

**CUANTIFICACIÓN DE VOLUMEN DE LA ESPECIE *Colombobalanus excelsa*,
EN EL PARQUE NACIONAL CUEVA LOS GUÁCHAROS Y SU ZONA
DE AMORTGUACIÓN, MUNICIPIOS DE PALESTINA Y
ACEVEDO, DEPARTAMENTO DEL HUILA**



DAVID EDUARDO DAVILA MOLINA

**INFORME FINAL
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2011**

**CUANTIFICACIÓN DE VOLUMEN DE LA ESPECIE *Colombobalanus excelsa*,
EN EL PARQUE NACIONAL CUEVA LOS GUÁCHAROS Y SU ZONA
DE AMORTGUACIÓN, MUNICIPIOS DE PALESTINA Y
ACEVEDO, DEPARTAMENTO DEL HUILA**



DAVID EDUARDO DAVILA MOLINA

Informe Final

Para Optar al Título de

Ingeniero Forestal

Director:

Ing. Franco Alvis Gordo

Profesor Facultad de Ciencias Agropecuarias

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN**

2011

Nota de aceptación

Los jurados Roman Ospina y Homan Gautan
revisaron el documento y asistieron a la
sustentación del mismo, al cual le dieron su
aprobación.

Director: Franco Alvis G.

Jurado: Román Ospina

Jurado: Holman Gaitán

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecer a Dios, por brindarme la vida, la salud, la voluntad y la fuerza de lograr las metas que me propongo.

A mi madre María del Carmen Molina y a mi Padre Ricardo Dávila por acompañarme a recorrer mis caminos impulsándome a seguir siempre adelante brindándome su amor y respeto.

A mi director Franco Alvis, a los Jurados Román Ospina y Holman Gaitán quienes me guiaron en esta última etapa, con sus consejos y sabiduría.

A don Federico Sterling y su grandiosa familia quienes me acogieron en su hogar mientras desarrollaba este estudio y quienes fueron parte importante para que este se realizara.

A mis amigos que siempre me brindan su apoyo y amistad incondicional; Carlos Calero y familia, Cristian Sarasti, Diana Castillo, Eduar Aguirre entre otros.

A la oficina de parques nacionales naturales, regional sur andina, en especial a Liliana Paz quien me dio la oportunidad de hacer este estudio. Y a la administración del Parque Nacional Natural Cueva los Guacharos.

A todos los profesores que me dieron clases en el transcurso de la carrera, compartiendo sus conocimientos con nosotros sus alumnos.

Y a todos mis compañeros y amigos de la universidad por los momentos de alegría, preocupación y demás que se viven en las aulas y demás campos académicos.

RESUMEN

El *Colombobalanus excelsa*, es una especie endémica de los andes colombianos, catalogada como vulnerable, pues su extensión de presencia es cercana a 1100 km², conteniendo ecosistemas en continua disminución en su calidad de hábitat, y sus poblaciones sólo se han registrado en tres zonas; Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos (Huila), donde fue descrita por primera vez, Parque Nacional Natural Los Farallones de Cali y la zona cercana del Municipio de Jamundí (Valle del Cauca); y en el Santuario de Flora y Fauna Guanentá alto Río Fonce del corregimiento de Virolín, Municipio de Charalá (Santander). Ésta especie presenta registros entre los 1800 y 2200 msnm, con una temperatura media anual de 15.4°C y una precipitación promedio de 2996 mm al año.

El presente estudio se desarrolló en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos y su zona de amortiguación, determinando la distribución espacial de la especie dentro del área de estudio, mediante caminatas y tomando puntos que fueron georeferenciados y con ayuda de mapas digitales se identificó 8 polígonos que representan los robledales encontrados los cuales están representados en el mapa 1 (anexo A). Se tomó una muestra de 25 árboles con buenas características estructurales y distribuidos en 5 clases diamétricas, con el fin de determinar el factor mórfico de la especie lo cual permite obtener valores de volumen más precisos y analizar el ahusamiento que tienen los fustes de esta especie, dando como resultado un factor mórfico de 0.76041. Posteriormente se realizó la un inventario forestal utilizando 4 fajas de 250 x 20m cada una y distribuidas en 2 estratos; el estrato 1 perteneciente al PNN Cueva de los Guacharos y el estrato 2 a su zona de amortiguación. Con los datos recolectados se procedió a la cuantificación de factores productivos de la especie por hectárea lo que generó los siguientes resultados; 281,66 árboles/ha, área basal de 52,33 m²/ha y 761,65 m³/ha. Finalmente se generó una tabla rodal para determinar el ciclo de cosecha, diámetro mínimo y máximo de corta y la intensidad de corta, con el fin de poder plantear una serie de lineamientos para el manejo y conservación de la especie en esta zona, ya que las presiones que está sufriendo por la expansión agrícola, está llevando a esta especie a la fragmentación y aislamiento de sus robledales.

Palabras clave: *Colombobalanus excelsa*, *Distribución espacial*, *Factor mórfico*, *Tabla rodal*.

ABSTRACT

The *Colombobalanus excelsa*, is an endemic species of the Colombian Andes, classified as vulnerable, because its extent of occurrence is close to 1100 km², containing ecosystems continuing decline in habitat quality, and their populations have been recorded only in three areas; Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos (Huila), which was first described, Parque Nacional Natural Los Farallones de Cali and the surrounding territories of the Municipality of Jamundí (Valle del Cauca), and the Sanctuary of Flora and Fauna Rio Guanentá high Fonce the village of Virolín, Municipality of Charalá (Santander). This species has records between 1800 and 2200 m, with an average annual temperature of 15.4 ° C and an average rainfall of 2996 mm per year.

This study was conducted in the Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos and its buffer zone, determining the spatial distribution of the species within the study area by taking walks and points were georeferenced with the help of digital maps identified 8 polygons that represent the oak found which are represented on the map 1 (Annex A). A sample of 25 trees with good structural characteristics and divided into 5 diameter classes, in order to determine the species morphic factor which allows for more accurate volume settings and analyze the taper with the stems of this species resulting in a factor of 0.76041 morphine. Later the forest inventory using 4 strips of 250 x 20m each and divided into 2 strata: stratum 1, corresponding to PNN Cueva de los Guacharos and the layer 2 and its buffer zone. With the data collected for quantification of factors of production of species per hectare which generated the following results; 281.66 trees / ha, basal area of 52.33 and 761.65 m³ m²/ha. Finely stand generated a table to determine the crop cycle, minimum and maximum diameter and the intensity of short cuts, in order to propose a set of guidelines for the management and conservation of the species in this area, as pressures that are suffering due to agricultural expansion is driving this species to fragmentation and isolation of oak.

Keywords: *Colombobalanus excelsa*, *Spatial distribution*, *morphic Factor*, *Table stand*.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	2
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE <i>Colombobalanus excelsa</i>	2
1.2.1. Ecología	2
1.2.2. Características morfológicas	3
1.2.3. Distribución y hábitat	3
1.3. MUESTREO	5
1.3.1. Tipos de muestreo probabilístico	5
1.3.2. Error estándar	7
1.3.3. Error muestral o error de muestreo	7
1.4. VARIABLES DE MEDICIÓN DE ÁRBOLES	7
1.4.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)	7
1.4.2. Mediciones del DAP en diferentes tipos de terrenos	7
1.4.3. Altura de Árboles	7
1.5. VOLUMEN DE MADERA	9
1.5.1. Métodos más usados en nuestro medio	9
1.5.2. Factor de forma	9
2. METODOLOGIA	12
2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	12
2.2. 2.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE <i>Colombobalanus excelsa</i>	12
2.3. INVENTARIO FORESTAL	13
2.4. OBTENCION DEL FACTOR DE FORMA O COEFICIENTE MÓRFICO Y VALORACIÓN DEL VOLUMEN DE MADERA	14
2.5. 2.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	16
2.6. Lineamientos para el manejo y conservación del bosque de <i>Colombobalanus excelsa</i>	16
3. RESULTADOS	17
3.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL <i>Colombobalanus excelsa</i> EN EL ÁREA DE ESTUDIO	17
3.2 COEFICIENTE MÓRFICO	17
3.3 PARÁMETROS PRODUCTIVOS PARA LA ESPECIE <i>Colombobalanus excelsa</i>	18
3.4 REGENERACIÓN DE <i>Colombobalanus excelsa</i>	21
3.5 TABLA DE RODAL	22
3.6 LINEAMIENTOS PARA EL PLAN DE MANEJO DEL <i>Colombobalanus excelsa</i>	23

3.6.1	Ordenación, conservación y restauración de ecosistemas forestales de <i>Colombobalanus excelsa</i>	24
3.6.2	Cadenas forestales productivas	25
3.6.3	Desarrollo institucional	25
4.	DISCUSIONES	26
5.	CONCLUSIONES	29
6.	RECOMENDACIONES	31
7.	BIBLIOGRAFIA	32
	ANEXOS	

LISTADO DE FIGURAS	Pag
Figura 1: Ecología de la especie <i>Colombobalanus excelsa</i>	3
Figura 2. <i>Colombobalanus excelsa</i>	3
Figura 3. Distribución geográfica de la especie <i>Colombobalanus excelsa</i>	4
Figura 4. Mediciones del DAP en diferentes tipos de terrenos	8
Figura 5. Medición de alturas en árboles latifoliados	8
Figura 6. Localización de la zona de estudio	12
Figura 7. Tamaño de parcelas para inventario forestal	13
Figura 8. Zonas seleccionadas para la ubicación de las fajas para el inventario forestal	14
Figura 9. Medición de distancias con cinta métrica en uno de los árboles seleccionados, para hallar el factor mórfico	15
Figura 10. Robledal de gran extensión ubicado en Villa Fátima y una parte de la Tocora	20
Figura 11. Distribución de parámetros productivos en las clases diamétricas	23
Figura 12. Cultivo de granadilla continuo al bosque de <i>Colombobalanus excelsa</i>	26
Figura 13. Vereda El Porvenir, vista desde la vereda La Ilusión	27

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Estratos y zonas establecidas para el inventario forestal	13
Cuadro 2. Medidas de los polígonos georeferenciados	17
Cuadro 3. Valores estadísticos para el coeficiente mórfico del <i>Colombobalanus excelsa</i>	18
Cuadro 4. Estadísticas del Factor mórfico calculado para cinco clases Diamétricas en <i>Colombobalanus excelsa</i>	18
Cuadro 5. Parámetros productivos para <i>Colombobalanus excelsa</i> en la zona de estudio (PNN Cueva los Guacharos y su zona de amortiguación), 2010	19
Cuadro 6. Parámetros productivos y estadísticos para los estratos del muestreo	19
Cuadro 7. Regeneración de <i>Colombobalanus excelsa</i>	21
Cuadro 8. Tabla de rodal para <i>Colombobalanus excelsa</i>	22
Cuadro 9. Bienes y Servicios ambientales que prestan los bosques tropicales	24

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Natural (PNN) Cueva de Los Guácharos fue creado en 1960 como la primera área de conservación declarada del país, mediante Decreto N° 2631 del 9 de noviembre, gracias a sus excepcionales componentes biológicos y geográficos. Su principal característica es la presencia de grandes sistemas de cavernas, producto de la disolución de formaciones calizas, asociadas a relictos de robledales y vegetación de subpáramos. El amplio intervalo altitudinal que presenta el parque, que va desde los 1.610 hasta los 2.840 metros sobre el nivel del mar, ha consolidado un corredor de transición entre ecosistemas andinos y amazónicos, conservando uno de los últimos reductos de selva andina virgen, que garantiza la continua regulación de agua, ayuda a la regulación del clima de la región, purifica la atmósfera de gases como el monóxido de carbono y produce oxígeno, convirtiéndose en un gran pulmón no sólo para la región y el país, si no para el planeta (GEMA, 2002).

Con el presente trabajo se pretendió obtener una cuantificación del volumen de madera disponible de *Colombobalanus excelsa* presente en el Parque Nacional Natural (PNN) Cueva de Los Guácharos y su zona de amortiguación, a partir del análisis de la distribución espacial de la especie, la determinación de su coeficiente mórfico, la valoración del volumen actual disponible de madera de la especie y la generación de lineamientos para ayudar a orientar los planes de manejo y conservación apropiados para la especie, considerando su valor y la utilización por parte de los habitantes de la región en actividades agrícolas y domésticas, puesto que ésta especie está catalogada como vulnerable (VU) en el libro rojo de especies de plantas amenazadas de Colombia

1. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

1.1 GENERALIDADES

Desde su creación en 1960, en el parque se han realizado diferentes estudios encaminados a completar un inventario forestal de la especie *Colombobalanus excelsa*. La mayor parte de estos trabajos fueron realizados por el grupo de investigadores del antiguo INDERENA entre los cuales se destaca el realizado en 1979 por el Ingeniero Forestal Jesús Eugenio Henao. Este profesional, entonces Jefe del Parque, en desarrollo de un estudio fenológico, encontró asociada a roble blanco (*Quercus humboldtii*), una nueva especie de roble en el sitio conocido como El Robledal, a orillas del sendero que va de La Cascajosa a las cuevas del Parque, el cual fue denominado con el nombre científico de *Colombobalanus excelsa*, comúnmente llamado roble negro o morado. Según el sistema de clasificación de zonas de vida desarrollado por Cuatrecasas, el parque presenta formaciones correspondientes a selvas sub-andinas y andinas caracterizadas por abundantes precipitaciones, alto epifitismo y una rica y variada vegetación. A nivel de la fauna se han inventariado 292 especies de aves, entre ellas El Guácharo, los Gallitos de roca y la Pava de monte, especie más grande en su género en Colombia; 60 mamíferos, entre ellos el oso de anteojos, 50 especies de mariposas y gran cantidad de insectos y reptiles. Entre las serpientes se destacan la falsa coral y la pequeña tiro, temida por su veneno (GEMA, IAvH, 2002).

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE *Colombobalanus excelsa*

1.2.1 Ecología. Esta especie forma asociaciones en zonas con fuertes pendientes, y por lo general, en terrenos adyacentes a bosques de roble propiamente dicho (*Quercus humboldtii*). Las plántulas y los juveniles son fuertemente heliófilos. Los frutos son consumidos por la paloma collaraja, (*Columba fasciata albilinea*) y la lora perica maicera (*Pionus chalcopterus chalcopterus*). Su polinización es a través del viento y la dispersión de sus semillas es realizada por ardillas y aves, en especial algunas loras silvestres (Ver figura 1) (Fundación Farallones, 2009).

Se le conoce con el nombre de Roble negro porque es un roble con el corazón negro; en algunas partes del país se le conoce también con el nombre de robla, roble morado o roble macho (GEMA, IAvH, 2002).

Figura 1. Ecología de la especie *Colombobalanus excelsa*



Semilla germinada



**Hoja simple y
alterna**



Infrutescencia



Plántula

Fuente: Fundación Natura (2009)

1.2.2 Características morfológicas. Árbol sobresaliente del bosque andino; alcanza los 35 metros de alto y un DAP (envergadura) de hasta 2 metros. Corteza gruesa y quebradiza, fisurada por encima y presenta un fuste recto de hasta 25 metros y gambas (raíces aéreas) de 1.5 metros (Fundación Farallones, 2009). Es un árbol de aserrió de madera pesada y muy dura; de fibras alargadas, levemente guascosas y el comportamiento de la madera ante la puntilla es retenedora (Ver figura 2) (GEMA, IAVH, 2002).

Figura 2. *Colombobalanus excelsa*

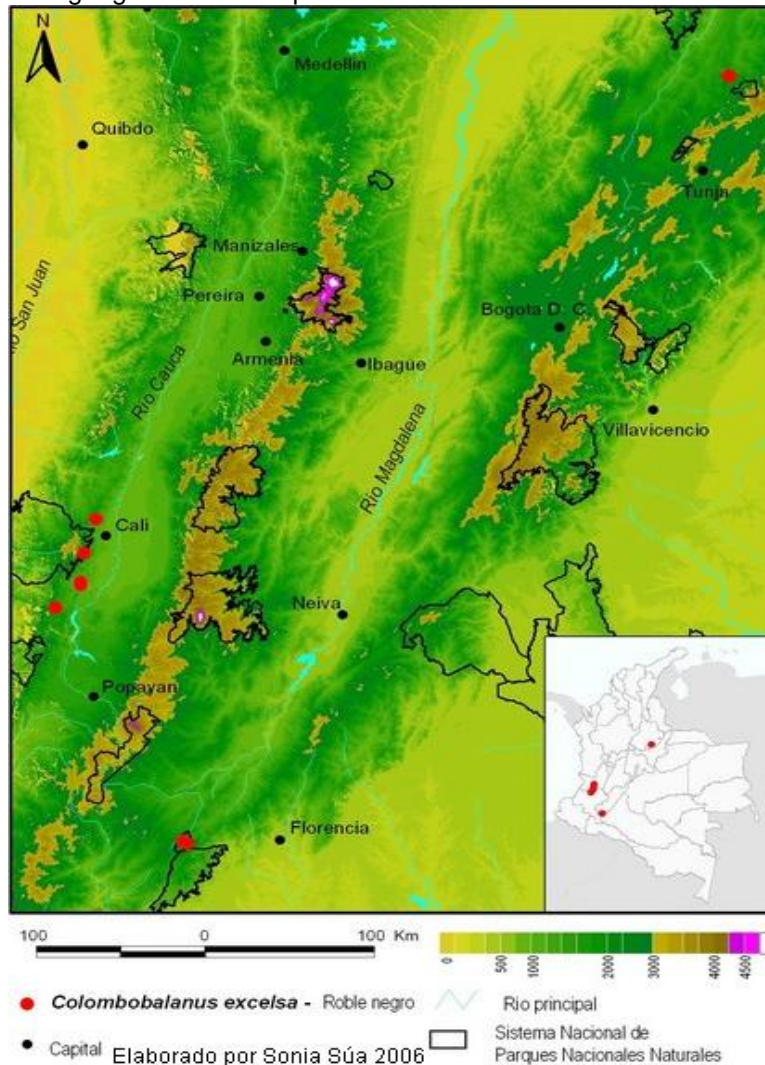


1.2.3 Distribución y hábitat. El *Colombobalanus excelsa* de la familia FAGACEAE, es una especie endémica de los andes colombianos, vulnerable, pues su extensión de presencia es cercana a 1100 km², conteniendo ecosistemas en continua disminución en su calidad de hábitat, y sus poblaciones sólo se han registrado en tres zonas; Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos (Huila), donde fue descrita por primera vez, Parque Nacional Natural Los Farallones de Cali y la zona cercana del Municipio de Jamundí (Valle del Cauca); y

en el Santuario de Flora y Fauna Guanentá alto Río Fonce del corregimiento de Virolín, Municipio de Charalá (Santander) (Fundación Farallones, 2009).

Ésta especie presenta registros entre los 1800 y 2200 msnm, con una temperatura media anual de 15.4°C y una precipitación promedio de 2996 mm al año. Crece generalmente en condiciones de bosque nublado y luminoso en los flancos internos de las cordilleras de los andes colombianos (Ver figura 3). Forma bosques homogéneos a manera de rodal y algunas veces hace asociaciones con el roble común (*Quercus humboldtii*) (Fundación Farallones, 2009).

Figura 3. Distribución geográfica de la especie *Colombobalanus excelsa*



Fuente. Catálogo de la biodiversidad de Colombia.

Prefiere los lugares de suelos pobres, y pendientes de las montañas, generalmente donde exista la nube envolvente típica del bosque de niebla. Su densidad es alta formando rodales homogéneos de cientos de individuos con la

poca presencia de otras especies de árboles como: Barcinos, Jiguas, Amarillo de Peña y Roble Común (GEMA, IAVH, 2002).

1.3 MUESTREO

En ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo (analizar a todos los elementos de una población), se selecciona una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población. El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta (Prodan *et al.*, 1997).

1.3.1 Tipos de muestreo probabilístico. Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad, es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño n tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas. Sólo estos métodos de muestreo probabilísticos nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y son, por tanto, los más recomendables (Prodan *et al.*, 1997).

Muestreo aleatorio simple. El procedimiento empleado es el siguiente; 1) se asigna un número a cada individuo de la población y 2) a través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido. Este procedimiento, atractivo por su simpleza, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que estamos manejando es muy grande (Prodan *et al.*, 1997).

Muestreo aleatorio sistemático. Este procedimiento exige, como el anterior, numerar todos los elementos de la población, pero en lugar de extraer n números aleatorios sólo se extrae uno. Se parte de ese número aleatorio i , que es un número elegido al azar, y los elementos que integran la muestra son los que ocupa los lugares $i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k$, es decir se toman los individuos de k en k , siendo k el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra; $k= N/n$. El número i que empleamos como punto de partida será un número al azar entre 1 y k . El riesgo este tipo de muestreo está en los casos en

que se dan periodicidades en la población ya que al elegir a los miembros de la muestra con una periodicidad constante (k) podemos introducir una homogeneidad que no se da en la población. Imaginemos que estamos seleccionando una muestra sobre listas de 10 individuos en los que los 5 primeros son varones y los 5 últimos mujeres, si empleamos un muestreo aleatorio sistemático con $k=10$ siempre seleccionaríamos o sólo hombres o sólo mujeres, no podría haber una representación de los dos sexos (Prodan *et al.*, 1997).

Muestreo aleatorio estratificado. Trata de obviar las dificultades que presentan los anteriores ya que simplifican los procesos y suelen reducir el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica (se puede estratificar, por ejemplo, según la profesión, el municipio de residencia, el sexo, el estado civil, etc.). Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir los elementos concretos que formarán parte de la muestra. En ocasiones las dificultades que plantean son demasiado grandes, pues exige un conocimiento detallado de la población. (Tamaño geográfico, sexos, edades,...). La distribución de la muestra en función de los diferentes estratos se denomina afijación, y puede ser de diferentes tipos:

- a. Afijación Simple. A cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales.
- b. Afijación Proporcional. La distribución se hace de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato.
- c. Afijación Óptima. Se tiene en cuenta la previsible dispersión de los resultados, de modo que se considera la proporción y la desviación típica. Tiene poca aplicación ya que no se suele conocer la desviación (Prodan *et al.*, 1997).

Muestreo aleatorio por conglomerados. Los métodos presentados hasta ahora están pensados para seleccionar directamente los elementos de la población, es decir, que las unidades muestrales son los elementos de la población. En el muestreo por conglomerados la unidad muestral es un grupo de elementos de la población que forman una unidad, a la que llamamos conglomerado. Las unidades hospitalarias, los departamentos universitarios, una caja de determinado producto, etc., son conglomerados naturales. En otras ocasiones se pueden utilizar conglomerados no naturales como, por ejemplo, las urnas electorales. Cuando los conglomerados son áreas geográficas suele hablarse de "muestreo por áreas". El muestreo por conglomerados consiste en seleccionar aleatoriamente un cierto número de conglomerados (el necesario para alcanzar el tamaño muestral establecido) y en investigar después todos los elementos pertenecientes a los conglomerados elegidos (Prodan *et al.*, 1997).

1.3.3 Error estándar. La desviación estándar de una distribución, en el muestreo de un estadístico, es frecuentemente llamada el error estándar del estadístico. Por ejemplo, la desviación estándar de las medias de todas las muestras posibles del mismo tamaño, extraídas de una población, es llamada el error estándar de la media. De la misma manera, la desviación estándar de las proporciones de todas las muestras posibles del mismo tamaño, extraídas de una población, es llamada el error estándar de la proporción. La diferencia entre los términos "desviación estándar" y "error de estándar" es que la primera se refiere a los valores originales, mientras que la última está relacionada con valores calculados. Un estadístico es un valor calculado, obtenido con los elementos incluidos en una muestra (Montalvo *et. al.*, 2001).

1.3.4 Error muestral o error de muestreo. La diferencia entre el resultado obtenido de una muestra (un estadístico) y el resultado el cual deberíamos haber obtenido de la población (el parámetro correspondiente) se llama el error muestral o error de muestreo. Un error de muestreo usualmente ocurre cuando no se lleva a cabo la encuesta completa de la población, sino que se toma una muestra para estimar las características de la población. El error muestral es medido por el error estadístico, en términos de probabilidad, bajo la curva normal. El resultado de la media indica la precisión de la estimación de la población basada en el estudio de la muestra. Mientras más pequeño el error muestral, mayor es la precisión de la estimación (Montalvo *et. al.*, 2001).

1.4 VARIABLES DE MEDICION DE ARBOLES

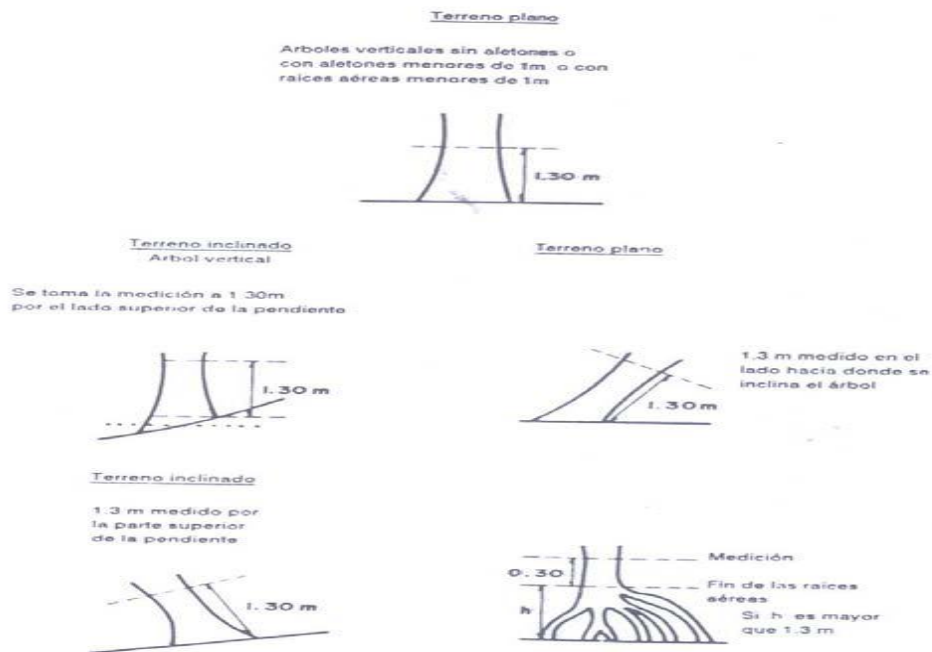
1.4.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP). El diámetro del árbol se mide a 1.30 m sobre el nivel del suelo, a este se le conoce como Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) o diámetro normal. Para la obtención de esta medida se utiliza la cinta diamétrica, a través de la cual obtenemos el valor del diámetro de manera directa (Wabo, 2006).

1.4.2 Mediciones del DAP en diferentes tipos de terrenos. La figura 4 muestra a forma correcta de realizar las mediciones del DAP, según sea el caso del terreno o de árbol (Wabo, 2006).

1.4.3 Altura de Árboles. La altura del un árbol se define como la distancia del suelo a la punta o ápice del Árbol, a lo largo del fuste se mide en metros. Los instrumentos utilizados para medir las alturas en los árboles son; Hipsómetros, Silva, Blume leiss, Haga y vertex (CATIE, 1991).

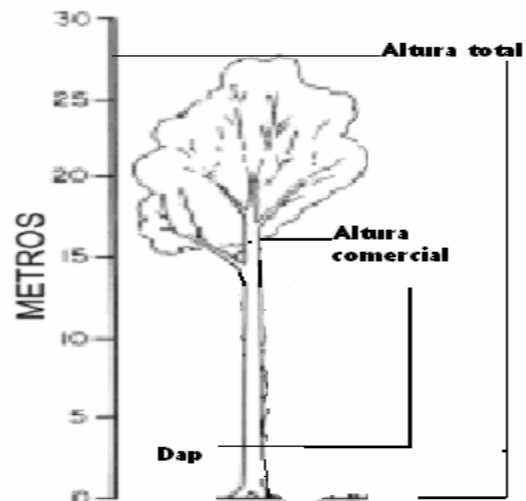
La altura se puede expresar como **altura total**, común en los pinares, o **altura comercial** común en latifoliadas. En la figura 5 se indica la diferencia entre los dos tipos de altura (CATIE, 1991).

Figura 4. Mediciones del DAP en diferentes tipos de terrenos



Fuente: Instituto Nacional De Bosques. 1999.

Figura 5. Medición de alturas en árboles latifoliados



Fuente: CATIE. 1991.

Altura total; La altura total del árbol es la distancia medida a partir de la base del árbol a la punta o ápice del árbol, en metros.

Altura comercial; La altura comercial, se toma del DAP hasta donde inicia la ramificación principal de los árboles, esta situación es más común en latifoliada (CATIE, 1991).

1.5 VOLUMEN DE MADERA

En la actividad forestal con frecuencia se requiere conocer la cantidad de madera con que disponen los árboles en pie de una superficie determinada. Es imposible medir dicho volumen directamente, por lo que su cálculo se debe hacer en forma indirecta. Por eso, es importante conocer los métodos más usados para su determinación. Por cierto, el método más sencillo para determinar el volumen de madera en pie de un rodal es el cálculo "a ojo"; pero los valores obtenidos por esta vía no tienen respaldo técnico (INAB, 1999).

1.5.1 Métodos más usados en nuestro medio. El mecanismo básico para estimar el volumen en pie de los árboles consiste en convertir a volumen algunas características del árbol, medibles a campo. Por tanto, es razonable establecer alguna relación entre esas características del árbol y su volumen. Los dos métodos más difundidos en nuestro país son el método del Factor de Forma o Coeficiente Mórfico y el método de las ecuaciones o Tablas de Volumen (Montalvo *et. al.*, 2001).

1.5.2 Factor de forma. Es un factor de reducción del cilindro al volumen real del árbol, resulta evidente que el factor de forma es dependiente de cada serie de ahusamiento y debe ser visto como un indicador de la forma fustal. (Prodan *et. al.*, 1997).

En la actualidad existen varios métodos para calcular el factor de forma o coeficiente mórfico y el volumen, utilizando modelos de ecuaciones ya existentes de uso práctico o desarrollando ecuaciones para una especie en particular, ya sea para árboles en pie o madera aserrada. A continuación se presentan dos métodos para el cálculo del factor de forma y volumen, de árboles en pie (Kometter y Maravi, 2007).

a. Método para hallar el factor de forma (f) utilizando un f estándar; es el método más rápido y sencillo de aplicar para calcular el volumen en un rodal, donde no se tiene un factor de forma definido para la especie en estudio. El volumen de un árbol (V) puede expresarse por el producto entre su área basal (g), su altura (h) y el coeficiente de forma (f), como se indica en la ecuación 1).

$$V = g \cdot h \cdot f \quad \text{Ecuación 1}$$

El área basal es el área de la sección donde se ubica el diámetro a la altura del pecho (DAP), y está directamente relacionada con el volumen del árbol; se suele indicar con la letra g y surge del producto que se indica en la ecuación 2).

$$\frac{\pi}{4} \cdot DAP^2 = 0.7854 \cdot DAP^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Midiendo el DAP y la altura de un árbol y conociendo su factor de forma, en este caso asumiremos un factor de forma estándar (0.4 para especies coníferas y 0.7 para especies tropicales, según sea el caso), podemos determinar el volumen de ese árbol. Obviamente, no tiene sentido medir el volumen de un árbol para calcular su factor de forma, para luego determinar el mismo volumen que ya se conoce, por lo que es necesario determinar un valor promedio del coeficiente de forma aplicable a todos los árboles de interés, esto se hace midiendo una cantidad aproximada de 20 árboles. En consecuencia, una vez determinado el f promedio, la fórmula a aplicar es la que se presenta en la ecuación 3).

$$V_i = g_i \cdot h_i \cdot f \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde V_i es el volumen promedio de todos los árboles que tengan área basal g_i y altura h_i (Montalvo *et. al.*, 2001).

c. Método del factor de forma verdadero; el factor de forma, en especial el real o verdadero, no es sólo un factor de reducción, también es una expresión para la forma del árbol. El volumen de un árbol en pie puede calcularse con cinco secciones de largo L, utilizando la misma fórmula de Hohenadl, que se presenta en la ecuación 1) usada para madera aserrada:

Ecuación 1):

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot L \cdot (d_{0.1}^2 + d_{0.3}^2 + d_{0.5}^2 + d_{0.7}^2 + d_{0.9}^2)$$

Dónde: v = volumen de troza o árbol; L = largo de sección de la troza ó altura del árbol; $d_{0.1}$ = diámetro a 1m de distancia desde la base del árbol o troza; $d_{0.3}$ diámetro a 3m de distancia desde la base de árbol o troza...

Factorizando por $d_{0.1}^2$ se obtiene la ecuación 2):

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.1}^2 \cdot L \cdot \left(1 + \left(\frac{d_{0.3}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.7}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.9}^2}{d_{0.1}^2} \right) \right)$$

Reemplazando $L = 0.2h$, tenemos la ecuación 3):

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.1}^2 \cdot h \cdot 0.2 \cdot \left(1 + \left(\frac{d_{0.3}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.7}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.9}^2}{d_{0.1}^2} \right) \right)$$

La ecuación 4):

$$\frac{\pi}{4} \cdot d_{0.1}^2 \cdot h = W_{0.1}$$

$W_{0.1}$ corresponde al volumen de un cilindro de diámetro $d_{0.1}$ y largo h . Por lo tanto de la ecuación 5) se deduce que:

$$0.2 \cdot \left(1 + \left(\frac{d_{0.3}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.7}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.9}^2}{d_{0.1}^2} \right) \right) = f_{0.1}$$

$f_{0.1}$ es un factor por el cual se multiplica el volumen del cilindro para obtener el volumen efectivo del fuste. Hohenadl denomina a la expresión anterior, factor de forma real o verdadero. De lo anterior se obtiene la ecuación definitiva 6).

$$v = W_{0.1} \cdot f_{0.1}$$

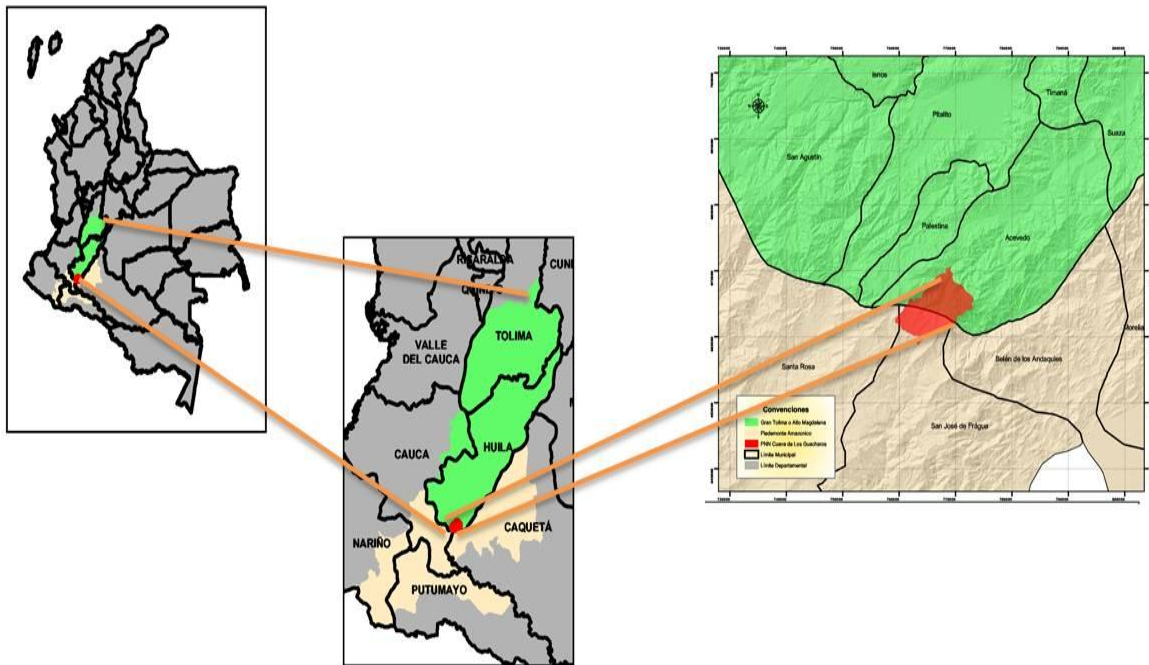
En consecuencia, utilizar en el futuro un coeficiente f promedio calculado hoy para un árbol previamente estudiado, resulta erróneo y arriesgado. Una alternativa es expresar al factor f en función del DAP y de esa manera poder usar un f promedio para cada DAP (Prodan *et. al.*, 1997).

2 METODOLOGIA

2.4 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El área general de estudio estuvo comprendida entre los 1500m.s.n.m. a 2200 msnm (Ver figura 6) y abarcó parte de la reserva Cueva de los Guacharos y la zona de amortiguación conformada por las veredas Montañitas, Guajira, Jericó, El Tabor, Las Juntas, El Roble, Los Pinos, La Mensura, La Tocora, Villa Fátima y La Ilusión (Ver figura 6).

Figura 6. Localización de la zona de estudio



Fuente. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Sur Andina

2.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE *Colombobalanus excelsa*

Para observar y definir la distribución espacial de la especie *Colombobalanus excelsa* se realizaron recorridos de 5 días (28 y 29 de Septiembre y 24 a 26 de Octubre) tomando puntos de referencia con GPS en las zonas donde se presentan registros bien definidos de la especie (PNN Cueva de los Guácharos y su zona amortiguadora). Se elaboró un mapa con la distribución espacial de la especie en las áreas evaluadas tomando como base el mapa digital que suministró la administración del parque, el cual fue actualizado a partir de la información registrada en campo.

2.6 INVENTARIO FORESTAL

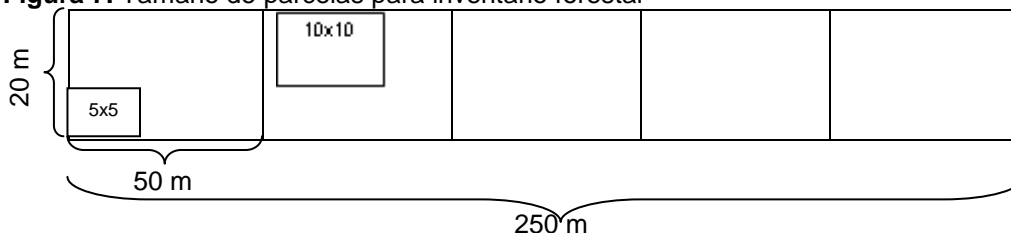
Con base en la distribución espacial de la especie, se realizó un muestreo estratificado en fajas con intensidades variables debido a las necesidades de la Oficina de Parques Nacionales Naturales, a la distribución de la especie y a la información que se tiene sobre la misma.

Se establecieron 3 zonas (de acuerdo a la ubicación de las poblaciones de la especie) y 2 estratos (de acuerdo a las presiones antrópicas sobre la especie) (Ver cuadro 1) en las que se levantaron 4 fajas de 20 x 250 metros, divididas en parcelas rectangulares de 20 x 50 metros por cada sitio, en las que se registraron los individuos con diámetros normales iguales o mayores a 10 centímetros, altura, diámetro de copa, estado del árbol (fustes sanos o enfermos, rectos, bifurcados, torcidos, etc.) y sus coordenadas locales (ver anexo C). Además, en cada faja se anidó una subparcela de 10 x 10 metros para medir la regeneración de la especie teniendo en cuenta los individuos con DAP ≤ 10 y alturas mayores a 3 metros, y una subparcela de 5 x 5 metros, para cuantificar el número de plántulas, con alturas de 0,3m a 1m (Ver figura 7).

Cuadro 1. Estratos y zonas establecidas para el inventario forestal

ESTRATO			ZONA			
	1	2		1	2	3
Lugar	Dentro del PNN Cueva de los Guácharos	Zona de amortiguación del PNN	Lugar	Zona de amortiguación del PNN	Zona de amortiguación del PNN	Dentro del PNN Cueva de los Guácharos
IM%	3	4	Veredas	La Mensura Los Pino La Tocora Villa Fátima	La Ilusión El Porvenir	PNN

Figura 7. Tamaño de parcelas para inventario forestal

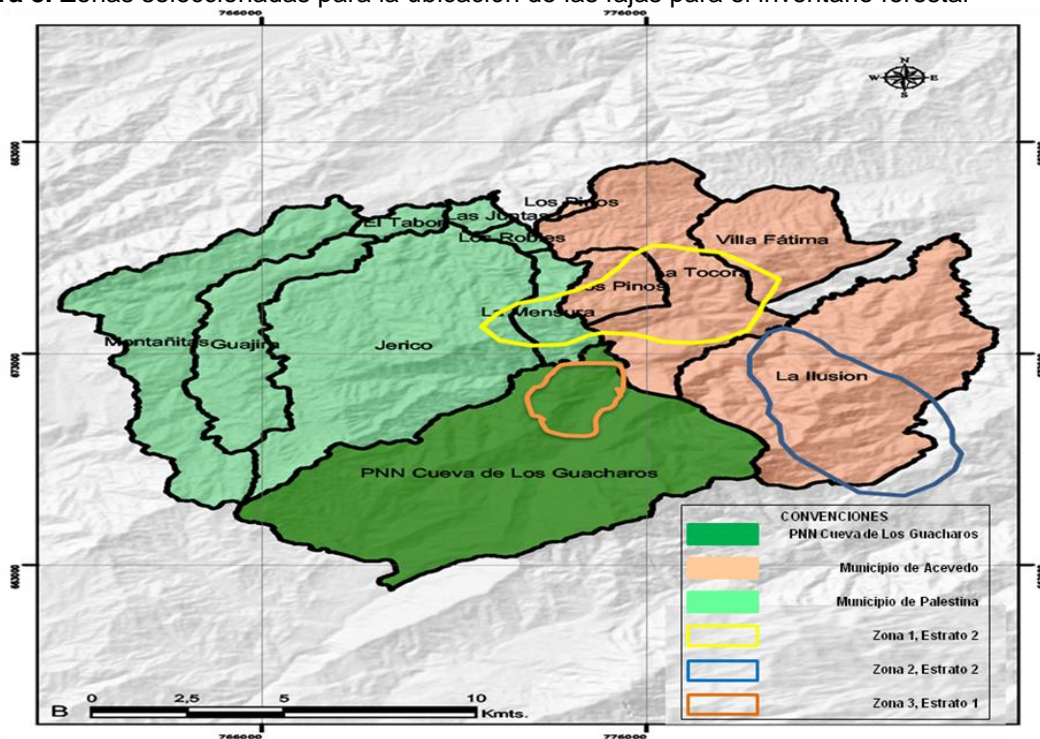


Las fajas se ubicaron de acuerdo a los sitios de mayor ocurrencia de la especie, a la accesibilidad y a la disposición que tuvieron los propietarios de los terrenos para aprobar la ejecución del estudio en sus predios. La localización de las fajas se consiguieron gracias a la colaboración del señor Federico Sterling a través del

espacio radial “De regreso al rancho” de la emisora comunitaria de San Adolfo y de la emisora “La 107 digital” del municipio de Palestina.

La faja 1 perteneciente al estrato 1, fue localizada en el robledal perteneciente al PNN Cueva los Guacharos. La faja 2 perteneciente al estrato 2, se localizó en la reserva de la hacienda El Cedral, vereda San José de Riecitos, municipio de Acevedo. La faja 3 del estrato 2 en la vereda la Ilusión, municipio de Acevedo y la faja 4 del estrato 2, en la hacienda La Palma, vereda La Mensura, municipio de Palestina (Ver anexo B). En la figura 8 nos muestra un mapa inicial, usado como bosquejo para el estudio, que contiene las zonas seleccionadas para la realización del inventario forestal.

Figura 8. Zonas seleccionadas para la ubicación de las fajas para el inventario forestal



Fuente. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Sur Andina

2.7 OBTENCIÓN DEL FACTOR DE FORMA O COEFICIENTE MÓRFICO Y VALORACIÓN DEL VOLUMEN DE MADERA

Después de hacer un reconocimiento de toda la zona y verificar la presencia de la especies en concentraciones definidas, se procedió a la medición de diámetros y alturas de 25 árboles los cuales se dividieron en 5 clases diamétricas; clase 1 ($10 \leq \text{DAP} \leq 30\text{cm}$), clase 2 ($30 < \text{DAP} \leq 50\text{cm}$), clase 3 ($50 < \text{DAP} \leq 70\text{cm}$), clase 4 ($70 < \text{DAP} \leq 90$) y clase 5 (DAP mayores a 90cm), el formulario para la recolección de estos datos esta en el anexo D.

Para tener una mejor visión se utilizó uno de los individuos muestreados para este objetivo; como ejemplo se tomó el árbol 11 (A11), perteneciente a la clase diamétrica 2 (CD2) ($30 < \text{DAP} \leq 50\text{cm}$), con sus respectivos datos tomados en campo y se desarrolló el proceso de cálculo de su factor mórfico (FM) (ver anexo E). La figura 9 muestra una de las mediciones realizadas para este objetivo.

Figura 9. Medición de distancias con cinta métrica en uno de los árboles seleccionados, para hallar el factor mórfico.



Se determinó el Coeficiente Mórfico para la especie *Colombobalanus excelsa* con la ayuda de una placa relascópica construida para realizar el estudio y de uso personal, y provista de 3 ranuras calibradas, con mediciones de 3 factores de área basal (FAB), las instrucciones de su fabricación, calibración y uso se adjuntan en el anexo E.

El método que se aplicó para hallar el factor de forma fue el del factor de forma verdadero Hohenadl; para ello a cada árbol se le midió la altura con clinómetro, se dividió en 5 secciones iguales y en cada sección se midió su diámetro d_i . Con estos datos se procedió a calcular el factor de forma verdadero, considerando lo planteado por Wabo (2006), usando la ecuación 1:

$$0.2 \cdot \left(1 + \left(\frac{d_{0.3}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.5}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.7}^2}{d_{0.1}^2} \right) + \left(\frac{d_{0.9}^2}{d_{0.1}^2} \right) \right) = f_{0.1}$$

Ecuación 1

Los datos obtenidos se introdujeron en el programa estadístico SPSS, el cual generó el factor mórfico general para la especie *Colombobalanus excelsa* con sus respectivas variables estadísticas.

Una vez obtenido el factor de forma se procedió a aplicar la ecuación para obtener el volumen por individuo en cada estrato, mediante la ecuación 2:

$$V_i = g_i \cdot h_i \cdot f_{0.1}$$

Ecuación 2

2.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Con los datos recolectados se hizo el cálculo del volumen de madera disponible por hectárea y se realizó un análisis comparativo de los volúmenes existentes en los dos estratos; la zona de amortiguación y área de la reserva del Parque Nacional Natural (PNN) Cueva de Los Guácharos. Además se aplicó cálculos de pruebas estadísticas tanto al factor de forma como al volumen, obteniendo las principales variables para el análisis como son; la media, desviación estándar, error estándar, intervalos de confianza y error de muestreo, para tener una visión de que tan preciso fue el estudio realizado.

2.9 LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL BOSQUE DE *Colombobalanus excelsa*.

Finalmente con los datos obtenidos de las pruebas, los datos recogidos en campo, las observaciones realizadas en el entorno, la información dada por la comunidad y los análisis de resultados, se generaron los lineamientos para la formulación de un plan de manejo para la especie *Colombobalanus excelsa* localizada en el PNN cueva los guacharos y su zona de amortiguación, considerando tres categorías o campos de acción entre ellos;

1. La conservación y restauración de ecosistemas forestales de *Colombobalanus excelsa*.
2. El enfoque de cadenas forestales productivas.
3. El desarrollo institucional.

3 RESULTADOS

3.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL *Colombobalanus excelsa* EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Se generó un mapa del área del Parque Nacional Natural Cueva los Guacharos y su zona de amortiguación, mostrando la distribución de la especie *Colombobalanus excelsa* dentro de la región estudiada en 8 polígonos (ver anexo A). El cuadro 2 contiene el área de cada uno de los 8 polígonos en metros cuadrados y en hectáreas, y la sumatoria total de sus áreas.

Cuadro 2. Medidas de los polígonos georeferenciados.

Polígono	Perímetro (m)	Área (m2)	Área en Hectáreas
Polígono 1	9308,9462	2343832,1860	234,383219
Polígono 2	1605,4216	133470,8326	13,347083
Polígono 3	10623,6338	2913515,9567	291,351596
Polígono 4	2369,9250	362223,5726	36,222357
Polígono 5	20221,8712	13211065,4415	1321,106544
Polígono 6	4622,0241	720258,1218	72,025812
Polígono 7	711,6999	29769,7184	2,976972
Polígono PNN Guacharos	2063,0090	283248,7226	28,324872
TOTALES	51526,5309	19997384,5523	2000

En el mapa dos se presentan las 4 fajas establecidas para realizar el estudio, los 25 árboles utilizados para el cálculo del factor mórfico de la especie *Colombobalanus excelsa*, los sitios de alojamiento o de propietarios de los terrenos prestados para la investigación y algunos sitios sobresalientes de referencia (ver anexo B).

3.2 COEFICIENTE MÓRFICO.

El Coeficiente mórfico para *Colombobalanus excelsa* fue de **0.760412114**, en el cuadro 3 se muestran los resultados estadísticos para el coeficiente mórfico de la especie *Colombobalanus excelsa*.

Cuadro 3. Valores estadísticos para el coeficiente mórfico del *Colombobalanus excelsa*.

Variables estadísticas	Resultados
Varianza	0,108305966
CV%	14,24306157
ESx	0,021661193
EM	4,87%

En el cuadro 2, se observa un CV% de 14,24%, lo que nos indica de los datos utilizados para calcular el coeficiente mórfico, son homogéneos. El error de muestreo (EM), fue de 4,87% el cual refleja el grado de precisión del resultado obtenido para el coeficiente mórfico total de la especie.

También se obtuvieron los coeficientes mórficos para cada una de las cinco clases diamétricas que se utilizaron para hallar el coeficiente mórfico total de la especie, y cada una de estas clases diamétricas presentó los datos estadísticos que se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Estadísticas del Factor mórfico calculado para cinco clases Diamétricas en *Colombobalanus excelsa*.

	Clase 10<DAP≤30	Clase 30<DAP≤50	Clase 50<DAP≤70	Clase 70<DAP≤90	Clase <90
Factor Mórfico (X)	0,665927568	0,696349188	0,723811414	0,830297902	0,885674496
S	0,066281954	0,093740116	0,06546135	0,043989976	0,085429336
Esx	0,029642191	0,041921854	0,029275206	0,019672915	0,03820516
CV%	9,953327785	13,46165367	9,043978724	5,298095494	9,645680891
EM	9,49	12,83	8,62	5,05	9,20

3.3 PARÁMETROS PRODUCTIVOS PARA LA ESPECIE *Colombobalanus excelsa*.

La especie reportó una densidad de 281,66 árboles por hectárea, un área basal de 52,3363 por hectárea y un volumen de 761,651 por hectárea (ver cuadro 5):

Cuadro 5. Parámetros productivos para *Colombobalanus excelsa* en la zona de estudio (PNN Cueva los Guacharos y su zona de amortiguación), 2010.

ESTADISTICOS	PARAMETROS		
	DENSIDAD Individuos/ha	AREA BASAL m ² /ha	VOLUMEN m ³ /ha
PROMEDIO	281,665	52,33693687	761,650109
DESVIACION	5,89232081	2,796593542	13,1737545
CV%	2,09196059	5,343441381	1,72963338
Sx	4,1665	1,977490258	9,31525116
EMC	255,358	47,6831113	702,836407
ERROR MUESTRAL	9,33	8,89	7,72

Como se observa en el cuadro 5, el coeficiente de variación (CV%) para los tres parámetros productivos, es relativamente bajo, lo que indica una homogeneidad en los datos obtenidos en el muestreo. El error de muestreo se fue 9,33%, 8,89 y 7,72%, para densidad, área basal y volumen respectivamente.

El cuadro 6 muestra los parámetros productivos y los estadísticos reportados para los estratos que se definieron para el muestreo del estudio, los cuales sirvieron para definir los parámetros totales para el *Colombobalanus excelsa* vistos anteriormente en el cuadro 5.

Cuadro 6. Parámetros productivos y estadísticos para los estratos del muestreo.

ESTADISTICOS	ESTRATO 1			ESTRATO 2		
	DENSIDAD	AREA BASAL	VOLUMEN	DENSIDAD	AREA BASAL	VOLUMEN
X por ha	240	56,291917	854,80262	323,33	43,187379	668,49759
DESVIACION	5,14782	1,8625256	31,366905	4,04145	2,9044469	47,182072
CV%	10,72	3,31	3,67	6,25	6,73	7,06
Sx	2,3022	0,8329468	14,027706	2,3333	0,7499249	12,182358
EMC	235,09	54,331660	821,7898	273,33	41,890684	647,040
EM%	10,23	3,48	3,86	7,69	3,00	3,21

En el cuadro 6 se observa los valores obtenidos por estrato; Se analizó primero los valores totales por faja. Los valores de volumen por hectárea en los 2 estratos fue homogéneo, según lo muestra el coeficiente de variación (CV%), así como el número de árboles por hectárea, aunque las fajas 1 y 4 que presentaron menor densidad, pero tienen los valores de volumen más altos, mientras que la faja 3 presenta la mayor densidad entre las 4 fajas, y es la que presenta la menor cantidad de volumen con un muy amplio rango de diferencia.

Lo anterior se debe al estado de desarrollo en el que se encuentran los robledales muestreados, en la faja 1 que pertenece al robledal del PNN Cueva de los Guacharos y cuyo polígono está representado en el mapa 1 del anexo A, donde

existe un robleal adulto con árboles en su gran mayoría distribuidos desde la CD 2, con alturas promedio de más de 17 m. Situación similar se presentó en la faja 4 donde se encontró el mayor volumen por hectárea y con la segunda densidad de individuos más baja, pero a diferencia de la faja 1, en esta faja se encuentran individuos de todo tipo distribuidos en cantidades proporcionales en las 5 CD definidas para este estudio y con una buena cantidad presente de plántulas de roble negro, además de que no se observó señales de extracción de madera en por lo menos 12 años, según la información suministrada por el propietario del predio Joaquín Ruiz.

Caso contrario es lo que se presenta en la faja 3, que se encuentra ubicada en el polígono 6, representado en el mapa 1 del anexo A. Y donde se encontró un robleal muy joven que presenta en su gran mayoría árboles distribuidos en la CD 1 y alturas promedio de más de 12m, característico de esa zona ubicada en la vereda la Ilusión ya que según la información prestada por el señor Juber Yandi, presidente de la junta comunal de esta vereda, hasta hace 6 años la extracción de madera de roble negro era muy alta. Esta información se puede corroborar gracias a los vestigios de madera abandonada que aún quedan en la vereda y un contraste muy impactante como es el hecho de que al caminar desde la faja 3 hacia el norte donde están ubicadas las casa de los pobladores, en el lado izquierdo el paisaje que se muestra es el perteneciente a la quebrada Aguas claras, Villa Fátima y parte de la Tocora, donde se observa un gran robleal de aproximadamente 1321,1 has con una pequeña presión en la parte baja (ver figura 10) y a mano derecha se observa el río Suaza y la vereda El Porvenir, la cual se encuentra por fuera de la zona de amortiguación del PNN Cueva de los Guácharos y cuyo impacto ambiental es muy alto debido a la tala indiscriminada del robleal y el cual parece no tener ningún control, pues durante la estadía en esa vereda era constante el ruido de las moto sierras.

Figura 10. Robleal de gran extensión ubicado en Villa Fátima y una parte de la Tocora.



Ahora teniendo en cuenta la información anterior se puede entender con mayor facilidad los resultados de área basal, volumen, densidad y estadísticos resultantes del muestreo. En cuanto al volumen y densidad por estratos se observa que se mantienen los valores de la faja 1 para el estrato 1 debido a que es la única unidad muestral para este estrato, mientras que el estrato 2 presenta un volumen menor y una densidad mayor comparado con el estrato 1, esto es debido a la gran diferencia que se encontró en la faja 3 perteneciente al estrato 2, anteriormente explicado.

3.4 REGENERACIÓN DE *Colombobalanus excelsa*.

El cuadro 8 contiene los individuos reportados en las subparcelas de 10 x 10m y de 5 x 5m en cada faja.

Cuadro 7. Regeneración de *Colombobalanus excelsa*.

Estrato	Faja	Nombre	DAP ≤ 10 y h < 3m N° individuos	Plántulas (h < 0,3m a 1m) N° individuos
1	1	Palma bombona	8	6
1	1	Algodoncillo	3	12
1	1	Roble negro	3	2
1	1	Pepa de Guara	8	3
1	1	Palmichas	0	2
2	2	Palma Bombona	5	6
2	2	Algodoncillo	6	15
2	2	Cobre	1	0
2	2	Roble Negro	9	22
2	2	Palmichas	0	3
2	3	Roble Negro	17	25
2	3	Palo mono	2	4
2	3	Palma Bombona	2	0
2	3	Palmichas	0	5
2	3	Chuscos	0	2
2	3	Helecho	0	4
2	4	Palma bombona	6	3
2	4	Pepa de guara	3	3
2	4	Roble negro	11	23
2	4	Mayo	1	2
2	4	Chonta	0	4
2	4	Palma boba	0	2
2	4	Chuscos	0	3
2	4	Palmichas	0	2

El cuadro 8 presenta un el comportamiento de la regeneración del *Colombobalanus excelsa* y otras especies que interactúan con él. Se puede ver que la faja 4, presenta un número mayor de especies con respecto a las otras fajas, además la faja 4 y 3, contienen más plántulas de Roble negro (*Colombobalanus excelsa*), que las fajas 1 y 2; siendo la faja 3 la que reporto mayor cantidad de individuos: 25 plántulas y 17 individuos de Roble negro con alturas mayores a 3m y diámetros menores a 10cm.

La faja 1 presentó muy pocos individuos pertenecientes a la CD1. En esta faja se observó la carencia de plántulas de roble negro durante el periodo de práctica (ver Cuadro 8), tal vez debido a que su etapa de floración apenas comenzaba y su ciclo de regeneración ya estaba avanzado y aún no había comenzado uno nuevo.

3.5 TABLA DE RODAL.

El cuadro 9 presenta la tabla de rodal constituida por los parámetros productivos para la especie *Colombobalanus excelsa*, mostrando los valores promedio por hectárea reportados con el presente estudio, para cada uno de los parámetros. Con esta tabla se pretende definir principalmente, el ciclo de corta (CC), intensidad de corta (IC), el diámetro mínimo de corta (DMC) y las clases diamétricas sugeridas para el aprovechamiento de la especie.

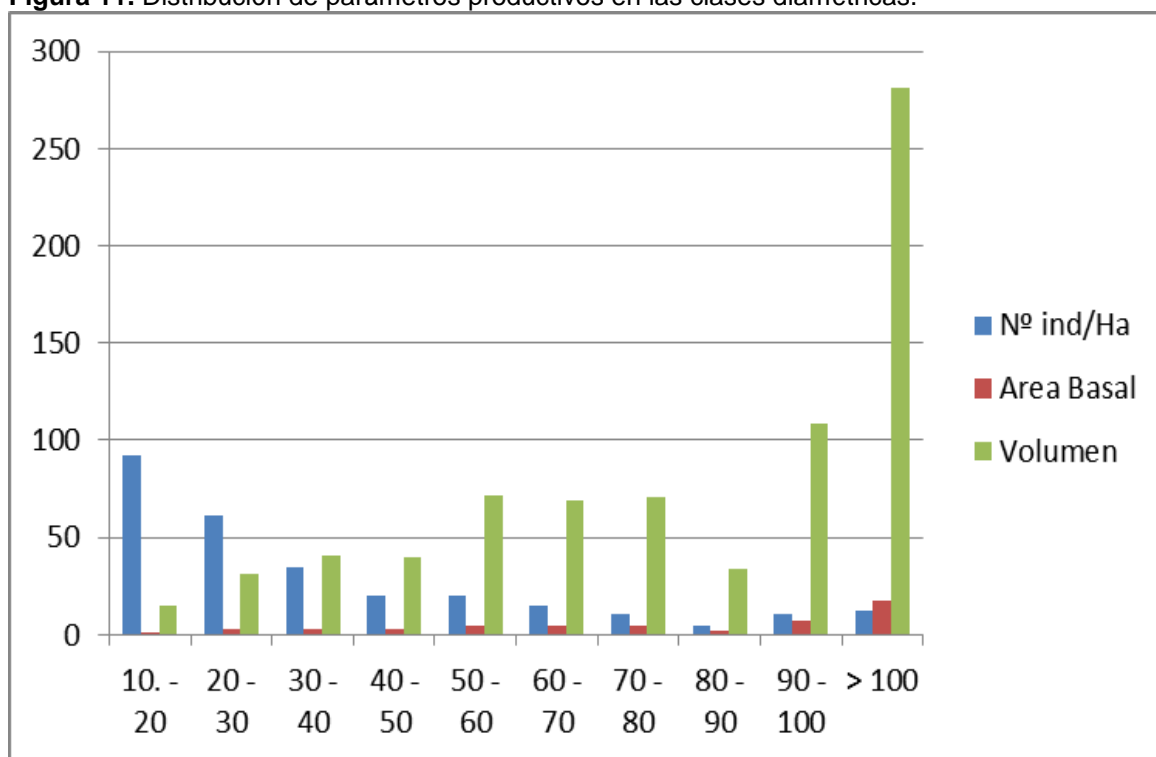
Cuadro 8. Tabla de rodal para *Colombobalanus excelsa*.

Parámetro	10. - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 - 100	>100	TOTAL
Nº ind/Ha	92,66	61,66	34,33	19,68	20	15	11	4,33	10,66	12,34	281,66
Area Basal	1,59521	2,7721	3,30354	3,06234	4,75461	4,88205	4,96776	2,24118	7,60351	17,15397	52,3363
Volumen	14,93974	30,82607	40,95292	39,54712	71,99155	68,92513	70,96247	33,62311	108,52349	281,35903	761,651

La figura 11 presenta la distribución de los parámetros productivos en las clases diamétricas, para ver de manera más clara que tan productivo es el bosque.

Para el *Colombobalanus excelsa* se usó para este estudio, una tasa de crecimiento anual de 0,43 cm/año teniendo en cuenta las tasas de crecimiento anual del *Quercus humboldtii* que oscila entre 0,37 y 0,54 cm/año (Blaser y Camacho, 1991). El criterio fue tomado por la similaridad de características fenológicas entre ambas especies, pertenecientes a la familia FAGACEAE (Fundación Farallones, 2009).

Figura 11. Distribución de parámetros productivos en las clases diamétricas.



El ciclo de corta (CC) es de 35 años, permitiendo de esta manera que la regeneración y la distribución de los individuos de la especie en las clases diamétricas, tenga una mayor efectividad. El diámetro mínimo de corta se establece de 70 cm, y un diámetro máximo de corta de >100 cm, lo que da una disponibilidad de 14,81245 m² de área basal y un volumen de 494,4681 m³/ha. Para un ciclo de corta de 35 años el área basal de la futura cosecha sería de 22,342 m², que corresponde a lo que se tendría para reemplazar la primera cosecha. Con estos dos valores se tiene que la intensidad de corta sería del 20%. Esta IC es viable desde el punto de vista de la densidad que presenta la sp por encima del diámetro mínimo de corta. Entonces el volumen permitido para la especie por hectárea debe ser de 599,389 m³/ha.

3.6 LINEAMIENTOS PARA EL PLAN DE MANEJO DEL *Colombobalanus excelsa*.

Se definieron lineamientos para el plan de manejo y conservación de la especie *Colombobalanus excelsa*. Primero que todo tener siempre en cuenta los bienes y servicios que ofrecen los bosques tropicales y con base en ello generar lineamientos para un plan de manejo y conservación de la especie en estudio (ver cuadro 3).

Cuadro 9. Bienes y Servicios ambientales que prestan los bosques tropicales.

Bienes y Servicios ambientales que prestan los bosques tropicales	
Bienes	Servicios
<ul style="list-style-type: none"> • Captura y fijación de CO2 • Protección de suelos • Regulación hídrica • Estabilización geomorfológico • Hábitat de fauna y flora • Regulación térmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Belleza paisajística • Regulación acústica • Recursos genéticos • Protección de los suelos • Productos maderables y no maderables • Biomasa para energía

A continuación se presentan los lineamientos generados para el manejo y conservación de la especie *Colombobalanus excelsa*, divididos en 3 categorías:

3.6.1 Ordenación, conservación y restauración de ecosistemas forestales de *Colombobalanus excelsa*. Encaminado a la implementación y uso de técnicas, herramientas, planes y programas, orientados a la recuperación de estos ecosistemas amenazados de desaparecer a causa de diferentes actividades antrópicas.

Entre las actividades a realizar se recomienda realizar una adecuada ordenación y zonificación forestal de las áreas boscosas de la especie, conservación in situ de las demás especies presentes en estos ecosistemas y/o robledales para mantener la biodiversidad acogida en ellos, conservación ex situ de la especie *Colombobalanus excelsa* mediante la identificación de fuentes semilleras para su posterior conservación en medios externos o diferentes a su hábitat natural, adecuación de bancos de germoplasma, tratamientos adecuados a sus semillas para posteriormente realizar plantaciones de la especie y de ésta manera restaurar, conservar y rehabilitar los ecosistemas forestales de Roble negro.

Establecer medidas de protección contra incendios forestales, compensación y mitigación de impactos generados sobre éstas poblaciones amenazadas, reforestar áreas sin cobertura vegetal, manteniendo una cobertura forestal permanente (sobre todo en áreas con pendiente superiores a los 30-40 %) y no cortar más del 20% del área basal inicial.

3.6.2 Cadenas forestales productivas. Encaminado a realizar diferentes actividades técnicas, orientadas al buen manejo de los diferentes ecosistemas forestales y/o agrícolas productivos que rodean a los ecosistemas forestales de *Colombobalanus excelsa* y sus comunidades, teniendo en cuenta el ciclo de corta, el diámetro mínimo y el máximo de corta, y la intensidad de corta propuestos con la tabla de rodal, presentada en el cuadro 9.

Actividades técnicas como la zonificación de áreas para plantaciones agrícolas, manejo y aprovechamiento del bosque natural de forma tecnificada sin alterar áreas en conservación o con interés ambiental y social, y la tecnificación de empresas agrícolas para promover y motivar el desarrollo sostenible y económico de la región.

Realizar un estudio sobre los usos y propiedades de la especie, con el fin de tener el valor comercial real del *Colombobalanus excelsa* para poder realizar estudios sobre los costos de mantención y producción de madera de los robledales.

3.6.3 Desarrollo institucional. Su objetivo principal es la búsqueda de la sostenibilidad social, ambiental y económica de la región, la cual implica la unión, participación y fortalecimiento de entidades públicas y privadas, e instituciones vinculadas a las acciones de restauración y conservación de estos ecosistemas forestales.

El desarrollo institucional permitirá realizar una adecuada administración de los Recursos Forestales, ejecutando e incentivando el desarrollo de cultivos agrícolas y plantaciones forestales de la especie *Colombobalanus excelsa* y otras especies tropicales en riesgo, existentes en la zona. Permitirá fomentar en las instituciones educativas y en las juntas comunales, capacitaciones adecuadas para el aprendizaje de guía turística y guardabosques, cultura y conciencia forestal mediante la vinculación de la comunidad en acciones de recuperación y protección, construyendo modelos de gestión de responsabilidad compartida, generando una estrategia de participación ciudadana para establecer una base sólida social para la preservación y uso sostenible del ecosistema.

4. DISCUSIONES

Inicialmente la especie había sido reportada en un rango altitudinal de 1800 a 2200 msnm (FUNDACION FARALLONES, 2009) y con base a esta información se planteó el área de trabajo entre el mismo rango, debiendo ser modificada y ampliada en campo al encontrar robledales desde los 1500 a 2200 msnm.

El gran problema que afronta esta especie es la tala de sus robledales para ampliar la frontera agrícola, limitando su existencia a partes muy cercanas al PNN Cueva de los Guacharos, pues hasta en su zona de amortiguación se puede ver a simple vista el impacto ocasionado por dichas talas, con solo observar el cambio de paisaje, e incluso la ausencia total de la especie en algunas veredas como son Los Pinos, El Tabor, Las Juntas y El Roble, ya que ahora en vez de robledales, existen grandes extensiones de cultivos de granadilla, lulo y café. En la figura 12 podemos observar la presión a la que está sometida la especie.

Figura 12. Cultivo de granadilla continuo al bosque de *Colombobalanus excelsa*.



La expansión agrícola es un caso particular de los frecuentes cambios producidos por la comunidad en el uso del suelo, o en el tipo de aprovechamiento que realizan de los ecosistemas terrestres, afectando esto de manera considerable a la especie *Colombobalanus excelsa* y llevándola a aumentar su grado de vulnerabilidad tanto en esta zona como a nivel Nacional.

El límite del bosque (o borde), se ha reconocido empíricamente como el lugar donde comienzan los árboles, sin embargo para los ecólogos la percepción del borde ha dependido del concepto mismo de comunidad vegetal. En la figura 13 observamos un robledal afectado por talas indiscriminadas.

Figura 13. Vereda El Porvenir, vista desde la vereda La Ilusión.



El borde se lo ha concebido como un hábitat distinto, como una "membrana semipermeable" o "piel" entre dos áreas que concentran recursos diferentes, como una zona de amortiguamiento contra la propagación de una perturbación (Williams, 1991). Los bordes son ambientes distintos en el sentido que la estructura de vegetación y su biota difieren en ambas comunidades contiguas. Por otro lado, el conjunto de los efectos de la matriz sobre el fragmento se conoce como "efecto borde", el cual se puede manifestar en cambios al interior del fragmento, principalmente en su perímetro. La expansión agrícola es un caso particular de los frecuentes cambios producidos por las comunidades en el uso del suelo, o en el tipo de aprovechamiento que realizan de los ecosistemas terrestres. Hoy en día, tal cambio es parte importante del llamado recalentamiento global, que trae como consecuencias alteraciones climáticas y las modificaciones en la composición atmosférica. Por lo tanto, sus consecuencias exceden el ámbito local o regional. La expansión agrícola influye sobre el clima, los ciclos del agua, el carbono y el nitrógeno en la biosfera, las emisiones de gases causantes del efecto invernadero y la biodiversidad (Armesto, et al., 1992). Al mismo tiempo, ante una demanda creciente de alimentos y fibras, el aumento de la superficie agrícola aparece como un proceso ineludible. Sus consecuencias sociales y ambientales, por otra parte, subrayan la importancia de planificar con cuidado la expansión del área cultivada por medio de una acción estatal que guíe y controle la operación de los mercados y, sobre todo, que asegure que las decisiones económicas privadas tomen en consideración los costos públicos y los efectos de largo plazo (Williams, 1991).

La expansión agrícola genera diferentes opiniones, por una parte la producción agropecuaria y sus sectores industriales y comerciales asociados celebran la incorporación de nuevas áreas productivas al mapa agrícola del país y los ingresos que generan (UNESCO, 1980). Por otra parte, las entidades conservacionistas alertan sobre riesgos para la continuidad de los ecosistemas, mientras grupos políticos pronostican efectos sociales negativos. Para poder planificar el uso del suelo hay que disponer, primero, de la información básica: la

tasa de expansión del área agrícola, su distribución espacial, los controles ambientales aplicados, y las dimensiones tecnológicas, socioeconómicas y políticas del fenómeno.

La fragmentación del bosque es el reemplazo de grandes áreas del bosque nativo por otros ecosistemas, dejando parches (o islas) separados de bosque, (Murcia, 1995). Esta fragmentación tiene dos componentes principales:

- Reducción y pérdida de la cantidad total del tipo de hábitat, o quizá de todo hábitat natural en un paisaje.
- Separación del hábitat remanente en parches más pequeños y aislados.

Contribuyendo ambos, a la disminución progresiva de la diversidad biológica. Los efectos biológicos de la fragmentación de bosques se enfatizan en efectos sobre las condiciones microclimáticas de los fragmentos, efectos sobre la abundancia de algunas especies y efectos sobre las interacciones biológicas, los que afectarán en última instancia la biodiversidad existente en los bosques (Bustamante y Grez, 1995).

Haber obtenido el factor de forma (FM) real o verdadero para esta especie, genera una gran ventaja en cuanto a la precisión de la cuantificación de volumen de la especie *Colombobalanus excelsa*, en sus diferentes clases diamétricas.

Los métodos existentes de factor de forma falso como son; utilizar un FM estándar de 0,7 para especies tropicales ó usan un FM calculado usando el DAP de una muestra de entre 10 y 15 árboles por especie (CATIE, 1991). Se tendría con el primer caso del FM estándar, una sobre estimación de volumen real, debido a que las clases diamétricas que se encuentran entre 10 y 50cm no alcanzan a tener un FM 0,7 realmente. Y para el segundo caso, utilizando un FM falso calculado a partir del DAP, se tendría un poco más de precisión que con el primer método, sin embargo con este método solo se obtiene un ahusamiento a la altura de 1,30m sin tener en cuenta los cambios en la forma del fuste que tienen los árboles a diferentes alturas (Prodan et al., 1997).

En cuanto al volumen cuantificado se puede observar que el *Colombobalanus excelsa* proporciona cantidades considerables de madera en comparación con otra especie de similares características como es el *Quercus humboldtii*, en donde según un estudio realizado en Costa Rica, en uno de los bosques inventariados el volumen de madera por hectárea fue de 623 m³ (Blaser J. y Camacho M., 1991), mientras que en el presente estudio el volumen fue de 761,65 m³/ha. Los resultados de este estudio sirven también para tener una mejor precisión para calcular el contenido de carbono contenido en bosques de *Colombobalanus excelsa* como el realizado en Santander y Boyaca (Agudelo M. 2009).

5 CONCLUSIONES

La expansión de la frontera agrícola ha generado daños considerables a la especie *Colombobalanus excelsa* limitando su existencia a las zonas más aledañas al PNN Cueva de los Guácharos y provocando graves alteraciones en el ecosistema como, pérdida de hábitats para fauna y flora, fragmentación de bosques de roble negro, pérdida de diversidad genética de la especie, alteración en la regulación hídrica, y cambios en el uso del suelo.

Durante los 2 meses que duró la etapa práctica se pudo diferenciar por medio de la observación del paisaje y las caminatas de georeferenciación, la cultura ambiental de las comunidades, es decir; en el municipio de Palestina la cultura ambiental para conservación de la especie de roble negro, es casi nula puesto que en 3 veredas de este municipio los robledales ya no existen, siendo reemplazados por cultivos granadilla y lulo y día tras día la frontera agrícola aumenta en esta región. Mientras que el municipio de Acevedo se caracteriza más por ser una zona cafetera y de una mayor conciencia ambiental para con el roble negro, pues es en esta zona donde hay mayor concentración de la especie.

La metodología empleada para el cálculo del factor mórfico de la especie (calculada inicialmente el factor mórfico por clases diamétricas), arrojó muy buena precisión, con respecto a otros estudios hechos en Costa Rica en donde no se realizó la medición por clases diamétricas si no que se hizo de forma directa, generando un error de muestreo entre el 6.4 y 9% (CATIE, 1991). Para el presente estudio el error de muestreo fue del 0.673%.

La variación en resultados del volumen se debe a diversos factores como son; el suelo, el clima, disponibilidad de agua, diversidad genética, regeneración, etc, pero la más influyente de todas es la alteración que genera el hombre de forma indiscriminada, con el fin de suplir sus intereses propios sin tener en cuenta al resto de la comunidad y mucho menos el impacto ecológico que causa a la especie.

La distribución espacial de la especie y los resultados de los parámetros productivos, muestran características y comportamientos que tiene el Roble negro en las 3 áreas planteadas inicialmente para el desarrollo del estudio; pues en el área de la Ilusión y Porvenir los individuos son jóvenes distribuidos en su mayoría en las clases diamétricas de 10 a 60, presentando un menor volumen de madera disponible por hectárea en comparación a las otras 2 áreas. El área que pertenece a La Mensura, Villa Fátima, Aguas Claras y La Tocora, es la mas extensa y los individuos se hallan distribuidos en todas las clases diamétricas (10 a >100 cm) con los mejores resultados en área basal, volumen y regeneración. El área que corresponde al parque pertenece a un bosque maduro con buena disponibilidad de madera pero carente de regeneración.

La falta de control y apoyo estatal es una de las principales causas que lleva a las comunidades a generar graves impactos ambientales y en este caso en particular a la especie *Colombobalanus excelsa*, la cual es extraída de forma inapropiada e indiscriminada por su madera apetecida, ocasionando esto que la especie pueda alcanzar niveles críticos de alto peligro, ya que se encuentra catalogada como especie vulnerable, aunque a la fecha debería ser nuevamente evaluada debido a que los últimos 5 años ha sufrido más presión que en años anteriores, en las 4 regiones del país donde ocurre esta especie.

Con los resultados obtenidos del factor mórfico por clase diamétrica que se muestran en el cuadro 4, se puede observar que a medida que aumenta el la clase diamétrica, el factor mórfico se acerca más a 1, lo que nos indica que los fustes de los árboles mayores tienden a tener una forma más cilíndrica.

La tabla de rodal sugerida para el manejo y aprovechamiento del bosque de Roble negro es el inicio de nuevas investigaciones y la pauta para generar un plan de manejo y conservación de la especie, sin afectar totalmente a la comunidad que hace uso irracional de la especie, ofreciéndoles alternativas de extracción de madera de esta especie en una intensidad baja pero con una buena producción y permitiéndole a la especie un mejor desarrollo de sus bosques y garantizando un aumento en su población.

Con el actual estudio se pudo observar que los datos recolectados en los diferentes sitios de muestreo, presentaron unos valores de alta homogeneidad y de errores de muestro bajos para ambos estratos, lo que indica que el tamaño de la muestra fue el indicado y para futuros estudios se pueden ubicar parcelas en cualquiera de los polígonos que se muestran en el anexo A, y sus resultados finales no presentarían cifras con altas variaciones en relación con los resultados aquí obtenidos.

6 RECOMENDACIONES

Se requiere una pronta zonificación con datos actualizados, ya que hay lugares donde según la comunidad se reporta la ocurrencia de la especie y en la vida real no existe ni siquiera un ejemplar en esos lugares.

Realizar estudios sobre la fenología de la especie, investigaciones sobre sus condiciones climáticas para su desarrollo, capacidades de adaptabilidad, propiedades físico-mecánicas, etc.

Se hace indispensable la creación de programas de educación ambiental, en instituciones educativas, empresas, juntas de acción comunal y demás entidades que se involucren de una u otra forma con la presión que sufre la especie; esto con el fin de crear una concientización y generar una cultura ambiental en las zonas donde ocurre la especie.

Generar planes de conservación y manejo de la especie *Colombobalanus excelsa*, teniendo en cuenta 2 de sus más importantes características ecológicas, como son; su capacidad reguladora hídrica y la gran capacidad de producción y transformación de CO₂, producto de las capas espesas de hojarasca que genera.

Más control por parte de la CAM, realizando visitas y monitoreando las zonas de mayor concentración de la especie, ya que cuando la CAM va a realizar visitas muchos de los que extraen la madera esconden la madera para evitar sanciones.

Las entidades estatales deben realizar estudios y evaluaciones para ofrecer alternativas productivas a las comunidades de un valor aproximado o equivalente a la comercialización de madera de Roble negro, reduciendo así la tasa de extracción indiscriminada de madera.

Para futuros estudios sobre factor mórfo de cualquier especie, se recomienda utilizar una metodología donde se trabaje por clases diamétricas, logrando de esta manera obtener resultados más precisos y con errores de muestro muy bajos.

Mayor colaboración y seguimiento por parte de la oficina de Parques Nacionales en las investigaciones que se realizan con su apoyo.

Realizar estudios sobre los usos reales y potenciales de la madera de *Colombobalanus excelsa*, para poder tener de esta manera un valor comercial real de la especie y obteniendo nuevas alternativas a las comunidades con respecto al manejo y conservación de sus robledales.

BIBLIOGRAFIA

AGUDELO GUINAND, María I. Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*: corredor de conservación de robles Guantiva – La Rusia – Iguaque (Santander – Boyaca). Santiago de Cali. 2009. Trabajo de grado. Administrador del medio ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ciencias básicas.

ARMESTO, J; SMITH -RAMIREZ, C; LEÓN, P & ARROYO, M 1992. "Biodiversidad y conservación del bosque templado en Chile". Ambiente y desarrollo. Dic.: 19-24.

BLASER J. y CAMACHO M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de (*Quercus spp*) del piso montano en Costa Rica. Colección silvicultura y manejo de bosques naturales Vol 1°.

BUSTAMANTE, R. y GREZ, A. 1995. "Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos". Ciencia y ambiente, 11(2): 58-63.

CÁRDENAS Dairon. y RODRIGUEZ Néstor. 2006. Libro Rojo de Plantas de Colombia, Especies maderables amenazadas 1° parte, versión preliminar. Salinas Editores. [en línea].

<<http://www.sinchi.org.co/herbario/documentos/LibroRojoMaderables.pdf>> [Citado el 15 de Enero del 2010]

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) 1991. Manual práctico de mediciones de especies de árboles de uso múltiple. Costa Rica, Turrialba.

CONAP (Coordinación Nacional Popular de Guatemala), INAB (Instituto Nacional de Bosques) y USAID (United States Agency for International Development). Guía de cubicación y transporte forestal. Guatemala [en línea]. 2005 <<http://www.educacionforestal.org/Documentos/cubicacion.pdf>> [Citado el 02 de Diciembre del 2009].

CUATRECASAS, J.1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 221-264 p.

FUNDACION FARALLONES. Fuerza viva de la Naturaleza, Roble Negro Colombobalanus excelsa. Cali, Colombia. 2009. [en línea] <<http://www.fundacionfarallones.org/roblenegro.htm>> [Citado el 02 de Diciembre del 2009].

Grupo GEMA, IAVH, 2002 Caracterización Biológica del PNN Cueva de Los Guácharos.

HERNANDEZ. J, Hurtado. A, Ortiz, Q. Walschburger T. 1992. Unidades Biogeográficas de Colombia. En la Diversidad Biológica de Iberoamérica. Halffter Gonzalo (Compilador). Acta Zoológica Mexicana, Volumen Especial. Instituto de Ecología. A.C. Xalapa Veracruz.

INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. 1999. Manual técnico forestal. INAB Ed. Guatemala. KOMETTER, Roberto y MARAVI, Edgar, 2007. Tabla de Conversión para el Cálculo de Volúmenes de Madera Aserrada – caoba (*Swietenia macrophylla*), metodología para elaborar tablas nacionales de conversión volumétrica de madera rolliza en pie a madera aserrada calidad exportación. Informe 3. [en línea] <<http://www.cites.org/common/com/PC/17/S-PC17-Inf-03.pdf>> [Citado el 13 de Enero del 2010].

LOZANO G, GONZÁLEZ F, RUIZ, N & MURILLO M, 1996. Notas sobre biodiversidad. Instituto de ciencias Naturales- Museo de historia natural Universidad Nacional de Colombia Santa Fe de Bogotá. 1-18 p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE REPUBLICA DE ECUADOR. 2002. Cubicación de madera proveniente del bosque Húmedo tropical. Capítulo II y III.

MONTALVO, Miguel; BUENO Santiago y TORRES Juan. 2001. Ecuación para el cálculo del volumen del árbol para *Pinus occidentalis* sw., en el plan la Sierra. Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente, volumen 7. Universidad Autónoma de Chapingo. México. [en línea] <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/62970107.pdf>> [Citado el 13 de enero del 2010].

MURCIA, C. 1995. "Edge effects in fragmented forest: implications for conervation". Tree, 10(2) 58-62.

PRODAN, Michail *et al.* 1997. Mensura Forestal 1, Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura (IICA).

RAMIREZ, C; SAN MARTIN, J; HAUENSTEIN, E & Contreras, D. 1989. "Estudio fitosociológico de la vegetación de Rucamanque (Cautin, Chile)". Stvdia Botánica. 8: 91-115.

SALINAS, N. 14 de marzo de 2007 *Quercus humboldtii* .Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI Revista biología tropical.

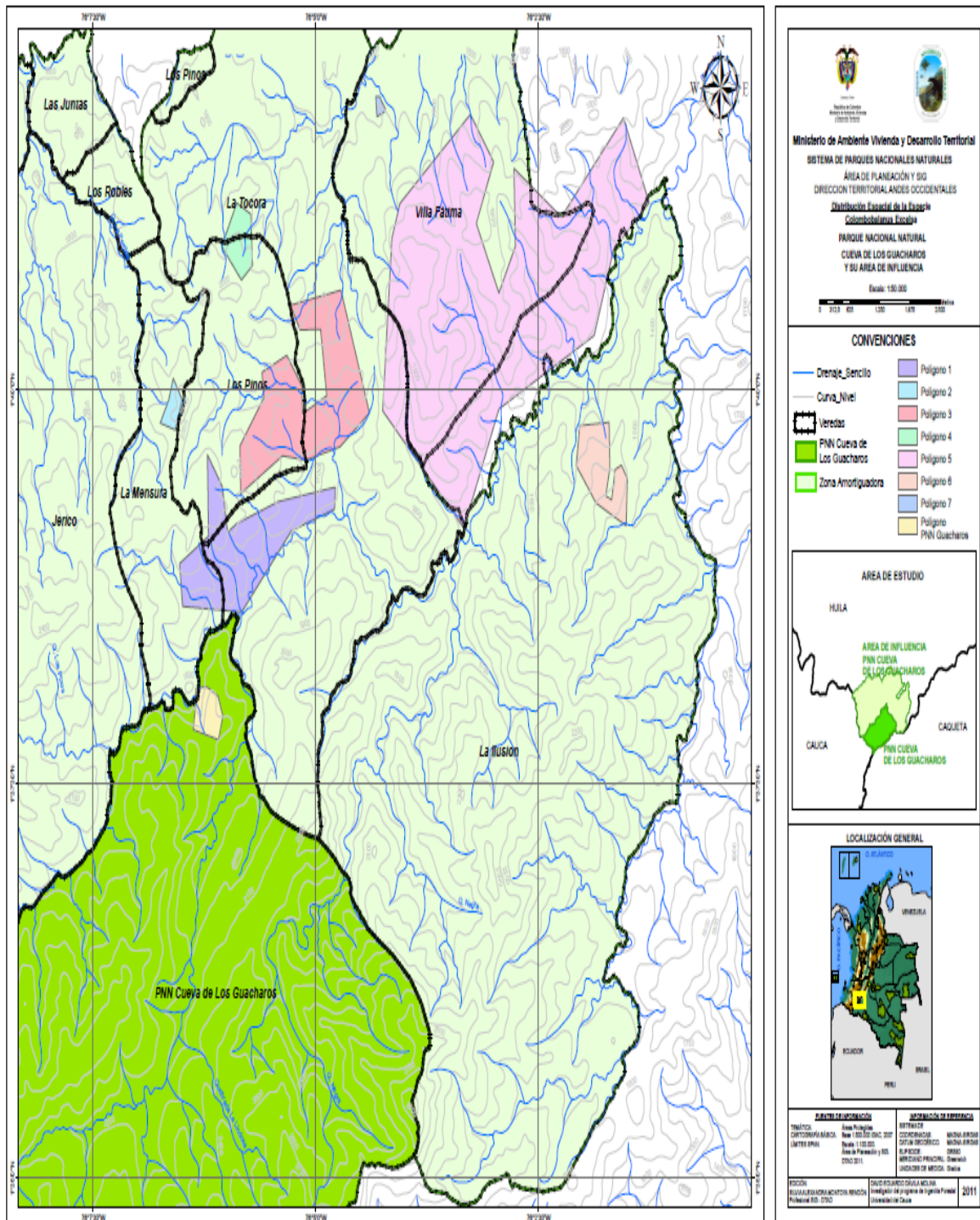
UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), FAO (Food and

Agriculture Organization). 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Altamira S.A. Barcelona.

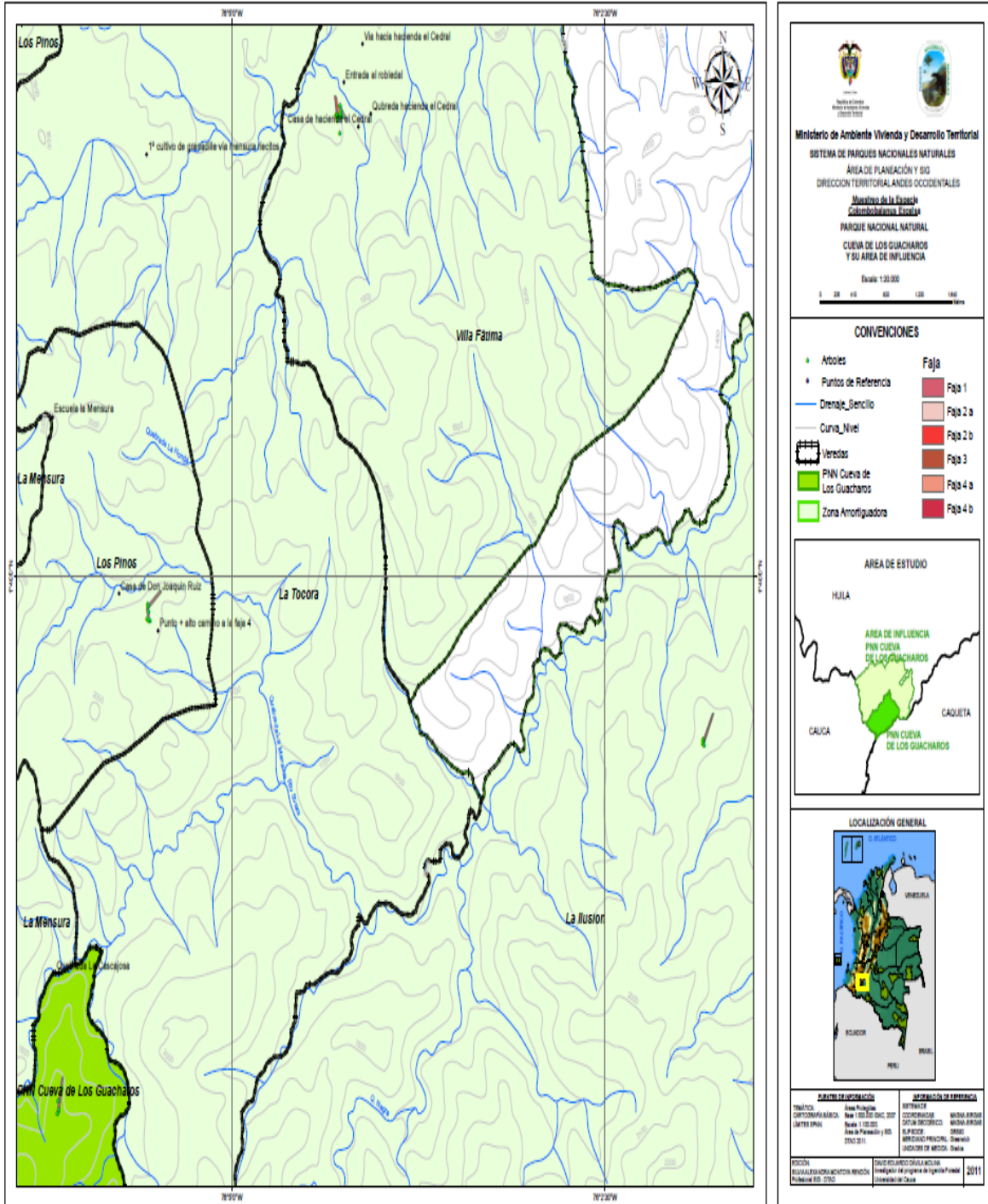
WABÖ, Enrique. 2006. Determinación del volumen de madera en pie, en bosques y rodales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Secretaria de Agricultura, ganadería, pesca y alimentación. SAGPyA Forestal n° 38. Argentina [en línea] <<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/forestacion/revistas/revista38/volumen38.pdf>> [Citado el 15 de Enero del 2010].

WILLIAMS, G., 1991. "Los bordes de selvas y bosques". Ciencia y desarrollo, 17(97): 65-71.

Anexo A. Mapa de polígonos pertenecientes a bosques de *Colombobalanus excelsa*.



Anexo B. Mapa de fajas para realizar el inventario forestal



Fuente. Autor 2010

Anexo E. Procedimiento para construir un relascopio personal

Una placa de área basal está formada por una pieza de metal, madera o plástico con una abertura de un ancho dado (W en m) en uno de sus bordes, a la cual se amarra una cuerda o cadena de longitud (La en metros).

Cualquier persona puede construir una placa de área basal para su uso personal. El procedimiento consta de 4 pasos.

Paso 1. Tome con su mano derecha (o izquierda si es el caso) una lámina de plástico metal del tamaño de una tarjeta de crédito; mantenga el brazo extendido al máximo pero sin forzarlo; mida la distancia desde su ojo derecho (o izquierdo) al borde superior de la lámina; haga varias mediciones (3 o 4) y tome un promedio de ellas. A esta distancia se denomina “ La ” y se expresa en metros.

Paso 2. Utilizando la distancia “ La ”, calcule el ancho de la abertura que debe hacer a la lámina plástica. Esta abertura debe tener un ancho al cual denominamos “ W ” (en metros), y se calcula con la siguiente fórmula general:

$$W = 2La/K$$

Cada instrumento se construye para que tenga un determinado factor de área basal (FAB). La relación entre K y FAB es a siguiente (PRODAN et al. 1997):

$$K = (10000/FAB)^{1/2}$$

El FAB se escoge a gusto del usuario; sin embargo, si el relascopio se va a utilizar en plantaciones forestales o bosques naturales, es recomendable construirlo con varios FAB, tales como 2, 3 y 5.

Según estas fórmulas podemos deducir que:

- a. Para un relascopio de FAB 2, $W = 2La/(70,71) = 0,0283 La$
- b. Para un relascopio de FAB 3, $W = 2La/(57,74) = 0,0346 La$
- c. Para un relascopio de FAB 5, $W = 2La/(44,72) = 0,0447 La$

Paso 3. Una vez que haya calculado W , proceda a cortar una abertura de ancho W en el borde de la lámina plástica. Utilice un escalímetro para hacer las mediciones; es recomendable que haya varias mediciones antes de cortar las aberturas en la lámina de plástico. Si desea que su instrumento tenga varios FAB, utilice un borde de la lámina para cada abertura.

Paso 4. El relascopio resultante será de uso personal, ya que está diseñado para el largo de su brazo. Si desea que el relascopio sea más exacto puede ponerle una cuerda de largo igual a “ La ”. Con esta cuerda cualquier otra persona puede utilizar el relascopio.

Para corregir por pendiente, se corrige el largo de la cuerda (La), para lo cual se utiliza la ecuación:

$$Lc = L \cdot \cos(p)$$

Dónde: L_c = Largo de la cuerda corregido por pendiente.
 L = Largo de la cuerda para pendientes de 0%.
 p = Angulo de la pendiente del terreno en grados.

CALIRACIÓN DEL RELASCOPIO

Para conocer la constante K de cualquier instrumento se puede utilizar el siguiente procedimiento:

1. Localizar un árbol y medir su diámetro "d" (a 1.30m de altura y en m).
2. Cuando el ángulo de visión del instrumento coincida exactamente con los bordes del árbol, determinar la distancia (R en metros) desde el centro del árbol a 1.30 m hasta su ojo. Esta es la distancia a la cual un árbol se clasifica como árbol de borde. La constante K del instrumento se calcula con la fórmula:

$$K = R/0.5 d$$

3. Una vez calculada la constante K, calcule el factor de área basal (FAB) del instrumento, el cual es igual a:

$$FAB = 10000/K^2$$

