

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y COBERTURA VEGETAL PARA LA
FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL CERRO DE LAS
TRES CRUCES POPAYÁN, CAUCA**



JOSÉ ANDRÉS MASABUEL RAMIREZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2015**

**CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y COBERTURA VEGETAL PARA LA
FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE EL CERRO DE LAS
TRES CRUCES POPAYÁN, CAUCA**



JOSÉ ANDRÉS MASABUEL RAMIREZ

**Trabajo final en modalidad de investigación para optar al título de Ingeniero
Forestal**

Directora. Esp. JULIETH ALEXANDRA CHACON PAJA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA FORESTAL
POPAYÁN
2015**

Nota de aceptación

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su Autor y lo encontraron satisfactorio

Esp. JULIETH ALEXANDRA CHACÓN PAJA
Directora

M.Sc. JUAN PABLO PAZ CONCHA
Presidente del Jurado

M.Sc. CATALINA GARCÍA SOLORZANO
Jurado

Popayán, febrero de 2015

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios por darme la sabiduría y la fuerza para afrontar los retos de mi vida.

A mi madre y hermana por ser mi apoyo incondicional y por brindarme su amor

A mi hijo Daniel Andrés por ser la motivación para culminar con éxito todos mis objetivos.

A Mónica por brindarme su amor y compañía.

A mi familia por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad del Cauca por brindarme la formación académica que me permitió ser una persona integral y de bien con el ánimo de servir a la sociedad.

A mis directores JULIETH ALEXANDRA CHACÓN PAJA y JUAN CARLOS VILLALBA MALAVER, por su acompañamiento, apoyo, asesoría y por ser los guías de mi investigación.

A mis compañeros por su valiosa amistad y su colaboración incondicional para lograr mis objetivos.

A mi familia por su cariño y apoyo en los momentos difíciles de mi carrera.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 ANTECEDENTES.....	18
1.2 COMPOSICIÓN DEL BOSQUE	19
1.3 ESTRUCTURA DEL BOSQUE.....	22
1.4 MEDICIÓN DE ÁRBOLES EN PIE	27
1.5 GESTIÓN AMBIENTAL.....	28
1.6 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	30
1.6.1 Tejido urbano discontinuo. Incluye:	31
1.6.2 Café.	32
1.6.3 Mosaico de cultivos	32
1.6.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.	32
1.6.5 Bosque Natural Fragmentado	33
1.6.6 Bosque plantado.	33
1.6.7 Pastos naturales y sabana.	33
1.6.8 Arbustos y matorrales	34
1.6.9 Zonas quemadas.	34
1.7 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	35
1.8 MARCO LEGAL	37

2. METODOLOGÍA	40
2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	40
2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	41
2.3 TRABAJO DE CAMPO.....	41
2.3.1 Levantamiento Florístico	42
2.3.2 Realización de base de datos	42
2.3.3 Clasificación de coberturas vegetales.	42
2.3.4. Análisis de documentos.	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
3.1 COMPOSICIÓN Y RIQUEZA	44
3.1.1 Riqueza.....	44
3.1.2 Diversidad	46
3.2 ESTRUCTURA.....	48
3.3 RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN DEL CERRO DE LAS TRES CRUCES POPAYÁN	53
3.3.1 Tejido urbano discontinuo.	54
3.3.2 Café	55
3.3.3 Mosaico de cultivos	55
3.3.4. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	55
3.3.5 Bosque Natural Fragmentado	56
3.3.6 Bosque plantado	56
3.3.7 Arbustos y matorrales.	57
3.3.8 Zonas quemadas	57

3.4 LÍNEA BASE PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO DEL CERRO DE LAS TRES CRUCES EN LA PARTE BIÓTICA.....	57
3.4.1 Zona de conservación	57
3.4.1.1 Problemática específica de la zona	58
3.4.1.2 Parámetros de manejo	58
3.4.2 Zona de rehabilitación ecológica	59
3.4.2.1 Problemática específica de la zona	59
3.4.2.2 Parámetros de manejo.	60
3.4.3 Zona de recuperación paisajística	61
3.4.3.1 Problemática específica de la zona	61
3.4.3.2 Parámetros de manejo.	62
3.4.3.3 Paisajística.	62
4. CONCLUSIONES	67
5. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS.....	74

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tendencias de estratificación para los diagramas de dispersión de copas de Ogawa.	26
Figura 2. Ubicación del cerro de las Tres Cruces de Popayán.	40
Figura 3. Dominancia relativa del cerro de las Tres Cruces de Popayán	49
Figura 4. Abundancia relativa del cerro de las Tres Cruces de Popayán	49
Figura 5. Frecuencia relativa del cerro de las Tres Cruces de Popayán	50
Figura 6. Índice de valor de importancia del cerro de las Tres Cruces de Popayán	51
Figura 7. Diagrama de Ogawa para la caracterización de la estructura vertical	52
Figura 8. Resultados de la zonificación del Cerro de las Tres Cruces- Popayán	54

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Abundancia de cada especie en el Cerro de las Tres Cruces.....	44
Cuadro 2. Índice de diversidad de especies para el Cerro de las Tres Cruces, Popayán y comparativo con investigación de Daza y Suárez, 2009 y Martínez, 2012.....	46
Cuadro 3. Tipos de cobertura vegetal.	53
Cuadro 4. Especies recomendadas para la reforestación	64

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formulario de campo	74
Anexo B. Tabla de cálculos de estructuras de bosque Cerro de las Tres Cruces de Popayán.	75
Anexo C. Mapas de la zonificación ambiental del Cerro de las Tres Cruces Popayán.	76
Anexo D. Registro fotográfico	77
Anexo E. Fotos	78

GLOSARIO

Alfaversidad: diversidad dentro del hábitat o diversidad intracomunitaria y se puede medir a nivel de riqueza de especies, heterogeneidad y uniformidad, tomando como base el número de especies dentro de un área determinada, sus abundancias y la distribución de las mismas.

Altura de reiteración: es la longitud entre la base del árbol y el punto sobre el fuste del árbol donde aparecen las primeras ramas verdaderas.

Altura total (ht): es la longitud que se describe desde la base del árbol sobre la superficie del suelo, hasta su ápice.

Antrópico: dicese de todo lo que es producido por la acción del hombre o cuyas características sean efecto de la intervención humana.

Área basal: superficie de la sección transversal a la altura del pecho de un árbol o de todos los árboles de una masa forestal.

Caracterización florística: descripción de las características y dinámica de un bosque.

Dap: diámetro a la altura del pecho: diámetro de un árbol medido en un punto de referencia, por lo general a 1,3 m del suelo, tras haber limpiado la hojarasca acumulada.

Diámetro de copa: valor promedio de por lo menos dos diámetros contrastantes, de la circunferencia descrita por la proyección ortogonal de la copa de un árbol sobre la superficie del suelo.

Diversidad: se refiere esencialmente al número de diferentes especies presentes en un área determinada y se conoce también como riqueza de especies.

Estrato: conjunto de árboles que se ubican aproximadamente a una misma altura sobre el perfil del bosque y que se encuentran distribuidos regularmente sobre la superficie del mismo.

Estructura: es uno de los componentes de organización del bosque y corresponde a la geometría de las poblaciones y de las leyes que las rigen.

Heterogeneidad: hace referencia a la probabilidad de que dos individuos extraídos al azar de una población, pertenezcan a especies diferentes.

Homogeneidad: hace referencia a la probabilidad de que dos individuos extraídos al azar de una población, pertenezcan a la misma especie.

Familia: grupo de genotipos estrechamente emparentados.

Muestra: conjunto de unidades muestrales o porción de la población que se selecciona para su análisis.

Regeneración natural: restablecimiento del bosque por medios naturales.

Relicto: es un organismo que en otras eras fue abundante en una gran área, y que ahora está solo en pequeñas áreas.

Unidad muestral: muestra seleccionada de la población para la aplicación de la técnica de investigación. Puede ser un elemento único poblacional o un conjunto de elementos.

Uniformidad: hace referencia a los ecosistemas en los cuales las especies están representadas por poblaciones de igual tamaño.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo cuyo objetivo principal es la realización de la caracterización florística y de cobertura vegetal del cerro de Las Tres Cruces de la ciudad de Popayán, con el fin de contribuir a la formulación de un plan de manejo, para establecerlo como un hábitat fundamental de la flora existente en la zona, es así que a la luz de la investigación cuantitativa, se realizó el reconocimiento de la zona, el levantamiento florístico, la construcción de una base de datos, la clasificación de coberturas vegetales y el análisis de documentos, lo cual permitió determinar la riqueza, composición y estructura vegetal del Cerro de las Tres Cruces, considerado como un bosque secundario.

De acuerdo a la estructura y riqueza se estableció que es un bosque con diversidad media según los índices de Margalef y Menhinick, con un alto porcentaje del bosque natural fragmentado. Obteniendo información de los tipos de cobertura vegetal presente en la zona. Se observa en los árboles, matorrales y en el bosque plantado que la intervención antrópica en el cerro está produciendo una degradación constante, por lo que se requiere la atención urgente de los entes gubernamentales de orden local y departamental para la oportuna intervención que conlleve a la solución del problema planteado.

PALABRAS CLAVES: *caracterización florística, cobertura vegetal, gestión ambiental, intervención antrópica, plan de manejo.*

ABSTRACT

The present research work whose main objective is the realization of floristic characterization and vegetation cover of the hill of Las Tres Cruces city of Popayan, in order to contribute to the formulation of a management plan, to set as a critical habitat of the flora in the area, so that in the light of quantitative research, recognition of the area, the floristic survey, building a database, classification of vegetation cover and document analysis was performed, which allowed us to determine the richness, composition and vegetation structure of Cerro de las Tres Cruces, considered as a secondary forest

According to the structure and wealth was established that is a forest with average diversity as Margalef indices and Menhinick, with a high percentage of fragmented natural forest. Getting information about land cover types present in the area. It is observed on trees, bushes and forest planted that human intervention on the hill is producing a constant degradation, so the urgent attention of government authorities at local and departmental order for timely intervention that entails is required to solution of the problem.

KEYWORDS: *floristic characterization, vegetation cover, environmental management, human intervention, management plan.*

INTRODUCCIÓN

El Cerro de las Tres Cruces o de la “Eme” de Popayán, desde siempre ha sido un punto de referencia importante para los Payaneses especialmente por su diversidad biológica, paisajística y aporte hídrico como se contempla en la Ordenanza 032 de 1974 expedida por la Gobernación de Cauca en el cual en su artículo 3 señala que el uso del Cerro de las Tres Cruces de la ciudad de Popayán debe ser para uso de protección forestal, donde además se hace referencia a la protección de sus áreas para garantizar la conservación de las características biológicas y ecológicas de dicho cerro; no obstante la creciente intervención antrópica sumado a los cambios ambientales generados en los últimos años, han ocasionado un deterioro altamente significativo por lo cual se amenaza su conservación.

Por lo expuesto anteriormente el presente trabajo investigativo tuvo como objeto la caracterización florística y de cobertura vegetal como forma de contribuir a la elaboración de un plan de manejo, de cara a dar solución de dicha problemática para favorecer el ecosistema, por su alto potencial turístico y ecológico para el mejoramiento de la calidad de vida de los payaneses además del potencial que tiene para prestar los servicios ecosistémicos que ofrece.

Dentro del contexto del trabajo de investigación se busca que los órganos legislativos de acuerdo con la administración municipal y departamental regulen acuerdos y formulen propuestas que conduzcan a la protección del cerro como emblema ambiental del municipio de Popayán.

1. MARCO TEÓRICO

Posteriormente a la celebración de la Conferencia de Río de Janeiro, la gestión sobre el cuidado del medio ambiente está avanzando notablemente en América Latina, puesto que se percibe la existencia de una mayor conciencia pública sobre el manejo de los problemas ambientales, como agentes determinantes para el desarrollo social (PNUMA/ORPALC,2005)

En la actualidad la mayoría de países de América Latina cuentan con una legislación amplia entorno a la protección y preservación del medio ambiente, mediante el establecimiento de obligaciones y derechos de los ciudadanos, además de la definición de las funciones del Estado y de los organismos públicos responsables en materia ambiental (PNUMA/ORPALC,2005)

En el contexto nacional, el país cuenta con autoridades ambientales que hoy presentan diversos grados de desarrollo y en su mayoría, disponen de un organismo ejecutivo nacional especializado (UNAD 2006). En la actualidad hay estudios de planes de manejo ambiental sobre cerros de gran importancia como son: Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá, Cerros Orientales de Cali, Cerro Pan de Azúcar de Cali, Cerros Tutelares de Medellín, cada uno de estos focalizados en diferentes problemáticas como minería, agricultura, colonización y deforestación. Sin embargo a pesar de estos avances también existen diferentes problemas como el de la contaminación, destrucción y degradación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, los cuales están asociados al interés económico desmedido tanto de particulares como de gremios y grupos empresariales, lo que hace pensar en un oportuno replanteamiento de las políticas en materia ambiental desde los diferentes entes territoriales, de cara al mejoramiento de la calidad de vida y por ende del desarrollo social.

1.1 ANTECEDENTES

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron como referente comparativos tres trabajos de investigación que plantea objetivos relacionados a la caracterización vegetal y que se presentan a continuación. En el trabajo de investigación realizado por Cerón y Samboní (2010), denominado “Análisis estructural y florístico del páramo de achupallas, Municipio de Bolívar Departamento del Cauca”, debido a que el estudio toma en cuenta la zona de vida denominada bosque alto andino, la cual concuerda con el presente estudio de verificación de coberturas, el establecimiento del muestreo y la identificación de especies, se pudo determinar que el páramo de Achupallas, reporta alta diversidad de especies concordando con estudios relacionados por Díaz (2003), sin embargo el número de especies es bajo, dado a los diferentes disturbios naturales, fenómenos de erosión lluvias y vientos los cuales producen deslizamientos en micro escalas y están asociados a fluctuaciones climáticas anuales. Esta investigación permitió concluir que las familias con mayor número de especies en el relicto de bosque fueron: Myrtaceae y Erythroxylaceae, las especies con mayor importancia ecológica fueron: *Quercus humboldtii* de la familia Fagaceae y *Eugenia jambos* de la familia Myrtaceae y las especies con mayor abundancia dentro de las parcelas de regeneración fueron: *Erythroxylum popayanensis*, *Myrsine guianensis* y *Piper arborescens*. De acuerdo a los resultados obtenidos para la estructura y los índices evaluados para el relicto de bosque se pudo definir que en la zona de estudio los bosques naturales son heterogéneos. (Cerón y Samboní, 2010)

Por otro lado Martínez (2012), en un estudio denominado “Lineamientos para la conservación de un relicto de bosque ubicado en la finca Bella Aurora 2, de la Vereda Cajete en el departamento del Cauca” mediante la planificación del muestreo de vegetación, inventario forestal y análisis de la información, pudo establecer que de acuerdo con la ubicación de relicto del bosque estudiado, este

es un bosque andino el cual se caracteriza por incluir coberturas arbóreas por encima de 1.000 msnm hasta un límite de 3400 y 3600mts. La diversidad fue analizada de acuerdo al estudio de investigación de Daza y Suárez (2009), en su proyecto “Estructura, composición y diversidad florística de dos bosques naturales ubicados en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca”.

Para determinar las líneas base del plan de manejo se tuvo en consideración los planes de manejo de Rio Molino y de la quebrada Pubús de la ciudad de Popayán (CRC, 2006), y el plan de manejo de Parque Natural Nacional Farallones de Cali (Min Ambiente, 1998), con el fin de articular de manera coherente dichos lineamientos y que se ajuste a lo requerido por la autoridad ambiental competente.

1.2 COMPOSICIÓN DEL BOSQUE

Riqueza: Se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo en este caso plantas existentes en una determinada área, hace referencia al concepto más antiguo o simple sobre la diversidad biológica, y expresa el número de especies presentes en una comunidad. Las dificultades de utilizar esta medida, radica en que a menudo no es posible medir la totalidad de especies presentes en la comunidad (Mostacedo y Fredericksen, 2000)

Riqueza $R = \sum$ de las diferentes especies presentes en el área.

Alfa diversidad. Para la evaluación de la diversidad dentro de un ecosistema en particular, se utilizan tres grupos de medidas que corresponden a los índices de riqueza, de abundancia relativa de especies y finalmente, los modelos de abundancia de especies. Para la evaluación de la riqueza de especies, se utilizan esencialmente medidas del número de especies en una muestra definida y normalmente se presentan como índices de densidad de especies, curvas de

acumulación de especies y estimadores no paramétricos para la riqueza de especies (Magurran, 1988).

Índices de densidad de especies: las medidas de riqueza de especies tiene un gran atractivo intuitivo y evita mucho de los problemas que pueden encontrarse al usar modelos en índices. Un cierto número de índices sencillos se obtienen usando algunas combinaciones de S (número de especies recolectadas) y N (número total de individuos sumando todos los individuos de las especies). Entre ellos se incluye el índice de diversidad de Margalef y el índice de Menhinick, y la facilidad de cálculo es una de las grandes ventajas de dichos índices. Es un precepto convencional que el índice de Menhinick se calcula utilizando la S especies, mientras que para el de Margalef se usan S-1 especies (Magurran 1988). Las formulas empleadas para el cálculo de los índices de Margalef y Menhinick son las siguientes:

$$(1) \quad Dmg = \frac{S-1}{Ln N}$$

Dónde:

Dmg= Índice de Margalef

S = número de especies

N = número de individuos

$$(2) \quad Dmn = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Dónde:

Dmn =Índice de Menhinick

S = número de especies

N = número de individuos

Otros índices se basan en la abundancia relativa de las especies buscando conjugar la riqueza y la abundancia relativa. A este grupo de índices pertenecen el de Shannon Wiener (H'), Simpson (D , $1/D$) y Berger Parker (d , $1/d$) (Magurran, 1988; Krebs, 1989). Para el caso del presente estudio se utilizó el Índice de Shannon Wiener (H''), mide la heterogeneidad de la comunidad, donde el valor máximo será indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Cuando el índice se calcula para varias muestras, los índices se distribuyen de manera normal, lo que hace posible comparar el conjunto mediante el análisis de varianza, por lo que resulta recomendable para comparar hábitats diferentes. La homogeneidad exhibida por una comunidad equivale a la proporción entre la diversidad y la diversidad máxima, la cual es conocida como **E** (Melo, 2003). Las siguientes relaciones se emplean para el cálculo de este parámetro:

$$H'' = \sum p_i \ln(p_i)$$

$$E = \frac{H''}{\ln S}$$

Dónde:

H' =diversidad de Shannon

Pi = (n_i/n) = Abundancia proporcional (relativa)

E = Uniformidad de Shannon

S = Número total de especies

El Índice de Simpson (D) es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y reflejan más la riqueza de especies. El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie. A medida

que D se incrementa, la diversidad decrece y el índice de Simpson es por tanto expresado normalmente como 1-D o bien 1/D (Magurran, 1988). La fórmula empleada en el cálculo del índice de Simpson es la siguiente:

$$D = \sum p_i^2 \quad \text{ó} \quad D = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)} \quad (\text{Ec. 10})$$

Dónde:

p_i = Abundancia proporcional

n_i = Número de individuos de iésima especie

N = Número de individuos totales

1.3 ESTRUCTURA DEL BOSQUE

La estructura es el resultado de la respuesta de las plantas al ambiente, a las limitaciones y amenazas que presenta a las características del suelo y del clima, así como a las características y estrategias de las especies y los efectos de disturbios sobre la dinámica del bosque, lo que determinan su estructura horizontal, y se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica. Cambios en estos factores, pueden generar variaciones en la estructura del bosque, las cuales pueden ser intrínsecas a sus procesos dinámicos (por ejemplo, durante las fases iniciales de la sucesión, la existencia de una estructura boscosa en sí misma que cambia el ambiente sobre el suelo, lo que afecta las oportunidades de germinar y establecerse); estos cambios también pueden ser causados por factores externos al bosque (aprovechamiento, huracanes, etc.), (Louman, 2001).

La estructura horizontal de una población o de un bosque en su conjunto, se puede describir como la distribución del número de árboles por clase diamétrica; así, se han definido dos estructuras principales las coetáneas o regulares y las disetáneas o irregulares. Una estructura coetánea corresponde a un bosque en el cual la mayor parte de los individuos, de una o varias especies, tienen una misma edad o tamaño, o están concentrados en una misma clase de edad o tamaño. Esta estructura se expresa gráficamente con una curva en forma de campana. En una estructura disetánea, los individuos del bosque se encuentran distribuidos en varias clases de tamaño; lo que se representa mediante una distribución de tipo jota invertida. También es común encontrar bosques cuya curva de distribución es una jota invertida incompleta; esto significa que algunas clases diamétricas se encuentran subrepresentadas (tienen pocos individuos) o sobrerrepresentadas (muchos individuos) (Catie, 2001).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque; puede evaluarse a través de parámetros que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema. El análisis de la estructura horizontal del bosque establece como son las abundancias, frecuencias y dominancias de las especies, así como los índices derivados, los cuales se obtienen de estos parámetros como el Índice de Valor de Importancia I.V.I. Los valores de frecuencia, abundancia y dominancia, pueden ser calculados no sólo para las especies, sino también para determinados géneros, familias y formas de vida (Melo, 2003). Por otro lado, existen modelos matemáticos que expresan la forma como se distribuyen los individuos de una especie en la superficie del bosque, lo que es conocido como patrones de distribución espacial, los cuales generan información sobre la relación de un individuo en particular y sus coespecíficos, que a su vez puede ser empleada para propósitos de manejo y planificación silvicultural (Melo y Vargas, 2003).

Frecuencia: Se refiere a la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje 100% si la existencia de la especie está en toda la subparcela, la frecuencia relativa de una especie se calcula como un porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Melo y Vargas 2003)

Dominancia: También denominada grado de cobertura de las especies, es la expresión del espacio ocupada por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje (Melo, 2003)

Abundancia: Este término, hace referencia al número de árboles por especie, se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema). (Melo, 2003)

Abundancia absoluta $A_{i} = n_i$

Abundancia relativa $Ab\% = n_i / N \times 100$

Dónde:

n_i = Número de individuos de la i-ésima especie

N = Número de individuos totales en la muestra (Catie, 2001)

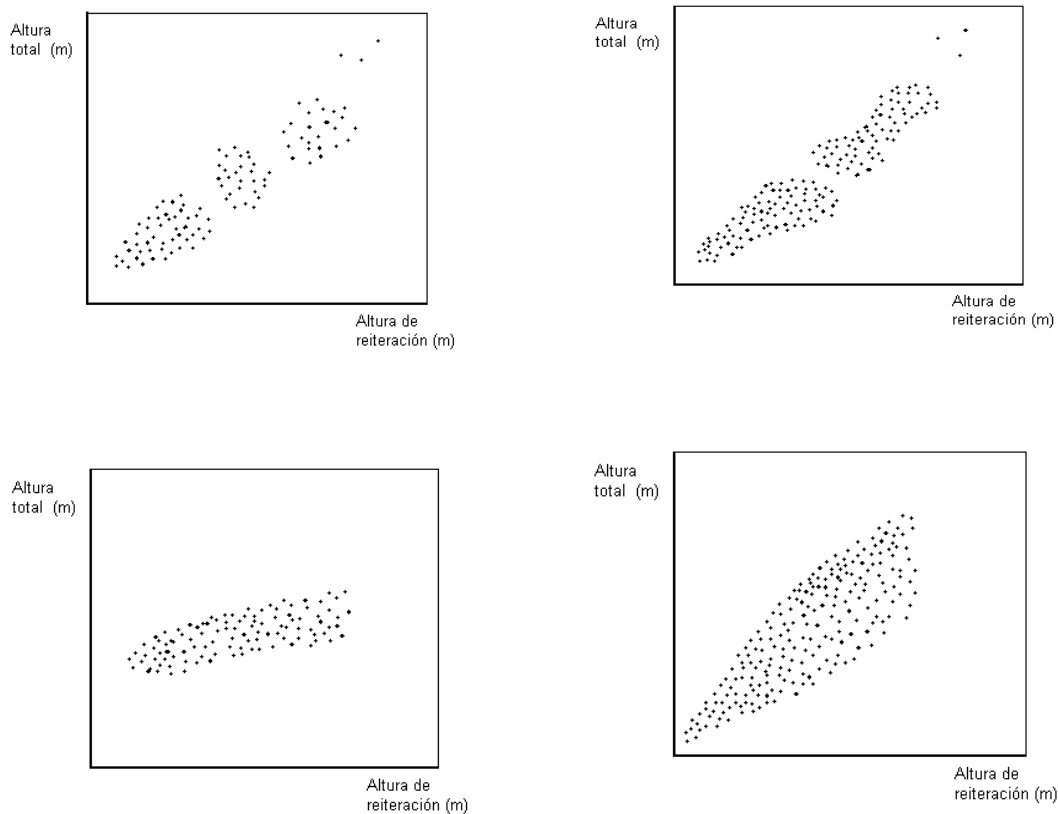
El índice de valor de importancia: Se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, frecuencia relativa y la dominancia relativa con este índice es posible comparar, el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema, la obtención de índice de valor de importancia similares para las

especies indicadoras sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición, estructuras, sitio y dinámica. (Melo y Vargas, 2003)

Diagrama de Ogawa. Corresponde a la construcción de un diagrama de dispersión de copas, el cual es un gráfico cartesiano en donde los árboles se representan por coordenadas generadas por los valores de la altura total para el eje de las ordenadas y las alturas de reiteración en el eje de las abscisas (Melo y Vargas, 2003)

Una vez construido el diagrama, se pueden presentar varias tendencias. Se observa conglomerados o conjuntos más o menos aislados de puntos, éstos indican el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios. El número de estratos es equivalente a número de conglomerados. Igualmente, el diagrama permite la visualización de los árboles emergentes, los cuales aparecen como puntos aislados en la parte superior-derecha de la figura 1, sin constituir un estrato propiamente dicho. Si en el diagrama solo aparece una dispersión generalizada de puntos, sin vacíos o agrupaciones, es evidencia de la carencia de estratos en el bosque. Dispersiones con tendencias más o menos paralelas al eje de la abscisa, son típicas de sucesiones secundarias tempranas, mientras que dispersiones crecientes en forma de cola de cometa, representan ecosistemas boscosos más heterogéneos y maduros. (Melo y Vargas, 2003)

Figura 1. Tendencias de estratificación para los diagramas de dispersión de copas de Ogawa.



Fuente. Melo y Vargas, 2003

Tendencia de estratificación para los diagramas de dispersión de copas.

- A) Estratificación evidente a partir de conglomerados de puntos bien definidos.
- B) Evidencia de estratificación a pesar de la poca definición de los conglomerados de puntos
- C) Dispersión de puntos sin estratificación, por la tendencia paralela al eje de abscisas correspondería a bosques homogéneos o a sucesiones tempranas.

D) Dispersión de puntos sin estratificación por la tendencia en forma de cola de cometa representaría a tipos de bosques heterogéneos y maduros.

1.4 MEDICIÓN DE ÁRBOLES EN PIE

Medición de Alturas. La altura es otro parámetro directo que con el diámetro posibilita modelaciones silviculturales importantes. La altura dasométrica realmente debe coincidir con la longitud del fuste, sobre todo para efectos de cubicación y debido al uso práctico se seguirá empleando el término altura. En un árbol se toman las siguientes definiciones de altura.

Altura total (HT): Distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta del árbol.

Medición del diámetro. Para la medición del diámetro de los árboles en pie, se define una altura de 130 cm desde el nivel del suelo y se mide la circunferencia del tronco del árbol con una cinta diamétrica con la cual se encuentra directamente el diámetro a la altura del pecho (DAP), o con una cinta métrica para luego hacer la conversión de circunferencia a la altura del pecho (CAP) a DAP (Mostacedo y Fredericksen, 2000)

Por medio de la fórmula:

$$DAP = CAP \text{ (cm)} / \pi \qquad DAP = CAP \text{ (cm)} / 3.1416$$

Dónde:

DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)

CAP = Circunferencia a la altura del pecho (cm)

Cálculo del área basal (AB). El área basal es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho y se calcula en base al DAP, (Mostacedo y Fredericksen, 2000) mediante la siguiente fórmula.

$$(AB) = \pi \times R^2 \quad g = 0.7854 * dap^2$$

Dónde:

g= área basal de un solo árbol

DAP = diámetro a la altura del pecho

1.5 GESTIÓN AMBIENTAL

En general, la gestión ambiental puede definirse como un proceso que está orientado a resolver, mitigar o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico, y cultural, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio (González, 1993).

Desde esta perspectiva, los problemas ambientales aparecen como resultado de diferentes interacciones entre el hombre y el territorio, los cuales también afectan el uso de los servicios ambientales, aumentando la dimensión del problema cuando el ser humano ve amenazado su bienestar y calidad de vida. De esta manera, la gestión ambiental se convierte en método creado por y para el hombre y busca la conservación de los recursos naturales, por lo que adquiere significado, en la medida en que propicie un desarrollo ecológicamente sustentable, manteniendo e incrementando las funciones del bioma, ecosistema o paisaje (González, 1993).

Es así como la agregación de los problemas ambientales de un área dada, determina la problemática ambiental, la cual se hace concreta y específica en la medida en que se relaciona con un territorio particular. Por lo tanto la problemática ambiental se convierte en objeto de estudio y ante todo de acción de la gestión ambiental y es definida como la parte conflictiva de la relación entre los sistemas naturales y antrópicos.

Aparece entonces la posibilidad de entender las problemáticas asociadas a un territorio a partir de las características biofísicas del mismo, que a su vez se convierten en potenciales indicadores que determinan de alguna manera las afectaciones que se han producido sobre un entorno, relacionadas con múltiples factores, entre otros los antrópicos (Cabrera, 2005).

Esta posibilidad genera una nueva dimensión dentro del ámbito de la gestión ya que abre la posibilidad de relacionar el comportamiento de la sociedad, con una serie de parámetros que revelan el estado de conservación de los ecosistemas de un territorio, lo cual se convierte en una herramienta que permite a los gestores ambientales orientar sus estrategias de forma permanente en la búsqueda de soluciones a los problemas (Cabrera, 2005).

En el contexto latinoamericano, (Cabrera, 2005) clasifica los problemas ambientales de la siguiente manera:

a) Los problemas de naturaleza socio-política están representados por la ausencia de voluntad, la falta de autoridad ambiental, limitaciones en la participación popular, población pasiva y exceso de confidencialidad.

b) Los problemas de naturaleza científica se refieren a la ausencia de información básica, escaso conocimiento sobre el ambiente y sus múltiples relaciones, falta de infraestructura técnica y recursos humanos especializados y necesidad de contratar consultores extranjeros.

c) Los problemas administrativos donde se halla la ausencia de transectorialidad, ausencia de legislación específica sobre el tema o de su reglamentación, falta de consideración de la participación pública en los marcos normativos, o fragmentación de los organismos de gestión, entre otros problemas se incluyen la escasez de recursos financieros, legislación dispersa, ausente y anacrónica.

De esta manera el presente trabajo investigativo sienta sus bases en los diferentes aportes teóricos descritos anteriormente, en aras de contribuir a la solución de la problemática existente.

1.6 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Para efectos de la zonificación se utilizó la metodología *Corine Land Cover*, la cual incluye una amplia gama de clasificaciones, establecidas según criterios de color y de código por cobertura con base en el área, uso y tipo de vegetación existente; para efectos de la investigación se definieron las pertinentes para las diferentes zonas presentes en el área de estudio, basadas en unidades de cobertura definidas según los criterios mencionados.

Definiciones de las Unidades de Cobertura. Se presenta la leyenda nacional para la elaboración del mapa de coberturas de la tierra, según la metodología *Corine Coordination of Information on the Environmental Land Cover* adaptada para el país (IDEAM, 2010). Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica cobertura de la superficie de la tierra

a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica.

La leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente (Catie, 2001).

A continuación se indica las diferentes coberturas establecidas en el Cerro las Tres Cruces.

1.6.1 Tejido urbano discontinuo. Incluye:

Casas individuales, con jardín y espacios verdes;

Manzanas menos densas con espacios verdes al interior;

Red de carreteras, con ancho menor de la vía menor a 50 metros;

Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales menores 5ha

Áreas verdes urbanas (parques y prados) cuando representan hasta el 20% del área de la unidad delimitada;

Escombreras y vertederos con área menor 5 ha.

1.6.2 Café. Incluye:

Cultivos de café con área menor a 25 Ha.

Zonas de corte reciente (soca).

Infraestructura asociada al cultivo de café con área menor a 5ha.

1.6.3 Mosaico de cultivos. Incluye:

Dos o más cultivos con un patrón espacial intrincado que en conjunto suman un área menor a 25 ha.

Cultivos permanentes bajo sombrío asociados con cultivos anuales o transitorios.

Cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no).

Mezcla de parcelas de cultivos permanentes, anuales o transitorios, donde ninguno de los cultivos representa más del 70% del área total del mosaico.

Infraestructuras asociadas a los mosaicos de cultivos (viviendas rurales, setos, vía) con área menor a 5 ha.

1.6.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Incluye:

Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con intercalaciones de espacios naturales, con área menores a 25 ha.

Parcelas agrícolas de cultivos anuales o transitorios con área menor a 25 ha.

Pequeños cuerpos de agua con área menor a 25 ha.

Relictos de bosques con área menor a 25 ha.

Bosques de galería y riparios, arbustos y matorrales con área menor a 25 ha.

Parcelas de cultivos confinados y frutales con área menor a 25 ha.

Infraestructuras asociadas a los pastos manejados (viviendas rurales, setos, vías).

1.6.5 Bosque Natural Fragmentado. Incluye:

Coberturas de cultivos con área menor a 25ha y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.

Coberturas de pastos con área menor a 25ha y que no constituyan más del 30% del área de la cobertura total.

Coberturas de rastrojos con área menor a 25 ha y que no constituyen más del 30% del área de la cobertura total.

1.6.6 Bosque plantado. Incluye:

Plantaciones de coníferas o latifoliadas con área menor a 25 ha.

Zonas quemadas con área menor a 25 ha incluida dentro de la plantación.

Parcelas de plantaciones en proceso de aprovechamiento (zonas en tala).

1.6.7 Pastos naturales y sabana. Incluye:

Cobertura herbácea natural con área menor a 25 ha.

Zonas con afloramientos rocosos con área menor a 25 ha y que no representen más del 30% del área de la cobertura de pastos naturales.

Bosques de galería con área menor a 25 ha.

Zonas quemadas con área menor a 25 ha localizadas dentro de la cobertura de pasto natural y sabana.

Bosques naturales con área menor a 25 ha.

1.6.8 Arbustos y matorrales. Incluye:

Coberturas de arbustos y matorrales con área menor o igual a 25 ha.

Parcelas de cultivos permanentes en proceso de abandonados superior a tres años.

Coberturas conocidas en Colombia como rastrojos bajos.

1.6.9 Zonas quemadas. Incluye:

Zonas afectadas por incendios con área inferior a 25 ha.

Territorios quemados en zonas de bosques naturales o plantados.

Territorios quemados en zonas de cultivos.

Territorios quemados en áreas seminaturales.

1.7 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El presente estudio se convierte en una base para la formulación del plan de manejo ambiental para el Cerro de las Tres Cruces, por lo tanto es pertinente describir que contiene un plan de manejo ambiental (PMA), como se muestra a continuación.

Un PMA contempla la ejecución de prácticas ambientales, elaboración de medidas de mitigación, prevención de riesgos, contingencias y la implementación de sistemas de información ambiental para el desarrollo de las unidades operativas o proyectos a fin de cumplir con la legislación ambiental y garantizar que se alcancen los estándares que se establezcan. Ángel (2010)

Según Ángel (2010), el Plan de Manejo Ambiental PMA, constituye el principal instrumento para la gestión ambiental, en la medida en que reúne el conjunto de criterios, estrategias, acciones y programas; necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos y potencializar los positivos. Existe una relación de correspondencia entre los impactos ambientales y las medidas incluidas en el PMA. El alcance de la medida, debe estar en relación con la magnitud e importancia del impacto ambiental en cada proyecto en particular.

Las medidas de manejo ambiental, son todas aquellas acciones orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales generados por el desarrollo de una actividad productiva. Es decir, atenúan o eliminan el valor final del impacto ambiental, y/o eliminan o controlan los procesos desencadenados por el mismo. Las medidas de manejo ambiental, se formulan para las etapas de construcción y operación o funcionamiento del proyecto, obra o actividad.

Dependiendo del impacto ambiental, se establecen medidas de: prevención, mitigación, corrección y compensación. Adicionalmente, el PMA debe contener Planes de seguimiento, monitoreo y contingencia. Ángel (2010)

Las medidas de manejo ambiental propuestas en el PMA deben incluir: memorias técnicas (Descripción, cálculos, diseños), tratamientos o planteamientos concretos, técnicas y procedimientos de aplicación, costos y cronograma de ejecución.

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los principales criterios y enfoques que enmarcan la elaboración del PMA, son:

Hacer énfasis en la prevención, como la más efectiva instancia de la gestión ambiental. Como instrumento de planificación, debe estar en concordancia con planes de desarrollo regional, local y el ordenamiento ambiental territorial, las políticas y perspectivas de los entes de planificación de desarrollo regional y local y de la Corporación Autónoma Regional respectiva. Ser consultado y concertado con las comunidades afectadas. Incluir las actividades propias del proyecto y las complementarias (Por ejemplo: vías, campamentos, estaciones, parqueaderos, explotación de materiales de construcción, obras sanitarias, escombreras, entre otras). Proponer alternativas de sistemas y tecnologías, con los últimos avances tecnológicos que hayan demostrado ser ambiental y económicamente viables. Incluir tres perspectivas: Etapa constructiva o implementación, etapa de operación y etapa de mantenimiento, cada una con sus respectivas obras complementarias. Contener políticas ambientales de la empresa propietaria del proyecto. Indicar georreferenciación y cartografía de las acciones propuestas.

Los planes y programas comprendidos en el PMA, deberán identificar las expectativas que puede generar el proyecto con el fin de orientar de manera clara

y oportuna a las entidades y a la comunidad sobre los verdaderos alcances del proyecto. Para tal fin, se contemplará el diseño de una estrategia de información a nivel institucional y de comunicación con la comunidad

1.8 MARCO LEGAL

En primer lugar como norma legal vigente, se encuentra el Decreto Ley 2811 de 1974, el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, que regula integralmente la gestión ambiental y el manejo de los recursos naturales renovables (aguas, bosques, suelos, fauna etc.), y es el fundamento legal de los decretos reglamentarios que se citan al desarrollar lo referido a permisos, autorizaciones y/o concesiones. Únicamente están derogados los artículos 18, 27, 28 y 29. (Alcaldía de Bogotá, 2012)

La Ley 99 de 1993, es una norma por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Además de la formulación de las políticas ambientales donde se tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado.

La Ley 134 de 1994, mediante la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana, crea las veedurías ciudadanas o juntas de vigilancia en el ámbito nacional, con el fin de vigilar y controlar la gestión pública y los recursos públicos.

La Ley 388 de 1997, Artículo 1, la que establece los mecanismos que le permiten al municipio promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la defensa y protección del patrimonio ecológico y cultural localizado en su territorio, entre otras.

La Ley 388 de 1997. Así, esta dispone: “Los propietarios de terrenos e inmuebles determinados en los planes de ordenamiento territorial o en los instrumentos que los desarrollen como de conservación histórica, arquitectónica o ambiental, deberán ser compensados por esta carga derivada del ordenamiento, mediante la aplicación de compensaciones económicas, transferencias de derechos de construcción y desarrollo, beneficios y estímulos tributarios u otros sistemas que se reglamenten”.

El proyecto establece principios comunes aplicables a los distintos mecanismos de participación regulados por la ley estatutaria y reglas específicas para cada una de estas figuras. Los principios orientadores del proyecto están dirigidos a garantizar la participación efectiva, de la ciudadanía en el proceso de toma de decisiones y a evitar que sean usados de manera abusiva e irresponsable. Las virtudes de la democracia participativa podrían desaparecer si en la regulación de la Iniciativa popular, de la consulta popular, del referendo, de la revocatoria del mandato, del plebiscito o del cabildo abierto no se hubiera tenido en cuenta la experiencia de otras legislaciones para determinar que controles son necesarios y cuáles características no son deseables.

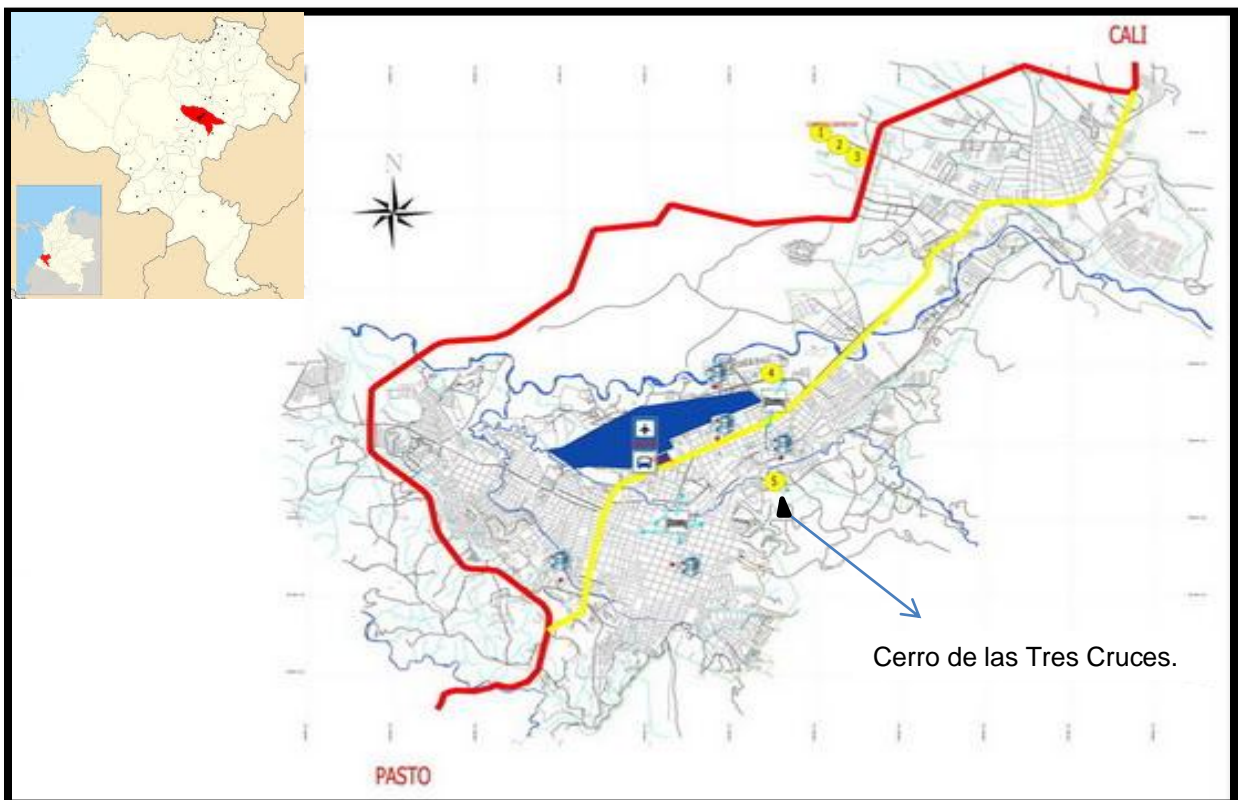
La Ordenanza, 032 de 1974, por la cual el departamento del Cauca destina el inmueble denominado Cerro de Las Tres Cruces o de la “Eme” Como zona para cultivos forestales. (Archivo Gobernación del Cauca, 1974)

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Municipio de Popayán en el Departamento del Cauca, en las coordenadas 760.000 y 785.000 Norte y 1'044.000 y 1'060.000 Este, con el punto más alto ubicado con las siguientes coordenadas 2° 25' 26" y E 76° 36' 35". La temperatura oscila entre los 18 y 20°C y se encuentra a una altura promedio de 1790 m.s.n.m. (POT Popayán, 2013). Todas las labores de campo correspondientes a la presente investigación se desarrollaron en el Cerro de Las Tres Cruces del Municipio de Popayán. Los trabajos de análisis de información y elaboración de informes se llevaron a cabo en la Universidad del Cauca.

Figura 2. Ubicación del cerro de las Tres Cruces de Popayán.



Fuente: Alcaldía de Popayán, POT Municipio de Popayán.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

El trabajo realizado tuvo lugar en el Cerro de las Tres Cruces en la ciudad de Popayán, el cual tiene un área de 40 Hectáreas, sobre las cuales se realizó la zonificación del Cerro y para el estudio de composición florística se tomó como base de estudio la zona correspondiente a bosque secundario que corresponde a 11 hectáreas.

Para la selección de la muestra se tomaron transectos distribuidos así: 3 transectos de 10mts x 100mts, en las zonas denominadas como bosque natural fragmentado o bosque secundario, en la cual se recolectaron el total de los individuos con un DAP superior a 10 cm, encontrados dentro de cada transecto. En total se muestrearon 3000 metros cuadrados, lo que corresponde a una intensidad de muestreo de 2,72%.

2.3 TRABAJO DE CAMPO

Inicialmente se realizó un reconocimiento de la zona de estudio, con el fin de obtener una idea general del tipo bosque y las características de las especies presentes. Posteriormente se realizó la definición de las áreas de estudio, donde se establecieron los transectos y se tomaron los puntos de referencia con GPS, y se tomó la información de los individuos muestreados. (Ver anexo A)

Se realizó un recorrido de observación donde se levantó un inventario de algunos individuos para poder familiarizarse con la toma de datos, esto permitió planear adecuadamente el recorrido y localización de los mismos. Luego se procedió a realizar la marcación de cada individuo en los transectos ya definidos de forma secuencial y ordenada. Posteriormente se tomaron datos de descripción taxonómica, altura total, altura de la copa, altura a la primera rama, diámetro de

copa y diámetro del fuste; la información se almacenó mediante la utilización de un formato de campo diseñado para este fin, donde se obtuvo mayor información sobre las características y la ubicación de los árboles, lo cual permitió complementar los registros y ubicación realizadas en los planos (Anexo A).

Tabla 1. Coordenadas de transectos de estudio en el Cerro de las Tres Cruces.

	Azimut	Coordenada N	Coordenada W
Transecto 1	60°	2° 25' 28''	76° 36' 40''
Transecto 2	210°	2° 26' 25''	76° 35' 45.4''
Transecto 3	210°	2° 26' 26''	76° 35' 35.2''

2.3.1 Levantamiento Florístico. Se tomaron los datos correspondientes, a cada uno de los individuos como son: especie (características dendrológicas y taxonómicas), a cada individuo se le midió la altura total y de copa, el CAP a una altura de 130 cm de la base del árbol donde se le asignó con un código para su identificación el cual es único e invariable, de tal forma que el transecto tendrá siempre el mismo código y el individuo un código único.

2.3.2 Realización de base de datos. Luego de obtener la información de campo requerida, se procedió al desarrollo de la sistematización de la misma, a través de un sistema administrador de datos Excel de Microsoft, bajo el ambiente Windows, en el cual se recopila en forma concreta la información necesaria para el levantamiento florístico.

2.3.3 Clasificación de coberturas vegetales. Se asignó un código y un color específico de acuerdo a lo establecido por la metodología *Corine Land Cover* y se elaboró la modificación del mapa por medio magnético para poder establecer dichas características.

La georeferenciación de cada unidad vegetal se realizó mediante la utilización de un GPS y el apoyo *del software Arcmap 9.3* para la realización del geoposicionamiento y posterior generación del mapa final.

2.3.4. Análisis de documentos. Se tuvieron en cuenta los planes de manejo del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, sub cuenca Rio Molino y Pubus, estos fueron usados por su importancia ambiental ofrecida, además por la forma que está desarrollada la temática, los cuales sirvieron de soporte para establecer los lineamientos del plan de manejo ambiental del Cerro las Tres Cruces de Popayán en su forma y estructura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bosque en estudio, se clasifica como Bosque Andino correspondiente a la clasificación de zona de vida de Holdridge, el cual se caracteriza por incluir coberturas arbóreas por encima de los 1000msnm hasta un límite de 3.600 msnm considerado como de mayor aporte hídrico en Colombia de acuerdo por el Instituto Colombiano Agustín Codazzi en el año 2002

3.1 COMPOSICIÓN Y RIQUEZA

3.1.1 Riqueza. Para efectos del contexto espacial es pertinente señalar que en los tres transectos levantados en campo se registraron un total de 49 individuos reportando un total de 11 especies de las que sobresalen *Fraxinus chinensis*, *Alnus sp*, *Heliocarpus popayanensis*, *Meriania speciosa*, *Cecropia peltata*, *Posoqueria coriacea*, *Myrcia popayanensis*, *Alchornea sp* y 9 familias taxonómicas. La familia que presentó un mayor número de individuos es la Oleáceae y sobresalieron las familias Betulaceae, Tiliaceae, Melastomataceae, Urticaceae, Rubiaceae, Myrtaceae.

Cuadro 1. Abundancia de cada especie en el Cerro de las Tres Cruces

Especies	Número individuos
<i>Fraxinus chinensis</i>	38
<i>Alnus sp</i>	1
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	1
<i>Meriania speciosa</i>	1
<i>Cecropia peltata</i>	1
Posoqueria coriácea	1
<i>Myrcia popayanensis</i>	1
Alchornea sp	1
Persea americana	1
<i>Nectandra reticulata</i>	2
<i>Cinnamomun triplinerve</i>	1

En relación a lo presentado por Martínez (2012), se pudo encontrar una similitud en cuanto a las familias taxonómicas encontradas como son Tiliaceae, MELASTOMATACEAE, RUBIACEAE, de la misma manera con respecto al trabajo realizado por Samboni y Cerón (2010) se observó que la familia taxonómica en común es MELASTOMATACEAE teniendo en cuenta que las coberturas vegetales son páramo y sub páramo, además de bosque alto andino lo que ratifica la amplia distribución de dicha familia en el territorio caucano y en los diferentes pisos térmicos.

Se identificó además que las familias con mayor número de especies en el relicto de bosque fueron: MYRTASCEAE, ERYCTHROXILACEAE, las especies con mayor importancia ecológica fueron: *Quercus humboldtii* de la familia FAGACEAE y *Eugenia jambos* de la familia MYRTACEAE y las especies con mayor abundancia dentro de las parcelas de regeneración fueron: *Eryctroxylon popayanensis*, *Myrsine guaininesis* y *Piper arborescens*. (Martínez, 2012)

En cuanto a las especies que se encontraron en común en la vereda Cajete (Martínez, 2012) fueron *Myrcia popayanensis*, *Heliocarpus popayanensis*, *Nectandra reticulata*, debido a que corresponden a sitios con características similares en cuanto a altura sobre el nivel del mar y algunas condiciones ambientales generales, mientras en el PNN Achupallas no se encontraron especies en similitud, ya que va de los 3000 a los 3600 msnm y una precipitación de 2.800 mm/año.

Es importante mencionar que los antecedentes citados anteriormente fueron de gran importancia en la orientación de la presente investigación. No obstante los estudios fueron realizados en contextos diferentes, donde las condiciones ambientales, ecológicas, en su factor biótico y abiótico son disímil a la zona donde

se llevó a cabo el presente estudio de investigación. Sin embargo se convierten en el referente más próximo para hacer un análisis comparativo.

3.1.2 Diversidad. De acuerdo al comparativo entre los trabajos de investigación analizados, se pudo establecer las diferencias existentes en cuanto a su heterogeneidad y a las diferencias en cuanto a su riqueza, como se muestra en el cuadro 2, donde se estudiaron bosques con características bióticas y abióticas en contrastes ambientales disímiles, el cual las características varían al grado de intervención y a los diferentes grados sucesionales en donde la diversidad se ve afectada.

Cuadro 2. Índice de diversidad de especies para el Cerro de las Tres Cruces, Popayán y comparativo con investigación de Daza y Suárez, 2009 y Martínez, 2012.

Índice de diversidad	Valor	Valor Daza y Suárez (2009)	Valor Martínez (2012)
Margalef	2.56	9,418	5,15
Menhinick	1.57	2.69	1,92
Shannon	1.19	3.24	2,86
Simpson	0.59	0.144	0.086

Según Margalef, citado por Magurran (1988), el índice de diversidad de Shannon suele ubicarse entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa 4.5, de acuerdo al resultado obtenido en el estudio realizado en el Cerro de las Tres Cruces de Popayán con un valor de 2,56, se establece que el relicto de bosque tiene una heterogeneidad media y presentó una abundancia homogénea con el predominio de una especie en particular *Fraxinus chinensis*. Los índices de Margalef y Menhinick, son indicadores de la riqueza florística de los ecosistemas y son evaluados de la misma manera para el caso de Menhinick, el resultado obtenido es de 1.57

estableciendo que es un bosque con diversidad media donde predomina una especie como fue el de *Fraxinus chinensis*, haciendo que el bosque pierda una heterogeneidad que le serviría para el caso de bosque secundario

El índice de Shannon Wiener presenta una condición de diversidad media. Magurran (1988) establece que la uniformidad (E), utilizada en el índice de Shannon se sitúa entre 0 y 1.0 donde 1.0 representa una situación en que todas las especies son igualmente abundantes. De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que el resultado obtenido (1.19) para el bosque se sobrepasa a 1, por lo que las especies tienen un desequilibrio y una de las especies tiende a predominar sobre las demás, según Martínez (2012) encontró poca similitud con respecto a los datos obtenidos debido a que no se encontró concordancia en los índices de diversidad con respecto a su heterogeneidad debido a su valor 2,865.

El índice de Simpson indica que en el estudio de Daza y Suarez (2009) presenta mayor diversidad que Martínez (2012) y que el estudio realizado en el Cerro Las Tres Cruces de la ciudad de Popayán, ya que la probabilidad en el estudio realizado en el municipio de Buenos Aires de que dos individuos de esta comunidad tomado a la azar pertenezcan a la misma especie es menor que para el estudio de la Vereda de Cajete-Popayán y de igual forma para el Cerro de la Tres Cruces. De acuerdo a los altos valores del índice de Simpson las comunidades presentes en cada uno de los sitios, presenta vegetación que tiende a tener poca equidad en la abundancia de especies y por lo tanto se presenta dominio de unas pocas.

3.2 ESTRUCTURA

Se pudo observar que para la zona de bosque fragmentado en el cerro de Las Tres Cruces, las especies con mayor dominancia son *Fraxinus Chinensis* con 77.55%, *Nectandra reticulata* con 4.08, *Heliocarpus popayanensis* con 2.04%, el cual demostró que es un bosque con heterogeneidad media y que en una zona que abarca poco espacio hay una gran variedad de especies donde predomina siempre una entre las demás que se encuentran muy dispersas por lo que hace que sea menor la dominancia o simplemente han sido introducidas en la zona.

Con relación al trabajo de investigación de Martínez (2012) para el relicto de bosque estudiado por él, las especies con mayor dominancia fueron: *Quercus humboldtii*, con el 35.86%, seguida de la especie *Eugenia sp*, con el 18.12% y la especie *Guadua angustifolia*, con el 7.88%, mientras que la especie menos dominante fue *Vismia lauriformis* con tan solo el 0.01%; según Daza y Suarez(2009), las especies con mayor dominancia son: *Eschweilera sp 1* 10,2 *Tapiria sp* 19,7 *Nectandra sp* 7,4, donde se concluyó que las especies varían de acuerdo al sitio y al grado de intervención que presente, así se encuentre bajo condiciones similares de zona de vida.

Figura 3. Dominancia relativa del Cerro de las Tres Cruces Popayán

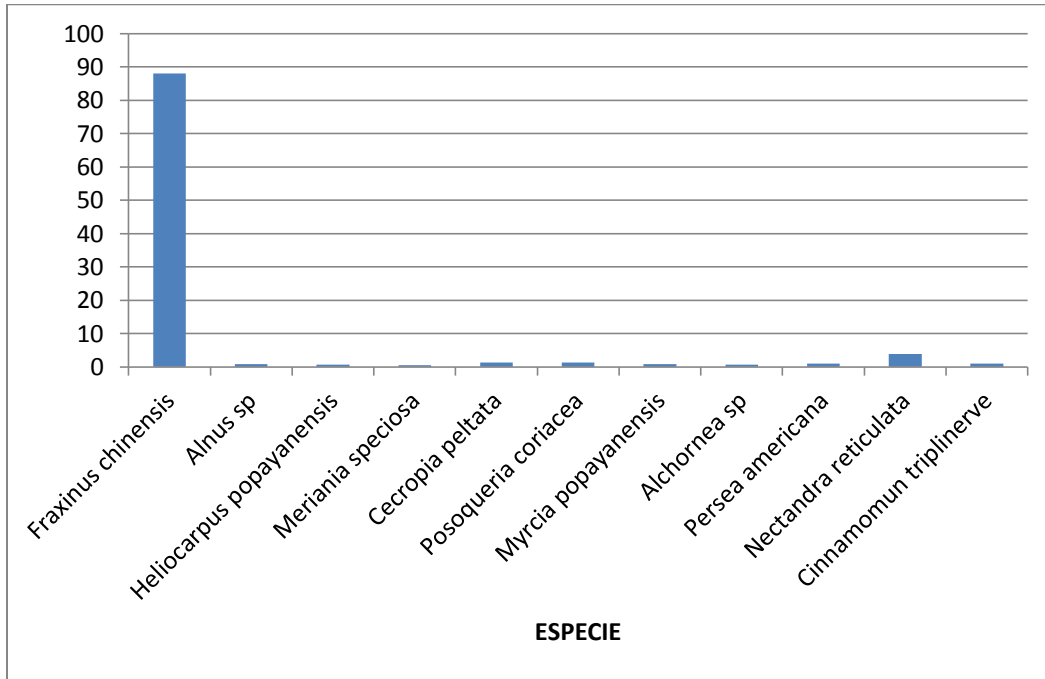
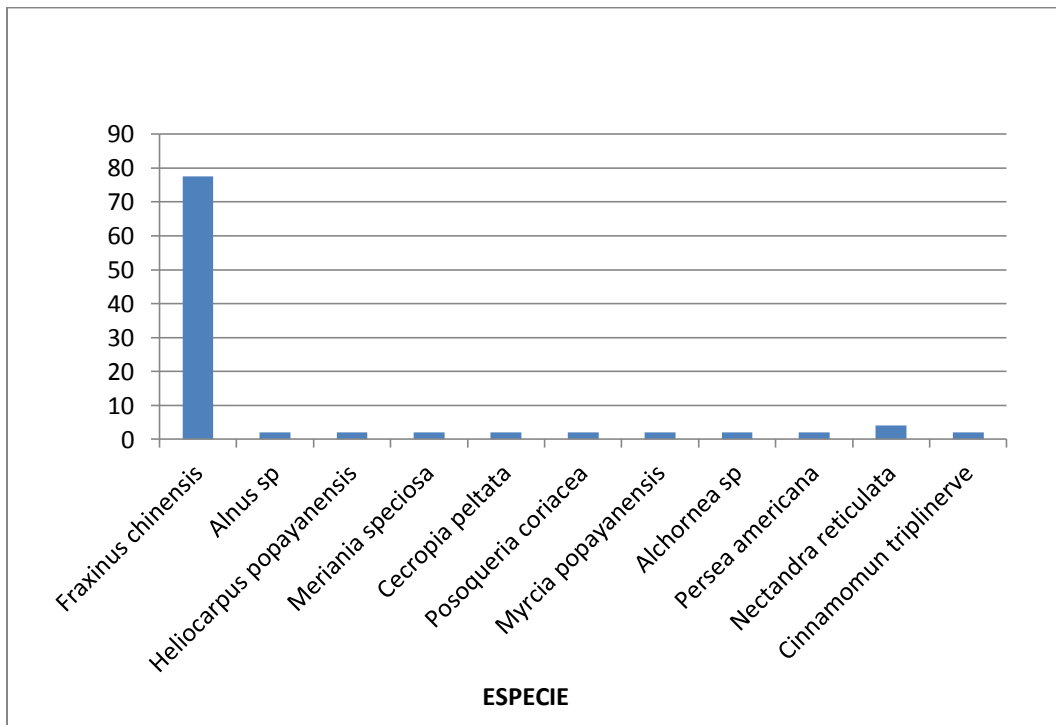
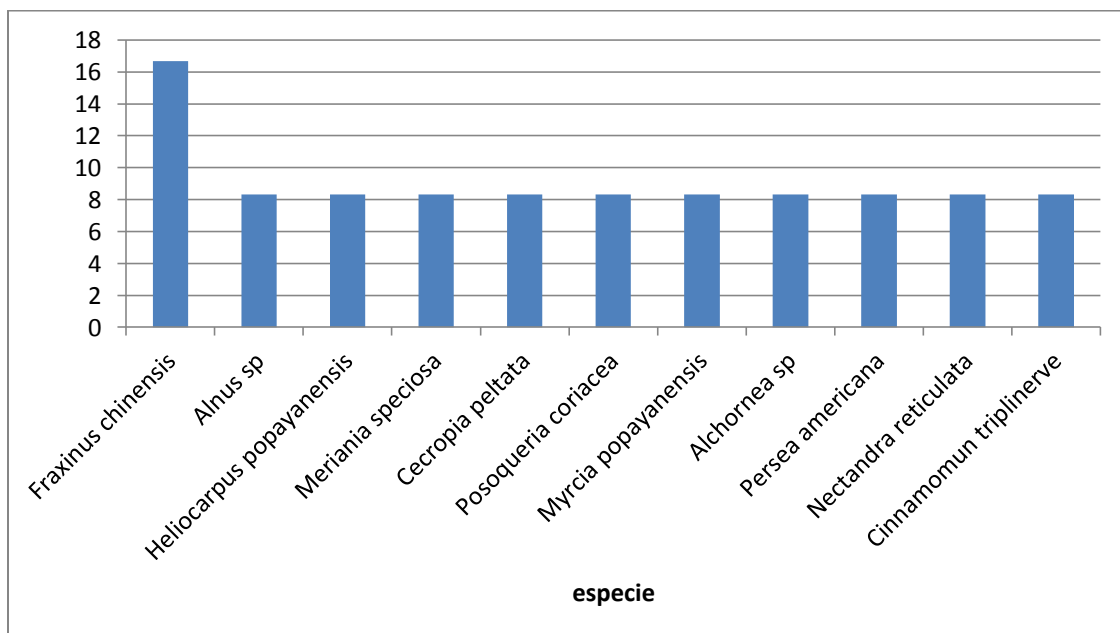


Figura 4. Abundancia relativa del Cerro de las Tres Cruces-Popayán



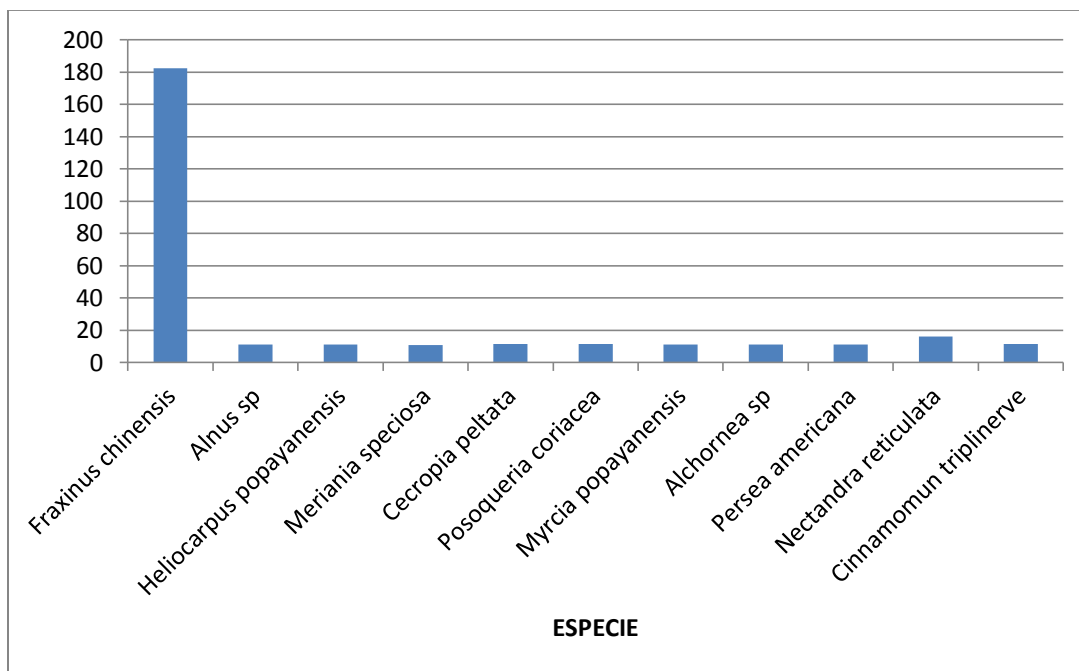
En la figura 4, se observa que las especies más abundantes pertenecen a la familia OLEÁCEAE Y LAURACEAE (Ver Anexo B), la cual representa con casi la totalidad de los individuos evaluados en el bosque. Significando un grado alto de intervención, donde las especies introducidas tienen mayor facilidad de reproducción y asimilan mejor las condiciones del Cerro de las Tres Cruces de Popayán, evitando que las especies nativas se repoblen de manera natural. Encontrando similitud de la familia LAURACEAE con lo registrado por Martínez (2012) en un bosque ubicado en la vereda Cajete de la ciudad de Popayán, y Daza y Suarez (2009) en Buenos Aires Cauca, lo cual concluye que presenta concordancia en el tipo de cobertura vegetal presente. Según Martínez (2012) de las 29 especies encontradas en el relicto de bosque las más abundantes fueron *Eugenia jambos*, con 17% del total de individuos registrados, seguido por *Guadua angustifolia*, con 16%; *Erythroxylum popayanensis* y *Quercus humboldtii*, ambos con 9% de individuos.

Figura 5. Frecuencia relativa de la vegetación del Cerro de las Tres Cruces-Popayán.



La frecuencia con la que aparecen las especies en el bosque del Cerro de las Tres Cruces es bajo, exceptuando la especie *Fraxinus chinensis*. Con estos resultados se pudo establecer el estado de fragmentación del bosque debido a la poca presencia de las especies en los diferentes transectos que se tomaron en cuenta para el inventario, lo que demuestra la intervención que ha tenido el bosque en un periodo de tiempo prolongado debido a la introducción o por la utilización de algunas especies para beneficio del hombre. Según Martínez (2012) las especies con mayor porcentaje de frecuencia y a su vez con una distribución espacial más homogénea son: *Myrsine guianensis* con 8.99%, *Eugenia jambos* con 8.99% y *Erythroxylum popayanensis* con 5,62%. En relación con los dos bosques se evidencia la heterogeneidad media, en donde sobresalen especies introducidas.

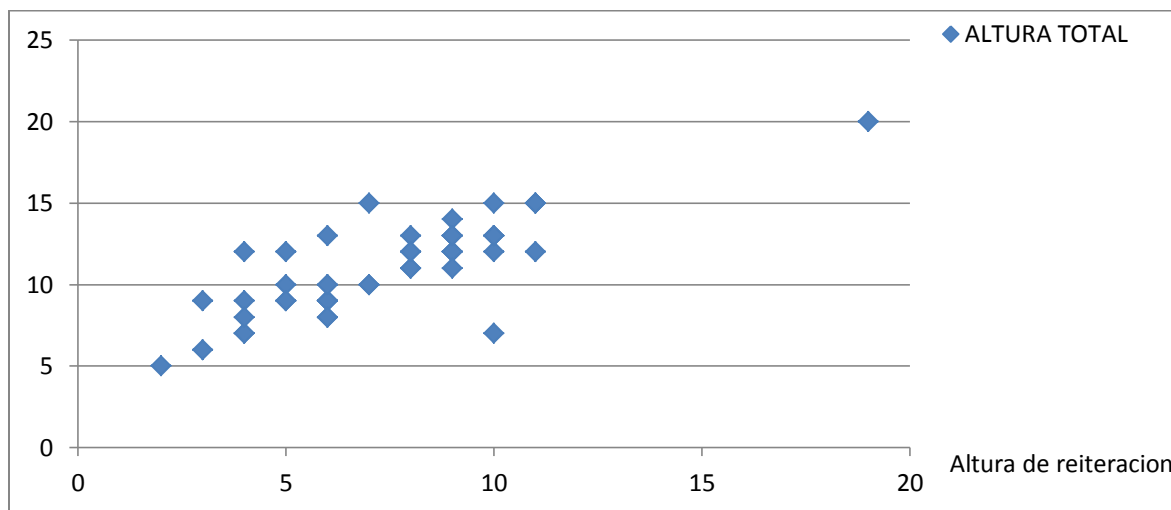
Figura 6. Índice de valor de importancia de la vegetación del Cerro de las Tres Cruces-Popayán



El índice de valor de importancia mostró que el bosque es de heterogeneidad media en su composición y estructura, comparando con Martínez (2012) en un bosque de la misma ciudad y con Daza y Suarez (2009) en el Norte del departamento del Cauca, donde estos son bosques heterogéneos, lo que muestra que el peso ecológico del bosque pierda relevancia por las diferencias que presentan las especies, en el cual no hay una igualdad de acuerdo al número de individuos presentes en los transectos establecidos en el inventario de bosque, en donde sobresale una especie entre todas debido al grado de intervención antrópica que causa este desequilibrio ecológico.

Es muy importante señalar que el Cerro de las Tres Cruces de Popayán presenta un alto grado de intervención antrópica y que éste está cumpliendo con los objetivos para el cual fue creado, porque su propósito es el cultivo de especies forestales. Sin embargo debe ser analizada la ordenanza bajo la cual fue creada la reserva, porque una zona de protección debe albergar la vegetación natural y no la vegetación exótica como se encuentra en la actualidad, en la cual domina las especies forestales introducidas, como es el caso del *Fraxinus chinensis* en la zona de “bosque natural” y con *Pinus sp*, las zonas de recuperación.

Figura 7. Diagrama de Ogawa para la caracterización de la estructura vertical



Para la caracterización de la estructura vertical se puede determinar que según lo presentado en el diagrama de Ogawa (1985, citado por Melo y Vargas, 2002) que el bosque no tiene estratos definidos, porque se presenta una distribución de puntos en forma de cola de cometa, uniforme y continua. Lo que es importante destacar es que aparece un árbol emergente, el cual aparece como un punto alejado de la agrupación de puntos, sin embargo no pierde importancia destacarlo para determinar las causas de su aislamiento.

3.3 RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN DEL CERRO DE LAS TRES CRUCES POPAYÁN

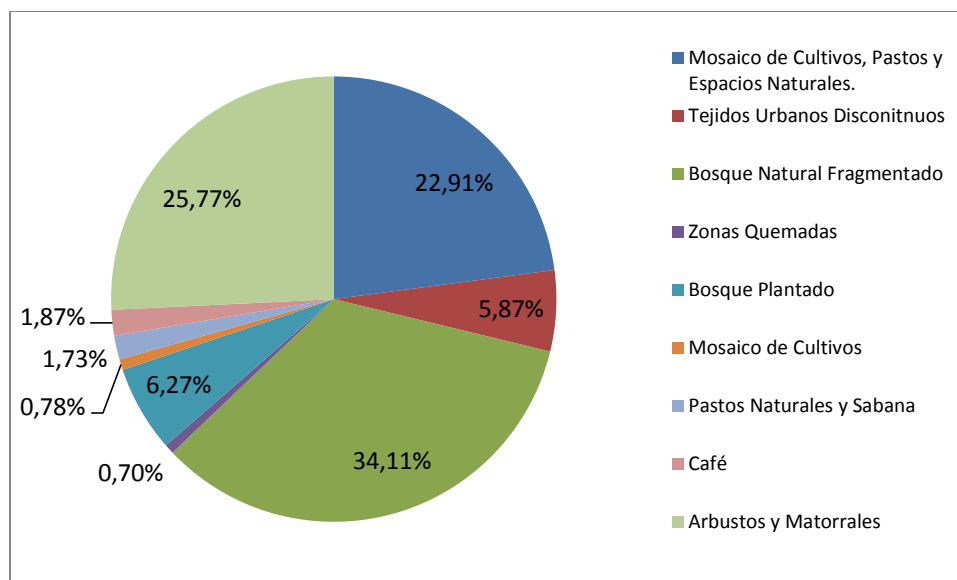
La caracterización de las unidades espaciales para la zonificación se basó en la metodología *Corine Land Cover* metodología adoptada por el Instituto Colombiano Agustín Codazzi para Colombia y aplicada en el Cerro las Tres Cruces en el municipio de Popayán – Cauca.

El mapa 1 y 2 (Ver anexo C), se presentan los colores asociados a las nueve (9) clases correspondientes a la nomenclatura *Corine Land Cover* adaptada para Colombia, en donde para cada color se relaciona la composición en rojo, verde y azul; expresados en porcentaje de saturación.

Cuadro 3. Tipos de cobertura vegetal.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	CÓDIGO	ÁREA EN m ²
Bosque Natural Fragmentado	3.1	34.107
Arbustos y Matorrales	3.2.2	25.767
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales.	2.4.3	22.912
Bosque Plantado	3.1.5	6.267
Tejidos Urbanos Discontinuos	1.1.2	5.871
Café	2.2.5	1.865
Pastos Naturales y Sabana	2.4.5	1.729
Mosaico de Cultivos	2.4.1	0.782
Zonas Quemadas	3.3.2	0.696

Figura 8. Resultados de la zonificación del Cerro de las Tres Cruces-Popayán



En la figura 7, se pueden evidenciar que los porcentajes más significativos se expresan de la siguiente manera: el 34% corresponde al bosque natural fragmentado, el 23% al bosque plantado y el 26% a árboles y matorrales, lo cual demuestra que la intervención antrópica en el cerro es alta y que la degradación de bosque va en aumento, aunque las zonas quemadas muestran un porcentaje del 0.7%, es necesario realizar un respectivo seguimiento por ser un fenómeno que causa el mayor deterioro al medio ambiente.

De acuerdo a lo establecido por Corine Land Cover para la investigación se establecieron las siguientes zonas

3.3.1 Tejido urbano discontinuo. Se evidenció espacios conformados por edificaciones y zonas verdes con un área de 21.706.725 m². Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por

vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

3.3.2 Café. Se evidenció cobertura predominantemente compuesta por áreas dedicadas al cultivo de café (*Coffea sp*) bajo sombrío (temporal o permanente con un área de 6.895.711 m², generado por una cobertura arbórea) o a libre exposición. Los cafetos son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea* de la familia RUBIÁCEAE.

Las variedades sembradas a libre exposición son Caturra y la Variedad Colombia; bajo cobertura arbórea (con sombrío) se cultivan las variedades Arábica, Borbón y Típica. El cultivo a libre exposición se caracteriza por arbustos que tienen alturas promedio de 1 a 1,50 metros y los que se desarrollan bajo sombrío pueden llegar a tener alturas de 2 a 6 metros.

3.3.3 Mosaico de cultivos. Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas tienen una área de 2.892.68 M². Se encontraron algunas limitaciones en el patrón de distribución de los lotes el cual es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

3.3.4. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Esta cobertura comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes con una medida 84.703.679. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no puede ser representado individualmente, con parcelas con tamaño menor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30 % y el 70 % de la superficie total de la unidad.

3.3.5 Bosque Natural Fragmentado. Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original, con una media de 126091.091 m². Se pueden dar la ocurrencia de áreas completamente transformadas en el interior de la cobertura, originando parches por la presencia de otras coberturas como pasto, cultivos o rastrojos que reemplazan la cobertura original, las cuales no representan más del 30% del área de la unidad de bosque natural.

3.3.6 Bosque plantado. Se evidenciaron coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, con una medida de 23169.209 m² realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera o bienes no madereros.

Las coberturas están formadas por especies exóticas que son sometidos a ordenación forestal.

Se evidenció una categoría de cobertura natural constituida por un estrato herbáceo continuo de gramíneas y ciperáceas, donde dominan las gramíneas perennes y un estrato arbóreo abierto o inexistente. En los lugares donde se presenta este tipo de cobertura son frecuentes las quemadas y los incendios.

Estas coberturas se presentan en lugares donde la oferta ambiental es muy limitada, bien sea por terrenos muy escarpados, suelos muy superficiales o muy viejos, o también por deficiencia de humedad para las plantas, condiciones en las cuales no se pueden desarrollar otro tipo de vegetación de mayor porte.

3.3.7 Arbustos y matorrales. Se evidenciaron coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo con una medida de 95.258.6 m², con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos. Esta vegetación es asociada a las condiciones naturales o de la acción antrópica. Un arbusto es una planta perenne, con una altura entre 0.5 y 5 m y sin una copa definida (FAO, 2000).

3.3.8 Zonas quemadas. Se evidenció una zona con una medida de 2.775.55 m² afectada por épocas de poca lluvia, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como semi naturales, tales como bosques, cultivos, sabanas, arbustos y matorrales.

3.4 LÍNEA BASE PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO DEL CERRO DE LAS TRES CRUCES EN LA PARTE BIÓTICA

Es pertinente destacar que lo planteado a continuación es tan solo una propuesta, que las autoridades involucradas deben tener en cuenta para estudiar y reglamentar, con base en los planes de manejo que se tomaron de referencia y la situación encontrada en el estudio de investigación se definieron los siguientes criterios.

3.4.1 Zona de conservación. La zona de conservación está comprendida por aquella que se ha destinado al mantenimiento permanente de la vegetación nativa del cerro tutelar en sus diferentes estados sucesionales.

Esta zona está comprendida por espacios con vegetación en diferentes grados de sucesión natural e intervención antrópica que deben ser objeto de medidas de

protección especial, dada su condición e importancia para conservar la biodiversidad, así como la integralidad de los servicios ambientales que se derivan de la reserva forestal.

La zona de Conservación abarca el 34.1% del área total de la Reserva, con un total de 126091.091m², situación específica de esta zona.

3.4.1.1 Problemática específica de la zona. Según la identificación de problemáticas en la fase de diagnóstico para dicha zona, es necesario emprender principalmente acciones integrales de preservación de la vegetación nativa y regeneración asistida para lograr el mantenimiento permanente de la vegetación nativa del Cerro de las Tres Cruces en sus diferentes estados sucesionales.

El suelo en la Zona de Conservación comprende el uso de cobertura vegetal, en diferentes grados de sucesión que puede clasificarse en ligera y altamente intervenida, no se establece presencia de actividades económicas.

3.4.1.2 Parámetros de manejo. La zona de conservación debe manejarse bajo los siguientes parámetros: Las acciones de manejo deberán estar dirigidas a la conservación de los remanentes de vegetación nativa que se encuentran al interior de la reserva forestal en sus diferentes estados de sucesión natural.

De acuerdo al grado de intervención, conservación y degradación de la vegetación natural, algunas áreas pueden ser sometidas a tratamiento de regeneración natural asistida, bajo parámetros técnicos y metodológicos de restauración de ecosistemas previamente avalados por la autoridad ambiental competente.

El uso principal de estas zonas corresponde al forestal protector y sus usos complementarios relacionados con la oferta escénica, educativa, investigativa, de recreación pasiva y de infraestructura de servicios y seguridad se podrán desarrollar siempre y cuando, la ejecución de obras y el desarrollo de tales actividades asociadas a estos usos, no pongan en riesgo la función protectora de la reserva, la conservación de los recursos naturales renovables y la condición natural de los ecosistemas presentes en esta zona.

En síntesis, la zona de conservación comprende espacios con vegetación natural en diferentes grados de sucesión natural e intervención antrópica que deben ser objeto de medidas de protección especial, dada su condición de importancia para conservar la biodiversidad, así como la integralidad de los servicios ambientales que se derivan de la reserva forestal.

3.4.2 Zona de rehabilitación ecológica. Esta zona corresponde a áreas con pastos enmalezados y actividades agropecuarias, las cuales presentan un gran potencial para la regeneración ecológica. De manera general esta zona pueden ser sometidas a procesos de restauración asistida hasta el punto que puedan regenerarse naturalmente. Igualmente, rehabilitar ecológicamente aquella área que estando con plantaciones forestales, presentan un grado potencial para la restauración asistida, procurando el reemplazamiento paulatino de la vegetación plantada por la regeneración natural.

3.4.2.1 Problemática específica de la zona. Según la identificación de problemáticas en dicha zona, es necesario emprender acciones de restauración en áreas de vegetación nativa intervenida y áreas con plantaciones forestales, mediante sustitución de la vegetación por cobertura nativa, restauración de corredores riparios, recuperación integral de microcuencas y suelos que vienen siendo afectados por el desarrollo de actividades agrícolas, que deben someterse

a riguroso control ambiental, para lograr la inducción y conformación de vegetación nativa y la incorporación paulatina de estos suelos a la categoría de suelos de conservación.

La extensión del suelo con uso de actividades agrícolas es 94.492.07m². La tipología de asentamientos predominante en esta zona es la de vivienda dispersa.

3.4.2.2 Parámetros de manejo. Para llevar a cabo un adecuado manejo se ha podido determinar los parámetros adecuados para el manejo en la Zona de Rehabilitación en los siguientes aspectos biológicos.

Ecológica: Zona destinada a la rehabilitación de la vegetación natural en áreas con potencial de restauración ecológica. Comprende espacios con plantaciones forestales de especies exóticas y áreas que viene siendo objeto de deterioro por desarrollo de actividades agrícolas, cuyos suelos permiten emprender acciones de restauración para inducir y conformar vegetación nativa, la recuperación de suelos y de microcuencas para ser incorporadas al suelo de conservación.

El tratamiento de Rehabilitación Ecológica se define bajo los siguientes parámetros:

Uso principal: Forestal protector

De otra parte, para el caso de las áreas degradadas por efectos del desarrollo de actividades agrícolas, se deberán establecer acciones de restauración que garanticen la recuperación del suelo, de las microcuencas y la regeneración natural asistida a través del establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas, tomando en consideración parámetros técnicos y metodológicos

de restauración de ecosistemas previamente avalados por la Autoridad Ambiental competente.

Para el caso de las plantaciones forestales protectoras con especies exóticas se podrá emprender acciones para sustituir paulatinamente dicha vegetación a través de la inducción de vegetación natural, tomando en consideración parámetros técnicos y metodológicos de restauración de ecosistemas previamente avalados por la Autoridad Ambiental competente.

Para la ejecución de este tratamiento se requerirá el respectivo plan de manejo que debe ser aprobado previamente por la Autoridad Ambiental competente y en el que se definirán los mecanismos para el aprovechamiento, transporte, disposición y destino de la biomasa que será extraída de dichas plantaciones.

3.4.3 Zona de recuperación paisajística. Corresponde aquellas áreas susceptibles a recuperar con intervención antrópica por la construcción de viviendas rurales, infraestructura de servicios y equipamientos con el fin de conservar el efecto protector de la reserva forestal, garantizando la funcionalidad de dichos desarrollos bajo claros parámetros y determinantes ambientales que no pongan en riesgo la función protectora de la reserva forestal.

3.4.3.1 Problemática específica de la zona. En relación con las áreas afectadas por asentamientos humanos en áreas de alta sensibilidad ambiental, es necesario emprender acciones orientadas a la reubicación de la población que ocupan zonas de alto riesgo y emprender sobre estas áreas acciones de recuperación para restaurar sus ecosistemas con el fin de lograr que estos suelos lleguen a ser incorporados nuevamente a categoría de suelos de conservación.

3.4.3.2 Parámetros de manejo. Para llevar a cabo un adecuado manejo se ha podido determinar los parámetros adecuados en la Zona de Recuperación Paisajística en los siguientes aspectos biológicos.

3.4.3.3 Paisajística. Zonas destinadas a la recuperación y mantenimiento de suelos de protección dentro de áreas que han sido objeto de deterioro ambiental por el desarrollo de actividades agrícolas y asentamientos humanos en áreas de alta sensibilidad ambiental.

Comprende espacios deteriorados por el desarrollo de actividades antrópicas que para su recuperación deben ser sometidos a tratamientos de readecuación geomorfológico y reconstrucción paisajística, así como espacios ocupados con asentamientos humanos en áreas de alta fragilidad ambiental y que están fragmentando los ecosistemas y que una vez recuperados deberán ser incorporados al suelo de conservación. El tratamiento de Recuperación Paisajística se define bajo los siguientes parámetros:

Uso principal: Forestal protector

Uso condicionado: Complementarios al efecto protector relacionados con la oferta escénica, educativa, investigativa, de recreación pasiva y el desarrollo de infraestructura de servicios y seguridad, se podrán adelantar siempre y cuando, la ejecución de obras y el desarrollo de tales actividades asociadas a estos usos, no pongan en riesgo la función protectora de la reserva, la conservación de los recursos naturales renovables y la conservación de los recursos naturales renovables de la misma y por el contrario potencien acciones de restauración asistida en dichas zonas.

Forma de Recuperación ambiental

Evaluación ambiental

Para la recuperación ambiental del Cerro de las Tres Cruces, se llevaran a cabo actividades que pueden impactar el medio ambiente. Para evaluarlas se muestra a continuación un resumen de las actividades.

Descapote de márgenes

Despeje del área donde se realizarán las siembras en el cerro, esta debe delimitarse desde el inicio de la obras y garantizar que no interfiera con las actividades de la comunidad. Esta actividad ocasionara impactos en el suelo debido al movimiento de tierras que se plantea en los primeros 30 cm. de la superficie, que es donde se encuentra la parte más fértil del suelo, sin embargo este fenómeno no será tan grave y frecuente dado a que en la mayoría de la longitud del cerro ha habido depósitos de residuos sólidos domésticos durante años y por tanto debe estimarse una capa importante con este tipo de materiales.

Excavación para adecuación de terreno

La remoción de 50 cm. de capa del suelo donde, tanto en el suelo como en las márgenes del cerro. Esta actividad ocasionará impactos sobre el suelo, sin embargo se debe compensar con aplicación de materiales como sub -base y tierra abonada.

Colocación de sub base con roca muerta compactada

Se colocara sub-base en capas de 10, 15 y 20 cm., de acuerdo al grado de erosión e impacto en su superficie. En las zonas donde sea necesario por inestabilidad del terreno

Aplicación de tierra abonada para siembra.

Preparación biológica del sitio para siembra de estacas y árboles, mediante el abono recomendado por el especialista en arborización.

Excavación para árboles, y colocación de módulos de contención de raíces

Excavación del terreno para la siembra de árboles, se hará principalmente a mano, debiendo llegarse a una profundidad mínima de 60 cm hasta crear un bloque circular a manera de cono.

Especies recomendadas para reforestación

Debido a que el Cerro de las Tres Cruces tiene como objetivo principal ser de protección forestal se recomienda uso y siembra de las siguientes especies.

Cuadro 4. Especies recomendadas para la reforestación

<i>clusia sp</i>	Cucharo
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	palo bobo
<i>Nectandra reticulata</i>	Jigua
<i>Cordia alliodora</i>	nogal cafetero
<i>Myrcia popayanensis</i>	Arrayan
<i>Alchornea sp</i>	Gargantillo
<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacedero
<i>Quercus humboltii</i>	Roble
<i>Tabebuia rosea</i>	Guayacan amarillo

Siembra de árboles y protección de árboles sembrados con estacas

Para la siembra de árboles se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- Cada árbol deberá tener una altura mínima de 0.50 m.

- Deberá realizarse hueco para siembra como mínimo de 0.40 x 0.40 x 0.50 m. de profundidad.

- El sitio de siembra deberá ser preparado con Fitohormonas de Enraizamiento (Micorriza a razón de 250gr/árbol), Fitohormonas de desarrollo, Abono orgánico en base a Crotalaria molida y nutrientes complementarios, similares a los usados para trasplante de árboles.

- luego de sembrado, cada arbol deberá protegerse con un cercado resistente, el cual tendrá al menos 3 estacas, de mínimo 1 m. de alto, enterradas 0.40 m. en el suelo y rodeadas de alambre de púas o malla, lata de guadua o material protector similar.

- Abonar mediante suministro de nutrientes postransplante, los cuales son una mezcla de varios productos, principalmente de: ANA (Ácido Alfaftalenacético); Nitrógeno orgánico; Fitohormona promotora de enraizamiento y de desarrollo; Minerales esenciales como el Magnesio, Fósforo, Potasio y Azufre; y otros elementos menores cada 15 días con mezcla de tierra vegetal, crotalaria molida y abono químico con base de NPK.

- Regar acorde a las necesidades de la especie y las condiciones climáticas, al menos tres meses postsiembra, incluso para los individuos que hayan rebrotado, para mantener una buena humedad y eficiente enraizamiento.

- Deberán ser reemplazados los especímenes que no tengan respuesta revegetativa al cabo de 30 días, por árboles de características similares a los descritos aquí, igualmente realizarles el seguimiento mencionado

Señalética y amoblamiento

En la fase de señalamiento se propone marcar los pasos peatonales s llegando a las zonas donde se siembre y con amoblamiento, en los bordes del cerro; para fortalecer las condiciones ambientales además de mejorar la lectura urbana entre los visitantes del Cerro.

4. CONCLUSIONES

El estudio permitió obtener información sobre la riqueza, estructura y composición florística del Cerro de las Tres Cruces ubicado en la ciudad de Popayán, el cual sirve de base para nuevas investigaciones que complementen los estudios ambientales, además de evidenciar las falencias que presenta el cerro en su componente vegetal.

Según la frecuencia, dominancia, índices de diversidad y por la estructura del relicto de bosque se logró definir que la vegetación presente es típica de bosques secundarios altamente intervenido y se encuentran en estado de regeneración y debe cumplir con su propósito es de conservación

De acuerdo a los resultados obtenidos para la estructura e índices evaluados para el bosque estudiado se pudo definir que en la zona se presentan bosques naturales heterogéneos, y a medida que transcurre el tiempo estas zonas se ven afectadas y disminuidas por la acción del hombre.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la estructura y los índices evaluados para el relicto de bosque se puede definir que en la zona de estudio correspondiente bosque natural es heterogéneo

De acuerdo a las evidencias encontradas se logró determinar que existe una desarticulación entre los entes gubernamentales de orden nacional, departamental, municipal y la comunidad presente en la zona, para el establecimiento de políticas claras que garanticen la preservación de las condiciones ambientales de dicho cerro, por la no aplicación de la normatividad existente

La caracterización florística y estructural del Cerro de Las Tres Cruces permitió establecer que la composición de su ecosistema, es óptimo para desarrollar proyectos de esparcimiento para el beneficio a la población local, regional y nacional.

Se pudo evidenciar que el aumento en la degradación del bosque está asociado a la alta intervención antrópica, lo cual merece una atención oportuna por parte del Estado.

5. RECOMENDACIONES

Por las condiciones ambientales del Cerro, se hace urgente la intervención de los diferentes entes gubernamentales de orden local y departamental, para la apropiación del mejoramiento ambiental de dicho cerro en beneficio de la comunidad.

Para el caso de las áreas afectadas por asentamientos humanos en áreas de alta sensibilidad ambiental, se recomienda iniciar procesos orientados a la implementación de un plan de reubicación de la población ocupante y emprender las medidas necesarias para recuperar éstas, tomando en consideración parámetros técnicos y metodológicos de restauración de ecosistemas previamente avalados por autoridad ambiental competente.

Se recomienda impedir construcciones en áreas declaradas como zonas de protección forestal en el cerro de Las Tres Cruces y en zonas de ronda de quebradas y drenajes, relictos de vegetación nativa.

Promover y proyectar la consolidación de un Área de Ocupación Pública Prioritaria en contacto con los límites de la reserva, a través del establecimiento, corredores ecológicos viales, corredores ecológicos de ronda y de borde, integrando en lo posible las áreas verdes que quedan excluidas en la redelimitación de la reserva forestal de tal forma que se constituya en espacio público de transición entre la Reserva Forestal y el desarrollo o edificación, para la promoción y desarrollo de actividades de recreación pasiva y de goce y disfrute del espacio público. Proyectar que todo proceso de desarrollo o edificación que se adelante en el área de adecuación del borde urbano contenga cierre, formalice estructural, espacial y legalmente el desarrollo urbano de la ciudad en contacto con la reserva forestal.

BIBLIOGRAFÍA

ÁNGEL, S. Gestión ambiental en proyectos de desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2010.

CABRERA W. Héctor. Diversidad florística de un bosque montano en los Andes tropicales del noroeste de Bolivia. En: Ecología en Bolivia, Diciembre, 2005. Vol. 40, no3 p 380-395

CATIE, Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central, Turrialba, Costa Rica, 2001, pp 57- 58.

CERÓN ORDÓÑEZ, Carmen Rocío y SAMBONÍ DÍAZ, Iván Gerardo. Trabajo de grado Análisis estructural y florístico del páramo de Achupallas municipio de Bolívar, departamento del Cauca (Parque Nacional Natural complejo volcánico Doña Juana-Casabel). 2010

CONTRERAS, Freddy; LEDEZMA, José. Proyecto De Manejo Forestal Sostenible (Bolfor). Guía de Operación del Sistema de Censos Forestales. Santa Cruz, Bolivia. 1999, pp. 30-37.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC), Plan de manejo ambiental Río Pisojé, 2009.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC), Revista interna. Edición 38, 2007.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC), Fundación Pro cuenca Río Las Piedras. Plan de ordenación y manejo Subcuenca río molino – Pubús. 2006

DAZA GARCÉS Marisela y SUÁREZ ORDOÑEZ carolina. Estructura, composición y diversidad florística de dos bosques naturales ubicados en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca universidad del cauca facultad de ciencias agropecuarias departamento de ciencias agropecuarias programa de ingeniería forestal Popayán.2009.

DÍAZ –IBARRA, S. L. Caracterización de las comunidades vegetales del páramo Doña Juana, cordillera centro oriente de los Andes Colombianos. Trabajo de grado (Biología).Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. Popayán 2003, p117.

ETTER, Andrés. Ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales. IGAC, CIAF. Santafé de Bogotá. 1990

GARCÍA, Cosme y LEDEZMA, José. Censo Forestal Sistemático Mejorado. 2008

GONZÁLEZ, Red de desarrollo sostenible comunidad gestión ambiental. 1993. p.1
Internet: Disponible en la web: (http://www.rds.org.co/aa/img_upload/aea709feb9d6e6499a219fa83c2c5451/mopazo.pdf)

GRUPO INTERINSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGROPECUARIAS FORESTALES DE LA UNAD. 2006.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (IDEAM). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 2010.

KREBS, J. Ecology Methodology. Harper & Row, publishers, New York. 1989, pp125-166

LOUMAN,B.;QUIROS.D.;NILSON, M. Silvicultura de bosques húmedos con énfasis em América central. CATIE, Turrialba. Costa Rica: 2001.p.40 -64

MAGURRAN, Anne. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral, 1988, pp 9-53.

MARTÍNEZ LEDEZMA Eduard Leandro. Proyecto de grado Lineamientos para la conservación de un relicto de bosque ubicado en la finca bella aurora 2, de la vereda Cajete en el departamento del Cauca. 2012

MATTEUCCI y COLMA, Metodología para el estudio de la vegetación. OEA, Monografía Científica # 22. 168+vi pp. Washington.1982.

MELO CRUZ Omar, VARGAS Ríos Rafael, Evaluación Ecológica y Silvicultural de Ecosistemas Boscosos, Ibagué Colombia. 2003.

MOSTACEDO, Bonifacio, FEDERICKSEN S. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, Santacruz de la Sierra. 2000.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT). Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los Bosques Naturales.2002

-----Plan de manejo Parque Nacional Natural Farrallones de Cali. Santiago de Cali.1998

MUNICIPIO DE POPAYÁN. Plan de ordenamiento territorial. Documento Técnico. Capítulos I, II, IV.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Departamento de Cooperación Técnica. Formulación y Análisis detallado de Proyectos. Cap.5. Sostenibilidad E Impacto Ambiental. Roma, Italia. 2005. Internet: Disponible en la web:(www.fao.org/docrep /008/a0323s /a 0323 s05. htm)

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE – PNUMA / ORPALC. 2005. Internet: Disponible en la web: (www.pnuma.org/educamb/publicaciones.php)

SAITO, Claudio. CONAP. Guía de cubicación y transporte forestal. Santa Elena, Petén, Guatemala. 2004

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES. Regional suroccidente. Plan de manejo parque Nacional Natural Farallones de Cali. Santiago de Cali. 1998

ANEXOS

ANEXO A. Formulario de campo



FORMULARIO DE CAMPO DE LA INFORMACIÓN DEL COMPONENTE ARBÓREO EN EL CERRO DE LAS TRES CRUCES

Lugar			Fecha			
Ubicación referenciada (GPS)		latitud			longitud	
Número del árbol						
Nombre común						
Familia						
Genero						
Especie						
Habito de crecimiento		Árbol		Arbusto		Palma
Caract de crecimiento		Rápido		Medio		Lento
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICA						
Altura total (m)			Altura de la copa (m)			
Altura hasta primera rama (m)			Diámetro de copa (m)			
Diámetro del fuste (DAP) (cm)						
TIPO DE HÁBITAT						
Nativa			Introducida			
Estado fitosanitario		Bueno		Regular		Malo
Estado físico	Bueno		Malo	Daños mecánicos	Leve	
	Regular		Defi		Severos	
Otras:						

Necesidad de manejo

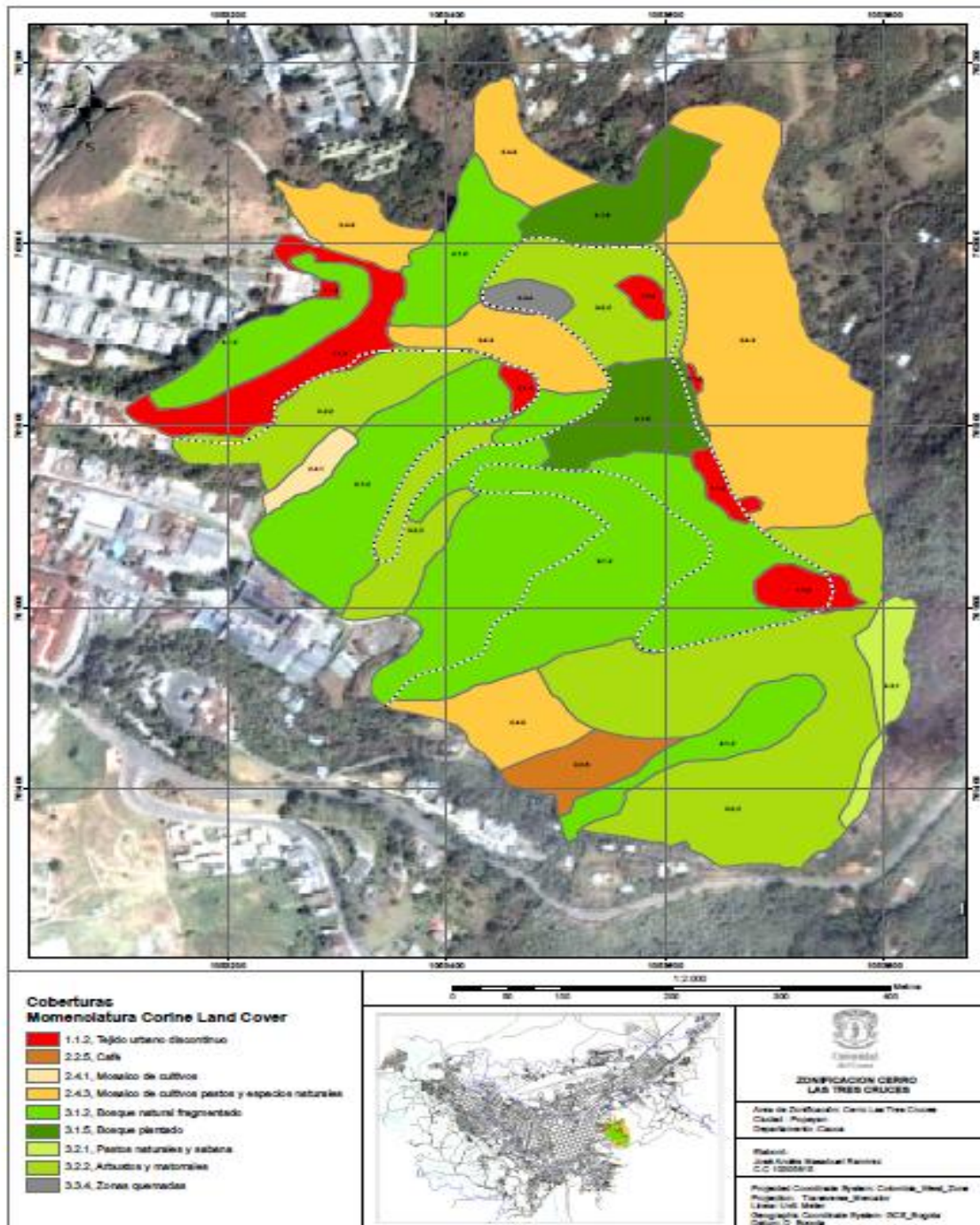
Observaciones

Fuente. Propia

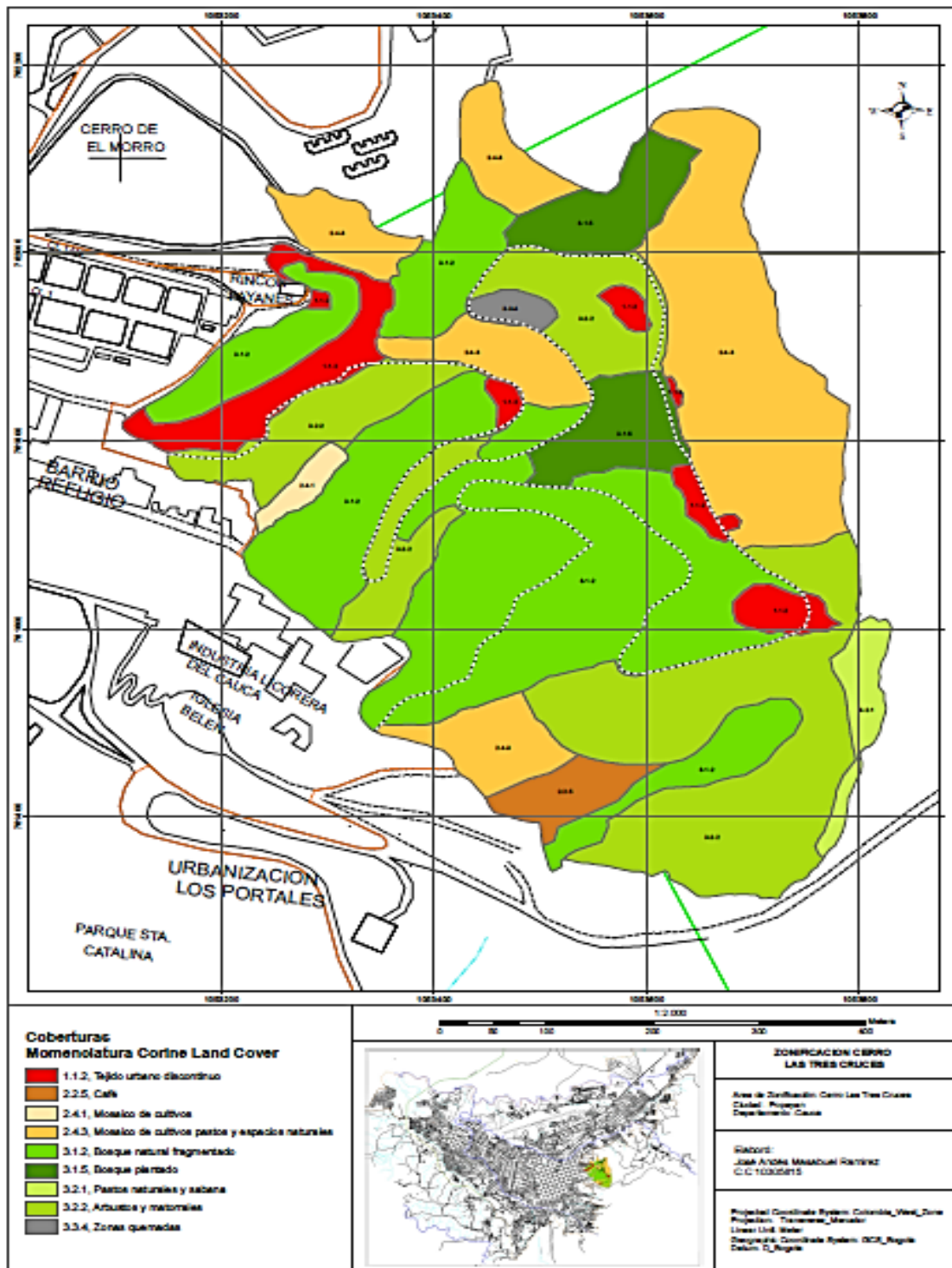
ANEXO B. Tabla de Cálculos de estructuras de bosque Cerro de las Tres Cruces de Popayán

ESPECIE	N° APARICIONES	ABUNDANCIA RELATIVA	AREA BASAL POR ESPECIE	DOMINANCIA RELATIVA	FRECIENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	IVI
<i>Fraxinus chinensis</i>	38	77,55102041	124,9302338	88,06370036	66	16,66666667	182,281387
<i>Alnus sp</i>	1	2,040816327	1,149096002	0,810001254	33	8,333333333	11,1841509
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	1	2,040816327	0,974821747	0,687154803	33	8,333333333	11,0613045
<i>Meriania speciosa</i>	1	2,040816327	0,764737713	0,539065931	33	8,333333333	10,9132156
<i>Cecropia peltata</i>	1	2,040816327	1,833460657	1,292411973	33	8,333333333	11,6665616
Posoqueria coriácea	1	2,040816327	1,757862236	1,239122417	33	8,333333333	11,6132721
<i>Myrcia popayanensis</i>	1	2,040816327	1,089413038	0,767930551	33	8,333333333	11,1420802
Alchornea sp	1	2,040816327	0,974821747	0,687154803	33	8,333333333	11,0613045
Persea americana	1	2,040816327	1,403743316	0,989502917	33	8,333333333	11,3636526
<i>Nectandra reticulata</i>	2	4,081632653	5,513910109	3,886771944	33	8,333333333	16,3017379
<i>Cinnamomun triplinerve</i>	1	2,040816327	1,471384008	1,037183046	33	8,333333333	11,4113327
SUMATORIA	49	100	141,8634844	100	396	100	

ANEXO C. Mapa zonificación Cerro de las Tres Cruces-Popayán



ANEXO D. Mapa zonificación Cerro de las Tres Cruces-Popayán en plano topográfico



ANEXO E. Fotos

Problemática ambiental

Zona de erosión



Zonas de basuras



Diferentes zonas del Cerro Las Tres Cruces

Bosques plantados



Mosaico de cultivos



Diferentes zonas del Cerro Las Tres Cruces

Zona de pasto



Zona de matorrales



Bosque secundario



Diferentes zonas del Cerro Las Tres Cruces

Zonas quemadas



Bosque secundario



Zona de cultivo



Diferentes zonas del Cerro Las Tres Cruces

Zona de cultivo



zona de pastos



Tejidos urbanos discontinuos

