

DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE CONECTIVIDAD EN EL CORREDOR AMBIENTAL EL
LIMONAR, VEREDA EL CANELO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA



ANGELA PATRICIA AÑAZCO VELASCO
MARIA DEL MAR SOLARTE RESTREPO

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

DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE CONECTIVIDAD DEL CORREDOR AMBIENTAL EL
LIMONAR, VEREDA EL CANELO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

ANGELA PATRICIA AÑAZCO VELASCO
MARIA DEL MAR SOLARTE RESTREPO

Trabajo de grado en la modalidad trabajo social para optar al título de Ingeniero Forestal

M.Sc. CATALINA GARCÍA SOLÓRZANO
Directora

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

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Director: M.Sc. Catalina García Solórzano

Sandra Morales
Presidente del Jurado

Luis Alfonso Ortega
Jurado

Popayán, 2 de Noviembre de 2011

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Añezco, Alba Yoly Velasco, por todo el apoyo y confianza que siempre me brindaron, les agradezco de todo corazón por todo su amor cariño y comprensión, los llevo siempre conmigo.

A mi hijo Juan Esteban Erazo Añezco, por su sincero amor y Existencia la cual fue mi mayor motivación a lo largo de toda mi carrera.

A mis hermanas Karina Añezco y Andrea Añezco, por la confianza que siempre hemos tenido, por su amistad y apoyo incondicional.

A toda mi familia materna por su apoyo y comprensión, quienes estuvieron siempre a mi lado enfrentando cada una de las alegrías y dificultades que se presentaron en esta etapa de mi carrera profesional.

Y finalmente a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida, los cuales nunca dudaron que lograría este triunfo.

ANGELA PATRICIA AÑAZCO VELASCO.

A Dios por haberme regalado el privilegio de vivir y en las diferentes etapas de mi vida darme toda la fortaleza, paciencia, y ganas de enfrentar todos los retos que a diario se presentan en mi vida.

A mi Madre Claudia Restrepo por todo el amor, apoyo, dedicación y compañía durante todas las etapas de mi vida, porque gracias a ella fue posible culminar con éxito esta etapa de mi carrera profesional sin importar las adversidades que se presentaron.

A mi padre Ciro Solarte por su sabiduría compartida y a mis hermanos Sara María Solarte, José David Solarte e Isabela Ramírez por su compañía, por su amor y por toda la fortaleza que me brindaron para que nunca desfalleciera ante las dificultades.

A mi novio Carlos Alberto Parra por su apoyo, compañía, confianza en mis capacidades y por la fe de ver mis sueños realizados.

Y finalmente a todas aquellas personas que hicieron parte de este proceso de formación.

MARIA DEL MAR SOLARTE RESTREPO.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen por guiar nuestro camino durante todo este tiempo de formación académica y profesional, por darnos fortaleza y no dejarnos desfallecer en los momentos difíciles, por escuchar nuestras peticiones y derramar bendiciones sobre nuestras vidas.

A nuestras familias por todo su amor, su apoyo incondicional y por la confianza que siempre tuvieron de ver nuestros sueños realizados.

A la Fundación Pro Cuenca Rio Las Piedras por haber permitido realizar nuestra pasantía en su institución; a los Esp. Miguel Ángel Navia y Alex Méndez, por sus enseñanzas y consejos tanto laborales como personales, por su compañía en las diferentes etapas durante este tiempo de nuestra experiencia laboral.

A la Ing. Catalina García por haber aceptado dirigir nuestro proceso final de la carrera, por habernos centrado en lo que realmente era lo mejor para nosotras y ayudado a superar momentos difíciles, por su amistad, dedicación, colaboración, valiosos consejos y conocimientos compartidos.

A los profesores del Ingeniería Forestal de la Universidad del Cauca por sus valiosas enseñanzas, por haber compartido su conocimiento con nosotras y por haber dedicado parte de su tiempo en nuestra formación como profesionales.

RESUMEN

Se realizó el estudio de la composición florística, estructural y paisajística del Corredor Ambiental el Limonar, Vereda el Canelo, Municipio de Popayán. El estudio de composición florística y estructural de los bosques presentes en el área de estudio fue desarrollado a través del diseño de muestreo forestal aleatorio estratificado, fundamentado en el establecimiento de 4 parcelas rectangulares de 10 m x 50 m (500 m²), en donde se identificaron los individuos ≥ 10 cm de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Por su parte en las coberturas de Bosque ripario, se empleó la metodología desarrollada por Gentry (1995) estableciendo 3 transectos de 2x50 m para medir árboles y arbustos con DAP mayor a 2.5 cm. Para la segunda fase de esta investigación se elaboró la zonificación de acuerdo a los tipos de cobertura registrados en la zona según IDEAM, (2010). La elaboración de los mapas bases para el análisis de fragmentación, métrica del paisaje y diseño del corredor, permitió definir las HMP empleadas para establecer las estrategias de conectividad entre los parches de bosque. En general, el ecosistema estudiado presenta una alta tendencia a la heterogeneidad; debido posiblemente a la presencia de especies que se desarrollan en pequeñas manchas homogéneas, sumado a esto el papel que ejerce la sucesión vegetal como respuesta a la intervención humana. Finalmente el patrón del paisaje en el corredor ambiental el Limonar sugiere que se trata de un paisaje fragmentado por la actividad antrópica, sin embargo todavía cuenta con un buen porcentaje de bosques naturales, los cuales presentan fragmentos, en donde se evidencia que los parches pequeños tienden a tener formas menos compactas que los parches grandes, lo que implica un aumento del efecto de borde, el cual se puede manifestar en la dinámica de los bosques.

ABSTRACT

We performed the study of floristic composition, structural and landscape the Limonar Environmental Corridor, Sidewalk Canelo, Municipality of Popayán. For the phase of floristic and structural composition of forests present in the study area was developed THROUGH sampling design stratified random forest, based on the establishment of four rectangular parcel of 10 m x 50 m (500 m²), in which identified individuals ≥ 10 cm in diameter at breast height (DBH). For his part in the riparian forest cover, we used the methodology developed by Gentry (1995) establishing 3 2x50 m transect to measure trees and shrubs with DBH greater than 2.5 cm. For the second phase of this research was elaborated according to the zoning of the types of coverage in the area registered as IDEAM, (2010). The preparation of basemaps for analysis of fragmentation, landscape metrics and design of the corridor, HMP possible to trace the strategies used to establish connectivity between patches of forest. In general, the ecosystem studied has a high tendency toward heterogeneity, possibly due to the presence of species that grow in small patches homogeneous, in addition to that the role exerted by plant succession in response to human intervention. . Finally, the pattern of the landscape in the Limonar environmental corridor suggests that it is a landscape fragmented by human activity, but still has a good percentage of natural forests, which have fragments, which shows that small patches tend to have less compact forms large patches, which implies an increased edge effect, which can manifest in the dynamics of forests.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
1 INTRODUCCIÓN	13
2 MARCO TEÓRICO	14
2.1 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	14
2.2 ESTRUCTURA HORIZONTAL	15
2.2.1 Abundancia	15
2.2.2 Frecuencia	16
2.2.3 Dominancia	16
2.2.4 Índice de valor de importancia (I.V.I)	16
2.3 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y DISEÑO DEL CORREDOR	17
2.4 ECOLOGÍA DEL PAISAJE	18
2.5 CONECTIVIDAD	19
2.6 HERRAMIENTAS DE MANEJO DEL PAISAJE	20
3 METODOLOGÍA	21
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
3.2 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	23
3.3 MUESTREO FORESTAL	24
3.4 ESTRUCTURA HORIZONTAL	26
3.5 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y DISEÑO DEL CORREDOR	26
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1 RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS PARCELAS Y TRANSECTOS	28
4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS PARCELAS	30
4.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TRANSECTOS	34
4.4 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN	37
4.5 HERRAMIENTAS DE MANEJO DEL PAISAJE Y DISEÑO DEL CORREDOR	42
5. CONCLUSIONES	47
6. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	57

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Morfometría de la Quebrada El Limonar.	21
Cuadro 2. Descripción de las coberturas para el corredor ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Municipio de Popayán, 2011.	23
Cuadro 3. Puntos de amarre de las parcelas	25
Cuadro 4. Puntos de amarre de los Transectos	25
Cuadro 5. Comparación de riqueza entre las parcelas realizadas en el corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	28
Cuadro 6. Comparación de riqueza entre los transectos realizados en el corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	29
Cuadro 7. Índices relacionados con la métrica ecológica basada en análisis de fragmentación según las diferentes coberturas boscosas encontradas en El Corredor Ambiental El Limonar.	37
Cuadro 8. . Especies identificadas para enriquecimiento vegetal.	44
Cuadro 9. Especies identificadas para la rehabilitación de Pastos con vegetación secundaria	44
Cuadro 10. Especies identificadas para la rehabilitación de Matorrales, bosque abierto, bosque ripario y Pastos con Rastrojos.	45

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa ubicación área de estudio.	22
Figura 2. Trabajo de campo, muestreo forestal.	24
Figura 3. Parcela de muestro de vegetación en el Corredor ambiental el Limonar	25
Figura 4. Flujograma de realizar el análisis de la Fragmentación	27
Figura 5. Abundancia relativa de las especies del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca.	30
Figura 6. Histograma de frecuencias, para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	31
Figura 7. Dominancia relativa para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	32
Figura 8. Índice de Valor de Importancia (IVI) relativa para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	32
Figura 9. Abundancia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	34
Figura 10. Frecuencia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	34
Figura 11. Dominancia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	35
Figura 12. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	36

Figura 13. Mapa Zonificación corredor Ambiental El Limonar	38
Figura 14. Relación entre el área coberturas y el índice de la media de forma.	40
Figura 15. Fragmentos de coberturas boscosas del Corredor Ambiental El Limonar	41
Figura 16. Coberturas boscosas encontradas en El Corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Municipio de Popayán, 2011	43
Figura 17. Diseño del corredor Ambiental El Limonar	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formulario de campo para el levantamiento de la vegetación en los bosques naturales ubicados en el corredor ambiental el Limonar, vereda el canelo, Departamento del Cauca 2011.	49
Anexo B. Formulario de campo para el levantamiento de la regeneración natural en los bosques naturales ubicados en el corredor ambiental el Limonar, vereda el canelo, Departamento del Cauca 2011.	50
Anexo C. Índice de valor de importancia (IVI) para las especies encontradas en las parcelas del corredor ambiental El Limonar, Vereda El Canelo. Departamento del Cauca. 2011.	51
Anexo D. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011	52

GLOSARIO

Biodiversidad: La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta. (EcoPibes, 2008).

Bosque secundario: Se define como una vegetación leñosa de carácter sucesional que se desarrolla sobre tierras, originalmente destruida por actividades humanas. Su grado de recuperación dependerá mayormente de la duración e intensidad del uso anterior por cultivos agrícolas o pastos, así como de la proximidad a fuentes de semillas para recolonizar el área alterada. (Lamprecht, 1990. citado en SIREFOR 2009.)

Composición Del Paisaje: Es el atributo del patrón del paisaje más fácilmente cuantificable, y se refiere a él como la variedad y abundancia de los tipos de parche en el paisaje, sin considerar su disposición en el espacio (McGarigal 2002).

Conectividad: Busca dar respuesta al grado de conectividad funcional entre los parches de una clase de cobertura o ecosistema. Tal conectividad funcional depende del proceso ecológico a analizar y del criterio del investigador. (Forman 1995; Wiens 1995).

Corredores: Franjas estrechas de terreno que se diferencian de la matriz a ambos lados. Los corredores pueden ser franjas aisladas, pero también pueden ser parches adjuntos de vegetación similar. La función de los corredores varía, como en los demás casos, del organismo que se considere, debido a las diferencias que existen en la percepción de cada uno de ellos del medio que les rodea. (Forman y Godron, 1986).

Estructura Horizontal: La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (I.V.I.). (Melo y Vargas, 2003)

Fragmentación: Se asume que la fragmentación siempre está asociada a los efectos negativos derivados de las acciones antrópicas que conllevan a una modificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de hábitats naturales, en la disminución e incluso en la extinción de especies. (Cayuela, 2006).

Índices Del Paisaje: Expresiones de relaciones espaciales y ecológicas que permiten evaluar la integridad de la estructura del paisaje. (Ortega, *et al* 2011).

Paisaje: Unidad de estudio de la ecología del paisaje incluye todos los atributos (área, relieve, forma del perímetro, configuración etc.) en una estructura dinámica distinguible en el tiempo como ente evolutivo y en el espacio como todo lo que se aprecia en una sola mirada, se dice también del compuesto de atributos naturales y humanos que caracterizan la superficie de la tierra a una escala. (Forman, 1995).

1. INTRODUCCIÓN

La conectividad de paisajes es el concepto que se utiliza para describir cómo los arreglos espaciales y la calidad de elementos en el paisaje afectan el desplazamiento de organismos entre parcelas de hábitats (Merriam, 1988; Taylor y Cols, 1993; Forman, 1995). La característica principal de este concepto es "hasta qué punto el paisaje facilita o impide el desplazamiento entre parcelas con recursos" (Taylor y Cols. 1993, en Bennet). Debido a que deben valorar los beneficios de la conectividad para lograr la recuperación y conservación de bosques fragmentados e intervenidos por el desarrollo agrícola y económico.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas. Una de ellas y quizás la más influyente es sin duda alguna la deforestación a causa de la expansión de la frontera agrícola. Debido a que este es uno de los problemas ambientales más importantes en la zona tropical, con serias consecuencias económicas y sociales (Laurance, 1999).

Como agravante de la deforestación, desde hace algunos años se reconoce el papel de la fragmentación y la degradación del hábitat como responsables de cambios en la estructura y función de los ecosistemas (Saunders *et al.*, 1991 citado por Bennet, 1988). Tal es el caso de la Región Andina en Colombia, debido a que esta es considerada como la zona más poblada, y con mayor desarrollo agrícola del país, su vegetación ha desaparecido con mayor velocidad, ocasionando la fragmentación de los bosques y siendo difícil encontrar sectores que no estén intervenidos (Franco-Rosselli *et al.*, 1997).

Condición que refleja los predios que conforman el corredor ambiental El Limonar, situado en la vereda el Canelo, ubicado en la cuenca del río Las Piedras, en donde la mayoría de los relictos de bosque, presentan múltiples intervenciones como la tala para la obtención de carbón vegetal y la ganadería extensiva. No obstante, el conflicto por la tenencia de la tierra no ha permitido analizar la composición y estructura de estos bosques con el fin de hacer un análisis de la diversidad, funcionamiento y el grado de fragmentación de estos ecosistemas ni ejecutar proyectos de conservación que se requieren para garantizar la subsistencia de muchas especies de flora y fauna silvestre presente en la zona.

Este informe del desarrollo y ejecución de la práctica social, se realizó con el objetivo fundamental de diseñar estrategias de conectividad, que se puedan implementar y manejar entre los parches de bosque secundario que comprenden el corredor ambiental el Limonar, para lo cual fue necesario realizar una serie de actividades, que permitieran obtener información sobre composición y estructura de la vegetación de estos hábitats, de igual forma se diseñaron herramientas de manejo del paisaje que permitan aumentar el tamaño de las poblaciones vegetales con el fin de conectar las áreas fragmentadas.

Por otra parte, se buscó profundizar en el diseño de un mapa base, con el fin de representar la situación actual del área de estudio, y así mismo plasmar el estado que se alcanzaría después de implementar dichas estrategias de conservación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental de un territorio es la división del mismo en zonas homogéneas con base en criterios ambientales, biofísicos, ecológicos, socioeconómicos, culturales y situaciones de conflicto” (MAVD, 2005) a la vez que busca, garantizar un manejo adecuado de bienes y servicios ambientales que respondan a los objetivos de manejo (Valenzuela et al, 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior, la zonificación ambiental tiene como propósito fundamental orientar el uso y manejo sostenible de los espacios, establecer su administración y generar programas, proyectos y acciones de conservación, preservación, usos sostenidos, restauración y recuperación que garanticen el desarrollo sostenible en lo ecológico, económico y sociocultural. (IDEAM, 2006)

Por otra parte, La zonificación ambiental permite mediante la designación y reserva de usos de los espacios de la cuenca construidos a partir de un conocimiento de las características biofísicas, ecosistémica y socioeconómicas de las zonas, especialmente de sus potencialidades y fragilidades que ocurren en su estructura y funcionamiento, además de los servicios ecosistémicos que son definidos por Sabattini, 2010 como los beneficios que causan para el recurso en sí y para los sistemas adyacentes, como por ejemplo control de la erosión, mantenimiento de la biodiversidad, conectividad, estabilidad climática e hídrica entre otros. Todo esto asociado al manejo integral de los recursos, evidenciar conflictos de uso y de manejo y encontrar concertadamente con los actores que la habitan, los aprovechamientos pertinentes. (IDEAM, 2006)

La zonificación “ambiental” en el país, se ha hecho a partir de las orientaciones de la normatividad y las políticas ambientales, a nivel nacional, regional y municipal. Sin embargo, se puede notar la falta de cumplimiento con los criterios considerados como base para la ordenación de cuencas hidrográficas y las mayores debilidades se evidencian en que no se consideran integralmente elementos ecológicos, socioeconómicos y culturales, adicionalmente se encuentra la falta de homologación y estandarización ni en tipos de usos potenciales ni en categorías de uso, lo anterior genera un problema a nivel nacional sobre la zonificación ambiental y las decisiones que sobre ella se establezcan para lograr el desarrollo sostenible, la reglamentación del uso del suelo, la armonización entre diferentes ordenamientos territoriales o planificaciones en la asignación de los recursos a nivel de los POTS, PEGARS; PAT, planes de vida, entre otras.

La metodología de de Zonificación Agroecológica (ZAE) fué aplicada por el IGAC y Corpoica, con el objeto de establecer zonas homogéneas a escalas definidas, que permitieran conocer, evaluar y cartografiar tierras, buscando la sostenibilidad en su uso, conservarlas, preservarlas, recuperarlas. Permitiendo establecer mediante matrices de decisión la vocación actual de uso de las tierras y sus usos principales recomendados. En el año 2001, se contempló la actualización conceptual y cartográfica de Colombia en los temas Zonificación Agroecológica y cobertura y uso actual de las tierras, con base en ellos se estableció tanto la vocación actual de las tierras del país como los conflictos de

uso actual y uso adecuado de las tierras. En la clasificación general de Vocación de Uso de la tierra IGAC (2006) recomienda las siguientes clases de vocación actual de las tierras y usos principales: Agrícola, Agroforestal, Ganadera, Forestal y Conservación; Cada una de ellas subdividida en diferentes subclases de uso principal. (IGAC, 2006)

Con base en la ZAE en Colombia se han llevado a cabo numerosos estudios de ecología del paisaje aplicados en la zonificación de tierras, entre los que se resaltan propuestas más recientes como la “Zonificación Ecológica de la Región Pacífica Colombiana” (MMA–IGAC, 2000) y la “Caracterización ecológica, oferta ambiental, uso del suelo, transformación y zonificación ambiental de la alta montaña de la Serranía del Perijá” (Rangel & Arellano, 2007 citado por América, 2009), pese a tener diferentes enfoques metodológicos, consideran igualmente la zonificación ecológica, como base para la planificación de un ecosistema. (América, et al, 2009)

Sin embargo, en el año 2009, la Fundación Natura con la financiación de la Fundación MacArthur realiza un proceso de zonificación al interior del “Corredor de robles Guantiva-La Rusia-Iguaque”, específicamente en los bosques de roble (*Quercus humboldtii*), donde mediante un análisis integral incorporando elementos de la ecología el paisaje, definieron unidades espaciales con un significativo grado de homogeneidad, basados en el procesamiento digital de imágenes satelitales, y mediante técnicas de clasificación supervisada y trabajo de campo; y separaron las clases de cobertura del suelo usando la metodología de Corine Land Cover realizada por IGAC (1999) que sirvieron como base para la planificación del territorio y que a una escala adecuada apoyaran la toma de decisiones en relación con el manejo de este ecosistema. (América, et al, 2009)

2.2. ESTRUCTURA HORIZONTAL

La estructura horizontal permite evaluar la disposición de los árboles y las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de la abundancia, frecuencia y dominancia de las especies; A partir de estos parámetros se pueden calcular algunos índices que pueden expresar la importancia ecológica de cada especie, como el caso del Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) y los índices de diversidad los cuales son indicadores de la biodiversidad de un ecosistema. También se pueden realizar otros análisis que permiten expresar la homogeneidad del bosque y su estado de desarrollo (Melo y Vargas, 2003).

2.2.1 Abundancia. Hace referencia al número de individuos por especie. Se distinguen la abundancia absoluta y la abundancia relativa (Lamprecht, 1990). Los valores de la abundancia, son particularmente útiles en trabajos dirigidos al mejoramiento silvicultural de los bosques naturales porque permite tener una idea sobre la cantidad de posibles árboles semilleros, manejo de la regeneración natural de las especies, talas selectivas, número de árboles indeseables, necesidad de conservar o estimular la presencia de ciertas especies de interés científico, económico y estético. Igualmente es la primera indicación que se tiene sobre árboles que de cualquier forma tienen relaciones con especies animales que conforman el mismo ecosistema. (Vega, 1975)

Abundancia absoluta (Aba) = número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio (ni)

Abundancia relativa (Ab%). La abundancia relativa se expresa como un porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas)

$$Ab\% = (n_i / N) \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

n_i = Número de individuos de la i ésima especie

N = Número de individuos totales en la muestra

2.2.2 Frecuencia. Permite determinar el número de subparcelas en que aparece una determinada especie. Puede evaluarse en términos de frecuencia absoluta y frecuencia relativa (Melo y Vargas, 2003)

Frecuencia absoluta (Fra): Número de parcelas en las que aparece una especie.

$$FrA = (F_i / F_t) \times 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Frecuencia relativa (Fr%) Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie, donde el 100% es la existencia de la especie en todas las parcelas.

$$Fr\% = (FrA_i / FrA_t) \times 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

2.2.3 Dominancia: Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, se utiliza las áreas basales expresada en metros cuadrados, debido a que existe una correlación lineal entre el diámetro de la copa y el fuste. También se puede expresar en términos de dominancia absoluta y dominancia relativa (Melo y Vargas, 2003)

$$\text{Dominancia absoluta (Da): } Da = G_i / G_t \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

G_i = Área basal en m^2 para la i ésima especie

G_t = Área basal en m^2 de todas las especies

$$\text{Dominancia relativa (D%): } D\% = (DaS / DaT) \times 100 \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

DaS = Dominancia absoluta de una especie

DaT = Dominancia absoluta de todas las especies

2.2.4 Índice de valor de importancia (I.V.I). Se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVI similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica. (MINAMBIENTE *et al*, 2002)

$$IVI = Ab\% + Fr\% + D\%$$

Ec. (6)

Donde:

Ab% = Abundancia relativa de una especie

Fr% = Frecuencia relativa de una especie

D% = Dominancia relativa de una especie

2.3 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y DISEÑO DEL CORREDOR

Actualmente la pérdida de hábitats se reconoce como un problema al que se enfrenta la biodiversidad y es el producto de cambios producidos por las actividades antrópicas en constante expansión, que eliminan grandes fragmentos de vegetación por completo, con lo cual se alteran los patrones naturales. (Bennet, 1998)

Según Cantin, 2002, existen varias causas que determinan la fragmentación del hábitat, y entre las más importantes se encuentran la introducción de especies que provoca muchas de las extinciones de especies registradas, especialmente en las islas; la explotación excesiva de especies arbóreas y de animales; agroindustrias y forestación, debido a los modernos planes de hibridación de plantas y al consiguiente aumento de la productividad que surge de plantar un número relativamente menor de cultivos que reaccionan mejor ante el riego, los fertilizantes y los plaguicidas, por último se encuentran las plantaciones de monocultivos de árboles de alto rendimiento, como lo que ha ocurrido en Colombia con la sustitución del bosque nativo por especies introducidas como el pino y el eucalipto.

Los bosques colombianos comprenden ecosistemas que se encuentran fuertemente sometidos a la presión antrópica, en consecuencia, la colonización y establecimiento del hombre en la montaña genera disturbios que han dado origen a un variado y numeroso repertorio de áreas afectadas, entre las que sobresalen bosques fragmentados, parches con ausencia de vegetación, áreas construidas, áreas cultivadas y pastoreadas, áreas con procesos erosivos, ríos y quebradas con disminución de caudales, suelos y cuerpos de agua contaminados, entre otros. (Barrera y Valdés, 2007)

Patch Analyst, es una herramienta empleada para cuantificar fragmentación en un paisaje, el cual calcula estadísticas espaciales para cada parche y para el paisaje como un todo, con base en polígonos vectoriales (archivos shape) y archivos raster (grids). Existen seis categorías de medición que están disponibles en Patch Analyst, para generar índices de paisaje: medidas de área, tamaño y densidad del parche, medidas de borde, medidas de forma, diversidad, proximidad y medidas de área interior.

Para evaluar el efecto de la fragmentación y de la perturbación sobre la diversidad de árboles, Ortega (2011) utiliza índices como; media de forma (MSI), yuxtaposición (IJI), parche mayor (LPI), significancia del tamaño del parche (MPS), media del área núcleo (MCAI) y forma del paisaje (LSI).

MSI: Índice de la Media de la Forma, es igual a 1 cuando todos los parches son circulares (por polígonos) o cuadrado (para Raster (Grids)) y aumenta con la creciente irregularidad de forma del parche.

LPI: Índice del parche mayor (LPI). Su Rango es igual a $0 < LPI \cdot 100$; LPI se aproxima a 0 cuando el parche más grande de un tipo correspondiente de parche, es de tamaño reducido y se aproxima a 100 si el parche es mayor, es decir, LPI es igual al porcentaje del paisaje ocupado por el parche más grande

NP: Número de parches. El rango de este índice es 1 a infinito, el valor de este índice es igual a 1 cuando el paisaje estudiado contiene solamente un parche correspondiente a la clasificación considerada (tipos de coberturas), si la clasificación se hace sobre un solo tipo de cobertura ó clase,

MPS: Índice de significancia del tamaño del parche, su Rango va de 0 a infinito. Es igual a la suma de las áreas (m^2) de todos los parches de una clase correspondiente, dividido por el número de parches del mismo tipo y dividido por 10,000 para convertirlo a hectáreas.

MCAI: Índice de la Media del Área Núcleo, es el porcentaje medio de un parche del paisaje que está en el área núcleo. Será igual a 0 cuando no hay ninguna área núcleo presente en cualquier parche en el paisaje y aumenta (hacia el 100%) cuando los parches contienen principalmente el área núcleo.

LSI: Índice de forma del paisaje, el rango de este índice va de 1 a infinito. Es igual a 1 cuando el paisaje corresponde de un solo tipo de parche cuya forma es circular (vector) o cuadrado (raster).

Finalmente, una vez analizados los índices se determinó la combinación del MCAI y NP, el cual da una idea concreta de la posibilidad de realizar procesos de conectividad. Se establecieron 5 rangos los cuales se clasifican según el número de relictos identificados como áreas núcleo y tamaño, presentes en una unidad hídrica, asignando la mayor calificación para las unidades con más áreas núcleo y mayor área.

IJI. El índice de yuxtaposición e intermezclado, Representa el grado de entremezclado observado, mide la distancia a la cual los parches se encuentran unos de otros y expresa el porcentaje (%) que será posible obtener.

2.4 ECOLOGÍA DEL PAISAJE

La ecología del paisaje reconoce que tanto los paisajes naturales como los que han sido modificados por los seres humanos, son mosaicos de clases diferentes de hábitats. La atención se centra en patrones espaciales dentro de dichos mosaicos y en cómo los patrones espaciales influyen en los procesos ecológicos y en su cambio a través del tiempo (Forman y Godron, 1986 citado por Lozano-Zambrano, 2009). Los principios de la ecología del paisaje deben servir inevitablemente a que la actuación del hombre sobre el medio tenga en cuenta la vida y pueda planificar y ordenar el territorio. (Irastorza, 2006)

Así pues, la ecología del paisaje proporciona un marco amplio para estudiar la función ecológica de fragmentos de hábitat en ambientes que han sido afectados por el desarrollo de infraestructura y los beneficios de la conectividad y el intercambio entre fragmentos en cuanto a sustentar dinámicas locales y regionales de población (Forman, 1995 citado por

Lozano-Zambrano, 2009). A su vez, la ecología del paisaje, tiene unos principios (Forman y Godron, 1986 citado por Lozano-Zambrano, 2009) que pueden resumirse en el principio de heterogeneidad de elementos paisajísticos que los rige. Estos siete principios emergentes son: estructura y función del paisaje, diversidad biótica, movimiento de especies, redistribución de nutrientes, flujo de energía, cambio de paisaje y estabilidad. (Irastorza, 2006).

Algunos de los ecosistemas naturales críticos en el departamento del Cauca han alcanzado tal grado de fragmentación deterioro o aislamiento, que han entrado en un proceso de degradación que solo es posible detener mediante programas de restauración, en el caso del estudio realizado por Cabezas y Ospina (2010), en el cual se determinó el patrón del paisaje de tres zonas con presencia de roble, ubicadas en el Municipio de Popayán (Clarete, Rejoja y Pisojé), cuyo enfoque fue principalmente la caracterización del paisaje, la cual vista desde su estructura, diversidad y composición permite determinar las tendencias o patrones del paisaje, asunto que resulta importante para la conservación de los bosques, dado el efecto que puede llegar a tener sobre algunos atributos de su biodiversidad. Algunos estudios han demostrado que muchos de los procesos ecológicos que suceden en áreas específicas pueden estar determinados por factores externos al área de interés (Finegan citado por Smith *et al.* 1997). Por esta razón dicho estudio es un gran ejemplo de cómo el análisis de paisaje, permite evaluar la importancia de estos ecosistemas para la conservación.

2.5 CONECTIVIDAD

El concepto de conectividad se utiliza para describir cómo los arreglos espaciales y la calidad de elementos en el paisaje afectan el desplazamiento de organismos entre parcelas de hábitats. A escala de paisaje, se ha definido la conectividad como “hasta qué punto el paisaje facilita o impide el desplazamiento entre parcelas con recursos” (Taylor y Cols, 1993).

La conectividad lograda a través de las herramientas de manejo (HMP) contribuye a aumentar el hábitat disponible para especies de aves y mamíferos en la zona. Los esfuerzos de conservación que ha venido haciendo la CAR de Cundinamarca y otras instituciones, junto a los propietarios asociados a la Red de Reservas de la Sociedad Civil y los no asociados, se han enfocado hacia los remanentes de bosque, algunas áreas en regeneración y el área de la laguna de Pedro Palo. Por otro lado, la creación de la reserva forestal protectora, la compra de predios por parte de los municipios en el cerro de Manjui y sus alrededores, así como la creación del DMI buscaban en su momento incrementar el área protegida en la región. Este proyecto sirve como ejemplo en el mejoramiento de la cobertura vegetal de corredores fluviales naturales y el trabajo de varios años para lograr acuerdos entre los propietarios y conectar estos esfuerzos de conservación en la región, aumentando de manera efectiva las áreas conservadas mediante estrategias que permitieron su conectividad. (Lozano-Zambrano, 2009).

2.6 HERRAMIENTAS DE MANEJO DEL PAISAJE

Según lo establecido por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, las estrategias de conservación, tienen como meta sentar las bases para el establecimiento a nivel predial de las Herramientas de Manejo de Paisaje (HMP) que mejorarán las posibilidades de supervivencia de la biodiversidad a través del aumento de la calidad en los hábitats nativos para la fauna, el aumento de la cobertura nativa y el incremento de la conectividad en los elementos del paisaje que representen oportunidades de conservación. (Renjifo, 2009 citado por Lozano-Zambrano, 2009)

Un aspecto importante para la definición de las HMP, se relaciona con el presupuesto destinado para el desarrollo del proyecto de restauración, ya que de estos recursos depende la extensión del área a intervenir, el personal contratado para las diversas funciones, la cantidad de acciones que puedan ser implementadas y el tiempo que dure la implementación, evaluación y monitoreo. Los presupuestos pueden variar dependiendo del objetivo de la restauración ya que si sólo se trata de una recuperación o rehabilitación implica menos inversión en rescatar el ecosistema con toda su estructura y funcionalidad. (Vargas *et al*, 2010)

En la fase diagnóstica de un ecosistema, consiste en la evaluación del potencial de regeneración, el cual se refiere a la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, abundancia, y su etapa sucesional. El potencial de regeneración se define entonces, como el conjunto de especies nativas y trayectorias sucesional que ofrece un paisaje. En esta fase se tiene una aproximación a las especies pioneras y a las especies de sucesión tardía, a las especies dominantes, codominantes y raras y sobre todo a las especies que potencialmente pueden ser utilizadas en experimentos y programas de restauración. Muchas especies pueden estar extintas localmente, pero no regionalmente, es por esto que es necesario tener muy claro el contexto regional. (Vargas *et al*, 2010)

Las HMP proyectadas e implementadas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.R.C) en el macizo colombiano, con comunidades de Almaguer y La Vega, en el año 2010 en el proyecto “Mejoramiento del Paisaje Forestal como Apoyo a la Conformación Del Corredor Biológico Paramo De Barbillas” fueron Bosque productor-protector, Bosque productor con guadua, Corredor biológico, Enriquecimiento vegetal, Sistema agroforestal y Cercas vivas. Todo ello con participación de las comunidades vecinas al área protegida en calidad de operadores y ejecutores de los recursos. (C.R.C, 2010)

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO El Corredor ambiental El Limonar, se encuentra ubicado en la subcuenca Río Piedras, en el centro del Departamento del Cauca, hacia el oriente del Municipio de Popayán entre las veredas el Canelo y Quintana a 2° 26' 28.6" de latitud Norte y 76° 29' 15.4" de Longitud Oeste y 2° 27' 7.29" de latitud Norte y 76° 27' 13" de Longitud.

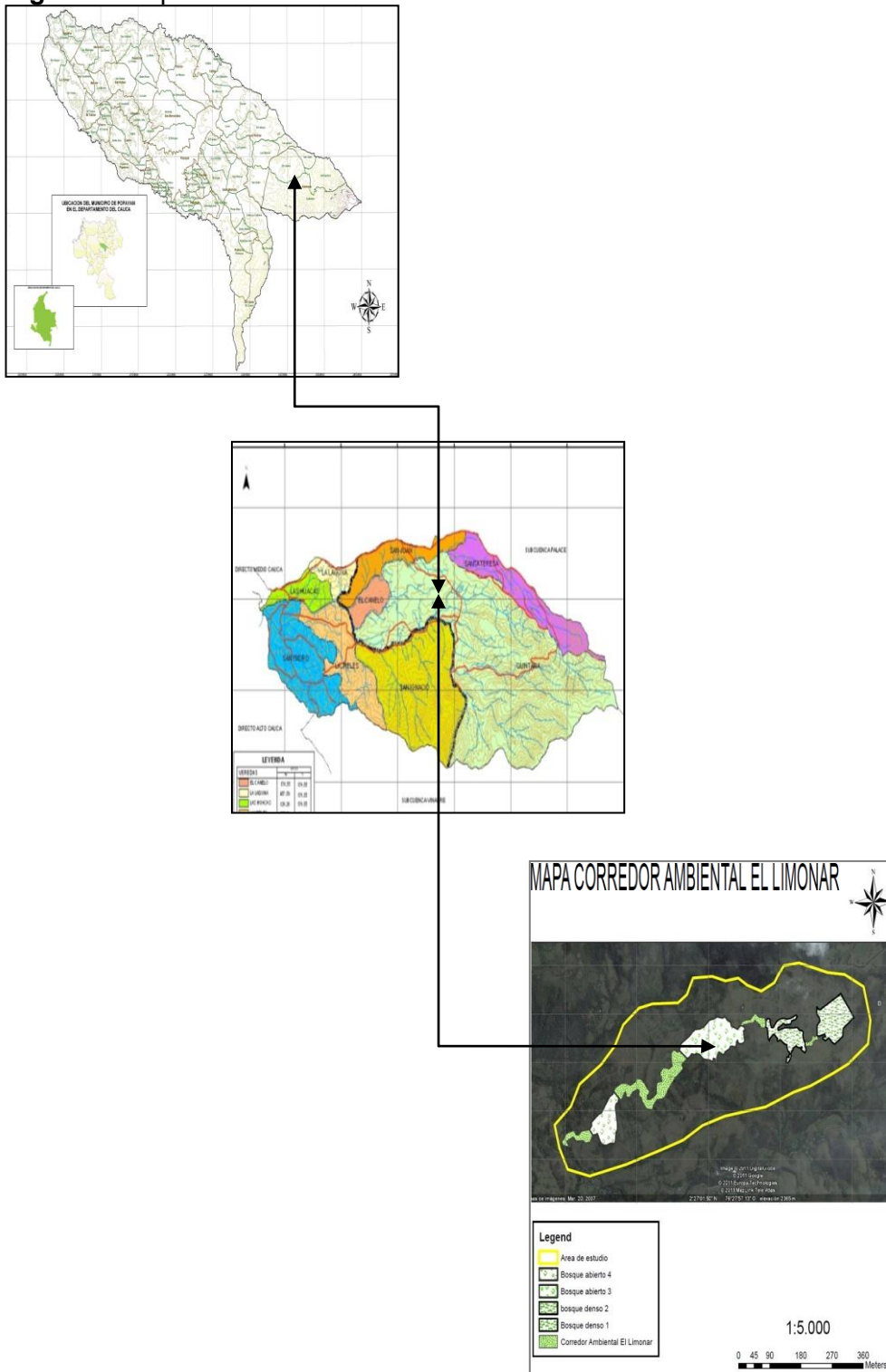
Debido a que el área del corredor, se encuentra un rango altitudinal entre 2200 y 2800 m.s.n.m, corresponde a una zona de vida de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), de acuerdo al sistema de Holdridge (1979), igualmente pertenece a ecosistemas característicos de bosques andino (CRC, 2002), presenta temperatura promedio de 12.5°C, el promedio de precipitación anual es de 172,9 mm. Se encuentran suelos de origen volcánico medianamente ácidos, muy profundos, de texturas franco-arcillosas y arcillosas, poco afectados por la erosión y solo en pequeños sectores se encuentra erosión de tipo laminar, pata de vaca y remoción en masa. El sistema de drenaje de La quebrada El Limonar es bueno en general (Cuadro1). Su extensión es de 57.47 hectáreas. (POMCH, 2006).

Cuadro 1. Morfometría de la Quebrada El Limonar.

Área	2.89 Km ²
Longitud Corriente	4.98 Km.
Longitud Afluente	3.36 Km.
Densidad De drenaje	2.77 Km.
Tiempo Concentración Mínimo	37.43
Índice Gravelius	1.47
Caudal	0.18 Lt/Seg/ha
Disponibilidad	Baja

Fuente: Estudios Básicos y Diagnóstico para reglamentación del uso del río Las Piedras, 1994.

Figura 1. Mapa ubicación área de estudio.



Fuente: POMCH Río Piedras, 2006

3.2 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

En esta etapa se realizaron recorridos de campo para el reconocimiento del área de estudio. Posteriormente se corroboraron las diferentes coberturas citadas por IDEAM 2010, igualmente se delimitaron y georeferenciaron sus intersecciones. Esto permitió obtener una idea general del uso actual del suelo en los predios, Una vez definidas las coberturas se digitalizaron sobre la imagen satelital empleando las herramientas que ofrece el programa Google Earth, generando polígonos por medio de la observación.

Para la delimitación de unidades de paisaje, fue necesario realizar el procesamiento digital de las imágenes de satélite, y mediante la observación y trabajo de campo; se separaron las clases de cobertura del suelo usando la metodología de Corine Land Cover IGAC 1999. (América, *et al*, 2009)

Cuadro 2. Descripción de las coberturas para el corredor ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Municipio de Popayán, 2011.

COBERTURA	DESCRIPCIÓN
Pastos	Comprende las tierras cubiertas con hierba densa dedicadas a pastoreo permanente, su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas.
Pastos Arbolados	En las cuales se han estructurado potreros con presencia de arboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa.
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	El patrón de distribución de las coberturas incluye entre 30% y 70% áreas de cultivos y pastos. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque riparios, vegetación secundaria, entre otras.
Bosque Fragmentados	Comprenden territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición.
Bosque Denso Alto	Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato mas o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros.
Bosque Denso Bajo	Cobertura constituida principalmente por árboles, cuyo dosel es más o menos continuo, con alturas entre 5 y 15 metros.
Bosque Abierto Alto	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas discontinuo, con altura del dosel superior a 15 metros.
Bosque Abierto Bajo	Cobertura constituida por elementos arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas discontinuo, con altura del dosel entre 5 y 15 metros.
Bosque Ripario	Constituido por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales, limitada por su amplitud.

3.3 MUESTREO FORESTAL

Para determinar la composición florística y estructural de los 4 fragmentos de bosque naturales ubicados en el área de estudio. Se tomó como criterio único las diferentes coberturas vegetales corroboradas en la anterior fase, se utilizó un diseño de muestreo forestal aleatorio estratificado, fundamentado en el establecimiento de 4 parcelas rectangulares de 10 m x 50 m (500 m²). Los formatos para colección de datos en campo se presentan en los Anexos A y B. Por su parte en las coberturas de bosque ripario, se empleó la metodología desarrollada por Gentry (1995) estableciendo 3 transectos de 2x50 m para medir árboles y arbustos con DAP mayor a 2.5 cm. Dentro de los transectos, se evaluó el número de individuos presentes, tomando nota de la altura y diámetro de cada planta. En total fueron muestreadas 0,23 ha.

Figura 2. Trabajo de campo, muestreo forestal.



En el diseño de muestreo se realizaron 4 puntos al azar en el interior de cada relicto de bosque (Figura 2). Cada punto seleccionado fue el punto de amarre para el trazado de cada parcela. Se registraron datos como coordenadas de los puntos, nombre de los propietarios de los predios y Azimut de cada parcela. (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 3. Puntos de amarre de las parcelas

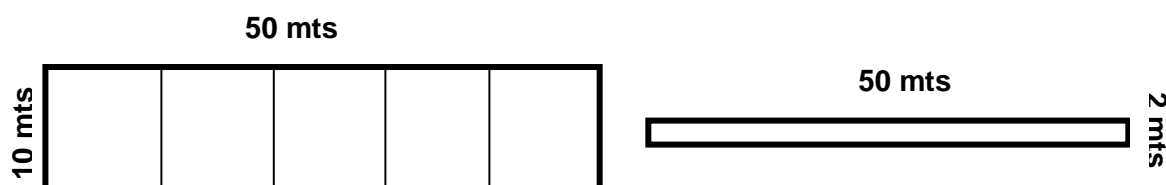
Estrato	Propietario	Parcela	Coordenadas		Azimut
			Norte	Este	
B. denso alto	Manuel Ortega	1	02°27'5.82"	76°27'16.67"	274
B. abierto bajo	Martínez	2	02°26'59.36"	76°28'41.98"	60
B. abierto bajo	Gerardo Ortega	3	02°26'40.83"	76°28'37.75"	254
B. abierto bajo	El Cabuyo	4	02°26'33.98"	76°28'59.28"	30

Cuadro 4. Puntos de amarre de los Transectos.

Estrato	Propietario	Transecto	Coordenadas		Azimut
			Norte	Este	
B. ripario	Martínez	1	02°27'0.12"	76°28'1.92"	210°
B. ripario	Doña Irma	2	02°26'43.24"	76°28'52.70"	280°
B. ripario		3	02°26'43.24"	76°28'52.70"	350°

Figura 3. Parcela de muestro de vegetación en el Corredor ambiental el Limonar

a) Parcela de 10 x 50 m, subparcelas de regeneración de 5x5 m; para bosques denso y abierto. b) Transecto de 2 x 50 para bosques ripario.



Las muestras vegetales fueron inmersas en alcohol etílico al 90% para evitar daños por marchitamiento o ataque de hongos. Posteriormente fueron cubiertas con papel periódico, a los cuales se le asignaron un número de colección acompañado del nombre común asignado por las personas de la zona. Se anotaron datos sobre, color de las flores y/o frutos maduros e inmaduros, presencia y demás características de importancia taxonómica, para garantizar una identificación confiable. Estas muestras fueron sometidas al proceso de secado a una temperatura de 350°, en el horno presente en el Museo de Historia Natural. Posteriormente se procedió a su respectiva identificación en el Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP) con la asesoría del Profesor Bernardo Ramírez. En la mayoría de las muestras colectadas se llegó a determinar hasta especie, algunas debido a la ausencia de flores y/o frutos se determinaron a nivel de género.

3.4 ESTRUCTURA HORIZONTAL

Para la caracterización cuantitativa de las estructuras horizontales de los bosques, se utilizaron los parámetros de abundancia, frecuencia, dominancia e Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies encontradas en cada una de las parcelas y los transectos estudiados.

A partir del análisis de los datos se obtuvieron parámetros ecológicos de frecuencia, densidad y dominancia de las diversas especies, Por último se determinaron los histogramas de frecuencia. (Alvis, 2009) para poder determinar las especies más importantes de dicho ecosistema y las aptas en los procesos de restauración ecológica.

3.5 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y DISEÑO DEL CORREDOR

Con base en los resultados obtenidos en la etapa de zonificación ambiental, se procedió a registrar cada extremo de la imagen digitalizada en Google Earth, señalando con marcas de posición en cada extremo, finalmente se guardó la imagen en formato .KML.

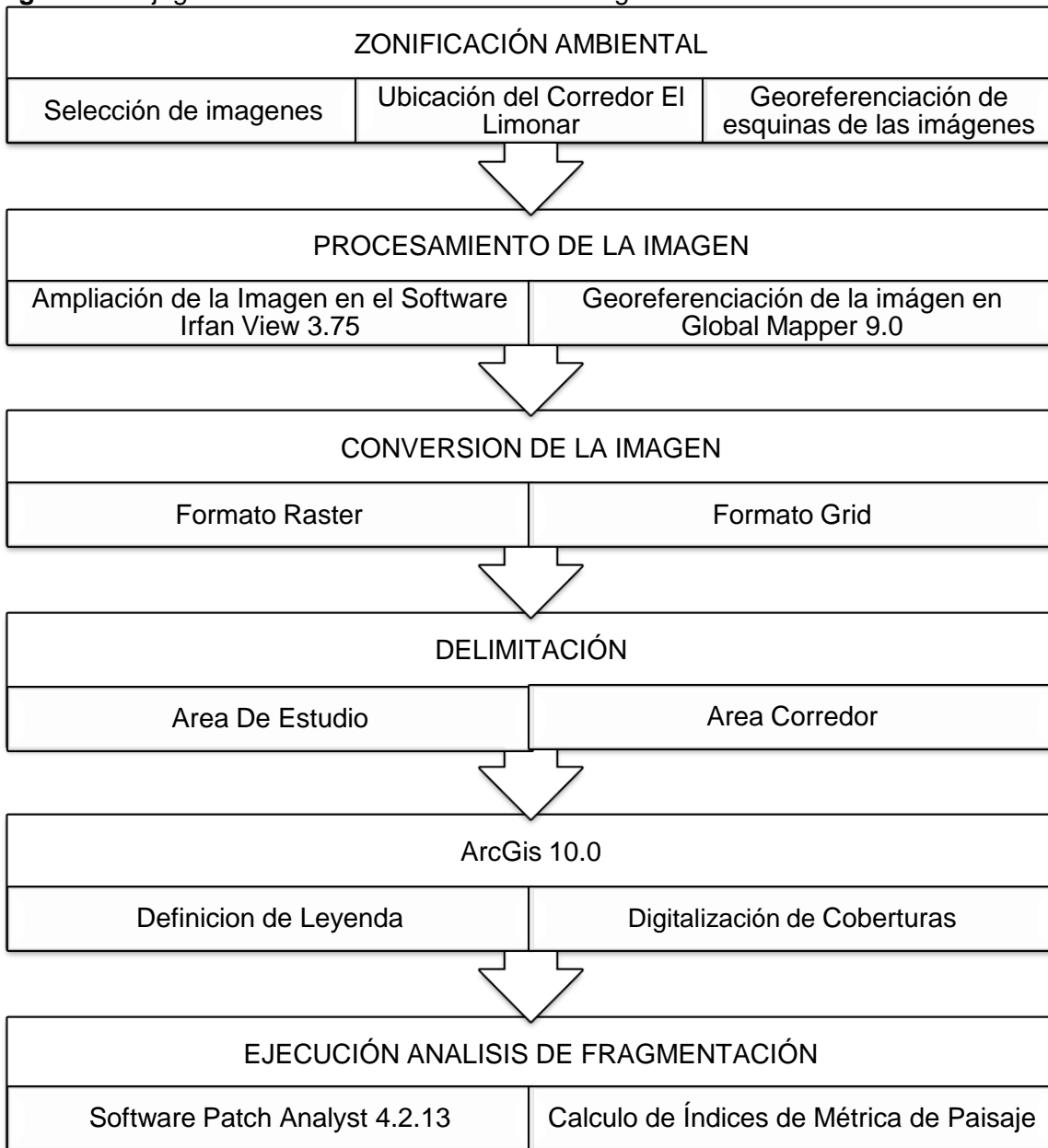
Con la ayuda del programa Irfan View 3.75 se obtuvo la imagen en un mayor tamaño, para proceder a Georeferenciarla en el programa Global Mapper 9.0 en el sistema de proyección Geographic y datum WGS84. A continuación la imagen se transformó de formato RASTER a formato GEOTIFF para poderla procesar con el software ArcGis 10.0.

Después de delimitar el área de estudio y el área del corredor, se clasificaron las coberturas en categorías, asignando a cada polígono una etiqueta de identificación de acuerdo a la categoría de uso o cobertura del suelo correspondiente y su respectiva descripción basándose en las observaciones de los recorridos de campo, con ayuda de los programas ArcGis 10.0.

En la tercera etapa se realizó la definición de la leyenda preliminar, donde teniendo en cuenta el objetivo de la investigación y el nivel de referencia que se tenía acerca del área, se elaboró la leyenda con nueve tipos de cobertura, las cuales se presentan en el cuadro 2.

Para el análisis de fragmentación se calcularon los índices relacionados con la métrica ecológica de forma, tamaño y distancia para parches, clases y paisajes con la ayuda del software Patch Analyst 4.2.13 versión libre desarrollada para ArcGis 10.0. La base de los cálculos se realiza tanto en mapa Grid de coberturas boscosas como en Raster.

Figura 4. Flujograma de realizar el análisis de la fragmentación



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS PARCELAS Y TRANSECTOS.

Se encontraron un total de 32 familias 49 especies con 247 individuos en 0,23 ha muestreadas. De estos individuos el 56.6% (197 individuos) tuvieron diámetros mayores a 10 cm y 43.4% (151 individuos) menores a 10 cm lo que sugiere un bosque con tendencia a la heterogeneidad aunque predominan especies como el Roble (*Quercus humboldtii*), que se caracteriza por su desarrollo en bosques relativamente puros. El corredor Ambiental el Limonar ha sufrido procesos de intervención humana conllevando a la fragmentación, pero debido a la sucesión que presenta el bosque secundario, y al cercado de robledales en bordes de quebradas, las especies raras son muy abundantes con un 19,71%.

Del total de especies reportadas para el corredor Ambiental El Limonar el 32,47% pertenece solo al *Quercus humboldtii* (113 individuos); otras especies ubicadas dentro de la categoría de especies raras, alcanzan el 18,39% (64 individuos) entre todas y *Meriania phlomoides* 8.05% (28 individuos), *Hedyosmun translucidum*, *Heliocarpus popayanensis* y *Fraxinus chinensis* 4,02% (14 individuos) son otras de las especies que más abundan en todo el corredor El Limonar.

Las familias más encontradas en el corredor según el número de especies fueron: Melastomataceae (6 sp, que representa el 18,75% de los individuos), Clusiaceae (3 sp, 9,38%), Proteaceae (3 sp, 9,38%) y Rubiaceae (3 sp, 9,38%).

Cuadro 5. Comparación de riqueza entre las parcelas realizadas en el corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011

Parcela	Tipo de Bosque	Altitud	N° Ind	N° especies	N° Familias
1	B. denso alto	2497	43	13	12
2	B. abierto bajo	2371	34	13	13
3	B. abierto bajo	2258	63	15	15
4	B. abierto bajo	2290	26	12	12

La parcela 3 presentó el mayor número de individuos, especies y familias y además se encuentra a menos altura, por lo cual se concluye que a medida que la altura disminuye, los microambientes consecuentemente tienden a incluir más especies. En términos generales, la riqueza florística de los bosques disminuye conforme aumenta la elevación. Esta disminución, sin embargo, no es paulatina (Rosenzweig, 1995 citado por Finegan, 2008).

Las parcelas 1 y 2 que se encontraban relativamente bajo las mismas condiciones climáticas, presentaron igual número de especies aunque con una diferencia poco significativa con respecto a la parcela 4, sin embargo, dicha parcela obtuvo un bajo número de individuos. Dado que la parcela 3 se encuentra en una zona de difícil acceso, las condiciones del terreno impiden que la comunidad de la zona ingrese a este relicto lo

cual influye en que se encuentre en un mayor grado de conservación y a su vez alberga un mayor número de especies y de familias arbóreas y arbustivas.

En las cuatro parcelas establecidas en el muestreo forestal, se presentan un total de 166 individuos distribuidos en 28 familias y 36 especies, la especie más representativa es *Quercus humboldtii* con un total de 62 individuos, por su parte las familias más representativas son Clusiaceae, Proteaceae, Rubiaceae, con 3 especies cada una. Sin embargo, se reportó que las especies predominantes, generalmente son pioneras y secundarias.

Por otro lado, Rojas *et al* (2008) en el Departamento de Caldas, registraron 994 individuos, pertenecientes a 42 familias y 123 especies. La familia Annonaceae presentó la mayor cantidad de géneros (5), seguida por Flacourtiaceae con cuatro géneros. La familia Melastomataceae y Euphorbiaceae, presentaron el mayor número de especies (6), seguidas por Annonaceae con cinco especies.

El número promedio de especies encontradas en este estudio, es significativamente menor que el registrado por Rojas *et al* (2008), la causa de esto es que una mayor longitud de muestreo incluye más microambientes y consecuentemente tiende a incluir más especies. A pesar de que los estudios se desarrollaron en Departamentos diferentes, se encontró que los resultados arrojaron similitudes, debido a que comparten 19 familias y 15 géneros en común.

Cuadro 6. Comparación de riqueza entre los transectos realizados en el corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011

Transecto	Tipo de Bosque	Altitud	Nº Individuos	Nº especies	Nº Familias
1	B. ripario	2358	36	17	14
2	B. ripario	2225	24	5	5
3	B. ripario	2299	40	9	6

En este caso, el transecto 3 presentó el mayor número de individuos (40), por su parte el transecto 1 alberga mayor número de especies y familias, debido a que esta franja conecta a los dos parches más grandes de bosque en el corredor, se percibe un alto flujo de intercambio de especies. En el caso del transecto 2, se encontró el menor número de individuos y especies, ocasionado por el tamaño reducido de la franja, ya que este bosque corresponde a un borde de quebrada.

En los tres transectos del muestreo forestal, se presentan un total de 101 individuos distribuidos en 19 familias y 26 especies, la especie más representativa es *Quercus humboldtii* con un total de 18 individuos, seguido por *Meriania phlomoides* con 15, por su parte las familias más representativas son Melastomataceae con 5 especies, y Clusiaceae, Myrcinaceae, Piperaceae, Rubiaceae, con 2 especies cada una.

Sanín y Duque (2006) realizaron dos transectos de 0,1 ha ubicados entre los 2500 y los 2700 m de elevación, estos se denominaron: Vía Bocatoma y El Mirador, en este estudio se registraron 603 individuos, pertenecientes a 73 especies, distribuidas en 37 familias botánicas. El transecto “El Mirador” tuvo mayor número de individuos (332) distribuidos en

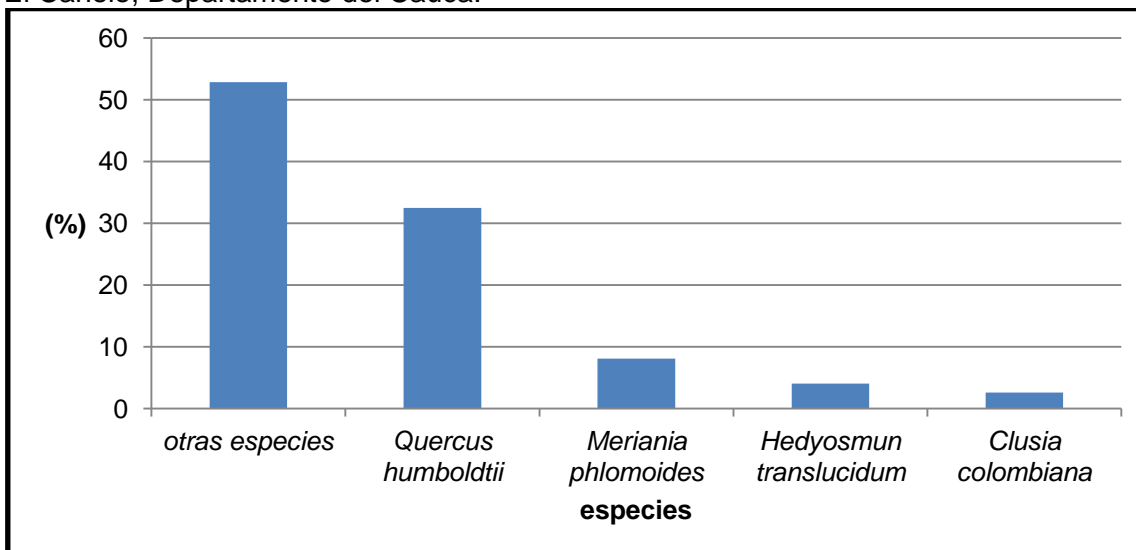
28 familias y 53 especies, para el transecto “Vía Bocatoma” se registraron 271 individuos distribuidos en 33 familias y 52 especies. Melastomataceae fue la familia con mayor número de especies en los dos transectos, seguida de Boraginaceae. El 82% de las familias en el primer transecto y el 75% en el segundo, están representadas por solo una o dos especies.

Comparando los dos estudios, se puede inducir que la familia Melastomataceae coincide como la más representativa, justificando esta condición por la actual dinámica sucesional, como resultado del antiguo uso del suelo en los dos sitios, en donde la ganadería extensiva generó un paisaje fuertemente fragmentado.

4.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS PARCELAS

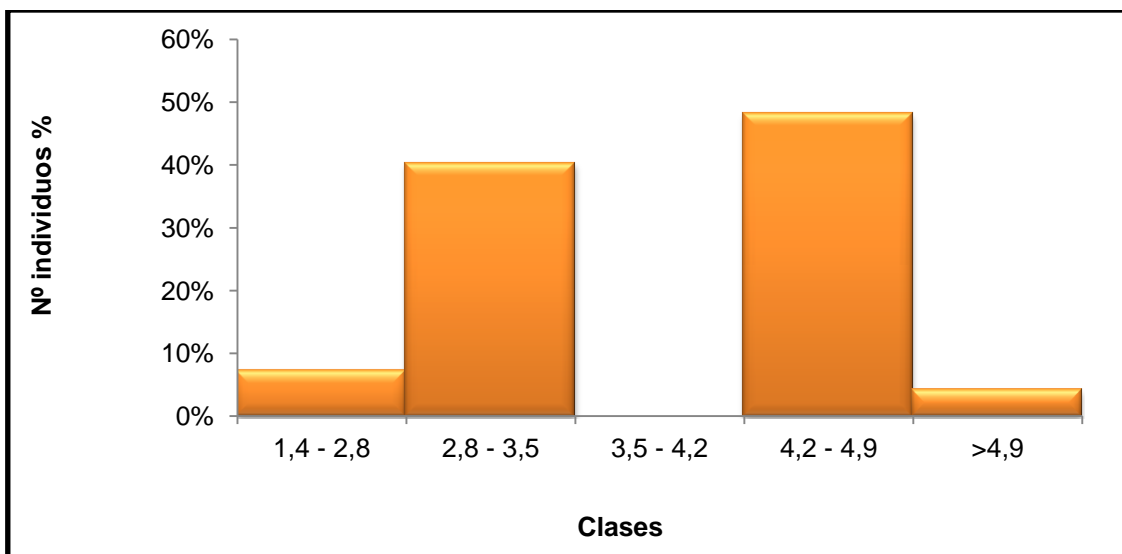
En la Figura 4, se muestran los valores promedio de abundancia relativa para todas las especies encontradas en las cuatro (4) parcelas del corredor El Limonar. Según Rojas *et al* (2008) el bosque húmedo andino y el ecosistema estudiado presentan valores similares para el número de individuos registrado en el bosque es mucho mayor que el número de individuos reportados en el presente estudio. Lo cual nuevamente confirma que el área de muestreo influye en los porcentajes de abundancia.

Figura 5. Abundancia relativa de las especies del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca.



De esta manera, las diferencias encontradas entre las 5 especies con mayor abundancia en términos de riqueza de especies, podrían explicarse por características particulares del sitio como la historia de uso de los mismos, el tipo e intensidad de las perturbaciones pasadas, la topografía del lugar y la fauna existente. Estos factores podrían ser claves en el desarrollo de la dinámica forestal (tasa de formación de claros, regeneración natural, dispersión, entre otros) (Aide *et al.* 1995, Finegan 1996, Guariguata & Ostertag 2001, Kennard 2001 citado por León *et al.*, 2009) y verse reflejados en características del bosque como la riqueza y la composición florística.

Figura 6. Histograma de frecuencias, para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



Clase	Intervalo	N	N%	sp
I	1,4 - 2,8	12	7%	9
II	2,8 - 3,5	67	40%	20
III	3,5 - 4,2	0	0%	0
IV	4,2 - 4,9	80	48%	5
V	>4,9	7	4%	2
TOTAL		166	1,0	36

De donde,

N: número de individuos

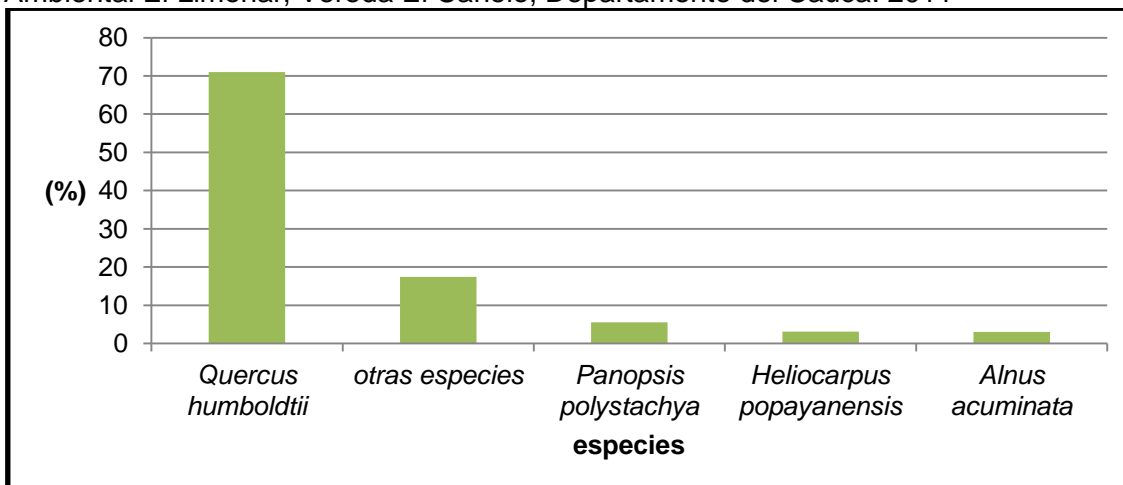
%N: número de especies/total especies

Sp: número de especies

Las especies más frecuentes en el estudio realizado en el corredor Ambiental el Limonar, son las especies raras con el 81,2%, siguiéndole *Ageratina popayanensis* y *Palicourea heterochroma* ambas con 5,6% y por último se encuentran *Quercus humboldtii* y *Alnus acuminata* con 4,2%.

Como lo indica el histograma de frecuencias en la figura 4, la mayoría de los individuos se encuentran dentro de la clase IV con un total de 80; es decir, representaron un porcentaje de frecuencia mayor a 4.2% ó especies cuyas apariciones son de 3 veces en las subparcelas muestreadas. Sin embargo vale aclarar que la clase I representa los individuos con una frecuencia menor a 1.4%, es decir en esta clase aparecen 9 especies, representadas con 1 ó 2 individuos; esto indican la existencia de una composición florística homogénea. Es importante tener en cuenta que la clase II fue la que albergó la mayor cantidad de especies (20 sp) distribuidas en un número significativo de individuos (67), lo cual no ocurre en la clase III donde no se encuentran individuos registrados.

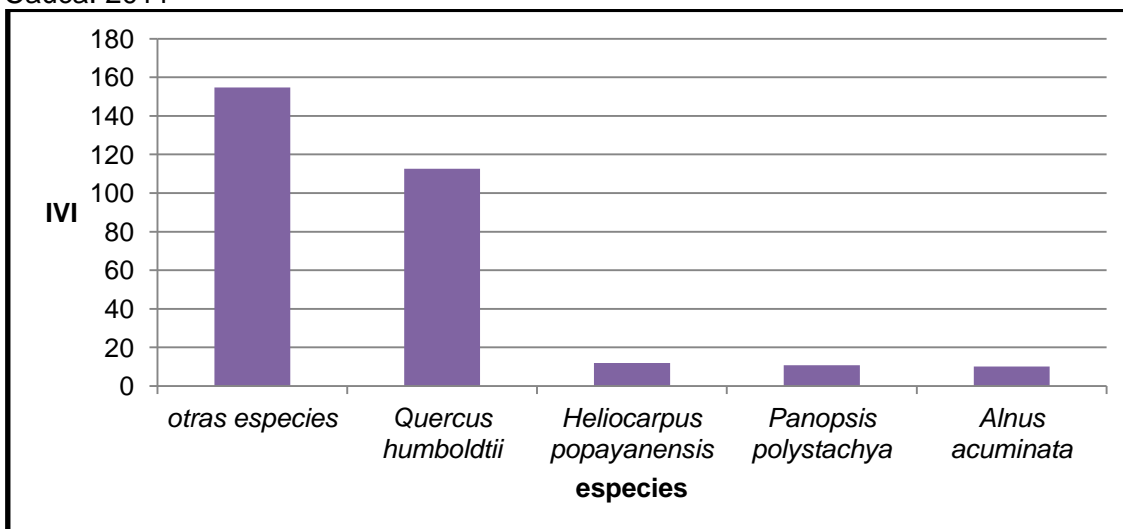
Figura 7. Dominancia relativa para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



Los valores de Dominancia encontrados en este estudio son menores (8,07%) que los reportados por Rojas *et al* (2008) y León *et al* (2009) donde los valores corresponden a (17% y 16,4%) respectivamente. De acuerdo con la Figura 5 la especie *Quercus humboldtii* es la especie más dominante con un porcentaje de 71%, por su parte *Panopsis polystachya*, *Heliocarpus popayanensis* y *Alnus acuminata* al igual que el resto de las especies no presentan una dominancia significativa.

León *et al* (2009), encontró que *Quercus* fue la especie dominante en varios lugares de Antioquia en los que se realizaron estudios de diversidad, presentando valores de importancia de 44.6% en Guarne, 61.1% en San Andrés de Cuerquia y 77.2% en Belmira. Esto concuerda con lo encontrado para el Cauca, en la localidad del Canelo.

Figura 8. Índice de Valor de Importancia (IVI) relativa para las especies encontradas en las parcelas del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



El Índice de Valor de Importancia (IVI) señaló que la especie más importante del corredor es *Quercus humboldtii* con 112,6. En términos generales se puede apreciar, que en el corredor El Limonar la mayoría de sus ecosistemas tienden hacia un bosque predominado de roble, lo que es común ya que esta especie tiende a formar rodales relativamente homogéneos. Por otra parte, se encontró que el conjunto de las especies raras suman el 154,8 del IVI representando un peso ecológico significativo, sin importar el estado de avance de la sucesión.

El mayor valor de importancia ecológica (IVI) reportado por Rojas *et al* (2008) en el oriente de Caldas, lo obtuvo la *Guadua angustifolia* con un IVI de 115 (38,3%), seguida de *Graffenrieda cucullata* con 44,3 (14,8%) y *Jacaranda hesperia* con 36,5 (12,3%). Otras especies importantes fueron *Bellucia pentamera*; *Croton sp1* y *Maquira sp*.

Por su parte, en el estudio desarrollado por León *et al* (2009), *Weinmannia pubescens*, mostró mayor importancia en Belmira, en Guarne la especie más importante desde el punto de vista ecológico fue *M. popayanensis* (IVI=16.4) seguida por *Ilex laurina* (IVI=11.3) y, en San Andrés de Cuerquia, *Clusia sp.* (IVI = 11.9) y *Myrsine coriacea* (IVI = 11.6).

En los tres estudios los géneros compartidos corresponden a *Weinmannia*, *Myrcia*, *Clusia* y *Myrsine*. Las demás especies de mayor peso ecológico no son compartidas probablemente por la diferencia de sitio.

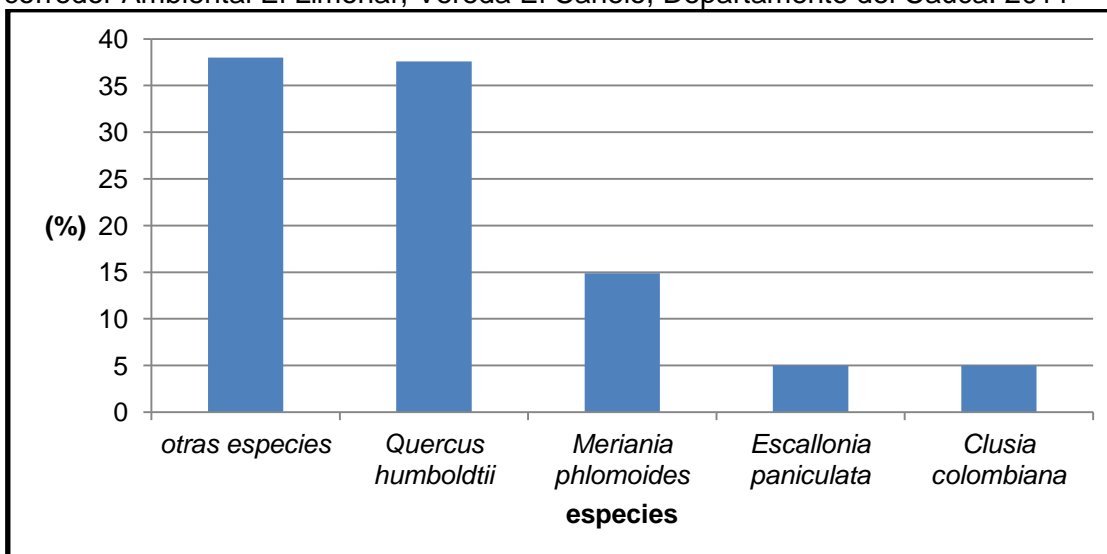
Al analizar la importancia o peso ecológico de las especies dentro del ecosistema, se determinó que la especie *Quercus humboldtii*, es la más abundante y la más dominante en las parcelas 1 y 2, de igual forma presenta el mayor porcentaje de espacio ocupado dentro de estos dos fragmentos. Sin embargo, la suma de otras especies, correspondientes a las especies raras (con uno, dos, o tres individuos) presenta un porcentaje muy elevado, lo cual indica que estos bosques presentan un alto grado de heterogeneidad que la falta de individuos de las especies raras se debe a que *Quercus humboldtii* posiblemente oprima su desarrollo dentro de los ecosistemas.

En el muestreo se encontró que la parcela 3 fue la que más individuos presentó con un total de 63, distribuidos en 15 especies y 15 familias. De estas especies la más abundante nuevamente es el *Quercus humboldtii* con 54%, el resto de especies encontradas se agrupan en el conjunto de especies raras y se encuentran ocupando el segundo lugar con un porcentaje de 25,4%.

La abundancia relativa de las especies en la parcela 4, varía bastante en cuanto a las parcelas anteriores, dado que en ésta, la especie más abundante es *Fraxinus chinensis*, de igual forma al analizar los valores del IVI es posible observar que esta especie presenta la mayor importancia ecológica. Sin embargo las especies raras encontradas dentro de este parche presentan un IVI muy superior a la especie más abundante, lo cual indica que el bosque ubicado en la última parte del corredor presenta un comportamiento similar a los demás bosques en cuanto a heterogeneidad.

4.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TRANSECTOS

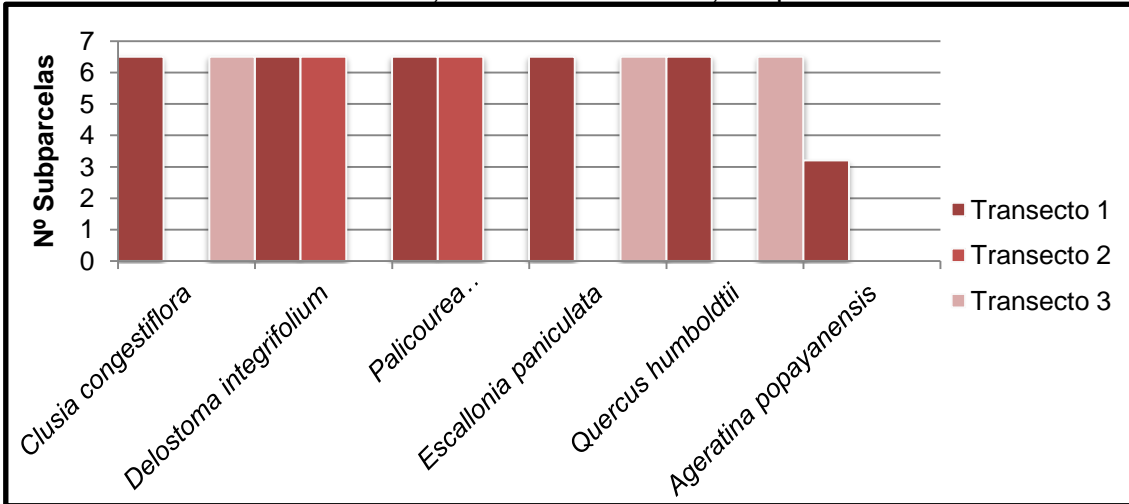
Figura 9. Abundancia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



La especie más abundante para los transectos es *Quercus humboldtii* con 38 individuos representados en 37,6%, lo cual expresa una gran significancia en comparación con *Meriania phlomoides*, que es la siguiente con 15 individuos representados en 14,9%. Por su parte *Escallonia paniculata* y *Clusia colombiana* tienen la misma abundancia expresada en 5 individuos (5%) cada una. En cuanto a las otras especies, su sumatoria corresponde al 38,5%.

Sanín y Duque (2006), encontraron en un estudio realizado en la reserva de Río Blanco (Manizales, Caldas) que en los transectos vía Boca toma y el Mirador se observó la misma tendencia en la distribución de las abundancias de especies. Aproximadamente el 80% de los individuos pertenece a siete o nueve especies respectivamente en cada transecto, indicando que esta comunidad presenta unas pocas especies dominantes y las demás son escasas o se encuentran en estados tempranos de sucesión. En el transecto de la Vía Bocatoma se registraron 271 individuos, las especies con mayor abundancia fueron *Hedyosmun bomplandianum* con 44 individuos y *Miconia poecilantha* con 35 individuos. En el transecto el Mirador se registraron 332 individuos las especies con mayor abundancia fue *Cestrum sp* con 8 individuos.

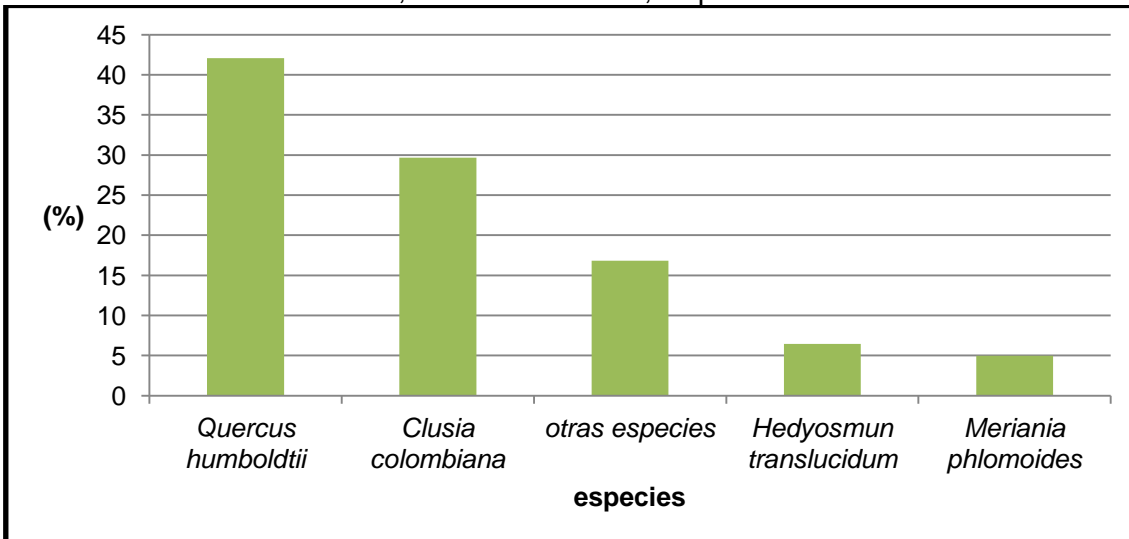
Figura 10. Frecuencia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



Según la figura 10, 5 de las 26 especies registradas, aparecen en dos de los tres transectos muestreados, lo cual equivale al 19,2%, el resto de especies solo se encuentran en un transecto. Tal y como lo muestra la grafica anterior *Clusia congestiflora*, *Delostoma integrifolium*, *Palicourea heterochroma* y *Escallonia paniculata* presentan la mayor frecuencia relativa con un 6,5% cada una.

Para Sanín y Duque (2006), más de la mitad de las especies sólo se encontró en un transecto, y sólo el 5 y 6% de las especies se hallan en el primer y segundo transecto. La familia Melastomataceae, representada por *M. poecilantha* y *M. theaezans*, presentó la mayor frecuencia relativa, seguidas por *H. bonplandianum* y *P. angustifolia*, para la Vía Bocatoma y El Mirador respectivamente; sin embargo, las dos primeras especies se registraron en ambos transectos.

Figura 11. Dominancia relativa para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011

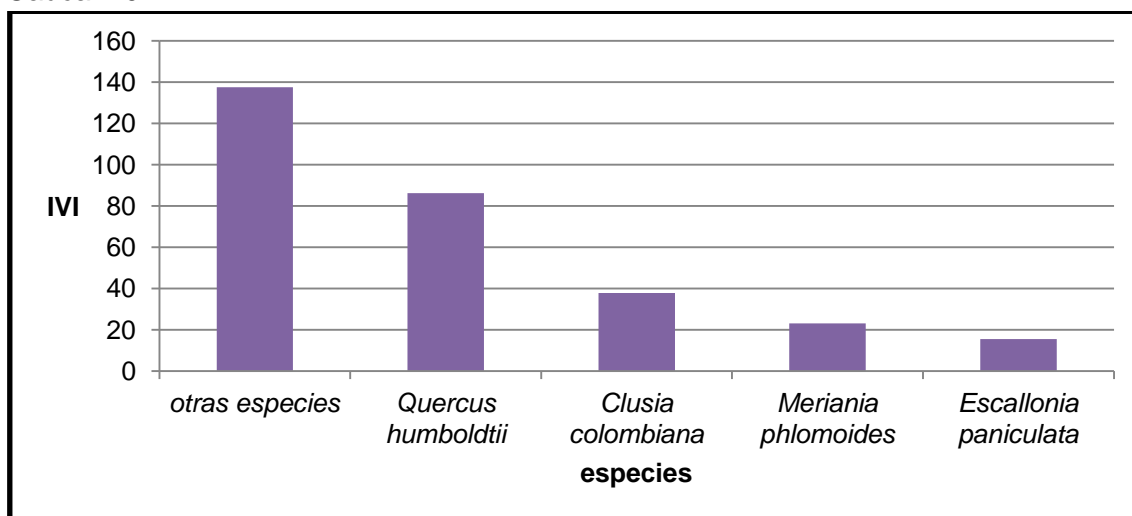


En cuanto a Dominancia relativa de las especies encontradas en los tres transectos, las especies *Quercus humboldtii* (0,812 m²; y 42,1%), *Clusia colombiana* (0,573 m²; y 29,7%), otras especies, en conjunto se encuentran ocupando un tercer lugar con una dominancia absoluta de 0,005 m² que equivale al 16,7%. El total de área basal entre todas las especies corresponde a 1,931 m².

En Sanín y Duque (2006), se tienen que la Vía Bocatoma presentó el menor valor acumulado de área basal con 37,9 m², mientras que El Mirador presentó 39,8; En los dos transectos estudiados la mayor parte de las especies presentan valores bajos de dominancia relativa, en el primer transecto, *H. bonplandianum* presentó la mayor dominancia relativa con 16,31%. En el segundo muestreo, *M. poecilantha* fue la especie con mayor dominancia (18,67%), seguida de *H. bonplandianum* con 9,63%.

En cuanto esta variable, la cifra obtenida en el presente estudio es menor que la reportada por Sanín y Duque (2006), la razón podría deberse al tamaño del transecto y el área que abarca el estudio (0,1 ha). Algo en particular entre los dos estudios es que se comparte solo un género, el cual corresponde a *Hedyosmun*.

Figura 12. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011



De acuerdo con los resultados anteriores, las especies de mayor IVI o importancia ecológica en su orden son *Quercus humboldtii* (86,1), *Clusia colombiana* (37,8) y *Meriania phlomoides* (23,1). De igual forma entre las especies de menor peso ecológico se encuentran todo el conjunto de las otras especies con un total de (137.6).

En Sanín y Duque (2006), las cinco especies con mayor índice fueron similares para ambos transectos a excepción de *Cyathea caracasana*, la cual estuvo presente en el primer transecto, y *M. quadrangularis* en el segundo. Para el primer transecto la especie con mayor peso ecológico corresponde a *Hedyosmun bomplandianum* con un IVI de (16,23), por su parte *Miconia poecilantha* corresponde a la especie con mayor peso ecológico en el segundo transecto con un IVI de (18,67).

Un patrón evidente en la distribución de la abundancia y los valores del IVI en los dos estudios, fue la presencia de muchas especies con bajos valores de importancia, Pero a diferencia de Sanín y Duque (2006), en este estudio esas especies en conjunto representaron la mayoría del porcentaje, lo cual no indica que este grupo de especies dominen gran parte del espacio y acapara la mayoría de los recursos (Fuentes. *et al*, 2004)

Finalmente se puede plantear que los géneros *Hedyousmun* y *Miconia* al ser compartidos por los dos estudios, demuestra que los altos valores de frecuencia, abundancia, diversidad e importancia ecológica que presentaron estos géneros, puede estar asociado a la alta diversidad presente en los dos sitios de estudio.

4.4 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN

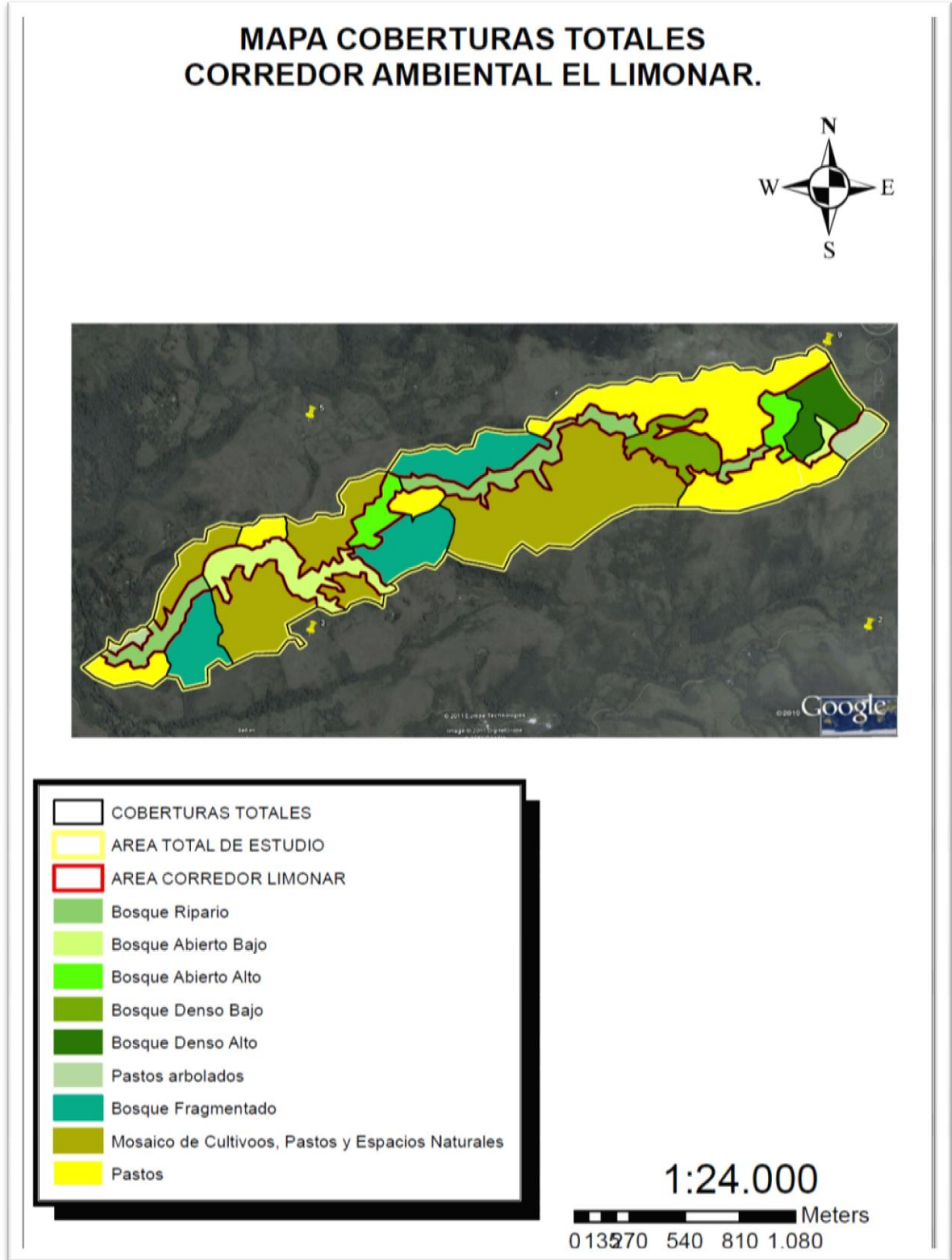
El corredor Ambiental El Limonar posee un patrón de paisaje fragmentado por las actividades antrópicas, básicamente por la extracción de madera para la producción de carbón vegetal y leña, además de la ganadería extensiva y ampliación de la frontera agrícola.

El presente trabajo tuvo como propósito establecer la relación entre las características del paisaje y el proceso de conectividad entre cada uno de los fragmentos que conforman el corredor ambiental. Con el análisis del grado de fragmentación presente en el corredor ambiental el Limonar, se pretende planificar estrategias de conectividad que permitan garantizar la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medio para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la integra de muchos aspectos de protección y uso (forestal, agropecuario, etc.)

Las variables de paisaje con mayor aporte significativo para este proceso de conexión de paisajes fueron: los índices de forma del paisaje (LSI, MSI), Índices de Área (MPS, LPI, MCAI), análisis de parches individuales (NP, MCAI y ED). Los cuales fueron seleccionados debido a la factibilidad que ofrecen, para un análisis general en el proceso de conectividad para dicho ecosistema.

Riqueza y Composición. A lo largo del Corredor Ambiental El Limonar, se reportaron 9 coberturas diferentes; Pastos, Pastos arbolados, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque fragmentado, Bosque denso alto, Bosque denso bajo, Bosque abierto alto, Bosque abierto bajo, Bosque ripario. De acuerdo con lo anterior, las coberturas Pastos, Pastos arbolados y Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, forman la matriz del paisaje, ocupando el 57.64 %, las demás coberturas boscosas representan el 42,36% restante.

Figura 13. Mapa de Zonificación Ambiental del corredor Ambiental El Limonar



Por otra parte, se observó una poca variación en el porcentaje de parches de las coberturas y la abundancia de parches de bosque natural a lo largo del paisaje, mientras que las bosques riparios, a pesar de tener una abundancia significativa en algunas zonas su presencia es relativa y dependiente de la presencia de agua y limitada por su ancho y la baja presencia de especies nativas. (Figura 13).

Estructura. Al analizar el área por clases de cobertura, la categoría bosque fragmentado ocupa la mayor superficie del área de estudio (30,5 ha), seguido de bosque abierto alto. La menor superficie corresponde al bosque denso bajo (8,7 ha). Para el paisaje estudiado, el número de parches (NP) varió entre 1 y 3, lo que indica que el bosque denso alto es la clase mejor agregada o más compacta. De acuerdo con el cuadro 2 y el mapa de coberturas, se deduce que las demás clases parecieran tener un elevado nivel de fragmentación, especialmente en las categorías bosque ripario y bosque bajo, este ultimo presenta menor área y solo 2 parches, pero estos se encuentran muy distantes.

Cuadro7. Índices relacionados con la métrica ecológica basada en análisis de fragmentación según las diferentes coberturas boscosas encontradas en El Corredor Ambiental El Limonar.

Cobertura	Área (ha)	Área (%)	LSI	MSI	IJI	NP	MPS	LPI	MCAI	ED
B. fragmentado	30,5	13,34	7,8	1,65	18,33	3	9,34	13,36	65,59	78,76
B. denso alto	9,4	4,12	7,8	1,81	0,24	1	8,59	11,16	90,11	27,51
B. denso bajo	8,7	3,79	7,8	2,51	0,11	1	7,57	9,84	83,81	35,86
B. abierto alto	17,3	7,58	7,8	1,91	42,7	2	3,67	5,02	82,98	37,99
B. abierto bajo	14,1	6,16	7,8	2,92	60,2	2	5,89	13,96	72,95	73,51
B. ripario	16,8	7,37	7,8	2,99	5,67	3	4,55	10,28	72,88	102,17

Donde: LSI: Índice de Forma del paisaje; MSI: Índice promedio de la forma; IJI: Índice de intercalación o yuxtaposición; NP: Número de parches; MPS: Índice de significancia de tamaño de parche; LPI: Índice de parche mayor; MCAI: Índice de la media del área núcleo; ED: Índice de la densidad de borde.

Los valores del Índice de parche mayor (LPI) indican que el porcentaje más alto del área total del paisaje corresponde al bosque abierto bajo con 13,96, razón por la que se le puede considerar como el ecosistema dominante. Le siguen los ecosistemas bosque fragmentado y bosque denso alto, que pueden considerarse abundantes.

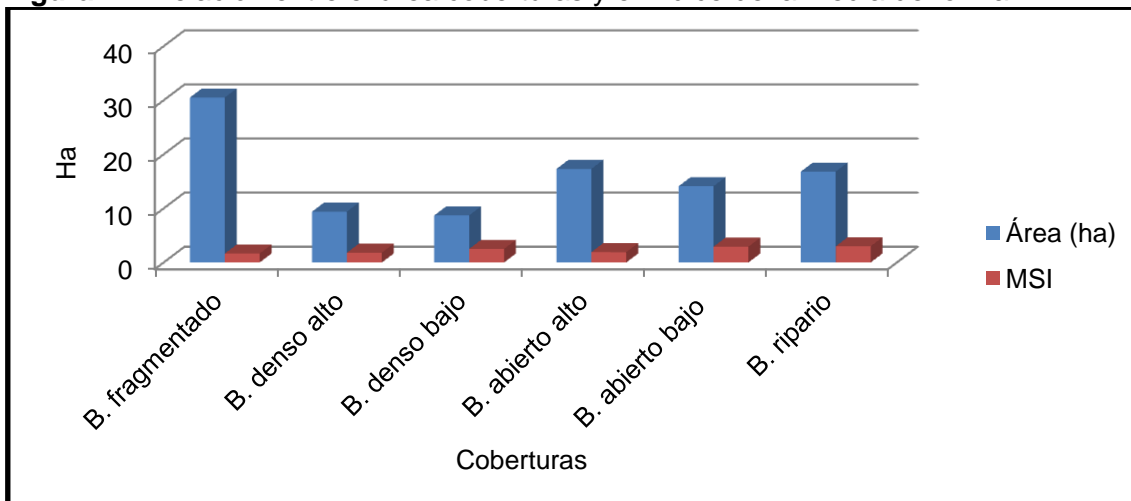
Teniendo en cuenta que la imagen empleada para el análisis de estos índices se trabajó en formato raster, se encontró que el índice de forma del paisaje (LSI) arrojado para todas las coberturas, es de 7,8; esto significa que todos los parches que conforman cada bosque presentan una forma medianamente alargada. La forma está condicionada por la actividad humana y las condiciones naturales como topografía, litología, e hidrografía. (Albarrán y Molina, 2011). En el caso del corredor ambiental el Limonar el dominio de las condiciones naturales, son las causantes de las formas curvilíneas e irregulares de los parches de bosque, debido a que este es un corredor fluvial.

Por su parte el índice de la media de forma (MSI) de los mismos no superó el valor de 3, este valor significa entonces que la Unidad de Paisaje está compuesta por parches irregulares lo que los haría más permeables a los parches vecinos. Por su parte, el

bosque fragmentado presenta el índice de forma menor, debido a que sus parches poseen mayor área, ya que el MSI varía con el tamaño del parche, pues al incrementar el tamaño del parche el índice disminuye. (Paisaje al sur, 2011). Figura 14.

Así pues, el bosque fragmentado, sería la clase de uso de suelo más regular en su forma, debido a que presenta el mínimo valor en (MSI), mientras que las clases con un valor más alto de MSI son las que poseen una forma irregular y/o alargada, es el caso del bosque ripario en donde el efecto borde deberá ser un factor a tener en cuenta por la posible pérdida de biodiversidad, pudiendo ser muy perjudicial los terrenos agrícolas ubicados en sus cercanías, lo cual significa que esta es la clase más propensa a ser afectada por el medio que la rodea al poseer una alta relación entre su perímetro y su área.

Figura 14 .Relación entre el área coberturas y el índice de la media de forma.



En los bosques riparios el número de parches (NP) y la densidad de borde (ED) son directamente proporcionales pero el índice de significancia del tamaño del parche (MPS) se comporta inverso a estas dos variables, es decir que al aumentar el número de parches que presentan formas irregulares se reduce su tamaño. Por su parte en los bosques fragmentados se encontró que los parches son pocos, de gran tamaño y regulares, debido a que las variables NP (3), ED (78,76) y MPS (9,34) presentan valores altos.

En cuanto al índice de la media del área núcleo (MCAI), se observó que el bosque denso alto presenta mayor área núcleo, seguido por el bosque denso bajo por lo cual el efecto de borde en estas dos áreas es mínimo, esta condición permite que estos bosques, puedan contar con una zona de amortiguamiento como estrategia contra la perturbación (Williams, 1991 citado por Cantin *et al* 2002.). Con respecto al bosque fragmentado y el bosque ripario se logró identificar un área núcleo relativamente baja y teniendo en cuenta que estas coberturas presentan una forma alargada, el efecto de borde es considerablemente mayor.

Figura 15. Fragmentos de coberturas boscosas del Corredor Ambiental El Limonar.



Los valores del índice de yuxtaposición entre fragmentos del paisaje (IJI), que cuantifican el contexto espacial de un parche en relación con sus vecinos, muestran que existe mayor proximidad (valores más bajos) entre los fragmentos del bosque ripario, seguido de bosque fragmentado. La menor proximidad (valores más altos) se presentó en los bosques abiertos, es decir que esta cobertura tiene las distancias más largas entre fragmentos del mismo tipo, pero presentan áreas más homogéneas y distribuidas de manera equitativa por la región. Los bosques densos presentan valores de 0, este comportamiento sugiere, que a lo largo de todo el corredor solo se evidencia un parche de dicha cobertura haciendo el paisaje más complejo. La configuración espacial de los fragmentos en general muestra a la clase de bosque ripario con una menor complejidad de forma, un menor grado de aislamiento y fragmentación, y además las clases distribuidas más homogéneamente a través del Paisaje, en comparación a los bosques naturales.

La ecología del paisaje permitió asociar la conectividad con las métricas del paisaje donde después de realizar análisis estadísticos, se pudo determinar que la distancia entre parches, es la variable que más influye en el proceso de restauración, la distribución de los parches de Roble se considera que entre más creca estén estos fragmentos mayor será la probabilidad de establecimiento.

Para garantizar la máxima efectividad en el proceso de conectividad, se buscara que el corredor este constituido por un hábitat igual o muy similar al ecosistema de los fragmentos, e igual forma cuando el corredor sea más ancho y corto debido a que a mayor anchura, se reducen los efectos de borde y se aumenta la probabilidad de que exista un sector central del corredor constituido por hábitat más apropiado para el movimiento de aquellas especies intolerantes a las condiciones de borde.

4.5 HERRAMIENTAS DE MANEJO DEL PAISAJE Y DISEÑO DEL CORREDOR

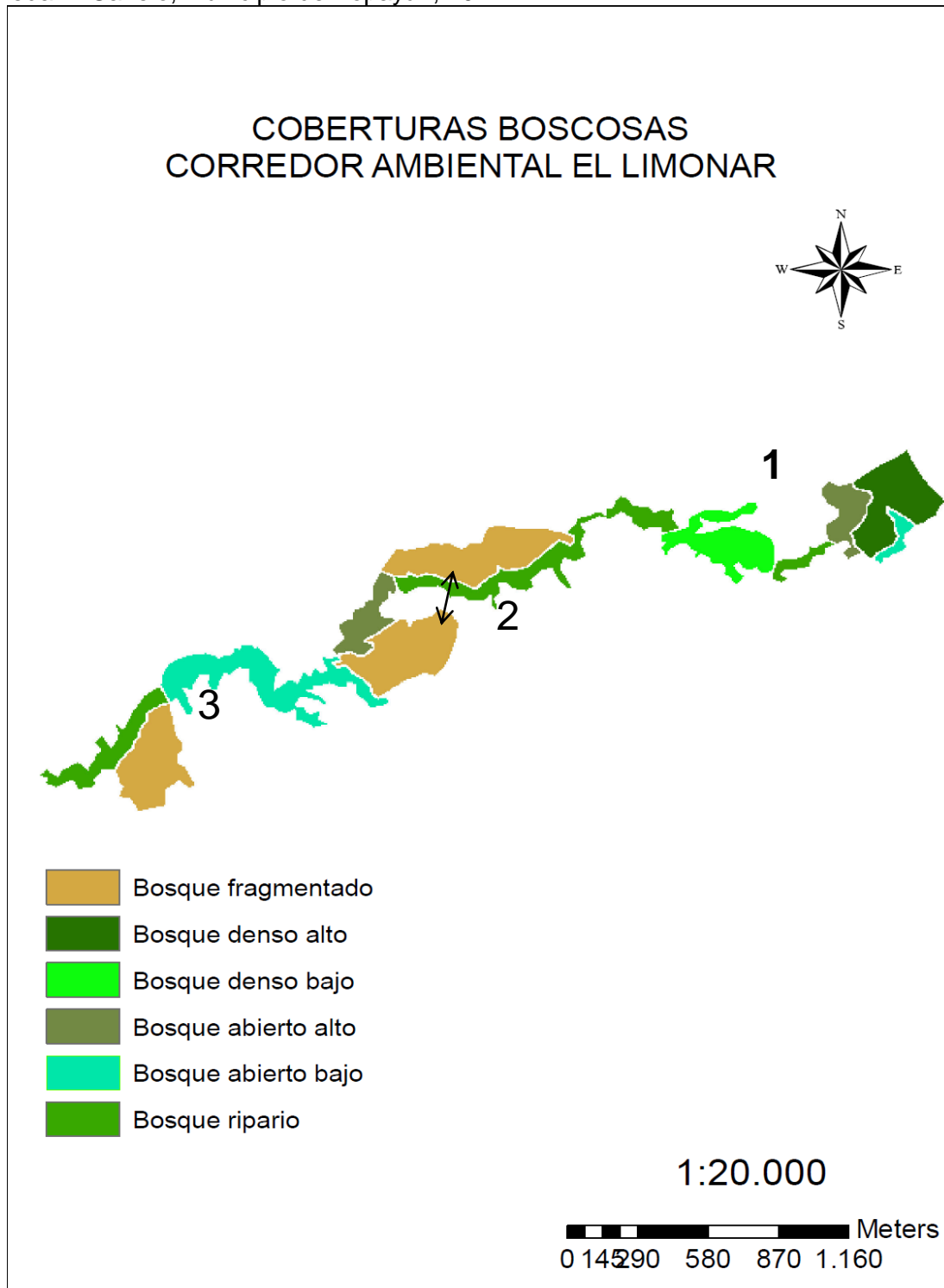
El reconocimiento del papel de la conectividad del paisaje en la conservación de la biodiversidad dentro de paisajes en los que predominan los humanos, se ha trasladado desde la etapa conceptual a la de la implementación práctica de este principio en estrategias de conservación. En todo el mundo, una gama variada de enlaces se están protegiendo, manejando o restaurando para mejorar la continuidad de las poblaciones de vegetales y para mantener los procesos ecológicos en ecosistemas fragmentados. Estos incluyen enlaces específicos de paisaje entre reservas de conservación y redes de enlaces en áreas locales, en bosques bajo manejo y como parte de estrategias locales de manejo de la tierra. Las coberturas o usos del suelo identificadas en el presente estudio hacen referencia a bosques secundarios, basándose en lo descrito por IDEAM (2010).

En el relicto de bosque denso alto se busca fortalecer el aislamiento implementado en el año 2007 por la Fundación Pro Cuenca Rio las Piedras en conjunto con la comunidad de Asocampo. Esta medida fue ejecutada con el fin de aumentar la población de las especies *Quercus humboldtii* y *Panopxis sessifolia*, debido a que este parche presenta el mejor grado de conservación en todo el corredor.

La ampliación de parches de bosques riparios es una estrategia para lograr aumentar y conectar el bosque denso bajo y el bosque denso alto, con la siembra de especies nativas de la zona; entre los parches de bosque se busca desarrollar individuos que ofrezcan recursos alimenticios y de hábitat a la fauna; se debe tener en cuenta que las plántulas en estados avanzados de sucesión, poseen un alto grado de adaptación a las condiciones de sitio y por lo tanto son una buena opción para lograr resultados exitosos en los procesos de enriquecimiento.

Muchas de las especies encontradas en el inicio del corredor Ambiental El Limonar, son especies de semillas grandes y son especies amenazadas o endémicas como; *Quercus humboldtii*, *Panopxis sessifolia* y *Panopxis polystachys*.

Figura 16. Coberturas boscosas encontradas en El Corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Municipio de Popayán, 2011



Como segundo foco estratégico para conectar, se encuentran los relictos de bosque fragmentado, debido a que presentan una distancia corta entre ellos (81mts) (Figura 16), la estrategia de conectividad se establece teniendo en cuenta que el tamaño de los parches es considerable. Como HMP se propone realizar enriquecimientos con especies nativas de gran importancia para la conservación de la población vegetal; las especies empleadas para los procesos de repoblación y aumentación se definen teniendo en cuenta el estudio previo de composición florística. Esta técnica se debe implementar con especies “regeneradoras” como *Delostoma integrifolium* que contribuye a una recuperación más rápida de los nutrientes del suelo.

Cuadro 8. Especies identificadas para enriquecimiento vegetal.

Especie	Familia	Tipo
<i>Vismia baccifera (L)</i>	HYPERICACEAE	Sucesión avanzada
<i>Ocotea sp</i>	LAURACEAE	Sucesión avanzada
<i>Meriania nobilis</i>	MELASTOMATACEAE	Sucesión avanzada
<i>Miconia versicolor</i>	MELASTOMATECEAE	Sucesión avanzada
<i>Delostoma integrifolium</i>	BIGNONIACEAE	Sucesión avanzada
<i>Miconia sp</i>	MELASTOMATACEAE	Sucesión avanzada

Teniendo en cuenta que los relictos de bosques fragmentados se encuentran aislados por la cobertura de pastos con vegetación secundaria, se permitirá que el ecosistema se recupere naturalmente facilitando la sucesión natural. Para la rehabilitación de estas coberturas se propone la plantación de especies pioneras, o especies introducidas de rápido crecimiento, baja capacidad invasiva y alta capacidad competitiva en sus fases iniciales de desarrollo y las cercas vivas (cuadro 9).

Cuadro 9. Especies identificadas para la rehabilitación de Pastos con vegetación secundaria.

Especie	Familia	Tipo
<i>Meriania nobilis</i>	MELASTOMATACEAE	Pionera intermedia
<i>Piper barbatum</i>	PIPERACEAE	Pionera intermedia
<i>Piper adumcum (L)</i>	PIPERACEAE	Pionera intermedia
<i>Ageratina popayanensis</i>	ASTERACEAE	Pionera
<i>Meriania phlomoides</i>	MELASTOMATACEAE	Pionera
<i>Meriania nobilis</i>	MELASTOMATACEAE	Pionera
<i>Tibouchina lepidota</i>	MELASTOMATACEAE	Pionera
<i>Weinmannia pubescens Kunth</i>	CUNONIACEAE	Pionera intermedia
<i>Weinmannia tomentosa</i>	CUNONIACEAE	Pionera intermedia
<i>Bejaria mathewsii</i>	ERICACEAE	Pionera
<i>Alchornea latifolia</i>	EUPHORBIACEAE	Pionera intermedia

Las cercas vivas son otra HMP que sirven como potenciales hábitats, corredores para la fauna silvestre y tienen el potencial de aumentar la conectividad entre coberturas, además facilitan el movimiento de animales por medio del incremento de la cantidad total de la cobertura vegetal dentro de los paisajes rurales (aumentan el número de sitios de descanso, alimentación y percha) y contribuyen al acortamiento de las distancias entre los sitios de posa o escala, reduciendo la energía que los animales deben gastar en vuelo o movimiento (Harvey et al., 2004 citado por Lozano - Zambrano 2009). Para ello, se recomienda una combinación de árboles y arbustos en diferentes estratos protegidos por una cerca de alambre. Con la cerca viva se logra una cerca permanente que evita la necesidad de hacer reposición de postes.

En el tercer foco establecido se busca ampliar las coberturas boscosas involucradas en esta última área, la cual se caracteriza por presentar un alto porcentaje de terrenos destinados a la producción agropecuaria, por lo cual los sistemas silvopastoriles son una HMP adecuada para maximizar el uso de las áreas de potreros y de esa manera negociar la liberación de ciertas áreas de la finca para restaurarlas, ampliar fragmentos o conectar elementos con cobertura nativa en la finca. Estos sistemas están basados en la combinación de pastos para ganadería con especies arbóreas y arbustivas. Se pueden usar especies forrajeras como el botón de oro, cedro negro, guácimo, nacedero, balso y uparán, entre otros, para la alimentación del ganado. El aislamiento de bosque en algunos casos es necesario, pues el pisoteo y el ramoneo continuos impiden la regeneración del bosque, creándose "Rastrojos" que cada vez se regeneran menos. En otros casos, la entrada del ganado a los bosques riparios es una causa importante de contaminación de las aguas.

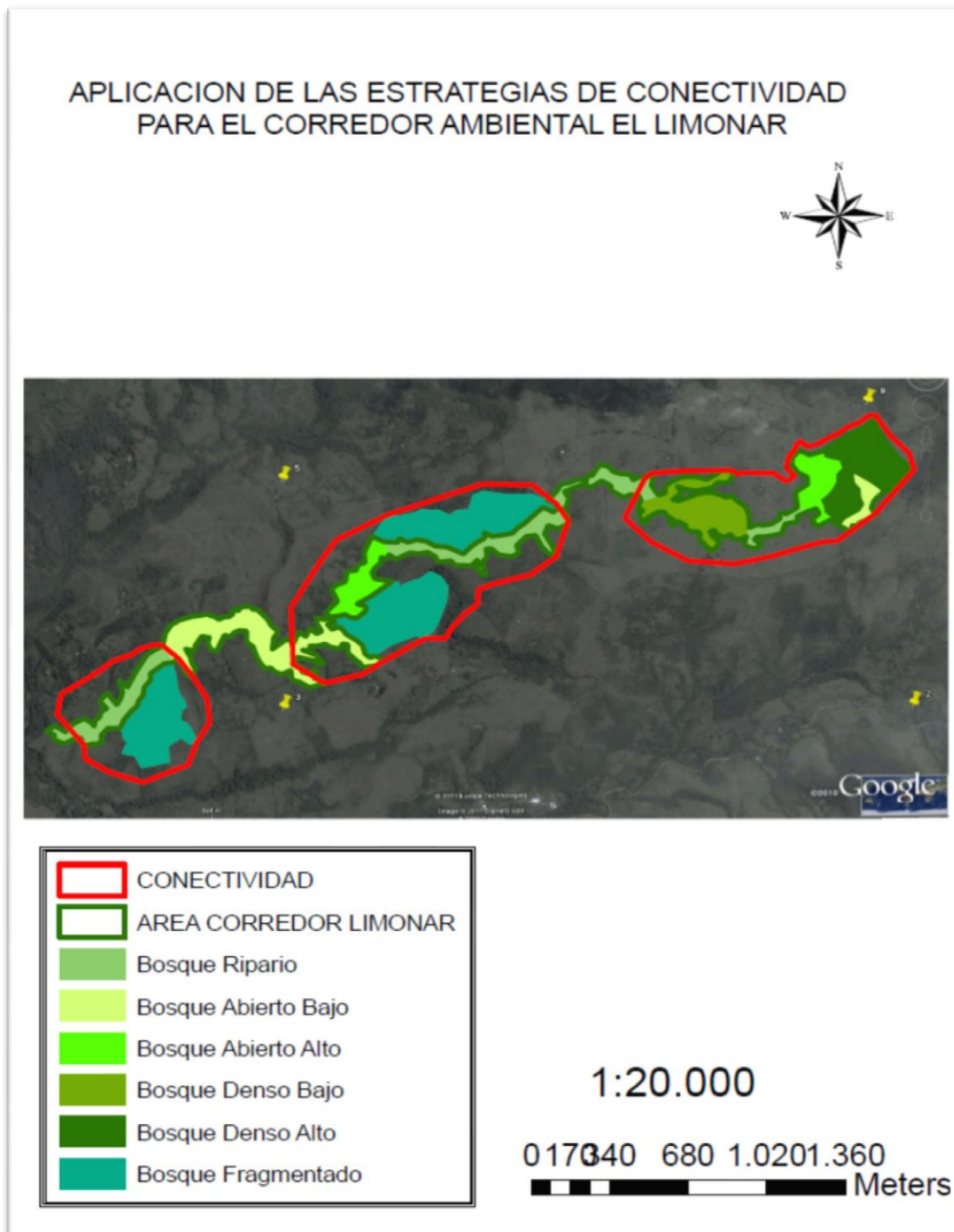
El encerramiento de los bosques es una manera de buscar su recuperación, al restringir la entrada del ganado los bordes inician un proceso rápido de regeneración a partir de los propágulos existentes y del rebrote de las plantas sobrevivientes del pisoteo. Sin embargo, es necesaria la siembra de árboles para lograr mayor densidad e incrementar la diversidad de los bordes y áreas afectadas. Se debe utilizar una buena proporción de estacones vivos de especies nativas que garanticen la permanencia de las cercas. El uso de los árboles marginales del bosque como soporte de la cerca no siempre es posible por la forma irregular de los fragmentos y los bordes.

Cuadro 10. Especies identificadas para la rehabilitación de Matorrales, bosque abierto, bosque ripario y Pastos con Rastrojos.

Familia	Especie	Tipo
ASTERACEAE	<i>Ageratina popayanensis</i>	Pionera
BETULIACEAE	<i>Alnus acuminata</i>	Pionera intermedia
CLUSIACEAE	<i>Clusia colombiana</i>	Sucesión avanzada
BORAGINACEAE	<i>Cordia resinosa</i>	Pionera intermedia
TILIACEAE	<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Pionera intermedia
PROTEACEAE	<i>Roupala pachypoda</i>	Sucesión avanzada
CAESALPINACEAE	<i>Senna pistaicifolia</i>	Pionera intermedia
HYPERICACEAE	<i>Vismia lauriforme</i>	Sucesión intermedia
CUNNONIACEAE	<i>Weimania tomentosa</i>	Pionera intermedia

En la figura 17. Se presenta el diseño del corredor ambiental el Limonar con la implementación de cada una de las HMP obteniendo una mayor densidad en coberturas boscosas y la conectividad entre los fragmentos de bosque.

Figura 17. Diseño del corredor Ambiental El Limonar.



5. CONCLUSIONES

La caracterización florística y estructural de los bosques ubicados en la franja altoandina, permite ampliar el conocimiento de estos ecosistemas, brindando bases para futuros estudios en esta zona, debido a que los resultados arrojados a partir de estos estudios pueden aplicarse a diferentes procesos de investigación enfocados a proyectos de conservación, restauración y manejo sostenible de dichos bosques.

Este estudio, permitió definir las características más importantes de la estructura horizontal del bosque natural que conforma el corredor Ambiental el Limonar, de tal forma que se lograron identificar las especies que hacen parte del mismo; aportando conocimiento para estudios posteriores de implementación de estrategias de conectividad para este mismo ecosistema.

Este estudio registro al *Quercus humboldtii* como la especie con mayor peso ecológico, debido a que esta presenta la capacidad de reproducirse con éxito dentro del bosque, al mismo tiempo cuenta con una alta tolerancia ecológica, lo que le permite crecer sobre diferentes tipos de suelos y competir por alcanzar la luz en el estrato arbóreo con especies como la *Clusia sp.*

El ecosistema estudiado presenta una alta tendencia a la heterogeneidad; debido a la presencia de especies que se desarrollan en pequeñas manchas homogéneas, sumado a esto el papel que ejerce la sucesión vegetal como respuesta a la intervención humana.

Los bosques que conforman la parte central del corredor ambiental el Limonar, presentan un alto grado de intervención antrópica, basados específicamente en la extracción de una especie en particular, como es el caso del *Quercus humboldtii*, esta actividad ha generado alteraciones considerables en las características estructurales y en la dinámica de estos ecosistemas.

Las diferencias estructurales entre los remanentes de bosque, podrían deberse, en parte, a las actividades que demandan la extracción de madera, la construcción de cercas y el procesamiento de carbón vegetal. Lo anterior comprueba el hecho de que especies poco comercializadas, o de bajo valor, tiendan a mantenerse como emergentes, y presentan grandes dimensiones en sitios perturbados.

La investigación fundamentada en la conservación de ecosistemas estratégicos como es el caso del corredor el Limonar es relevante, debido a que estos bosques aportan a la regulación de la cuenca hidrográfica del río Las Piedras, la cual abastece al acueducto del Municipio de Popayan y mejoran las condiciones de vida de sus habitantes.

El patrón del paisaje en el corredor ambiental el Limonar sugiere que se trata de un paisaje fragmentado por la actividad antrópica, sin embargo todavía cuenta con un buen porcentaje de bosques naturales, los cuales presentan fragmentos, en donde se evidencia que los parches pequeños tienden a tener formas menos compactas que los parches grandes, lo que implica un aumento del efectos de borde, el cual se puede manifestar en la dinámica de los bosques.

La configuración espacial de los fragmentos, muestra que las coberturas de bosque fragmentado en el paisaje se encuentran menos aisladas, con una dispersión homogénea y distribución equitativa, lo cual podría ser beneficioso para la implementación de las estrategias de conectividad.

El menor grado de fragmentación se observa para el ecosistema bosque denso, lo cual es un signo positivo para evaluar el estado de conservación del corredor, ya que la fragmentación reduce el área cubierta por el bosque, exponiendo a los organismos que permanecen en el fragmento a condiciones diferentes a su ecosistema y consecuentemente al efecto borde. Por su parte, el bosque fragmentado y el bosque ripario presentaron valores altos de fragmentación.

En el caso del Bosque ripario se evidenció claramente el efecto de borde, el cual separa elementos del paisaje teniendo importante influencia sobre las propiedades del sistema, tanto dentro de parches homogéneos como entre los componentes del paisaje.

Las coberturas de pastos y mosaico de cultivos y espacios naturales presentes a lo largo de todo el corredor, podrían ser útiles para realizar proyectos de repoblación, permitiendo la conservación de los bosques naturales y la ampliación del corredor ambiental, que permita el paso de dispersores de semillas y minimice el impacto del efecto de borde.

Los parámetros evaluados en la presente investigación, ofrecen información aproximada pero no menos importante acerca del estado en que se encuentran los bosques naturales a nivel estructural y espacial además de las posibles causas de las alteraciones en su composición y dinámica por parte de las variables ambientales asociadas a ellos, aunque se deben considerar ciertas anotaciones:

6. RECOMENDACIONES

La falta de conocimiento acerca de los procesos dinámicos que determinan la estructura del bosque, tales como la regeneración natural, crecimiento, reclutamiento, mortalidad y reproducción, impiden avances para el manejo adecuado de dichos recursos, por esta razón esta investigación dará una idea más precisa del estado real de las poblaciones de los bosques en la zona.

Se hace necesario realizar estudios orientados a conocer el comportamiento de los ecosistemas a través del tiempo, para poder realizar un análisis completo y detallado del cambio que sufren los bosques, por causa de la intervención antrópica.

Es recomendable realizar estudios complementarios entre la composición y estructura del bosque con el análisis del paisaje, para determinar la influencia que ejerce el cambio climático sobre la diversidad de los ecosistemas.

Se recomienda ejecutar la fase de seguimiento y monitoreo a mediano y largo plazo, sobre la implementación de las HMP, para garantizar el éxito de la conectividad en el corredor. Lo anterior con el fin de determinar los cambios del paisaje a través del tiempo y evaluar la viabilidad de las herramientas aplicadas.

Finalmente es importante incluir a las comunidades que intervienen en el de influencia del corredor el Limonar, para crear conciencia sobre la importancia de la conservación y uso sostenible de dichos ecosistemas, con el fin de minimizar los impactos que se generan por la explotación inadecuada de los recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

ALBARRAN A. J.; MOLINA, G. Z. (2011) Análisis Ecológico De Los Paisajes Del Parque Nacional Yacambú - Andes De Venezuela, Usando Herramientas De La Geomática

ALVIS, José F. (2009) Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán. Revista biotecnología Vol. 7. Pág. 117-119

AMÉRICA, Astrid, *et, al* (2009). Insumo básico para la ordenación y la formulación del plan de aprovechamiento y manejo forestal. Zonificación para el manejo de los bosques de roble. Proyecto “corredor de conservación de robles, una estrategia para la conservación y el manejo forestal en Colombia”

BARRERA, J. I.; VALDÉS, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Revista de la Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Edición especial II, Vol.; 12. N°; p 24. Bogotá.

BENNET, Andrew. F. (1998). Enlazando el Paisaje. El Papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre, pág. En Programa de conservación de Bosques UICN. Conservando los Ecosistemas Boscosos Serie No. 1. Clayton, Australia,

CABEZAS, A. OSPINA, R. (2010). Análisis Del Paisaje Y De Su Relación Con La Regeneración Del Roble (*Quercus Humboldtii* Bonpl.) En El Municipio De Popayán, Departamento Del Cauca. UNIVERSIDAD DEL CAUCA.

CANTÍN, G; ORDENES, Z; QUIJADA, C Y RODRÍGUEZ, A. (2002) Fragmentación del hábitat y su efecto borde. Disponible en: <http://www.ilustrados.com/tema/4018/Fragmentacion-habitat-efecto-borde.html>

CAYUELA, L. (2006) Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. Tesis Doctoral. Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá. México. Ecosistemas Revista científica y técnica de ecología y medio Ambiente. 15 (3): 192-198. Septiembre 2006. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=438>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. (2002) Plan De Ordenamiento Territorial Del Municipio de Popayán. Capítulo I. Dimensión Ambiental.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. (2006) Plan De Ordenación Y Manejo De La Subcuenca Hidrográfica Del Río Las Piedras Popayán. 456p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA CRC, (2010). Proyecto “Mejoramiento Del Paisaje Forestal Como Apoyo A La Conformación Del Corredor Biológico Paramo De Barbillas – Microcuencas Los Huevos, Chuzolongo Y Pascariguaico En Los Municipios De Almaguer Y La Vega”. Programa Flora Y Fauna

DEVIA, Carlos & ARENAS. (2000) Evaluación Del Status 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). Desarrollo Sostenible en los Andes de Colombia (Provincias del Norte, Gutiérrez y Valderrama) Boyacá, Colombia. IDEADE, Pontificia Universidad Javeriana.

ECOPIBES, (2008). Perdida de la Biodiversidad. (¿Qué es la Biodiversidad?) <http://www.ecopibes.com/problemas/biodiversidad/que.htm>.

FINEGAN, B. Ecología y Biología de la Conservación. CATIE. (2008)

FRANCO-ROSSELLI, P; J. BETANCUR & J.L. FERNÁNDEZ-ALONSO., (1997) Diversidad Florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 19 pág 205-234.

FORMAN, R & M GODRON. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley. New York, USA.

IDEAM. Grupo De Cuencas Subdirección De Estudios Ambientales. (2006). *Caja De Herramientas Sobre Zonificación Ambiental En La Ordenación Y Manejo De Las Cuencas Hidrográficas En Colombia*.

IDEAM, (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1: 100000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C" 72p.

IRASTORZA, P. (2006). Tesis doctoral Ingeniero de Montes. Integración de la Ecología del paisaje en la Planificación territorial. Aplicación a la Comunidad de Madrid. Madrid, España.

LAURANCE, W.F. (1999). Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation* 91: 109-117. Taylor, P,D, Fahring, L, Henein, K. and

LEÓN, J.D. VÉLEZ, G. & YEPES.A.P. (2009). Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la cordillera central de Colombia. *Revista: Revista de Biología Tropical*. Ed 57: Vol 4.

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 p.

MARÍN-CORBA, C.A. & J.BETANCUR. (1997). Estudio Florístico en un Robledal del Santuario de Flora y Fauna de Iguaqué (Boyacá, Colombia). *Revista Académica de Ciencias de Colombia*. 21(80).

MELO, Omar; VARGAS, Rafael. (2003) *Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos*. Cap IV. Pág. 143

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2005). Guía para la formulación de planes de manejo para humedales de importancia internacional y otros humedales. Documento borrador de discusión, elaborado por la Dirección de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, IGAC, (2000). Zonificación Ecológica de la Región Pacífica Colombiana. EN: AMERICA, Astrid, (ed). Insumo básico para la ordenación y la formulación del plan de aprovechamiento y manejo forestal. Zonificación para el manejo de los bosques de roble. Proyecto “corredor de conservación de robles, una estrategia para la conservación y el manejo forestal en Colombia”

ORTEGA, L.A., PEÑA, M.A., GONZALEZ, J. (2011). Análisis de vulnerabilidad a cambio climático: Ejes Ecosistemas y Amenazas naturales, en la subcuenca del río Molino. Convenio Fundación Río Las Piedras/Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD/ISA. Popayán.

PAISAJE AL SUR, 2011. Pensando el Paisaje desde los bordes. Índice de forma. Disponible en: <http://paisajealsur.blogspot.com/2011/06/indice-de-forma-media.html>.

ROJAS, W; ESTÉVEZ-VARÓN J V Y RONCANCIO N. (2008) Estructura Y Composición Florística De Remanentes De Bosque Húmedo Tropical En El Oriente De Caldas, Colombia. Boletín Científico Centro De Museos, Museo De Historia Natural bol.cient.mus.hist.nat. Vol. 12, pp. 24 – 37.

SABATTINI, Rafael. (2010). INFORME 5. Zonificación de los bosques nativos en los Departamentos Paraná, Nogoyá y Tala (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Trabajo por Convenio entre la FCA UNER y la Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. Oro Verde, Argentina.

SANÍN, D y DUQUE, C A. (2006). Estructura Y Composición Florística De Dos Transectos Localizados En La Reserva Forestal Protectora Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). Boletín Científico - Centro de Museos -Museo de Historia Natural Vol. 10, págs. 45-75 Disponible en: http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Revista%2010_3.pdf

SIREFOR, (2009). Sistema de información de los Recursos Forestales de Costa Rica.

VALENZUELA, Elizabeth; SILVA, Alejandro y HERNÁNDEZ, Carlos. (2005) Plan De Manejo Ambiental Del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica: Capítulo IX Zonificación ambiental. Bogotá, Colombia..

VARGAS, O; REYES, S P; GÓMEZ, P A; DÍAZ J E. (2010) Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de Ecosistemas. Convenio De Asociación Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Academia De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Grupo De Restauración Ecológica Bogotá, Colombia.

VEGA, Germán. (1975). Análisis Estructural De Tres Comunidades Forestales Del Bajo Calima, Departamento Del Valle Del Cauca, Colombia. Tesis de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE para optar al grado de Magister Scietiae. Turrialba, Costa Rica.

Anexo C. Índice de valor de importancia (IVI) para las especies encontradas en las parcelas del corredor ambiental El Limonar, Vereda El Canelo. Departamento del Cauca. 2011.

Nº	N. CIENTIFICO	ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI
		ABS	REL(%)	ABS	REL(%)	ABS	REL(%)	
1	<i>Quercus humboldtii</i>	62	37,3	3	4,2	5,738	71,0	112,6
2	<i>Heliocarpus popayanensis</i>	10	6,0	2	2,8	0,248	3,1	11,9
3	<i>Panopsis polystachya</i>	4	2,4	2	2,8	0,443	5,5	10,7
4	<i>Alnus acuminata</i>	5	3,0	3	4,2	0,240	3,0	10,1
5	<i>Ageratina popayanensis</i>	6	3,6	4	5,6	0,040	0,5	9,7
6	<i>Hedyosmun translucidum</i>	6	3,6	3	4,2	0,101	1,2	9,0
7	<i>Panopsis sessifolia</i>	5	3,0	3	4,2	0,096	1,2	8,4
8	<i>Weimania tomentosa</i>	5	3,0	2	2,8	0,139	1,7	7,5
9	<i>Myrcia</i>	6	3,6	2	2,8	0,069	0,9	7,2
10	<i>Fraxinus chinensis</i>	6	3,6	2	2,8	0,039	0,5	6,9
11	<i>Meriania phlomoides</i>	5	3,0	2	2,8	0,072	0,9	6,7
12	<i>Mollinedia</i>	5	3,0	2	2,8	0,068	0,8	6,6
13	<i>Palicourea heterochroma</i>	1	0,6	4	5,6	0,031	0,4	6,5
14	<i>Clusia colombiana</i>	4	2,4	2	2,8	0,096	1,2	6,4
15	<i>Bejaria mathewsii</i>	2	1,2	2	2,8	0,163	2,0	6,0
16	<i>Piper aduncum (L)</i>	2	1,2	3	4,2	0,024	0,3	5,7
17	<i>Buddleja bullata</i>	3	1,8	2	2,8	0,073	0,9	5,5
18	<i>Nectandra sp</i>	3	1,8	2	2,8	0,044	0,5	5,1
19	<i>Cordia resinosa</i>	3	1,8	2	2,8	0,032	0,4	5,0
20	<i>Alchornea coelophylla</i>	2	1,2	2	2,8	0,038	0,5	4,5
21	Especies raras	21	12,6	23	32,2	0,282	3,5	48,1
	Totales	166	100	72	100	8,077	100	300

Anexo D. Índice de Valor de Importancia (IVI) para las especies encontradas en los transectos del corredor Ambiental El Limonar, Vereda El Canelo, Departamento del Cauca. 2011

Nº	N. CIENTIFICO	ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA		IVI
		ABS	REL (%)	ABS	REL (%)	ABS	REL (%)	
1	<i>Quercus humboldtii</i>	38	37,6	6,66	6,5	0,812	42,1	86,1
2	<i>Clusia colombiana</i>	5	5,0	3,33	3,2	0,573	29,7	37,8
3	<i>Meriania phlomoides</i>	15	14,9	3,33	3,2	0,096	5,0	23,1
4	<i>Escallonia paniculata</i>	5	5,0	6,66	6,5	0,077	4,0	15,4
5	<i>Hedyosmun translucidum</i>	3	3,0	3,33	3,2	0,125	6,5	12,6
6	<i>Clusia congestiflora</i>	4	4,0	6,66	6,5	0,028	1,4	11,8
7	<i>Palicourea heterochroma</i>	4	4,0	6,66	6,5	0,009	0,5	10,9
8	<i>Bejaria mathewsii</i>	4	4,0	3,33	3,2	0,065	3,4	10,5
9	<i>Delostoma integrifolium</i>	3	3,0	6,66	6,5	0,005	0,3	9,7
10	<i>Tibouchina lepidota</i>	3	3,0	3,33	3,2	0,007	0,4	6,6
11	<i>Alchornea coelophylla</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,045	2,3	6,5
12	<i>Cordia resinosa</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,032	1,6	5,9
13	<i>Ageratina popayanensis</i>	2	2,0	3,33	3,2	0,003	0,2	5,4
14	<i>Vismia baccifera (L)</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,011	0,6	4,8
15	<i>Toxicodendron striatum</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,010	0,5	4,7
16	<i>Miconia sp</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,010	0,5	4,7
17	<i>Miconia versicolor</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,010	0,5	4,7
18	<i>Meriania nobilis</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,003	0,2	4,4
19	<i>Annona quinquensis</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,002	0,1	4,3
20	<i>Geissanthus sp</i>	1	1,0	3,33	3,2	0,002	0,1	4,3
21	<i>Otras especies</i>	6	6,0	19,98	19,2	0,01	0,43	25,7