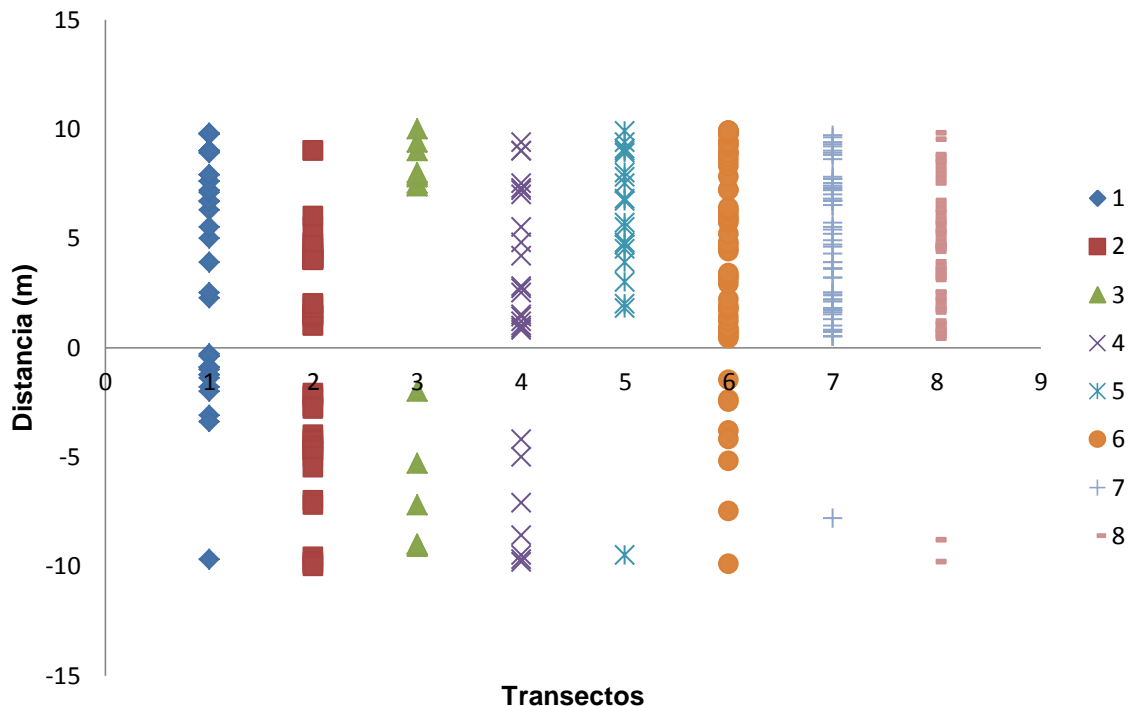


Figura 10. Distribución de individuos de *Colombobalanus excelsa* por distancia en el interior y exterior del bosque. La distancia negativa representa individuos en el exterior y positiva en el interior.

En cuanto al coeficiente de similitud de Jaccard se observó un valor del 90,9% indicando que ambas parcelas pueden compartir la misma composición de especies.

6.4 BANCO DE SEMILLAS

Se realizaron en total 12 muestras de suelo en el fragmento de bosque de y 6 muestras al azar en las dos parcelas permanentes y 6 muestras al azar en otra zona. Estas últimas muestras se tomaron en una zona llamada, zona de plántulas de *C. excelsa*; zona caracterizada por una alta abundancia de individuos jóvenes, con la finalidad de tener éxito en la colecta de semillas.

Como se muestra en la Tabla 3 de las tres primeras muestras (MS-1, MS-2 y MS-3) colectadas en la parcela 1 solo se encontraron 2 semillas de *Alchornea latifolia* y 2 semillas de *Colombobalanus excelsa* en la muestra de suelo 1 (MS-1), las demás muestras no arrojaron resultado alguno. La semilla 1 de *A. latifolia* presentó un buen estado (BE) y 2 en descomposición (D) (Figura 11) mientras que las semillas de *C. excelsa* se encontraban en un estado de descomposición (Figura 11) (Tabla 3).

Tabla 3. Semillas colectadas en los 3 puntos de muestreo y su estado físico. (BE) buen estado, (D) descomposición.

Sitio de Muestreo	Muestra de Suelo (MS)	Semillas	Estado
Parcela 1	MS-1	<i>A. latifolia</i> (2), <i>C. excelsa</i> (2)	<i>A. latifolia</i> (BE,D), <i>C. excelsa</i> (D,D)
	MS-2	-	-
	MS-3	-	-
Parcela 2	MS-1	<i>C. excelsa</i> (1)	<i>C. excelsa</i> (D)
	MS-2	<i>C. excelsa</i> (1)	<i>C. excelsa</i> (D)
	MS-3	-	-
Zona Plántulas	MS-1	<i>Mabea klugii</i> (1)	<i>M. klugii</i> (D)
	MS-2	-	-
	MS-3	-	-
	MS-4	-	-
	MS-5	-	-
	MS-6	-	-

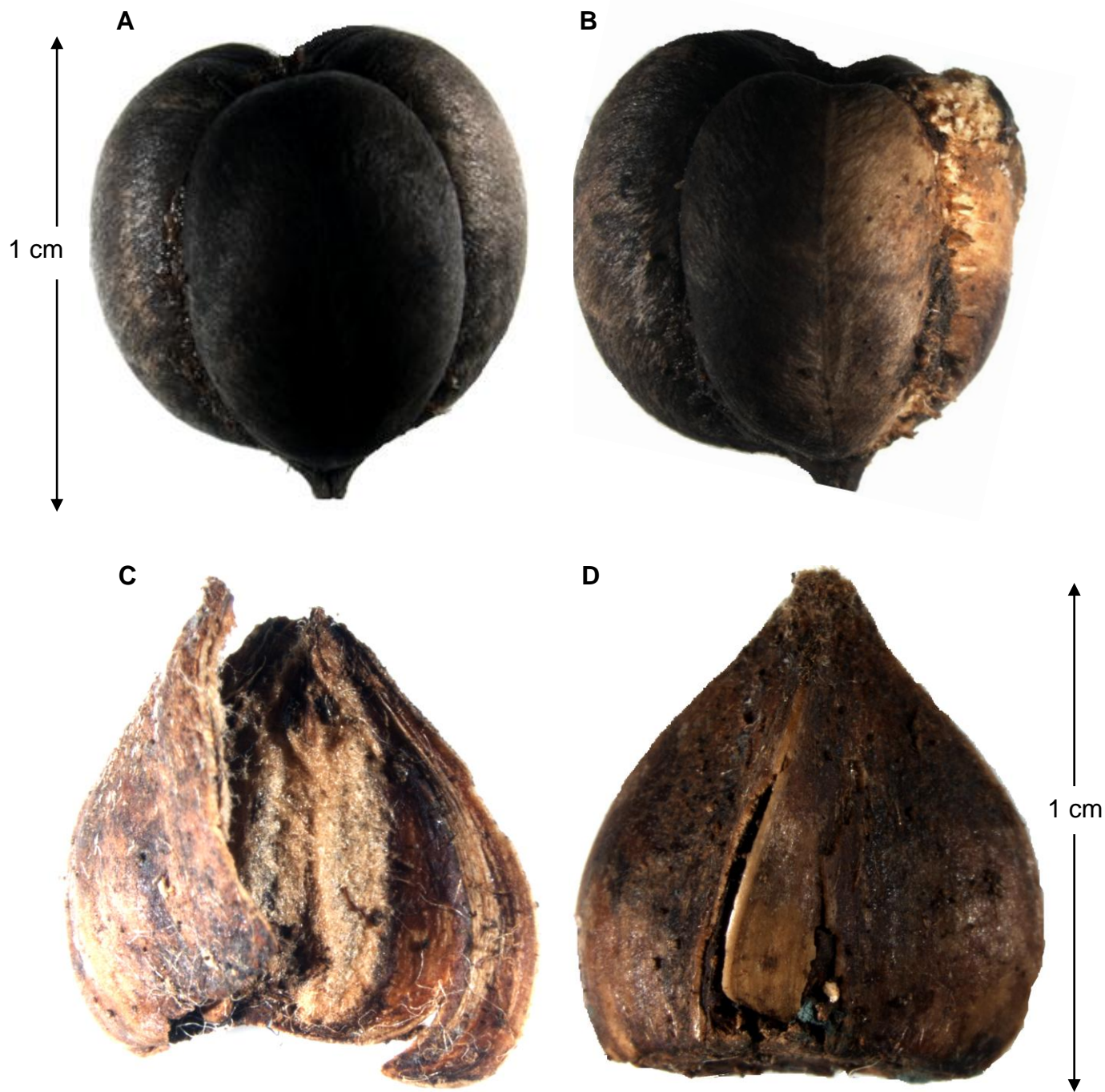


Figura 11. Semillas encontradas en la Parcela 1 (MS-1) y su estado físico. (A) Semilla de *A. latifolia* (BE), (B) Semilla de *A. latifolia* (D), (C) Semilla de *C. excelsa* (D), (D) Semilla de *C. excelsa* (D)

En la parcela 2 de las tres muestras obtenidas solo la muestra de suelo 1 y 2 (MS-1 y MS-2) se encontró una semilla en descomposición (D) de *C. excelsa* para cada muestra (Tabla 3) (Figura 12).

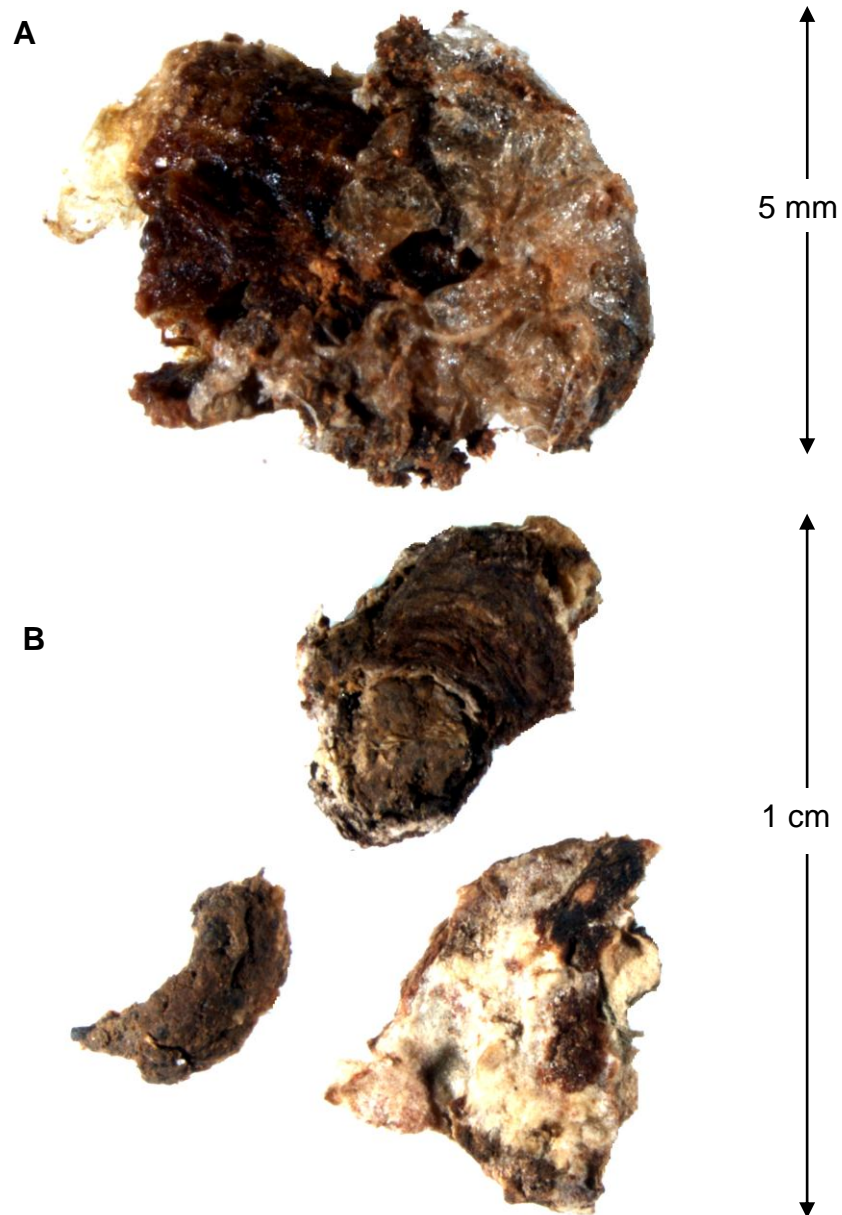


Figura 12. Semillas encontradas en la Parcela 2 (MS-1, MS-2) y su estado físico. (A) Semilla de *C. excelsa* (D), (B) Semilla de *C. excelsa* (D).

El último punto de muestreo fue la zona de plántulas en donde se tomaron 6 muestras en total (MS1-MS6) y se encontró que solo en la muestra de suelo 1 (MS-1) había presencia de una semilla de *A. latifolia* en un estado de descomposición (D) (Figura 13), las demás 5 muestras no tuvieron ningún resultado satisfactorio (Tabla 3).



Figura 13. Semilla de *Mabea klugii* encontrada en la zona de plántulas, muestra de suelo 1 (MS-1) y su estado físico.

La germinación y viabilidad de las semillas al igual que el trasplante de las plántulas dependía del éxito del banco de semillas, en este caso los resultados mostraron que de las 12 muestras obtenidas al azar, en solo una de ellas (parcela 1 (MS-1)) se encontró una semilla de viable de *A. latifolia* por motivos del estudio no se realizó ningún tipo de prueba de germinación ya que la especie objeto de estudio es *C. excelsa*.

7. DISCUSIÓN

7.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La abundancia de *Colombobalanus excelsa* y la baja diversidad de especies (11) en el fragmento de bosque, se debe posiblemente a la alelopatía que crean las especies de la familia Fagaceae como es el caso de *Quercus humboldtii* ante otras especies como lo expone Lozano & Torres (1965).

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1 se observa como la riqueza de especies de la familia Euphorbiaceae, representada con 2 géneros, entre ellos *Alchornea* con 3 especies juegan un rol fundamental en la abundancia de arboles en el robledal representando entre las 3 especies una alta abundancia de los individuos de las dos parcelas permanentes.

En un estudio realizado por Villareal (1986) se destaca la presencia y relación del género *Alchornea* asociada a especies de *Quercus* y Ávila (2010) reporta *Alchornea latifolia* en un estudio de diversidad y estructura de un robledal de *Q. humboldtii* en Santander, Colombia. En cuanto *Alchornea glandulosa* se reporta una especie colectada para el Herbario Nacional Colombiano (COL000389018), en el departamento de Cundinamarca creciendo junto a árboles de *Q. humboldtii*. Álvarez et al. (2007) registran a *Q. humboldtii* y *Alchornea grandiflora* como algunas de las especies más importantes en bosques subandinos y andinos en la Cordillera Oriental. Los anteriores estudios están siempre relacionados con el roble común *Q. humboldtii* y no con *C. excelsa*, pero esto es debido a la poca información que se tiene sobre la flora asociada del roble negro. Sin embargo, cabe resaltar que en varias poblaciones de *C. excelsa*, el roble común siempre está asociado (Palacio, 2005), por lo que también podrían compartir especies asociadas. En este estudio no fue el caso ya que no hubo presencia de *Q. humboldtii*. En las dos parcelas establecidas solo se registró la presencia de un individuo de *Ladenbergia oblongifolia* y puede explicarse porque una de las parcelas limitaba con el borde del fragmento, en donde se encuentra por lo general este tipo de pioneras intermedias.

El número de especies esperado según el algoritmo propuesto por Gentry (1995) reporta que para 0,1 ha relacionado con la altitud (a una altura mayor de 1500 m la diversidad de especies empieza a disminuir), estaría cerca de 107 especies. En las parcelas permanentes solo se registraron 11 especies leñosas, indicando en el fragmento condiciones como la dominancia de especies (*C. excelsa*) limitando las oportunidades de crecimiento de otras y la expresión de la diversidad.

7.2 ESTRUCTURA

Las distribuciones diamétricas de *Colombobalanus excelsa*, tuvo un comportamiento de J invertida indicando una población disetánea, es decir, con marcadas diferencias en las edades de sus individuos y con una estructura de tamaños simuladamente balanceada en donde se destaca una mayor cantidad de individuos en las categorías diamétricas menores (155 individuos con un DAP $\leq 9,99$ cm). Este tipo de comportamiento se ha registrado por Dávila *et al.* (2012) en el PNN Cueva de los Guacharos, Parra *et al.* (2011b) en el sur del y por Aguirre (2009) en la Serranía de Peñas Blancas en los municipios de Acevedo y Timaná, suroriente del Huila.

En estudios similares, como en Costa Rica con regeneración de *Quercus copeyensis* (Saenz, 1990) se registró una densidad de 148.000 plántulas menores de 50 cm por hectárea. En estudios realizados en Colombia con regeneración de *Colombobalanus excelsa* se encontró que la densidad de plántulas de hasta 50 cm de altura fue de 467 plántulas/ha en Huila (Guácharos) y de 167 plántulas/ha en Santander (Guanentá Alto Rio Fonce) (Parra *et al.* 2011)

Los resultados de este trabajo contrastan con los obtenidos en los estudios anteriores, registrándose 1510 plántulas de hasta 50 cm por hectárea. Estos resultados sugieren que *Colombobalanus excelsa* presenta una buena capacidad de regeneración natural, y que existe un alto potencial de reclutamiento. Sin embargo, la pérdida de plántulas en los estados inferiores es muy alta, disminuyéndose la capacidad del bosque para mantenerse. Diversos factores pueden estar alterando esta dinámica y merecen ser estudiados con detenimiento

Ajbilou *et al.* (2003) en un estudio realizado en Marruecos encontraron que las poblaciones de *Quercus suber* con gran proporción de diámetros pequeños suelen ser bosques que han rebrotado después de un fuego intenso o de una tala excesiva, más que por reclutamiento a partir de semillas. El sector de la finca La Irlanda se caracterizaba hace 50 años por ser la principal abastecedora de madera en el corregimiento de San Vicente y en los municipios de Jamundí y Cali, época en donde no se había descubierto a *C. excelsa* o mejor dicho donde no se había podido diferenciar de *Q. humboldtii*. Todas estas acciones y la tala intensiva pudieron afectar el tamaño real de la población en el PNN Farallones de Cali dejando este pequeño fragmento de 7846 m², provocando altas tasas de rebrote y no de reclutamiento. Anteriormente se pensaban establecer 5 parcelas permanentes de 50x20 m (5000 m²) pero debido al fragmento tan pequeño (menos de una hectárea) se decidió por solo dos parcelas para no alterar ni afectar las plántulas o rebrotes de *C. excelsa* debido a la actividad dentro de las parcelas.

Hoy en día, personas de la zona comentan sobre un aserradero de madera comercial principalmente de *C. excelsa* y *Aniba perutilis* (comino crespo) en zona de Pance, Cali. En el fragmento se puede ver la acción de talas antiguas y troncos

cortados. Actualmente La Finca de la Irlanda no se especializa en la producción de madera por lo que el remanente de bosque no tiene peligro de tala pero si puede haber una reducción en el área de distribución natural debido a la producción de cultivos que lo rodean como el lulo (Figura 14).

En cuanto a la estructura poblacional de *C. excelsa* y las especies asociadas (Figura 3) también se presentó un comportamiento de J invertida indicando una comunidad de individuos donde se indica claramente mayor cantidad de individuos en clases diamétricas menores. Estos resultados demuestran que en la comunidad solo *C. excelsa* está teniendo reclutamiento, lo cual no ocurre con las demás especies del bosque, esto sugiere un proceso de competencia liderado por acción alelopática de *C. excelsa* sobre las demás especies, lo cual deberá corroborarse.



Figura 14. Fragmento de bosque de *C. excelsa* y especies asociadas. En amarillo se observa el robledal con un área de 7846 m², las flechas azules indican cultivos de lulo rodeando el fragmento.

El comportamiento de *C. excelsa* en cuanto a dominancia, se pudo observar claramente en el desplazamiento que provoca sobre *Alchornea grandiflora* y *Alchornea latifolia* siendo estas las dos especies más abundantes después del roble negro indicando nuevamente una competencia entre especies.

7.3 INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

El índice de valor de importancia (IVI) expresó la relevancia del roble negro en este bosque, indicando que es la especie clave en este tipo de comunidad para luego tomar medidas de conservación, dándole prioridad.

7.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y COEFICIENTE DE SIMILITUD

Colombobalanus excelsa presentó un patrón de distribución al azar en las dos parcelas permanentes establecidas. De acuerdo con Aguirre (2009) en el roble negro se esperaría tener un patrón de distribución agregado, por sus condiciones ecológicas, siendo esta una especie heliófila, que aprovecha claros de luz y forma bancos de semillas bajo los árboles maduros. El índice de Morisita-Horn está fuertemente influenciado por el tamaño de las muestras (Moreno, 2001), *C. excelsa* fue la especie con el mayor número de árboles evaluados lo cual no permitió hacer una agrupación donde se pudiera observar claramente que tipo de distribución tiene la especie (Aguirre, 2009). Por otro lado Martínez-Ramos (1985) argumentan que las poblaciones de especies pioneras o secundarias, crecen segregadas en el espacio.

En cuanto a la distribución por distancias de los 8 transectos trazados en el fragmento de bosque de *C. excelsa* se aprecia claramente una colonización de individuos de todas las especies hacia el interior del robledal. Una vez más la especie dominante fue el roble negro pero solo al interior del bosque, ya que al exterior fue la especie menos dominante. Esto sugiere que el roble negro no se está propagando ni expandiendo por fuera del robledal asumiendo una tendencia de crecimiento solo hacia el interior, por lo que se podría seguir pensando en competencia por alelopatía donde solo individuos de la especie coexisten y se desarrollan. Esto trae consigo consecuencias a la distribución espacial de esta población indicando que el bosque se está cerrando, evidenciándose a causa presiones agrícolas y efectos de bordes en el fragmento del bosque. También la formación de rodales con alta dominancia y de crecimiento exclusivo en el interior es característica del roble negro al igual que otras Fagáceas.

El coeficiente de similitud Jaccard fue 90,9% indicando que las dos parcelas presentaban casi la misma diversidad de especies. El índice no alcanza el valor de 1 pues la parcela 1 tenía una especie distinta *Ladenbergia oblongifolia* con un solo individuo, especie que no se halló en la parcela 2.

7.5 BANCO DE SEMILLAS

No se encontraron semillas de roble negro en las muestras de suelo tomados en las parcelas permanentes y en la zona de plántulas, las únicas semillas que se encontraron presentaron un estado de descomposición. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Parra *et al.* (2011b) en donde se evaluó banco de semillas y la germinación, sin que se produjeran plántulas de roble negro en ninguno de los ensayos establecidos. Las pruebas de germinación y viabilidad de las semillas de roble negro de Parra *et al.* (2011b) se pueden apreciar en el Anexo 2.

El estado de descomposición de las semillas pudo haber sido causado por las altas precipitaciones y aumento de la humedad del suelo en los meses en los que hubo producción de semillas (Noviembre y Diciembre de 2013), meses en los que aumenta la precipitación, pero que a su vez aumenta el periodo de fructificación y el valor fenológico (Parra *et al.* 2011b). Adicional a este estudio de banco de semillas, se colectaron semillas desde el inicio del estudio por todo el fragmento de bosque aprovechando todo tipo de semilla encontrada para una posterior prueba de germinación. De las semillas colectadas se pudieron observar semillas totalmente secas y vacías, (colectadas en época de baja precipitación, octubre) y en estado de depredación. Además de esto se encontraron semillas y en estado de descomposición en los meses de Noviembre y Diciembre de 2013 (Anexo 3).

Las semillas de *C. excelsa* tienen alto contenido alimenticio y agradable sabor, por lo que son una fuente nutricional para algunas especies de aves (Lozano & Hernández, 1979). Durante todo el estudio se observaron las visitas de numerosas bandadas de *Psittacara wagleri* sobre las copas de árboles adultos de roble negro, estas loras se encuentran entre los principales depredadores de semillas de esta especie, lo cual se evidencia en los numerosos frutos fraccionados y ramas fructíferas que caen al suelo (Anexo 3). La ausencia de semillas viables en el banco de semillas del suelo está asociado a las altas tasas de depredación de semillas por las loras ya que pueden consumir completamente las semillas en las copas de los árboles, aun sin llegar a la madurez (Parra *et al.* 2011b), arrojando al suelo solo los residuos de los frutos y de las semillas.

Estos efectos de la depredación pueden estar fuertemente influenciados, no solo por la escasez de alimentos en estos bosques dominados por roble negro, sino también por su creciente fragmentación (Kolb y Diekmann, 2005).

7.6 ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN

RESTAURACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS POBLACIONES

El trabajo futuro con *Colombobalanus excelsa* debe enfocarse a la recuperación de sus poblaciones, a la disminución de los impactos, generar conectividad entre

las poblaciones y un trabajo fuerte en vivero que permita obtener abundante material para los programas de restauración y reforestación, tanto de esta como de las especies asociadas. No existe información sobre estos aspectos para los fragmentos de *Colombobalanus* en el parque, como tampoco existe una estrategia de conservación de la especie.

RESCATE DE PLÁNTULAS

En este estudio se pudo observar una alta producción de plántulas, o por lo menos hay un banco muy grande, pero el reclutamiento es muy bajo. Esta estrategia se puede implementar mediante la construcción de viveros para la adaptación de las plántulas y la conservación de otras especies

PROPAGACIÓN SEXUAL

Otro aspecto para la conservación de la biodiversidad debe ser dirigido a la propagación sexual a través de semillas para poder obtener una mayor diversidad genética. En este trabajo no se registraron banco de semillas y las semillas que se encontraron estaban en total degradación, secas, fraccionadas por depredación o vacías. Se necesita hacer un monitoreo a largo plazo de la fenología de roble negro, con el fin de determinar los picos de producción de semillas y las estrategias par su recolección, manejo y uso en proyectos de conservación

Como lo expresa Palacio (2005) las poblaciones de especies amenazadas y aisladas entre sí, conllevan a una disminución en la diversidad genética y en la viabilidad de las poblaciones debido a acciones como deriva genética, y en la ausencia de flujo de polen y semillas, esta no es la excepción con *C. excelsa*. Palacio encontró mediante un estudio genético que una de las poblaciones de roble negro PNN Farallones de Cali presenta el nivel más bajo de diversidad genética aumentando las probabilidades de deriva y endogamia que aunque no se exprese de inmediato debido a las largas generaciones de este tipo de arboles, es muy probable que después de varias generaciones ocurrirá. Es por esto que se requiere un manejo *ex-situ* de las semillas de roble negro para aumentar el éxito reproductivo de la especie y así generar mayor diversidad genética, eligiendo semillas viables capaces de producir plantas que sean aptas reproductivamente.

ESTUDIOS MOLECULARES

En cuanto a la semilla de roble no se deben quedar atrás los estudios genéticos en especial sobre el cariotipo de esta especie, en donde se sospecha que pueda haber hibridación entre *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa* (Palacio, sin publicar). De acuerdo a los resultados de los estudios moleculares, sería apropiado hacer un intercambio de semillas entre las poblaciones.

HERRAMIENTAS DE MANEJO DEL PAISAJE (HMP)

Es necesario la implementación de estrategias de restauración y herramientas de manejo del paisaje que provean recursos para las especies que están depredando las semillas de *Colombobalanus excelsa*, ya que a partir de lo que se plantea puede haber un desbalance en la oferta de alimento, porque la reforestación con *Alnus acuminata* (aliso), *Trichanthera gigantea* (queiebrabarrigo), *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y otras especies de uso para la producción de forraje para ganado está generando un desbalance en la oferta de alimento. Numerosas especies pioneras intermedias pueden proveer alimento a especies que actualmente consume semillas de roble negro, este tipo de especies puede ser empleado en el establecimiento de cercas vivas, bosques protectores y en la restauración de áreas degradadas

Como último aspecto es necesario crear e incorporar el desarrollo sostenible en las estrategias de conservación de los bosques de roble negro, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos y culturales, así como aspectos jurídicos, normativos e institucionales generando una estrategia conjunta con las instituciones que tienen a cargo la protección de estas áreas que permitan a las personas tener una planificación y control para el aprovechamiento forestal de *Colombobalanus excelsa* y así estar considerada dentro de los proyectos de restauración y reforestación en el Parque Nacional Natural Los Farallones.

8. CONCLUSIONES

La distribución de las clases diamétricas en las dos parcelas permanentes en cuanto a *Colombobalanus excelsa* y las especies asociadas presentaron una forma de J invertida, característico de bosques secundarios en formación caracterizados por tener mayor individuos en clases diamétricas bajas y menores individuos en clases diamétricas altas, pero pocos individuos en las clases diamétricas intermedias.

Colombobalanus excelsa es la especie más abundante y de mayor importancia ecológica dentro de la comunidad, teniendo dominancia sobre especies como *Alchornea latifolia* y *A. Grandiflora*.

La distribución espacial de *Colombobalanus excelsa* respecto al borde del rodal mostró que hay una tendencia marcada a la reducción de los fragmentos puesto que se registraron adultos dispersos por fuera del fragmento y escaso número de plántulas, mientras que en el interior de los fragmentos las densidades de plántulas son altas.

El banco de semillas del robledal no arrojó resultado alguno indicando ciertos problemas para la regeneración natural y el desarrollo óptimo de las semillas de roble negro. Por lo menos en las últimas fructificaciones.

La depredación de semillas presenta niveles altos ya que todas las semillas colectadas presentaron algún grado de depredación o no eran viables (relacionado con cambio climático)

Bajo las condiciones actuales la estrategia más viable para la recuperación de las poblaciones es mediante el rescate de plántulas.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios posteriores de trasplante y rescate de plántulas en viveros de conservación y su respuesta al trasplante. Trabajar más a fondo con las semillas de esta especie, lluvia de semillas, dispersores, depredación y cariotipos. Caracterización de toda la flora asociada incluyendo plantas leñosas y no leñosas para conocer la importancia biológica del robledal.

Se deben buscar y delimitar más fragmentos de roble negro en Los Farallones ya que hay varios reportes de personas de las zonas aledañas en donde aseguran mas poblaciones de esta especie y así realizar trabajos similares con el fin de confrontar resultados y corroborar lo que está sucediendo pero en otros sitios. De igual manera se deben evaluar poblaciones de *Quercus humboldtii* para saber si este roble tiene la misma tendencia.

Realizar investigaciones en alelopatía para esta especie ya que únicamente se conoce de este tema para *Quercus*. Evaluar y delimitar otras poblaciones de *Colombobalanus excelsa* para el estudio de fragmentación y distribución de las poblaciones en el PNN Los Farallones de Cali.

Por último hacer un trabajo intensivo sobre las tasas de reclutamiento de las plántulas que se encuentren en el robledal para conocer que individuos se llegan a convertirse en adultos.

Colombobalanus excelsa es una especie categorizada como vulnerable (VU) según la IUCN por lo que es necesaria la implementación de nuevas estrategias de conservación y el fuerte apoyo de la comunidad para generar un uso sostenible de esta especie y un banco de información sobre el roble negro.

Crear cartillas divulgativas de la especie y su flora asociada en las zonas aledañas de las poblaciones de roble negro para generar información sobre el estado de estas población en el PNN Los Farallones de Cali.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Ajbilou, R., Marañón, T. y Arroyo, J. 2003. Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales*, 12 (11): 111 – 123.
- Álvarez, E., Cogollo, A., Melo, O., Rojas, E., Sánchez, D., Velásquez, O., Jiménez, E., Benítez, D., Velásquez, C., Serna, M., Pérez, J., Cardona, F., Devia, W. (2007). Monitoreo de los Andes colombianos (2000-3000 msnm) a través del establecimiento de parcelas permanentes, pp.: 75 -89. En: Armenteras, D. & Rodríguez, N. (eds.), *Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985 - 2005: Síntesis y perspectivas*. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá.
- Aguirre, N. (2009). Estructura poblacional y diversidad genética de *Colombobalanus excelsa* en cuatro fragmentos de la serranía de Peñas Blancas departamento del Huila. Trabajo de grado programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Caldas, 1-42.
- Arroyave M, A. P. 2007. Análisis de la diversidad genética de la especie vulnerable *Colombobalanus excelsa* (Lozano et al.) Nixon & Crepet. (Fagaceae) por medio de marcadores moleculares microsatélites. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Santiago de Cali. 79
- Ávila, F., Ángel, S., López, R. (2010). Diversidad y Estructura de un Robledal en la Reserva Biológica Cachalú, Encino (Santander-Colombia). *Univiersidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia Forestal* 13(1): 87-116.
- Barrios L, D., Vargas. W., Lozano. F., Palacio. J.D. (2006). Evaluación genética de los bosques de roble (*Quercus humboldtii* Bonpl.) en los municipios de Filandia y Salento, Quindío, utilizando la técnica de microsatélites. *En: Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados*. Solano, C y Vargas, N. (editoras). Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana. 291.
- Brower, E., Zar, H., Von Ende, N. (1990). *General Ecology: Field and laboratory methods*. Wm. C. Brown Publisher.
- Calderón, E. (2001). *Plantas colombianas en peligro, extintas o en duda*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt. 813.
- Caldato, S. L., Vera, N., Mac D, P. (2002). Estructura poblacional de *Ocotea puberula* en un bosque secundario y primario de la selva mixta misionera. *Ciencia forestal*, Santa María, 13(1): 25 - 32.

- Cárdenas, L.D. & Salinas, N.R. (Eds). (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: Den Boer, P. J. and Gradwell, G. (eds), Dynamics of populations. PUDOC, 298–312.
- Dávila, D. E., Franco, J., & Ospina, R. (2012). Distribución Espacial, Estructura y Volumen de los Bosques de roble negro (*Colombobalanus excelsa* (Lozano, Hern. Cam. & Henao, j.e.) Nixon & Crepet) en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos. Colombia Forestal, 15(2), 207 - 214.
- Devia C, C. A. y H. Arenas S. (1995). Evaluación del estatus ecosistémico y de manejo de los bosques de fagáceas (*Quercus humboldtii* y *Trigonobalanus excelsus*) en el norte de la cordillera Oriental (Cundinamarca, Santander y Boyacá). Capítulo 3. En: Desarrollo sostenible en los andes de Colombia (provincias del norte, Gutiérrez y Valderrama) Boyacá Colombia. IDEADE. Pontificia Universidad Javeriana, Unión Europea.
- Espinosa, L. (2000). Análisis estructural en un ecosistema multicohortal de *Pinus-Quercus* en una fracción de la Sierra Madre Oriental. Tesis de maestría en ciencias forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1-79
- Espinosa, M.G., & Marcial, N. (2006). Ecología y restauración de los bosques de *Quercus* de Chiapas, sur de México. En: Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Solano, C y Vargas, N. (editoras). Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana. 291.
- Fernandez, J. F., & Sork, V. L. (2006). Genetic Variation in Fragmented Forest Stands of the Andean Oak *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae). *Biotropica*, 39(1), 72-79.
- Galindo, R., Betancur, J., Mendoza, H. (2006). Estructura y composición florística de los bosques de roble en dos parques nacionales naturales en la cordillera Oriental colombiana. En: Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Solano, C y Vargas, N. (editoras). Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana. 95-100.
- Gentry, A. H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical Montane Forest: 103-126. En: Churchill, S. P., H. Balslev, E. Forero, J. L. Luteyn (eds.). Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests. Proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and

Conservation Symposium. The New York Botanical Garden. Bronx. New York

- González, E. 2001. Diversidad Genética de tres poblaciones de *Colombobalanus excelsa* (Forman) Nixon & Crepet, (Fagaceae), especie endémica de los Andes Colombianos. Tesis de Pregrado. Universidad del Valle, Santiago de Cali. 67.
- Guariguata, M. & G. Sáenz. (2002). Post-logging acorn production and oak regeneration in a tropical montane forest, Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 167(1-3): 285-293.
- Joyas, M.I., Londoño, A.C., López, R., Galeano G., Dávila, E., Devia., W. (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 310. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1).
- Janzen, D. H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *Am. Nat.* 104: 501–528.
- Kolb, A. & Diekmann, M. (2005). Effects of life-history traits on responses of plant species to forest fragmentation. *Conservation Biology* 19(3): 929-938.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.* Ed. Gtz Alemania.
- León, J. D., & Giraldo, E. (2000). Crecimiento diamétrico en robledales del norte y centro de Antioquia. *Crónica forestal y del Medio Ambiente* (15), 119-138.
- 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. *Biología Tropical*, 57(4), 1165-1182.
- Lozano, G., J. Hernández y J. H. Henao. (1979). Hallazgo del género *Trigonobalanus* Forman, 1962 (Fagaceae) en el neotropico - I. *Caldasia*, 12(60): 517-537.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University.
- Martinez-Ramos, M. (1985). Ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneración natural de selvas altas perennifolias. En: Gomes-Pompa, A., Del Amo, S. (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México.* México: DF Alhambra.191-240.

- Morisita, M. (1959). Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Science, Kyushu*, 2, 215-235.
- Moreno, C. E. (2001). Índice de Morisita-Horn. En C. E. Moreno, Métodos para medir la biodiversidad (Vol. 1, págs. 50-51). Zaragoza: Manuaes y Tesis, SEA.
- Nixon, K. C. and W. L. Crepet. (1989). *Trigonobalanus* (Fagaceae): taxonomic status and phylogenetic relationships. *American Journal of Botany*, 76(6): 828-841.
- Palacio M, J. D. (2005). Estudio comparativo de la diversidad genética y divergencia evolutiva entre la especie vulnerable *Colombobalanus Excelsa* (Lozano *et al.*) Nixon & Crepet y el roble común *Quercus humboldtii* Bonpl.: implicaciones para la ecología de la conservación. Escuela de postgrados. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 108.
- Palacio M, J. D. y J. F. Fernández M. 2006. Estado de la investigación en genética de la conservación de los robles (Fagacea) en Colombia. En: Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Solano, C y Vargas, N. (editoras). Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana. 291p.
- Parque Nacional Farallones de Cali, Op. cit., Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.0109>
- Parra, C. A., Botero, V., Díez, M. C. (2011a). El Roble Negro, Patrimonio Natural del Huila ¿Qué hacer para su conservación? Centro de publicaciones, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Primera Edición
- Parra, C. A., Díez, M. C., & Moreno, F. H. (2011b). Regeneración Natural del Roble Negro (*Colombobalanus excelsa*, Fagaceae) en Dos Poblaciones de la Cordillera Oriental de los Andes, Colombia. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(2), 6175-6189.
- Robert K. Colwell, Department of Ecology & Evolutionary Biology, University of Connecticut, Storrs, CT 06869-3043, USA.
- Saenz, G. (1990). Densidad y dinámica de plántulas de *Quercus copeyensis*, bajo dosel y en apertura, en el primer año después de la germinación en los robledales de Villa Mills. Costa Rica. Tesis Master of Science. Programa de Estudios de Posgrado y Capacitación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 82.

- Templeton, A. R., K. Shaw, E. Routman and S. K. Davies. (1990). The genetic consequences of habitat fragmentation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 77: 13-27.
- UICN. (1987). Categorías de riesgo.
- Vargas, W. G. (2002). Guía Ilustrada de las Plantas de las Montañas del Quindío y los Andes Centrales. Editorial Universidad de Caldas. Manizales. 813
- Vargas, W. G., & Lozano, F. H. (2008). El Papel de un Vivero, en un Proyecto de Restauración en Paisajes Rurales Andinos. Establecimiento del Corredor Barbas-Bremen. 67-82. *En: Barrera, J. I., Aguilar, M., & Rondón, D. C. (2008). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C. 274.*
- Vargas, W.G., Lozano, F. H., Renjifo, L.M., Aristizábal S.L., Vargas, A.M, Guerra, G., Ramírez, D.P. (2009). Herramientas de manejo del paisaje para la conservación de biodiversidad (Fase III). 123-157. *En: Lozano-Zambrano, F. H. (ed). 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C., Colombia. 238.*
- Villarreal, L .M. (1986). Contribución al Conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. Instituto de Botánica, Colección Flora de Jalisco, Universidad de Guadalajara, Guadalajara Press, New Jersey. 179.
- Villarreal H., Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, G., Fagua, F, Gast, Mendoza, H. edición. (2006). 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.
- White, G. M., D. H. Boshier, Powell. W.(1999). Genetic variation within a fragmented population of *Swietenia humilis* Zucc. *Molecular Ecology*, 8:1899–1901.

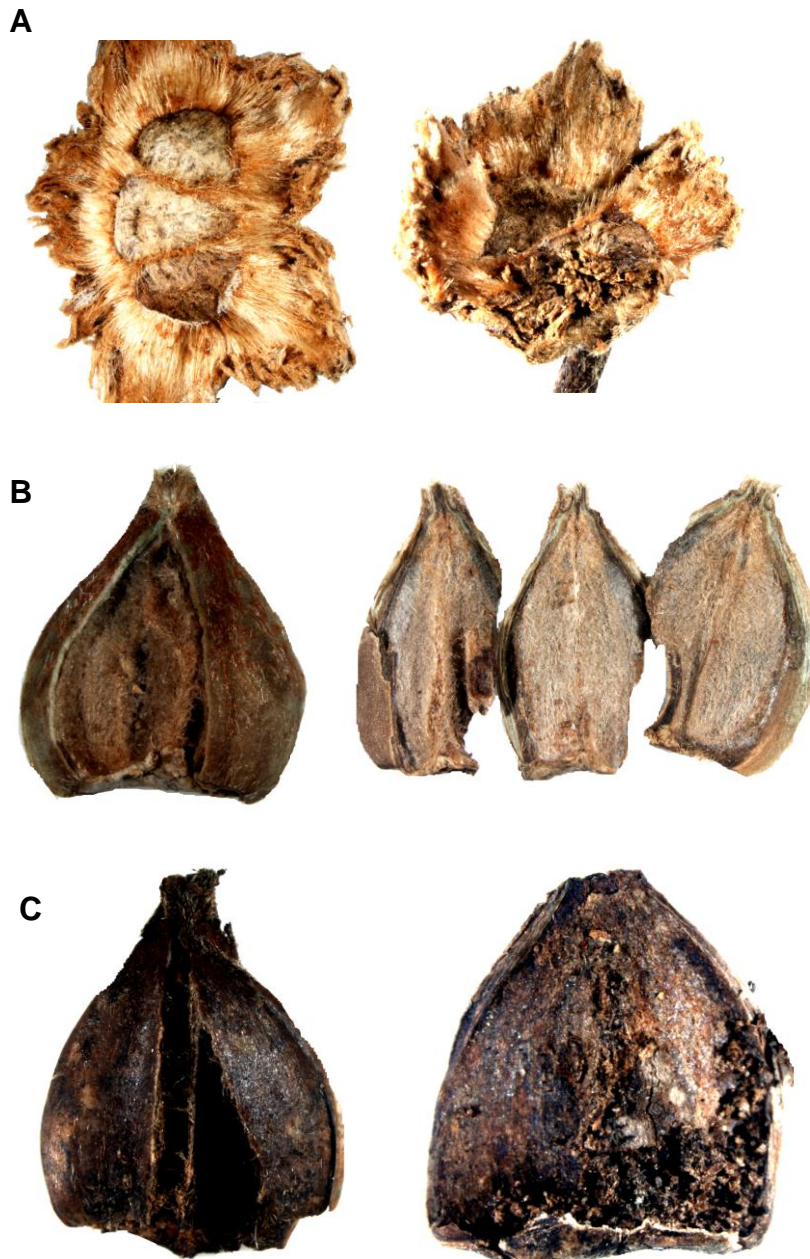
ANEXOS

Anexo 1. Estructura y Dinámica de las especies en las dos parcelas permanentes en el fragmento de bosque de roble negro en el PNN Los Farallones. (Ab) abundancia absoluta, (Ab%) abundancia relativa, (Fr) frecuencia absoluta, (Fr%), frecuencia relativa, (G) dominancia absoluta, (G%) dominancia relativa, (IVI) índice de valor de importancia.

Familia	Especie	Ab	Ab %	Fr	Fr %	G	G%	IVI 300%	IVI 100%
Euphorbiaceae	<i>Colombobalanus excelsa</i>	227	44,08	2	9,52	17,31	81,39	134,99	45,00
Euphorbiaceae	<i>Alchornea grandiflora</i>	106	20,58	2	9,52	0,79	3,70	33,81	11,27
Euphorbiaceae	<i>Mabea klugii</i>	30	5,83	2	9,52	2,23	10,50	25,85	8,62
Moraceae	<i>Alchornea latifolia</i>	33	6,41	2	9,52	0,38	1,80	17,73	5,91
Clusiaceae	<i>Clarisia sp.</i>	29	5,63	2	9,52	0,24	1,15	16,31	5,44
Fagaceae	<i>Huerteia glandulosa</i>	27	5,24	2	9,52	0,09	0,41	15,18	5,06
Tapisciaceae	<i>Miconia sp.</i>	23	4,47	2	9,52	0,08	0,37	14,36	4,79
Rubiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	17	3,30	2	9,52	0,07	0,33	13,15	4,38
Euphorbiaceae	<i>Palicourea sp.</i>	17	3,30	2	9,52	0,04	0,19	13,02	4,34
Melastomataceae	<i>Clusia sp.</i>	5	0,97	2	9,52	0,03	0,15	10,64	3,55
Rubiaceae	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>	1	0,19	1	4,76	0,00	0,01	4,96	1,65
Total	11	515	100	21	100	21,3	100	300	100

Anexo 2. Pruebas de germinación y viabilidad de semillas de roble negro *Colombobalanus excelsa* colectados en la cordillera oriental de los Andes de Colombia. Tabla 2 tomada de Parra *et al.* (2011b)

Repetición No.	Semillas sembradas	Semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Semillas vacías	Semillas muertas
1	100	8	8	54	38
2	100	7	7	65	28
3	100	8	8	48	44
4	100	6	6	51	43
Media			7,25	54,5	38,25
Desv. est.			0,96	7,42	7,32



Anexo 3. Semillas encontradas en el fragmento de bosque fuera de las parcelas, en diferentes épocas de estados físicos, (A) cúpulas de las semillas de roble negro después de ser consumidas por *Psittacara wagleri*. (B) semillas colectadas en época de poca precipitación vacías y fragmentadas, (C) semillas colectadas en época de alta precipitación y en estado de descomposición.